

# 수능특강

과학탐구영역 | 생명과학II

I 생명 과학의 역사	01 생명 과학의 역사	6
II 세포의 특성	02 세포의 특성	14
	03 세포막과 효소	30
III 세포 호흡과 광합성	04 세포 호흡과 발효	50
	05 광합성	70
IV 유전자의 발현과 조절	06 유전 물질	92
	07 유전자 발현	108
	08 유전자 발현의 조절	126
V 생물의 진화와 다양성	09 생명의 기원	146
	10 생물의 분류와 다양성	160
	11 진화의 원리	176
VI 생명 공학 기술과 인간 생활	12 생명 공학 기술과 인간 생활	194



**학생 EBS 교재 문제 검색**

EBS 단추에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

**[23029-0001]** 23029-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

1. 2. 3.

푸러봇! (Furubot!)

※ EBSi 사이트 및 모바일에서 이용이 가능합니다.  
 ※ 사진 검색은 EBSi 고교강의 앱에서만 이용하실 수 있습니다.



**교사 교사자원센터 교재 자료실**

교재 문항 한글 문서(HWP)와 교재의 이미지 파일을 무료로 제공합니다.

**교재 자료실**

- 한글다운로드
- 교재이미지 활용
- 강의활용자료

※ 교사자원센터(<http://teacher.ebsi.co.kr>) 접속 후 '교사인증'을 통해 이용 가능

## 교육과정의 핵심 개념 학습과 문제 해결 능력 신장

[EBS 수능특강]은 고등학교 교육과정과 교과서를 분석·종합하여 개발한 교재입니다.

본 교재를 활용하여 대학수학능력시험이 요구하는 교육과정의 핵심 개념과 다양한 난이도의 수능형 문항을 학습함으로써 문제 해결 능력을 기를 수 있습니다. EBS가 심혈을 기울여 개발한 [EBS 수능특강]을 통해 다양한 출제 유형을 연습함으로써, 대학수학능력시험 준비에 도움이 되기를 바랍니다.



### 총실한 개념 설명과 보충 자료 제공

#### 1. 핵심 개념 정리

- 주요 개념을 요약·정리하고 탐구 상황에 적용하였으며, 보다 깊이 있는 이해를 돕기 위해 보충 설명과 관련 자료를 풍부하게 제공하였습니다.

##### 탐구자료 살펴보기

주요 개념의 이해를 돕고 적용 능력을 기를 수 있도록 시험 문제에 자주 등장하는 탐구 상황을 소개하였습니다.



##### 과학 돋보기

개념의 통합적인 이해를 돕는 보충 설명 자료나 배경 지식, 과학사, 자료 해석 방법 등을 제시하였습니다.

#### 2. 개념 체크 및 날개 평가

- 본문에 소개된 주요 개념을 요약·정리하고 간단한 퀴즈를 제시하여 학습한 내용을 갈무리하고 점검할 수 있도록 구성하였습니다.



### 단계별 평가를 통한 실력 향상

[EBS 수능특강]은 문제를 수능 시험과 유사하게 **2점 수능 테스트**와 **3점 수능 테스트**로 구분하여 제시하였습니다.

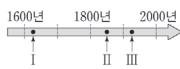
2점 수능 테스트는 필수적인 개념을 간략한 문제 상황으로 다루고 있으며, 3점 수능 테스트는 다양한 개념을 복잡한 문제 상황이나 탐구 활동에 적용하였습니다.

# I

## 생명 과학의 역사

### 2023학년도 수능 1번

1. 그림은 생명 과학자들의 주요 성과 I~Ⅲ을 시간 순서에 따라 나타낸 것이고, 표는 I~Ⅲ을 순서 없이 나타낸 것이다. A~C는 다윈, 하버, 플레밍을 순서 없이 나타낸 것이다.



주요 성과 (I~Ⅲ)	
• A는 ㉠에서 페니실린을 발견함	
• B는 자연 선택에 의한 진화의 원리를 설명함	
• C는 인체에서 혈액이 순환한다는 사실을 알아냄	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. ㉠은 대장균이다.  
 ㄴ. B는 다윈이다.  
 ㄷ. I은 'C'는 인체에서 혈액이 순환한다는 사실을 알아냄'이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 2023학년도 EBS 수능완성 126쪽 01번

#### 01

▶ 22072-0271

다음은 생명 과학자들의 주요 성과 (가)~(다)의 내용이다. ㉠~㉣은 다윈, 파스퇴르, 플레밍을 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) ㉠은 페니실린을 발견하였다.  
 (나) ㉡은 자연 선택에 의한 진화의 원리를 설명하였다.  
 (다) ㉢은 탄저병 백신 실험으로 백신의 예방 효과를 실험으로 입증하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. ㉠은 플레밍이다.  
 ㄴ. ㉡은 자연 발생설을 주장하였다.  
 ㄷ. (가)~(다)를 빠른 순으로 나열하면 (나) → (다) → (가)이다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

#### 연계 분석

2023학년도 수능 1번은 수능완성 126쪽 01번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 생명 과학자들의 주요 성과를 자료로 제시하였고, 다윈과 플레밍의 주요 성과를 공통적으로 다루었다는 점, 각 주요 성과의 시대순 배열을 다루었다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능완성 문제에서는 다윈, 파스퇴르, 플레밍의 주요 성과를 (가)~(다) 형태로 제시하고 보기 ㄷ에서 각 성과의 시대순 배열을 묻고 있는 한편, 수능 문제에서는 다윈, 하버, 플레밍의 주요 성과를 시대순으로 나타낸 그림과 각 생명 과학자들의 주요 성과를 표로 제시하였다는 점에서 차이가 있다.

#### 학습 대책

수능에서 출제되는 생명 과학의 역사에 대한 문제는 난도가 높지 않게 출제되고 있다. 생명 과학의 주요 성과를 시대순으로 단순히 암기하기보다는 생명 과학의 역사와 발달 과정을 분야별로 정리하여 각 주요 성과들의 선후 관계를 중심으로 이해하는 것이 중요하다. 수능 연계 교재에 정리된 생명 과학의 분야별 주요 성과에 대한 핵심 개념을 학습하고 문제 풀이를 통해 문제 유형을 익힐 필요가 있다.



2023학년도 9월 모의평가 2번

2. 다음은 생명 과학자들의 주요 성과 (가)~(다)의 내용이다. ㉠과 ㉡은 멘델과 하비를 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) ㉠은 완두 교배 실험을 통해 유전의 기본 원리를 발견하였다.
- (나) ㉡은 인체에서 혈액이 순환한다는 사실을 알아내었다.
- (다) 왓슨과 크릭은 DNA의 이중 나선 구조를 알아내었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㉠. ㉠은 하비이다.
- ㉡. (다)에 DNA의 X선 회절 사진이 활용되었다.
- ㉢. (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (나)→(다)→(가)이다.

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉠, ㉡      ④ ㉡, ㉢      ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

2023학년도 EBS 수능특강 11쪽 01번

01 <sup>[22029-0005]</sup> 다음은 생명 과학자들의 주요 성과 (가)~(다)에 대한 자료이다. A~C는 린네, 레이우엔훅, 하비를 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) A는 실험적 연구와 관찰을 통해 혈액이 체내에서 순환한다는 사실을 알아냈다.
- (나) B는 생물을 체계적으로 분류하는 방법을 제안하고, 분류의 기본 단위인 종의 개념을 명확히 하였다.
- (다) C는 자신이 만든 현미경으로 호수물, 빗물 등을 관찰하고, 단세포 조류와 세균 등의 미생물을 처음으로 발견하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㉠. 보기
- ㉡. (가)에 전자 현미경이 이용되었다.
- ㉢. 플레밍에 의한 페니실린의 발견은 (나)보다 나중에 이룬 성과이다.
- ㉣. (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (다)→(가)→(나)이다.

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉢      ④ ㉠, ㉡      ⑤ ㉡, ㉣

연계 분석

2023학년도 9월 모의평가 2번은 수능특강 11쪽 01번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 생명 과학자들의 주요 성과를 (가)~(다) 형태로 제시하고, 자료에서 생명 과학자들을 기호로 처리했다는 점, 보기에서 각 주요 성과에 대한 기본 개념과 (가)~(다)의 시대순 배열을 다루었다는 점에서 매우 높은 유사성을 보인다. 수능특강 문제에서는 린네, 레이우엔훅, 하비의 성과에 대해 묻고 있는 한편, 9월 모의평가에서는 멘델, 하비, 왓슨과 크릭의 성과에 대해 묻고 있다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

생명 과학자들의 주요 성과를 시대순으로 정리하고, 각 성과의 내용과 의의를 정리하여 학습할 필요가 있다. 수능 연계 교재와 기존 기출 문항에서 다루었던 생명 과학자들의 주요 성과를 중심으로 정리하는 것이 효율적이다. 생명과학 II의 다른 대단원에 등장하는 비틀과 테이텀, 캘빈, 에이버리의 주요 성과가 대단원 간 융합 형태로 출제되기도 하므로 I 단원뿐만 아니라 다른 대단원에 등장하는 생명 과학자들의 주요 성과도 정리해두어야 한다.

## 개념 체크

- **자연 발생설**: 생물은 흙이나 썩은 나무와 같은 비생물로부터 우연히 생겨날 수 있다는 학설이다.
- **세포설**: 모든 생물은 하나 이상의 세포로 이루어지고, 세포는 생물의 구조적·기능적 단위이며, 세포는 이전에 존재하던 세포로부터만 생성된다는 이론이다.

1. 하비는 체내에서 혈액이 심장 박동으로 운송을 순환한다는 ( )의 원리를 알아냈다.
  2. 훅은 자신이 직접 설계하여 만든 ( )으로 여러 가지 광물과 동·식물을 관찰하던 중 코르크에서 벌집 모양의 구조를 발견하고, 최초로 ( )라고 명명하였다.
  3. 슈라이덴은 ( ) 세포를, 슈반은 ( ) 세포를 현미경으로 관찰한 후 세포설을 주장하였다.
- ※ ○ 또는 ×
4. 캘빈과 벤슨은 방사성 동위원소인  $^{14}\text{C}$ 와 크로마토그래피를 이용하여 세포 호흡을 통한 포도당의 분해 과정을 밝혀냈다. ( )
  5. 피르호는 모든 세포는 세포로부터 생성된다고 주장하였다. ( )
  6. 레이우엔훅은 단안 렌즈 현미경을 이용하여 처음으로 바이러스를 관찰한 사람이다. ( )

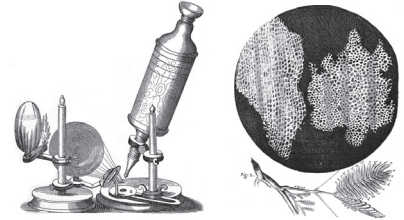
## 정답

1. 혈액 순환
2. 현미경, 세포
3. 식물, 동물
4. ×    5. ○    6. ×

## 1 생명 과학의 역사

## (1) 세포와 생리에 관한 연구

- ① **혈액 순환의 원리(1628년)**: 하비는 관찰과 실험을 통해 혈액이 체내에서 순환한다는 사실을 알아냈으며, 하비의 실험적 연구는 근대 생명 과학을 발전시키는 계기가 되었다.
- ② **세포의 발견(1665년)**: 훅(Hooke, R)은 자신이 만든 현미경으로 코르크를 관찰하여 수많은 작은 벌집 모양의 구조가 배열되어 있음을 발견하고, 이를 세포(cell)라고 명명하였다. 현미경의 발명은 세포와 생명체의 연구에 크게 이바지하였다.
- ③ **세포설의 등장과 확립**
  - **식물 세포설(1838년)과 동물 세포설(1839년)**: 슈라이덴은 식물체의 각 부위를 현미경으로 관찰한 후 식물체가 세포로 이루어져 있다는 식물 세포설을 주장하였고, 슈반은 동물체도 식물체와 마찬가지로 세포로 이루어져 있다는 동물 세포설을 주장하였다.
  - **세포설의 확립(1855년)**: 피르호는 모든 세포는 세포로부터 생성된다고 주장하고 세포설을 확립하였다. 세포설은 모든 생명체의 기본 단위가 세포임을 밝힌 것으로 세포에 관한 연구를 촉진하였다.
- ④ **세포 소기관의 발견(1800년대 말)**: 현미경 제작 기술과 세포 염색 기술의 발달에 힘입어 미토콘드리아, 엽록체, 소포체, 골지체 등 세포 소기관과 염색체 등 세포 내 구조물이 발견되었다.
- ⑤ **캘빈 회로 규명(1948년)**: 캘빈과 벤슨은 방사성 동위원소인  $^{14}\text{C}$ 와 크로마토그래피를 이용하여 이산화 탄소로부터 포도당이 합성되는 경로를 밝혔다.
- ⑥ **신경의 흥분 전도 연구(1950년대)와 호르몬의 작용 과정 연구(1960년대)**: 호지킨과 헉슬리는 이온의 막 투과도에 따른 활동 전위의 발생을 규명하였고, 서덜랜드는 표적 세포에서 호르몬의 작용 과정을 밝혀내어 생리학 발달에 이바지하였다.



훅의 현미경과 세포 그림

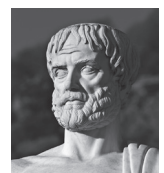
## (2) 미생물과 감염병에 관한 연구

- ① **미생물의 발견(1673년)**: 레이우엔훅은 자신이 만든 단안 렌즈 현미경으로 침, 호숫물, 빗물 등을 관찰하였으며, 단세포 조류, 원생동물, 세균 등의 미생물을 처음 발견하였다.
- ② **종두법 개발(1796년)**: 제너는 사람에게 우두를 접종하여 천연두를 예방할 수 있는 종두법을 개발하였다.



## 과학 돋보기 | 고대와 중세의 생명 과학 연구

- 아리스토텔레스(B.C. 384~B.C. 322)는 500종 이상의 동물을 관찰하고 분류하였으며 많은 동물을 해부하였다. 이를 바탕으로 그는 동물의 생애, 발생 등에 관한 여러 저서를 남겼으며 자연 발생설을 주장하였다.
- 갈레노스(129~199)는 가족을 해부하여 얻은 지식을 바탕으로 해부학의 기반을 수립하였다.
- 베살리우스(1514~1564)는 인체 해부 경험을 바탕으로 「인체의 구조에 관하여」를 저술하여 인체 해부학의 새로운 지평을 열었다.



아리스토텔레스

### ③ 백신의 개발과 감염병의 원인 규명(1800년대 말)

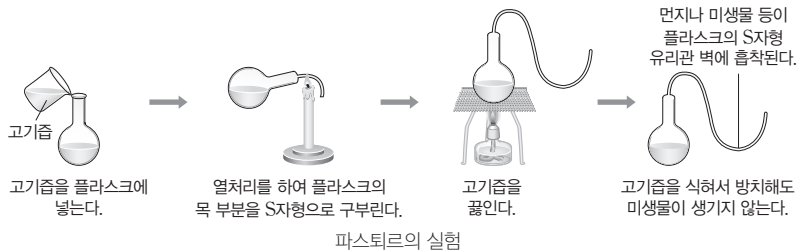
- 파스퇴르는 백조목 플라스크(S자형 목의 플라스크)를 이용하여 생물 속생설을 입증하였으며, 저온 살균법, 탄저병 백신과 광견병 백신 등을 개발하여 감염병 예방을 위한 기틀을 마련하였다.
- 코흐는 세균을 배양하고 연구하는 방법을 고안하여 감염병의 원인을 규명하는 과정을 정립하였으며, 탄저균, 결핵균, 콜레라균 등을 발견하였다.

### ④ 항생 물질 발견(1928년): 플레밍은 세균 배양 접시에 핀 푸른곰팡이에서 세균의 증식을 억제하는 물질인 페니실린을 발견하였다. 이후 항생제인 페니실린의 대량 생산이 가능해지면서 많은 사람들의 생명을 구할 수 있었다.



#### 과학 돋보기 | 파스퇴르와 생물 속생설

- 생물의 자연 발생에 대한 논쟁은 1600년대 이후 200년간 지속되었는데, 이 논쟁에 종지부를 찍은 사람은 「자연 발생설 비판(1861년)」이라는 책을 발표한 파스퇴르였다.
- 파스퇴르는 그림과 같은 백조목 플라스크를 이용한 실험을 통해 그동안 논쟁이 되었던 자연 발생설을 부정하고, 생물 속생설을 입증하였다.



### (3) 유전학과 분자 생물학 분야의 연구

- ① 유전의 기본 원리 발견(1865년): 멘델은 완두의 교배 실험 결과를 분석하여 부모의 형질은 입자인 유전 인자의 형태로 자손에게 전달된다는 것을 알아냈다. 당시 멘델의 발견은 주목받지 못했으나 1900년대 무렵 여러 과학자에 의해 재발견되었고, 그의 유전에 관한 주요 원리는 멘델의 법칙으로 불리게 되었다.
- ② 유전자설 발표(1926년): 모건은 각각의 유전자는 염색체의 일정한 위치에 존재한다(유전자설)는 것을 밝혀냈고, 초파리의 염색체 지도를 완성하였다. 이후 초파리의 유전이 자세히 연구되면서 유전학이 크게 발달하였다.
- ③ 유전자의 기능 규명(1941년): 비들과 테이텀은 하나의 유전자는 하나의 효소 합성에 관한 정보를 갖는다(1유전자 1효소설)고 주장하였다.
- ④ 유전 물질의 본체 규명(1944년): 에이버리는 폐렴 쌍구균의 형질 전환 실험을 통해 DNA가 유전 물질임을 실험으로 입증하였다.
- ⑤ DNA 구조 규명(1953년): 왓슨과 크릭은 DNA 염기 조성의 특징과 X선 회절 사진 등을 종합하여 DNA의 이중 나선 구조를 밝혀냈다. 이후 DNA에 관한 연구가 진행되면서 분자 생물학이 급속히 발달하였다.
- ⑥ 유전자 발현의 조절 과정 제시(1961년)와 유전부호 해독(1960년대): 자코브와 모노는 대장균에서 유전자 발현이 조절되는 과정(오펜설)을 밝혀냈고, 니런버그와 마테이는 인공 합성된 RNA를 이용하여 유전부호를 해독하였다. 이로써 염기 서열과 단백질의 아미노산 서열 사이의 관계를 알 수 있게 되었다.

#### 개념 체크

- **항생제:** 세균에 의한 질환을 치료하는 데 사용되는 물질이다. 세균을 죽이거나 증식을 억제한다.
- **유전부호:** 아미노산은 연속된 3개의 염기에 의해 지정되는데 이를 유전부호라고 한다.

1. 플레밍은 세균 배양 접시에 핀 푸른곰팡이 주변에는 세균이 증식하지 않는 것을 발견하고 이를 토대로 항생 물질인 ( )을 발견하였다.
2. 파스퇴르는 고기즙과 백조목 플라스크를 이용한 실험을 통해 ( )을 부정하고 ( )을 입증하였다.
3. 에이버리는 폐렴 쌍구균과 여러 분해 효소를 이용한 형질 전환 실험을 통해 ( )가 유전 물질이라는 것을 규명하였다.

※ ○ 또는 ×

4. 멘델은 각각의 유전자는 염색체의 일정한 위치에 존재한다고 주장하였다. ( )
5. 왓슨과 크릭은 DNA의 구조를 규명하였다. ( )
6. 니런버그와 마테이는 인공 합성된 RNA를 이용하여 유전부호를 해독하고, 염기 서열과 단백질의 아미노산 서열 사이의 관계를 설명하였다. ( )

#### 정답

1. 페니실린
2. 자연 발생설, 생물 속생설
3. DNA
4. ×
5. ○
6. ○

## 개념 체크

- **유전체**: 한 개체가 갖는 전체 유전 정보를 의미한다. DNA 전체의 염기 서열로 이루어지며 게놈(genome)이라고도 한다.
- **우두법**: 우두에 감염된 소의 고름 또는 우두에 감염된 사람의 고름을 백신으로 사용하는 기술로 제너의 종두법이 이에 해당한다.
- **변인**: 실험에 영향을 줄 수 있거나(독립변인) 독립변인의 영향을 받아 변할 수 있는 요인(종속변인)이다.

1. 다윈은 다양한 변이를 가진 개체 중 환경에 잘 적응한 개체만 살아남으며, 이러한 변이가 누적되어 진화가 일어난다는 ( ) 을 주장하였다.
2. 과학자는 ( ) 을 통해 자연 현상을 파악하고 자료를 수집하며, ( ) 을 통해 자신의 가설을 검증한다.
3. 우두에 걸린 여성에서 채취한 고름을 한 소년에게 접종하여 천연두를 예방할 수 있는 종두법을 개발한 사람은 ( ) 이다.
4. 파스퇴르는 양을 이용한 실험을 통해 자신이 개발한 탄저병 ( ) 의 효과를 입증하였다.

※ ○ 또는 ×

5. 과학자들은 실험에 영향을 줄 수 있는 각 변인의 조절·통제를 통해 실험 결과에 대한 타당성을 높인 다. ( )

정답

1. 자연 선택설
2. 관찰, 실험
3. 제너
4. 백신
5. ○

⑦ 유전자 재조합 기술 개발(1973년)과 DNA 증폭 기술 개발(1983년): 코헨과 보이어는 제한 효소, 플라스미드, DNA 연결 효소를 이용하여 유전자 재조합 기술을 개발하였고, 멀리스는 중합 효소 연쇄 반응(PCR, Polymerase Chain Reaction)을 이용하여 DNA를 짧은 시간에 다량으로 복제하는 기술을 개발하였다.

⑧ 사람의 유전체 사업 완료(2003년): 사람 유전체의 염기 서열을 밝혔으며, 이에 따라 유전자 기능의 연구와 생명체 유전 정보 분석의 기틀이 마련되었다.

#### (4) 생물의 분류와 진화에 관한 연구

- ① 생물의 분류 체계 정리(1753년): 린네는 생물을 체계적으로 분류하는 방법을 제안하였으며, 분류의 기본 단위인 종의 개념을 명확히 하여 종의 학술 명칭(학명)의 표기법인 이명법을 고안하였다.
- ② 용불용설(1809년): 라마르크는 사용하는 형질은 발달하고 사용하지 않는 형질은 퇴화한다는 용불용설을 주장하였다.
- ③ 자연 선택설의 등장(1859년): 다윈은 생물 개체 사이에 변이가 있고 환경에 잘 적응한 개체만 살아남으며, 이러한 변이가 누적되어 진화가 일어난다고 주장하였다. 다윈의 진화론은 생명 과학은 물론 정치와 사회적으로도 많은 영향을 주었다.

## 2 생명 과학의 연구 방법과 사례

(1) **관찰**: 과학자는 관찰을 통해 자연 현상을 파악하고 자료를 수집하며, 관찰은 창의적 발상을 자극한다.

- ① **종두법 개발(1796년)**: 제너는 우유 짜는 사람이 소의 천연두(우두)에 걸린 뒤에는 천연두에 걸리지 않는 것을 관찰하고, 우두에 걸린 여성에서 채취한 고름을 한 소년에게 접종하여 천연두 예방에 성공하였다.
- ② **항생 물질 발견(1928년)**: 플레밍은 세균을 배양하던 중 세균 배양 배지에 우연히 날아든 푸른곰팡이 주변에 세균이 생존하지 못하는 것을 관찰하고, 푸른곰팡이로부터 세균을 죽일 수 있는 물질인 페니실린을 추출하였다.

(2) **실험**: 과학자는 실험을 통해 자신의 가설을 검증한다. 실험을 수행하기 위해서는 문헌 조사가 선행되어야 하는 경우가 있고, 실험의 각 변인은 엄밀하게 통제되어야 한다.

- ① **파스퇴르의 탄저병 백신 실험(1881년)**: 파스퇴르는 대중이 지켜보는 가운데 자신이 개발한 탄저병 백신과 양을 이용한 실험을 통해 탄저병 백신의 효능을 증명하였다.

### 탐구자료 살펴보기

#### 파스퇴르의 탄저병 백신 실험

##### 과정

(가) 건강한 양 48마리 중 24마리는 집단 A로, 나머지 24마리는 집단 B로 구분한다.

(나) A와 B를 표와 같이 처리한다.

집단 \ 시간	1일차	13일차	27일차
A	백신 접종 안 함	백신 접종 안 함	강한 탄저균 주입
B	백신 접종함	백신 접종함	강한 탄저균 주입

(다) 강한 탄저균 주입 2일 후에 양의 상태를 확인한다.

##### 결과

A의 양 중 20마리는 죽고 나머지 4마리도 건강이 좋지 않은 상태였으나 B의 양은 모두 건강하였다.



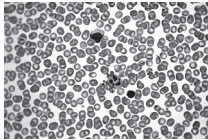
② 그리피스의 실험(1928년): 그리피스는 폐렴 쌍구균 실험을 통해 세균의 형질 전환을 확인하였고, 이후 에이버리의 후속 실험과 연구로 형질 전환을 일으키는 물질, 즉 유전 물질이 DNA임이 밝혀졌다.

(3) 정보 수집과 분석: 다른 학자들의 연구 결과를 수집하고 분석함으로써 과학적 성과를 얻을 수 있다.

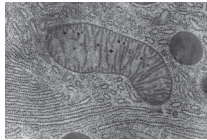
① DNA 구조 규명(1953년): 왓슨과 크릭은 샤가프에 의해 밝혀진 DNA 염기 조성의 특징과 프랭클린이 촬영한 DNA의 X선 회절 사진 등을 분석하여 DNA의 분자 구조를 규명하였다.

(4) 적절한 실험 기구의 사용: 실험 기구의 발전은 정밀한 관찰과 실험을 도와 생명 과학 발전에 핵심적인 역할을 하고 있다.

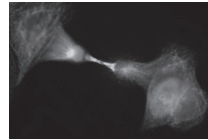
① 현미경: 광학 현미경의 발명은 세포의 발견으로 이어졌고, 세포를 염색액으로 처리하는 기술의 개발은 많은 세포 소기관의 발견으로 이어졌다. 전자 현미경은 세포의 미세 구조와 바이러스 연구에 핵심적인 역할을 하였다.



혈구의 광학 현미경 사진



미토콘드리아의 전자 현미경 사진



세포의 형광 현미경 사진

② 현대에 이르러서는 PCR 기기, 염기 서열 분석기 등 다양한 장비들이 생명 과학의 연구에 활용되고 있다.

(5) 창의적 발상

① 유전자 재조합(1973년): 코헨과 보이어는 제한 효소, 플라스미드, DNA 연결 효소를 이용하면 원하는 유전자를 다른 생물의 DNA에 삽입할 수 있을 것으로 생각하고, 이를 실현해 유전자 재조합 기술을 개발하였다.

② 중합 효소 연쇄 반응(PCR)(1983년): 멀리스는 DNA 복제에 필요한 물질들만 잘 갖추어진다면 시험관에서도 DNA를 복제시킬 수 있을 것으로 생각하고, 이를 연구하여 중합 효소 연쇄 반응으로 실현시켰다.

개념 체크

● **형질 전환:** 외부로부터 DNA에 의해 세포 또는 개체의 유전 형질이 변하는 현상이다.

● **제한 효소:** DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 절단할 수 있는 효소이다.

1. ( ) 현미경의 발명으로 세포를 관찰할 수 있게 되었으며, ( ) 현미경의 발명으로 세포의 미세 구조와 바이러스를 연구할 수 있게 되었다.

2. 멀리스는 특정 DNA를 빠르게 복제하여 다량의 DNA를 얻는 과정에 ( )를 활용하였다.

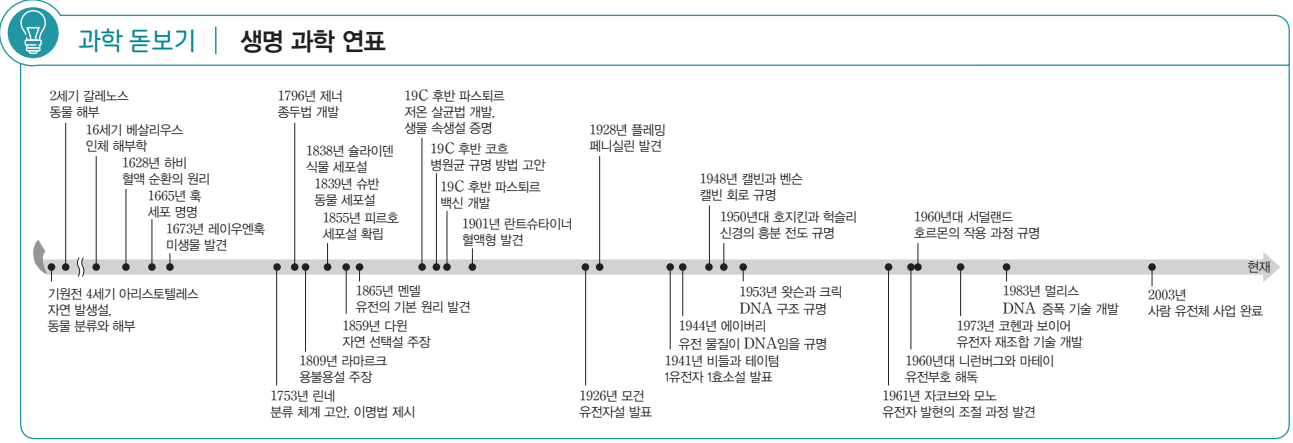
※ ○ 또는 ×

3. 그리피스는 폐렴 쌍구균 실험을 통해 세균의 형질 전환을 확인하였다. ( )

4. 왓슨과 크릭은 다른 학자들의 연구 결과를 수집하고 분석하여 DNA의 분자 구조를 규명하였다. ( )

**정답**

1. 광학, 전자
2. 중합 효소 연쇄 반응(PCR)
3. ○
4. ○



**01** 다음은 생명 과학 분야의 주요 성과 (가)와 (나)에 대한 자료이다. ㉠과 ㉡은 각각 멘델과 레이우엔훅 중 하나이다.

[23029-0001]

(가) ㉠은 자신이 만든 현미경으로 미생물을 관찰하였다.  
 (나) ㉡은 완두의 교배 실험 결과를 분석하여 유전의 기본 원리를 밝혀냈다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기  
 가. ㉠은 레이우엔훅이다.  
 나. ㉡은 최초로 DNA가 유전 물질임을 규명하였다.  
 다. (가)는 (나)보다 먼저 이루어졌다.

- ① 가    ② 나    ③ 다    ④ 가, 다    ⑤ 나, 다

**02** 그림은 세포의 연구에 대한 주요 성과를 시간 순서에 따라 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 세포설의 확립과 세포의 발견을 순서 없이 나타낸 것이고, (가)와 (나) 중 하나는 피르호에 의한 성과이다.

[23029-0002]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기  
 가. (가)는 세포의 발견이다.  
 나. 현미경의 발명은 (가)의 연구에 기여하였다.  
 다. (나)는 피르호에 의한 성과이다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

**03** 다음은 생물의 분류와 진화 연구에 대한 학생 A~C의 발표 내용이다.

[23029-0003]



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② C    ③ A, B    ④ B, C    ⑤ A, B, C

**04** 다음은 생명 과학자들의 연구 사례 (가)~(다)의 내용이다. ㉠과 ㉡은 각각 제너와 파스퇴르 중 하나이다.

[23029-0004]

(가) 플레밍은 푸른곰팡이에서 페니실린을 발견하였다.  
 (나) ㉠은 자연 발생설을 부정하고 ㉡를 주장하였다.  
 (다) ㉡은 사람에게 우두를 접종하여 천연두를 예방할 수 있는 중두법을 개발하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

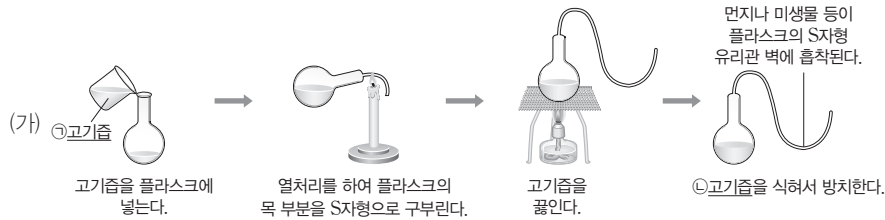
보기  
 가. (가)에서 항생 물질이 발견되었다.  
 나. 생물 속생설은 ㉡에 해당한다.  
 다. ㉠은 파스퇴르이다.

- ① 가    ② 다    ③ 가, 나    ④ 나, 다    ⑤ 가, 나, 다

**01** 표는 생명 과학자들의 주요 성과 I~Ⅲ의 내용을, 그림은 I~Ⅲ의 내용 중 한 내용을 지지하는 실험(가)를 나타낸 것이다. A~C는 각각 하비, 파스퇴르, 아리스토텔레스 중 하나이다.

[23029-0005]

구분	생명 과학자	내용
I	A	생물은 비생물적 요소로부터 우연히 생긴다고 주장했다.
Ⅱ	B	인체에서 혈액이 순환한다는 사실을 알아냈다.
Ⅲ	C	생물 속생설을 입증하였다.



자연 발생설은 생물은 흙이나 썩은 나무와 같은 비생물로부터 우연히 생겨날 수 있다는 학설이고, 생물 속생설은 생물은 이미 존재하는 생물로부터만 생겨날 수 있다는 학설이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

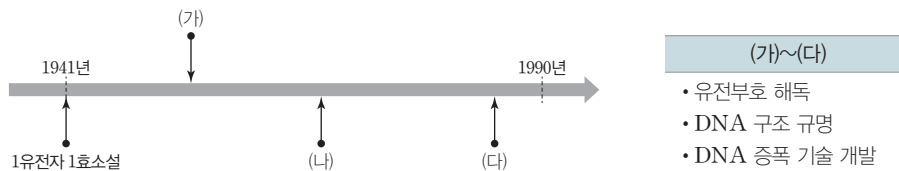
보기

- ㄱ. B는 하비이다.
- ㄴ. (가)의 ㉠과 ㉡에는 모두 미생물이 있다.
- ㄷ. (가)는 Ⅲ의 내용을 지지하는 실험을 나타낸 것이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 분자 생물학의 주요 성과 (가)~(다)를 시간 순서에 따라 나타낸 것이고, 표는 (가)~(다)를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0006]



왓슨과 크릭은 DNA 구조를 규명하였고, 니런버그는 유전 부호를 해독했으며, 멀리스는 DNA 증폭 기술을 개발하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 왓슨과 크릭은 (가)에 기여하였다.
- ㄴ. (나)를 통해 DNA 염기 서열과 단백질의 아미노산 서열 사이의 관계를 알 수 있게 되었다.
- ㄷ. (다)가 이루어지기 이전에 사람 유전체의 염기 서열을 밝히는 사람 유전체 사업이 완료되었다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

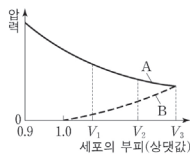
# II

## 세포의 특성

### 2023학년도 수능 4번

4. 그림은 고장액에 있던 식물 세포 X를 저장액에 넣었을 때 세포의 부피에 따른 A와 B를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 팽압과 삼투압 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

- ㄱ. B는 팽압이다.
- ㄴ. X의 흡수력은  $V_2$ 일 때가  $V_1$ 일 때보다 크다.
- ㄷ.  $V_3$ 일 때 X는 원형질 분리가 일어난 상태이다.

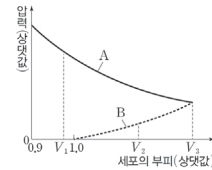
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

### 2023학년도 EBS 수능완성 127쪽 05번

### 05

▶ 22072-0275

그림은 고장액에 있던 어떤 식물 세포 X를 저장액에 넣었을 때 세포의 부피에 따른 A와 B를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 삼투압과 팽압 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. A는 팽압이다.
- ㄴ.  $V_1$ 일 때 X는 원형질 분리 상태이다.
- ㄷ. X의 흡수력은  $V_2$ 일 때가  $V_3$ 일 때보다 작다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 연계 분석

2023학년도 수능 4번은 수능완성 127쪽 05번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 고장액에 있던 식물 세포를 저장액에 넣었을 때 세포의 부피에 따른 삼투압과 팽압 그래프를 자료로 제시하고, 어느 그래프가 팽압인지와 세포의 부피에 따른 흡수력 및 원형질 분리 상태 여부를 묻고 있다는 점에서 자료와 보기 3개에서 모두 매우 높은 유사성을 보인다. 수능완성 문제와 수능 문제의 보기에서 물어보는 세포의 부피(상댓값)가 달라 보기의 정오 판정이 다르다는 점에서 차이가 있다.

### 학습 대책

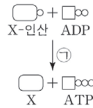
식물 세포의 삼투압, 팽압, 흡수력의 관계에 대한 문제는 개정 교육과정이 적용된 이후 오랜만에 수능에서 출제된 유형이지만 모든 교과서에서 자세히 제시되고 있는 만큼 언제든지 재출제될 가능성이 있다. 삼투압, 팽압, 흡수력, 원형질 분리, 최대 팽윤 등의 개념을 잘 이해하고, 수능특강과 기출 문제 분석을 통해 빈출되는 보기 내용 및 흡수력 그래프가 제시되는 경우에 대해 학습하는 것이 중요하다. 또한, 동물 세포인 적혈구를 저장액 또는 고장액에 넣었을 때의 변화를 식물 세포의 변화와 비교하여 공부할 필요가 있다.



2023학년도 수능 3번

3. 표는 효소 A와 B의 작용을, 그림은 효소 ㉠에 의한 반응을 나타낸 것이다. A와 B는 전이 효소와 이성질화 효소를 순서 없이 나타낸 것이다.

효소	작용
A	기질의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달한다.
B	기질 내의 원자 배열을 바꾸어 이성질체로 전환시킨다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

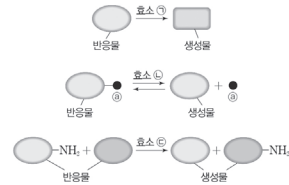
<보 기>

- ㄱ. A는 이성질화 효소이다.
- ㄴ. ㉠은 B에 해당한다.
- ㄷ. 세포 호흡의 해당 과정에서 A가 작용한다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 42쪽 14번

14 [2029-0042] 그림은 효소 ㉠~㉣의 작용을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 전이 효소, 산화 환원 효소, 이성질화 효소를 순서 없이 나타낸 것이며, ㉡는 원자이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㉠ 보 기
- ㄱ. ㉠은 전이 효소이다.
  - ㄴ. 탄소(C)는 ㉡에 해당한다.
  - ㄷ. ㉢은 제사용이 가능하다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

연계 분석

2023학년도 수능 3번은 수능특강 42쪽 14번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 전이 효소와 이성질화 효소의 작용에서 나타나는 특징을 제시하고 구분할 수 있는지를 묻고 있다는 점에서 매우 높은 유사성을 보인다. 수능특강 문제에서는 효소의 작용을 그림으로 제시하였고 산화 환원 효소에 대해서도 물었다면, 수능 문제에서는 효소의 작용을 문장으로 제시하였고 세포 호흡의 해당 과정 및 기질 수준 인산화에 관여하는 전이 효소의 작용을 연관 지어 물었다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

효소를 작용하는 반응의 종류에 따라 6가지로 구분하는 분류 체계 및 각 효소 작용의 특징에 대해 교과서와 수능특강, 수능과 모의평가에서 거의 비슷한 문장 표현과 그림 자료를 사용하고 있으므로 이를 숙지하여 각 효소를 정확하게 구분할 수 있도록 학습해야 한다. 또한, 같은 단원에 있는 효소의 일반적인 특성 외에도 광합성, 세포 호흡, 핵산의 중합 반응 등 다른 단원의 내용과도 연관 지어 출제될 수 있으므로 어떤 반응에 작용하는 효소가 어느 분류 체계에 속하는지를 분석하면서 학습하는 태도가 필요하다.

#### 개념 체크

- **내강:** 몸 안의 비어 있는 부분
- **내분비계:** 호르몬 분비에 관여하는 기관들의 모임이다.
- **유조직:** 광합성, 세포 호흡, 물질 저장, 분비 등이 활발하게 일어나는 조직이며, 울타리 조직, 해면 조직 등이 유조직에 해당한다.

1. 동물의 조직 중 ( ) 조직은 몸 바깥을 덮거나, 몸 안의 기관과 내강을 덮고 있는 조직이다.

2. 생물의 구성 단계 중 조직이 모여 이루어진 ( )는 동물의 구성 단계에는 없고, 기관이 모여 이루어진 ( )는 식물의 구성 단계에는 없다.

3. 간, 이자, 소장은 사람을 구성하는 여러 기관계 중 ( )에 속하는 기관이다.

※ ○ 또는 ×

4. 근육 조직은 다른 조직을 결합시키거나 지지하는 조직이다. ( )

5. 표피 조직, 유조직, 통도 조직은 세포 분열이 일어나는 분열 조직이다. ( )

### 1 생명체의 유기적 구성

#### (1) 동물의 유기적 구성

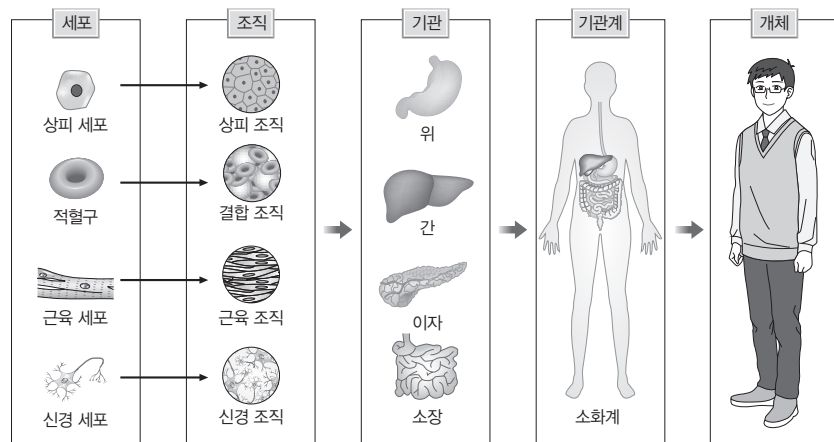
① 동물은 모양과 기능이 비슷한 세포들이 모여 조직을, 여러 조직이 모여 특정한 형태와 기능을 나타내는 기관을, 연관된 기능을 하는 여러 기관이 모여 기관계를, 기능이 서로 다른 여러 기관계가 모여 하나의 개체를 이룬다.

#### ② 동물의 조직

- 상피 조직: 몸 바깥을 덮거나, 몸 안의 기관과 내강을 덮고 있는 조직이다.
- 결합 조직: 다른 조직을 결합시키거나 지지하는 조직이다.
- 근육 조직: 근육 세포로 구성되며, 몸의 근육을 구성하는 조직이다.
- 신경 조직: 신경 세포로 구성되며, 자극을 받아들이고 신호를 전달하는 기능을 하는 조직이다.

#### ③ 동물의 기관과 기관계

- 기관: 여러 조직이 모여 특정 기능을 수행하는 기관을 이룬다. **예** 뇌, 심장, 콩팥, 간, 폐, 이자, 혈관 등
- 기관계: 연관된 기능을 하는 기관들이 모여 구성된다. **예** 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계, 내분비계, 면역계, 신경계, 생식계 등



동물의 구성 단계

#### (2) 식물의 유기적 구성

① 식물은 모양과 기능이 비슷한 세포들이 모여 조직을, 조직이 모여 조직계를, 조직계가 모여 기관을, 기관이 모여 하나의 개체를 이룬다.

#### ② 식물의 조직

- 분열 조직: 세포 분열이 일어나는 생장점과 형성층이 있다.
- 영구 조직: 분열 조직으로부터 분화되어 분열 능력이 없으며, 표피 조직, 유조직, 통도 조직 등이 있다.

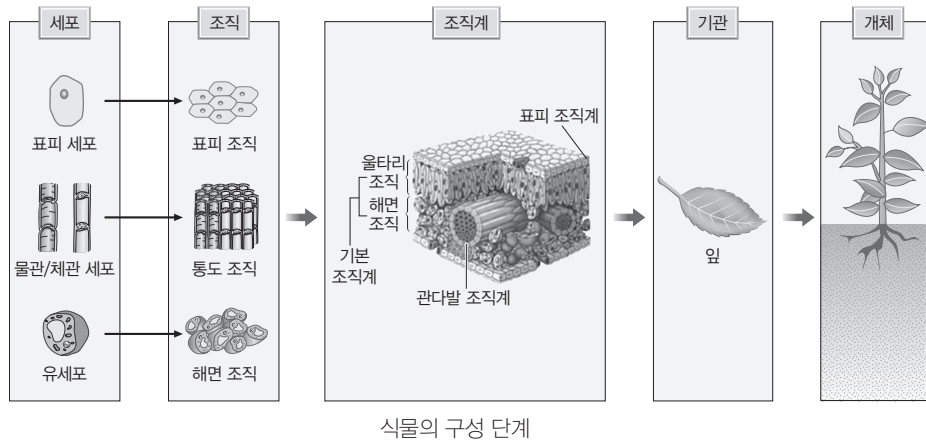
정답

1. 상피
2. 조직계, 기관계
3. 소화계
4. ×
5. ×

③ 식물의 조직계

- 표피 조직계: 식물체 내부를 보호하고 수분 출입을 조절하며, 표피, 공변세포, 큐티클층, 뿌리털 등으로 구성된다.
- 관다발 조직계: 물질의 이동 통로인 물관부와 체관부로 구성되며, 형성층이 포함되는 경우도 있다.
- 기본 조직계: 양분의 합성과 저장 기능을 하며 울타리 조직, 해면 조직 등으로 구성된다.

④ 식물의 기관: 뿌리, 줄기, 잎과 같은 영양 기관과 꽃, 열매와 같은 생식 기관이 있다.



개념 체크

- **녹말:** 식물 세포에 저장되는 다당류이다.
- **유기 용매:** 유기물로 된 용매로 알코올, 아세톤, 에테르 등이 있다.
- **생체막:** 세포나 핵, 미토콘드리아 등 세포 소기관을 둘러싸는 막으로, 인지질과 단백질이 주성분이다.

1. 식물의 조직계 중 ( ) 조직계는 물질의 이동 통로인 물관부와 체관부로 구성된다.
2. 탄수화물 중 ( )은 동물의 간이나 근육 속에 저장되는 다당류이고, ( )는 식물의 세포벽을 구성하는 다당류이다.
3. 중성 지방은 1분자의 ( )과 3분자의 ( )이 결합된 화합물이다.

※ ○ 또는 ×

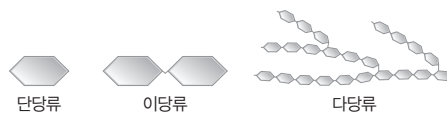
4. 엷당, 설탕, 젖당은 2분자의 단당류가 결합된 이당류이다. ( )
5. 인지질은 세포막, 핵막 등과 같은 생체막의 주요 구성 성분이다. ( )

2 생명체를 구성하는 기본 물질

(1) 탄수화물

- ① 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이다.
- ② 주된 에너지원으로 이용되며, 식물 세포벽의 구성 성분이다.
- ③ 종류에는 단당류, 이당류, 다당류가 있다.

- 단당류: 포도당, 과당, 갈락토스 등이 있다.
- 이당류: 2분자의 단당류가 결합된 화합물로 엷당, 설탕, 젖당 등이 있다.
- 다당류: 수백 또는 수만 분자의 단당류가 결합한 것으로 녹말, 글리코젠, 셀룰로스 등이 있다.



(2) 지질

- ① 주요 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이다.
- ② 에너지원으로 이용되며, 세포막과 일부 호르몬의 구성 성분이다.
- ③ 유기 용매에 잘 녹는다.
- ④ 종류에는 중성 지방, 인지질, 스테로이드가 있다.
  - 중성 지방: 1분자의 글리세롤과 3분자의 지방산이 결합된 화합물로, 에너지 저장과 체온 유지에 중요한 역할을 한다.
  - 인지질: 중성 지방에서 지방산 1분자 대신 인산기를 포함한 화합물이 결합한 것으로, 세포막, 핵막 등과 같은 생체막의 주요 구성 성분이다.

정답

1. 관다발
2. 글리코젠, 셀룰로스
3. 글리세롤, 지방산
4. ○
5. ○

개념 체크

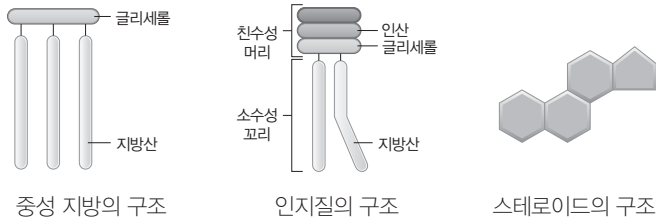
● **펩타이드 결합**: 두 개의 아미노산 사이에서 일어나는 결합으로, 두 개의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결될 때 한 분자의 물(H<sub>2</sub>O)이 생성된다.

1. 스테로이드는 ( )개의 고리가 연결된 구조이고, 스테로이드 중 ( )은 동물 세포막의 구성 성분이다.
2. 열이나 pH 변화 등에 의해 단백질의 입체 구조가 ( )되면, 단백질이 원래의 기능을 상실한다.
3. 핵산의 종류에는 ( )와 ( )가 있다.

※ ○ 또는 ×

4. 단백질의 기본 단위는 아미노산이다. ( )
5. 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기가 1:2:1로 결합되어 있다. ( )

• 스테로이드: 4개의 고리가 연결된 구조로, 성호르몬, 부신 겉질 호르몬 등의 구성 성분이다. 대표적인 예로 콜레스테롤이 있으며, 콜레스테롤은 동물 세포막의 구성 성분이다.

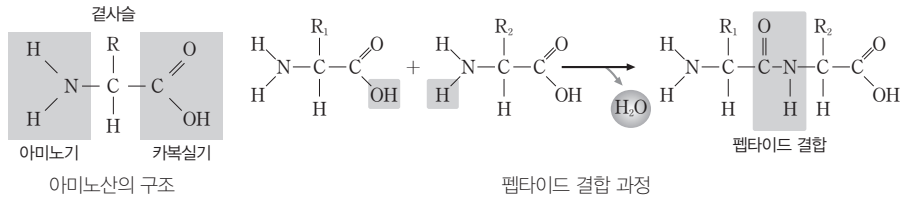


(3) 단백질

- ① 주요 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)이다.
- ② 효소, 호르몬, 항체의 주성분으로 물질대사와 생리 작용을 조절하고 방어 작용에 관여한다.
- ③ 열이나 pH 변화 등에 의해 단백질의 입체 구조가 쉽게 변화되는데, 이를 단백질의 변성이라고 한다. 단백질이 변성되면 원래의 기능을 상실한다.
- ④ 20종류의 아미노산이 단백질을 구성하는 기본 단위이고, 각각의 아미노산은 펩타이드 결합에 의해 연결된다.



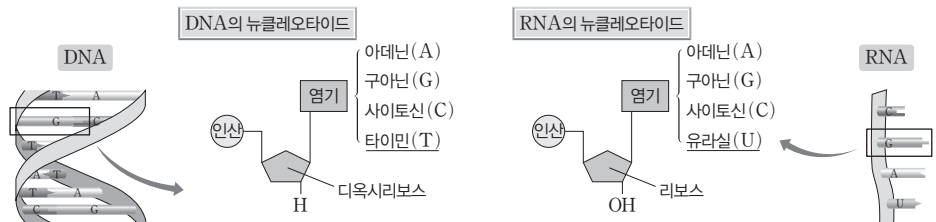
과학 돋보기 | 아미노산의 구조와 펩타이드 결합



- 두 개의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결될 때 물이 생성된다.
- 단백질을 구성하는 아미노산의 종류와 수, 결합 순서 등에 따라 단백질의 종류가 결정된다.

(4) 핵산

- ① 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이다.
- ② 유전 정보를 저장 및 전달하고 단백질 합성에 관여한다.
- ③ 기본 단위는 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합된 뉴클레오타이드이다.
- ④ 종류에는 DNA와 RNA가 있다.



정답

1. 4. 콜레스테롤
2. 변성
3. DNA, RNA(또는 RNA, DNA)
4. ○
5. ×



### 3 세포의 연구 방법

#### (1) 현미경

세포의 구조를 연구할 때 이용한다.

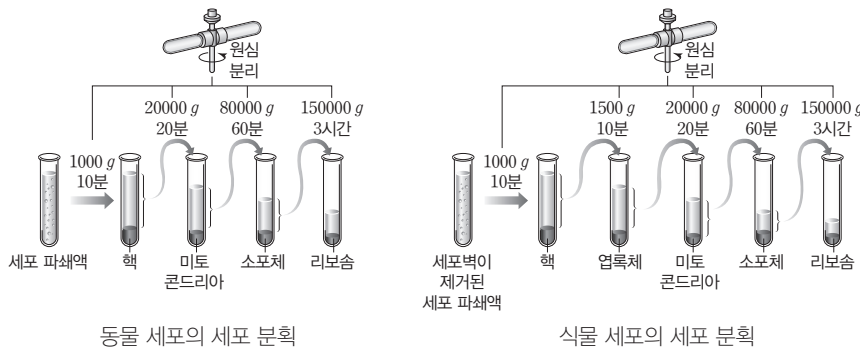
- 현미경의 종류: 세포의 연구에 주로 이용되는 현미경으로는 광학 현미경(일반적인 광학 현미경, 위상차 현미경, 형광 현미경)과 전자 현미경(투과 전자 현미경, 주사 전자 현미경)이 있다.

구분	광학 현미경	전자 현미경	
		투과 전자 현미경(TEM)	주사 전자 현미경(SEM)
광원	가시광선	전자선	
해상력	0.2 $\mu\text{m}$	0.0002 $\mu\text{m}$	0.005 $\mu\text{m}$
원리	시료를 투과한 가시광선을 대물 렌즈와 접안렌즈로 확대하여 관찰	시료를 투과한 전자선에 의해 스크린에 나타나는 상을 관찰	전자선을 시료에 쬐었을 때 시료 표면에서 방출된 전자에 의해 나타나는 상을 관찰
특징	살아 있는 세포를 관찰할 수 있고 시료의 색깔 구분이 가능함	시료의 단면 구조 관찰이 용이함	시료의 입체 구조 관찰이 용이함

#### (2) 세포 분획법

세포의 성분 분석과 세포 소기관의 구조와 기능 연구를 위해 이용한다.

- ① 원리: 세포를 균질기로 부순 다음 원심 분리기를 이용하여 세포 소기관을 크기와 밀도에 따라 분리한다.
- ② 과정: 세포와 농도가 같은 설탕 용액이 든 시험관에 세포를 넣고 저온에서 파쇄한 후 이 파쇄액을 원심 분리한다. 느린 회전 속도에서는 비교적 크고 무거운 핵 등이 가라앉아 분리되고, 회전 속도가 빨라질수록 점차 작은 세포 소기관이 가라앉아 분리된다.



동물 세포의 세포 분획

식물 세포의 세포 분획

#### (3) 자기 방사법

세포 내 물질의 위치와 이동 경로를 알아보고자 할 때 이용한다.

- ① 원리: 방사성 동위 원소가 포함된 물질을 세포나 조직에 넣어준 후, 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적한다.
- ② 이용의 예: 방사성 동위 원소로 표지된 아미노산이 들어 있는 배양액에 세포를 배양하면서 시간 경과에 따라 방사선을 방출하는 세포 소기관을 조사하면 세포 내에서 단백질이 합성되어 이동하는 경로를 알 수 있다.

#### 개념 체크

- 위상차 현미경: 세포의 부위에 따른 빛의 굴절 차이가 명암의 차이로 나타나므로, 염색하지 않아도 세포를 뚜렷이 관찰할 수 있다.
- 형광 현미경: 세포에 형광 염색 물질을 처리한 후 빛을 비추면 특정 물질의 세포 내 위치를 관찰할 수 있다.
- 해상력: 아주 가까운 거리에 있는 두 점이 확실하게 분리되어 보이는 최소한의 거리이다.
- 방사성 동위 원소: 원자핵이 불안정하여 스스로 붕괴되면서 방사선을 방출하는 동위 원소이다.

1. 광학 현미경은 광원으로 ( )을 이용한다.
2. 자기 방사법은 ( )에서 방출되는 방사선을 추적하여 세포 내 물질의 위치와 이동 경로를 확인하는 연구 방법이다.

※ ○ 또는 ×

3. 전자 현미경 중 주사 전자 현미경(SEM)은 투과 전자 현미경(TEM)보다 시료의 단면 구조를 관찰하기에 적합하다. ( )
4. 세포 분획법에서 원심 분리를 이용하여 식물 세포의 세포 소기관을 구분하면, 엽록체가 소포체보다 먼저 분리된다. ( )

#### 정답

1. 가시광선
2. 방사성 동위 원소
3. ×
4. ○

## 개념 체크

● **히스톤 단백질**: 염색질을 구성하는 단백질로 DNA가 감기는 축 역할을 해서 DNA의 응축을 도우며 유전자 발현 조절에 중요한 역할을 한다.

1. 세포의 핵은 ( )으로 둘러싸여 있으며, 핵 속의 ( )은 리보솜을 구성하는 rRNA가 합성되는 장소이다.

2. 핵막에 있는 핵공은 핵과 ( ) 사이의 물질 이동 통로이다.

3. 리보솜은 ( )에 붙어 있거나 세포질에 존재한다.

※ ○ 또는 ×

4. 염색질의 기본 단위는 뉴클레오솜이다. ( )

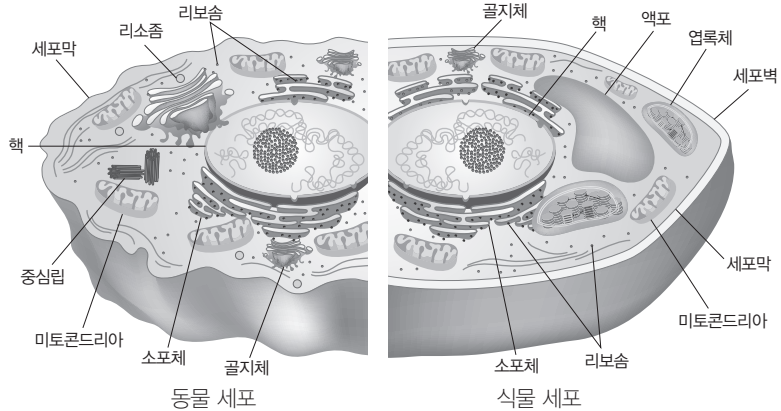
5. 리보솜은 단일막 구조이다. ( )

## 4 세포의 구조와 기능

## (1) 세포의 구조

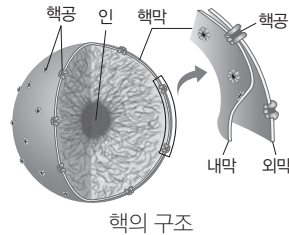
① 세포막으로 둘러싸인 세포는 핵과 세포질로 구분된다.

② 세포질에는 미토콘드리아, 엽록체, 골지체, 소포체, 리보솜, 중심립(중심체) 등 다양한 세포 내 구조물이 존재한다.



## (2) 생명 활동의 중심-핵

① 세포의 생명 활동을 조절하고, 세포의 구조와 기능을 결정하는 유전 물질이 있다. 핵막으로 둘러싸여 있으며, 핵 속에는 염색질과 인이 존재한다.



② 핵 속의 유전 물질(DNA)에 저장된 유전 정보에 의해 단백질이 합성되며, 단백질에 의해 세포 내 대부분의 생명 활동이 조절된다.

③ 핵막: 외막과 내막의 2중막 구조이고, 외막의 일부는 소포체 막과 연결되어 있다. 핵막에 있는 핵공은 핵과 세포질 사이의 물질 이동 통로가 된다.

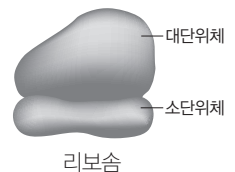
④ 염색질: DNA가 히스톤 단백질 등과 결합한 구조로, 뉴클레오솜이 기본 단위이다.

⑤ 인: 단백질과 RNA가 많이 모여 있는 부분이며, 막이 없다. 리보솜을 구성하는 rRNA가 합성되는 장소로, 리보솜 합성에 관여한다.

## (3) 물질의 합성과 수송

① 리보솜

- 리보솜 RNA(rRNA)와 단백질로 구성된 2개의 단위체(대단위체와 소단위체)로 이루어져 있으며, 막으로 싸여 있지 않다.
- 거친면 소포체에 붙어 있거나 세포질에 존재한다.
- mRNA에 의해 전달되는 유전 정보에 따라 단백질을 합성한다.

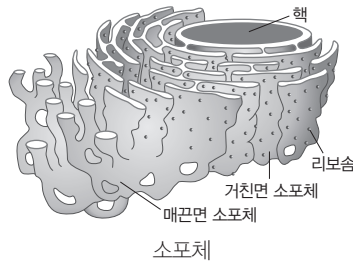


정답

1. 핵막, 인
2. 세포질
3. 거친면 소포체
4. ○
5. ×

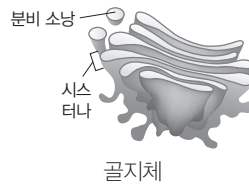
② 소포체

- 납작한 주머니나 관 모양의 막이 연결된 형태의 구조물이고, 단일막 구조이다.
  - 소포체 막의 일부가 핵막과 연결되어 있다.
  - 물질 수송의 통로 역할을 한다.
- ㉠ 거친면 소포체: 표면에 리보솜이 붙어 있다. 리보솜에서 합성된 단백질을 가공(변형)하고 운반한다.
- ㉡ 매끈면 소포체: 표면에 리보솜이 붙어 있지 않다. 인지질, 스테로이드와 같은 지질을 합성하고, 독성 물질을 해독하며,  $Ca^{2+}$ 을 저장한다.



③ 골지체

- 납작한 주머니 모양의 구조물인 시스터나가 층층이 쌓인 형태이고, 단일막으로 되어 있다.
- 소포체에서 이동해 온 단백질이나 지질을 가공(변형)하고 포장하여, 세포 밖으로 분비하거나 세포의 다른 부위로 이동시킨다.
- 소화샘 세포, 내분비샘 세포와 같은 분비 작용이 활발한 세포에 발달해 있다.



개념 체크

● 시스터나: 골지체나 소포체의 일부에서 볼 수 있는 납작한 주머니 모양의 구조물이다.

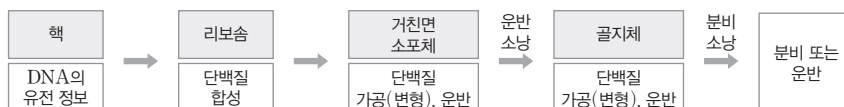
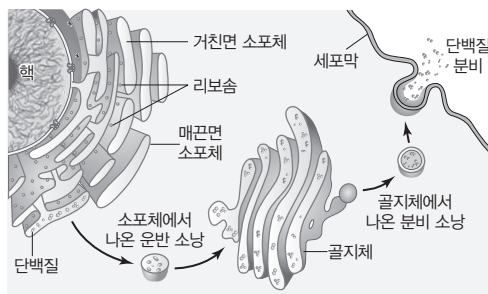
1. 소포체 막의 일부는 ( ) 과 연결되어 있다.
2. 골지체는 단일막 구조이며, 납작한 주머니 모양의 구조물인 ( )가 층층이 쌓인 형태이다.

※ ○ 또는 ×

3. 단백질은 유전 정보에 따라 리보솜에서 합성되고, 이 중 세포 밖으로 분비되는 단백질은 거친면 소포체와 골지체를 거쳐 세포 밖으로 분비된다. ( )
4. 매끈면 소포체는 독성 물질을 해독하고,  $Ca^{2+}$ 을 저장한다. ( )

과학 돋보기 | 단백질의 합성과 분비

- 단백질은 핵에 있는 유전 정보에 따라 리보솜에서 합성되고, 합성된 단백질은 거친면 소포체 안으로 들어가 가공(변형)된다.
- 소포체에서 단백질을 싸고 있는 운반 소낭(수송 소낭)이 떨어져 나와 골지체와 융합한다.
- 골지체에서 단백질을 싸고 있는 분비 소낭(수송 소낭)이 분리된 후 세포막과 융합하면 단백질이 세포 밖으로 분비된다.



정답

1. 핵막
2. 시스터나
3. ○
4. ○

개념 체크

- **크리스타**: 미토콘드리아 내부의 주름진 구조로 내막의 표면적을 증가시켜 ATP를 효율적으로 생산할 수 있게 한다.
- **식포**: 세포가 외부의 이물질을 세포막으로 둘러싸서 일시적으로 만든 소낭이다.

1. 엽록체에서는 빛에너지를 이용하여 유기물을 합성하는 ( )이 일어나고, 미토콘드리아에서는 유기물을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 ( )이 일어난다.
2. 엽록체는 ( )에, 미토콘드리아는 ( )에 각각 독자적인 DNA와 리보솜이 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.
3. 리소좀에는 다양한 ( )가 들어 있어 세포내 소화를 담당한다.

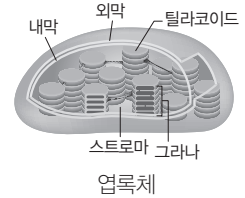
※ ○ 또는 ×

4. 엽록체의 틸라코이드 막에는 광합성 색소가 있다. ( )
5. 엽록체와 미토콘드리아는 모두 외막과 내막의 2중막 구조로 되어 있다. ( )

(4) 에너지 전환

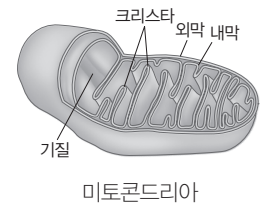
① 엽록체

- 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 포도당을 합성하는 광합성이 일어나는 장소이다.
- 외막과 내막의 2중막 구조로 되어 있고, 그라나와 스트로마로 구분된다.
- 그라나는 틸라코이드가 쌓여 층을 이룬 구조로 되어 있다. 틸라코이드 막에는 광합성 색소와 단백질이 있다.
- 스트로마는 엽록체에서 미토콘드리아의 기질에 해당하는 부위로 포도당 합성에 관여하는 다양한 효소가 들어 있다. 이곳에 독자적인 DNA와 리보솜이 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.
- 광합성을 하는 식물과 조류에서 관찰된다.



② 미토콘드리아

- 유기물을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 세포 호흡이 일어나는 장소이다. 외막과 내막의 2중막 구조로 되어 있고, 내막은 크리스타를 형성한다.
- 유기물에 저장된 화학 에너지가 ATP 형태의 화학 에너지로 전환된다.
- 내막 안쪽은 기질이라 하며, 이곳에 독자적인 DNA와 리보솜이 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.
- 간세포와 근육 세포 등과 같이 에너지를 많이 필요로 하는 세포에 다수 분포한다.



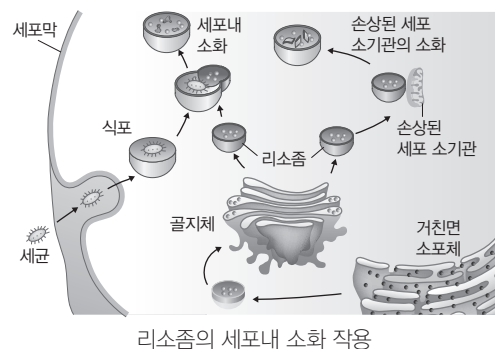
③ 엽록체와 미토콘드리아의 비교

구분	공통점	차이점
엽록체	• 2중막 구조 • 독자적인 DNA, 리보솜 존재 • 스스로 복제하여 증식	• 광합성(유기물 합성) • 식물 세포에 존재 • 빛에너지 → 화학 에너지(유기물)
미토콘드리아		• 세포 호흡(유기물 분해) • 식물 세포, 동물 세포에 모두 존재 • 화학 에너지(유기물) → 화학 에너지(ATP)

(5) 물질의 분해와 저장

① 리소좀

- 단일막으로 둘러싸여 있는 작은 주머니 모양으로 골지체의 일부가 떨어져 나와 만들어진다.
- 단백질, 탄수화물, 지질, 핵산 등을 분해하는 다양한 가수 분해 효소가 들어 있어 세포내 소화를 담당한다.
- 세포 내부로 들어온 세균과 같은 이물질, 손상된 세포 소기관과 노폐물을 분해한다.



정답

1. 광합성, 세포 호흡
2. 스트로마, 기질
3. 가수 분해 효소
4. ○
5. ○

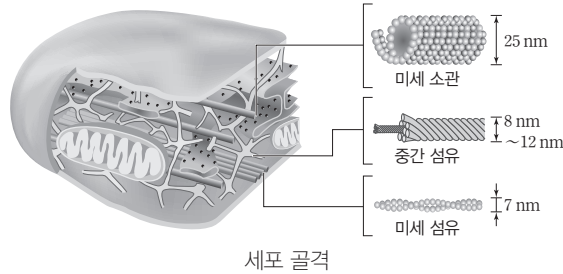
② 액포

- 단일막으로 둘러싸여 있는 주머니 모양의 세포 소기관이고, 식물 세포에 주로 존재한다.
- 물을 흡수하여 세포의 수분량과 삼투압을 조절한다.
- 영양소나 노폐물을 저장하며, 세포가 성숙해짐에 따라 발달한다.

(6) 세포의 형태 유지와 운동

① 세포 골격

- 단백질 섬유가 그물처럼 얽혀 있는 구조이다.
- 세포 소기관의 위치와 세포의 형태를 결정짓는 역할을 한다.
- 세포 골격의 종류에는 미세 소관, 중간 섬유, 미세 섬유가 있다.

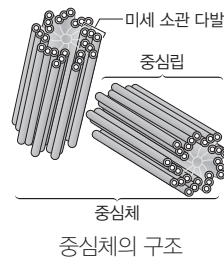


② 편모와 섬모

- 미세 소관으로 이루어진 세포의 운동 기관이다.
- 섬모는 길이가 짧고 수가 많으며, 편모는 길이가 길고 수가 적다.

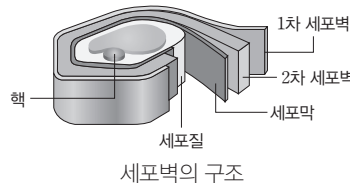
③ 중심체

- 핵 근처에 위치하며, 직각으로 배열된 중심립 2개로 구성된다.
- 중심립은 미세 소관으로 이루어져 있으며, 세포 분열 시 방추사가 뻗어 나온다.



④ 세포벽

- 식물 세포에서 세포 보호 및 형태 유지, 식물체 지지 등의 기능을 한다.
- 물과 용질을 모두 통과시키는 구조로 물질 출입을 조절하지 못한다.
- 식물 세포에서 주성분은 셀룰로스이며, 어린 식물 세포에서는 비교적 얇은 1차 세포벽이 형성되고, 세포가 성숙하면서 1차 세포벽과 세포막 사이에 두껍고 단단한 2차 세포벽이 형성된다.



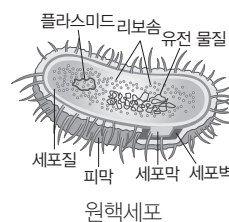
5 원핵세포와 진핵세포

(1) 원핵세포와 진핵세포(동물 세포)의 비교

구분	유전 물질	핵막	세포벽	리보솜	막성 세포 소기관
원핵세포	원형 DNA	없음	있음	있음	없음
진핵세포(동물 세포)	선형 DNA	있음	없음	있음	있음

(2) 원핵세포의 구조

- 일반적으로 원핵세포의 리보솜은 진핵세포의 리보솜과 비교하여 크기가 작고, 구성하는 단백질과 RNA의 종류가 다르다.
- 원핵세포 중 일부는 세포벽 바깥에 피막을 가진다.



개념 체크

- **방추사:** 진핵세포의 세포 분열 과정에서 형성되는 가는 실 모양의 단백질이다.
- **피막:** 세균을 비롯한 많은 원핵세포에서 세포벽의 바깥을 둘러싸고 있는 층으로, 젤리 같은 반고체 상태이다.

- 세포 골격의 종류에는 미세 소관, 미세 섬유, ( )가 있다.
- 중심립 ( )개로 구성된 ( )는 동물 세포의 세포 분열 시 방추사 형성에 관여한다.
- 식물 세포의 세포막 바깥쪽에 있는 ( )은 세포 보호 및 형태 유지, 식물체 지지 등의 기능을 한다.

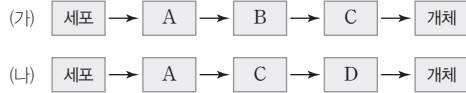
※ ○ 또는 ×

- 편모와 섬모는 미세 섬유로 이루어진 세포의 운동 기관이다. ( )
- 원핵세포와 진핵세포에 모두 미토콘드리아가 있다. ( )

정답

- 중간 섬유
- 중심체
- 세포벽
- ×
- ×

**01** 그림 (가)와 (나)는 동물과 식물의 구성 단계를 순서 없이 나타낸 것이다. A~D는 기관, 기관계, 조직, 조직계를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 동물의 구성 단계이다.
  - ㄴ. 유조직은 (나)의 A의 예이다.
  - ㄷ. C는 기관이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 표는 식물의 구성 단계 일부와 예를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 기관, 조직, 조직계를 순서 없이 나타낸 것이다.

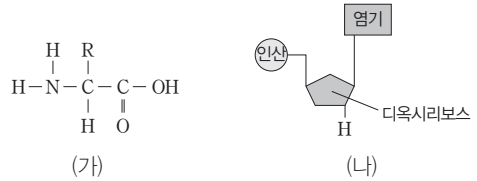
구성 단계	예
(가)	?
(나)	열매, ㉠꽃
(다)	생장점, 형성층

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 관다발 조직계는 (가)의 예이다.
  - ㄴ. ㉠는 생식 기관이다.
  - ㄷ. (다)는 조직이다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 그림 (가)와 (나)는 뉴클레오타이드와 아미노산을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나)의 구성 원소에는 모두 질소(N)가 있다.
  - ㄴ. 2분자의 (가)가 펩타이드 결합으로 연결될 때 1분자의 물(H<sub>2</sub>O)이 생성된다.
  - ㄷ. (나)는 DNA의 기본 단위이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 표는 생명체를 구성하는 물질 (가)~(다)의 특징을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 셀룰로스, 중성 지방, 콜레스테롤을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 글리세롤과 지방산 중 하나이다.

물질	특징
(가)	1분자의 ㉠과 3분자의 ㉡이 결합된 화합물이다.
(나)	4개의 고리가 연결된 구조로, 동물 세포막의 구성 성분이다.
(다)	수백 또는 수만 분자의 포도당이 결합한 다당류이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 지방산, ㉡은 글리세롤이다.
  - ㄴ. (나)는 (다)보다 유기 용매에 잘 녹는다.
  - ㄷ. 울타리 조직을 이루는 세포에는 (다) 성분의 세포벽이 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [23029-0011] 그림 (가)와 (나)는 DNA와 RNA를 순서 없이 나타낸 것이다. (가)를 이루는 뉴클레오타이드를 구성하는 당은 리보스이다.



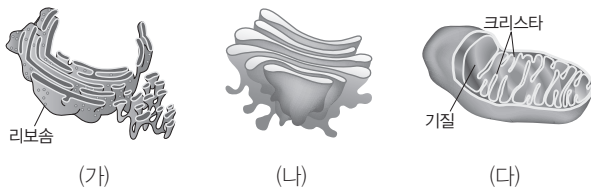
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)와 (나)의 기본 단위는 모두 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합되어 있다.
- ㄴ. 원핵세포의 세포질에는 (가)가 없다.
- ㄷ. 엽록체의 스트로마에는 (나)가 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** [23029-0012] 그림 (가)~(다)는 골지체, 미토콘드리아, 소포체를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 단백질의 합성과 분비 과정에서 운반 소낭(수송 소낭)에 의해 (가)에서 (나)로 단백질이 운반된다.
- ㄴ. (다)에서 유기물의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환된다.
- ㄷ. 대장균에는 (가)~(다)가 모두 없다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [23029-0013] 다음은 세포 (가)와 (나)를 비교한 자료이다. (가)와 (나)는 대장균과 사람의 간세포를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡는 각각 세포를 구성하는 구조물이다.

- (가)는 선형 DNA를 갖고, (나)는 원형 DNA를 갖는다.
- (가)에는 ㉠이 있고, (나)에는 ㉠이 없다.
- (가)에는 ㉡가 없고, (나)에는 ㉡가 있다.

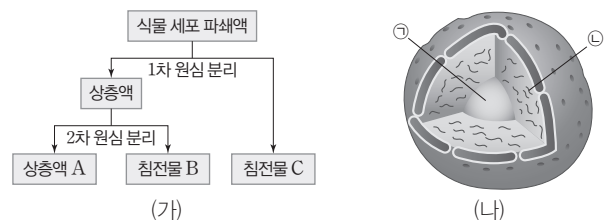
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 대장균이다.
- ㄴ. 리보솜은 ㉠에 해당한다.
- ㄷ. 세포벽은 ㉡에 해당한다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** [23029-0014] 그림 (가)는 원심 분리기를 이용하여 세포벽이 제거된 식물 세포 파쇄액으로부터 상층액 A와 침전물 B, C를 분리하는 과정을, (나)는 이 식물 세포의 핵을 나타낸 것이다. A~C에는 각각 엽록체, 미토콘드리아, 핵 중 서로 다른 하나만 포함되어 있고, ㉠과 ㉡는 염색질과 인을 순서 없이 나타낸 것이다.



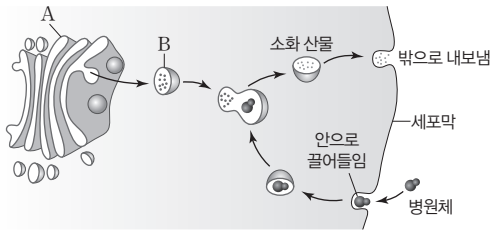
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에는 (나)가 있다.
- ㄴ. ㉠에서 리보솜을 구성하는 rRNA가 합성된다.
- ㄷ. B에 포함된 세포 소기관에서 세포 호흡이 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**09** [23029-0015] 그림은 동물 세포에서 일어나는 세포내 소화 과정을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 골지체와 리소좀 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A에서 단백질의 가공(변형)이 일어난다.
  - ㄴ. B에는 가수 분해 효소가 있다.
  - ㄷ. A와 B는 모두 단일막 구조이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [23029-0016] 표는 현미경 (가)와 (나)를 이용하여 백혈구를 관찰한 결과를 나타낸 것이고, 그림은 (가)와 (나)에 대한 학생 A~C의 발표 내용이다. (가)와 (나)는 주사 전자 현미경과 투과 전자 현미경을 순서 없이 나타낸 것이다.

현미경	관찰 결과
(가)	
(나)	

(가)는 주사 전자 현미경입니다.

(가)와 (나)는 모두 광원으로 전자선을 이용합니다.

(나)는 광학 현미경보다 해상력이 뛰어나습니다.

학생 A                      학생 B                      학생 C

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② C    ③ A, B    ④ B, C    ⑤ A, B, C

**11** [23029-0017] 다음은 세포 내 구조물 A~C에 대한 자료이다. A~C는 리보솜, 매끈면 소포체, 액포를 순서 없이 나타낸 것이다.

- A는 대단위체와 소단위체로 이루어져 있고, 막으로 싸여 있지 않다.
- B는 세포의 수분량과 삼투압을 조절하고, 영양소나 노폐물을 저장한다.
- C는 독성 물질을 해독하거나  $Ca^{2+}$ 을 저장한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 대장균은 A~C 중 A만 갖는다.
  - ㄴ. B는 모든 동물 세포에 존재한다.
  - ㄷ. C에서 지질이 합성된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**12** [23029-0018] 표는 세포 A~C에서 세포 내 구조물 ㉠~㉣의 유무를 나타낸 것이다. A~C는 대장균, 생쥐의 간세포, 장미의 울타리 조직 세포를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 골지체, 리보솜, 엽록체를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	㉠	㉡	㉢
A	○	?	○
B	㉠	○	○
C	㉡	×	×

(○: 있음, ×: 없음)

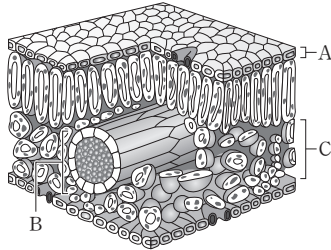
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠과 ㉡는 모두 '○'이다.
  - ㄴ. ㉢은 시스терна가 층층이 쌓인 형태이다.
  - ㄷ. C의 세포질에는 원형의 DNA가 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**01** [23029-0019] 그림은 식물 잎의 단면 구조를, 표는 동물과 식물에서 구성 단계 (가)~(라)의 유무를 나타낸 것이다. A~C는 관다발 조직계, 표피 조직계, 해면 조직을 순서 없이, (가)~(라)는 기관, 기관계, 조직, 조직계를 순서 없이 나타낸 것이다. C는 식물의 구성 단계 중 (나)의 예이다.



구분	(가)	(나)	(다)	(라)
동물	○	○	○	×
식물	?	○	○	?

(○: 있음, ×: 없음)

식물의 구성 단계에는 조직계가 있고, 동물의 구성 단계에는 기관계가 있다.

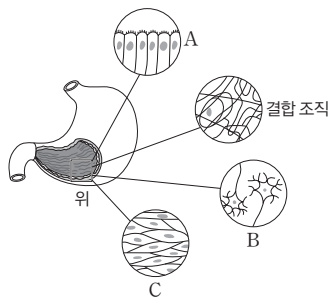
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 식물의 구성 단계 중 (라)의 예이다.
- ㄴ. B를 통해 물질이 이동한다.
- ㄷ. 동맥은 동물의 구성 단계 중 (다)의 예이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** [23029-0020] 그림은 사람의 위와 그 구성 조직을, 표는 조직 (가)~(다)의 특징을 나타낸 것이다. A~C는 근육 조직, 상피 조직, 신경 조직을 순서 없이, (가)~(다)는 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.



조직	특징
(가)	근수축을 통해 위의 움직임을 조절한다.
(나)	위의 표면이나 안쪽 벽을 덮고 있다.
(다)	자극을 받아들이고 위에 신호를 전달한다.

동물의 조직에는 상피 조직, 결합 조직, 근육 조직, 신경 조직이 있고, 여러 조직이 모여 특정한 형태와 기능을 나타내는 기관이 형성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

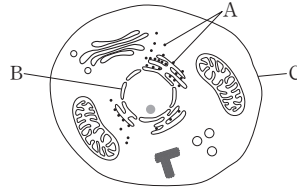
보기

- ㄱ. (가)는 C이다.
- ㄴ. A를 이루는 세포에 상피 세포가 있다.
- ㄷ. 위는 간, 소장과 함께 하나의 조직계를 이룬다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

핵은 2중막 구조, 세포막은 단일막 구조, 리보솜은 막이 없는 구조이고, 생체막의 주성분은 인지질과 단백질이다. 단백질을 구성하는 주요 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)가 있고, 중성 지방을 구성하는 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)가 있으며, DNA를 구성하는 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이 있다.

**03** 그림은 동물 세포의 구조를, 표는 탄소 화합물 ㉠~㉣에서 수소(H), 질소(N), 인(P)의 유무를 나타낸 것이다. A~C는 각각 리보솜, 세포막, 핵 중 하나이고, ㉠~㉣은 단백질, 중성 지방, DNA를 순서 없이 나타낸 것이다.



구분	수소(H)	질소(N)	인(P)
㉠	?	㉠	?
㉡	○	?	○
㉢	?	○	㉢

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

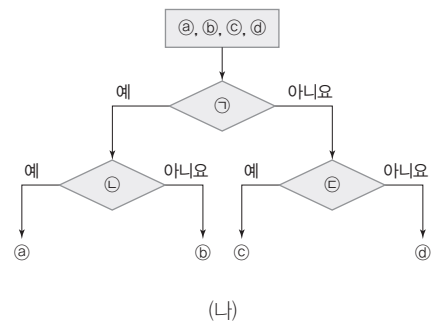
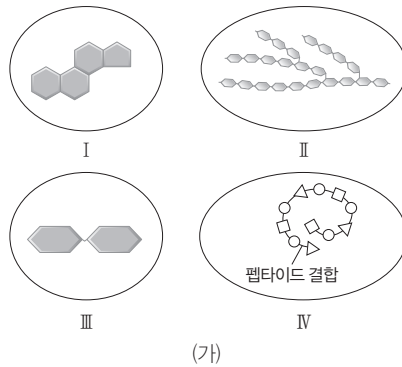
**보기**

ㄱ. ㉠과 ㉢은 모두 '×'이다.  
 ㄴ. A와 C의 구성 물질에 모두 ㉣이 있다.  
 ㄷ. ㉡은 B에 있는 염색질을 이루는 물질이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

글리코젠과 엷당은 모두 탄수화물의 종류이고, 항체의 주성분은 단백질이다.

**04** 그림 (가)는 생명체를 구성하는 물질 I~IV를, (나)는 물질 ㉠~㉣을 기준 ㉠~㉣에 따라 구분하는 과정을 나타낸 것이다. I~IV는 각각 글리코젠, 단백질, 스테로이드, 엷당 중 하나이고, ㉠~㉣은 I~IV를 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠은 다당류이고, ㉡는 항체의 주성분이며, ㉢과 ㉣ 중 하나는 '성호르몬의 구성 성분인가?'이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

ㄱ. ㉢은 I이다.  
 ㄴ. 리보솜에서 ㉣가 합성된다.  
 ㄷ. '탄수화물에 속하는가?'는 ㉠에 해당한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 방사성 동위 원소를 이용한 실험이다.

[23029-0023]

[실험 과정]

(가) 배지 ㉠과 ㉡에 유전적으로 동일한 식물 세포를 각각 배양한다.

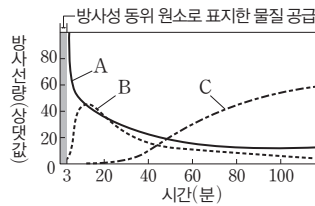
(나) (가)의 ㉠과 ㉡에 방사성 동위 원소로 표지한 물질을 표와 같이 공급한다.

배지	방사성 동위 원소로 표지한 물질
㉠	메싸이오닌(아미노산)
㉡	타이민(T)

(다) (나)의 ㉠과 ㉡에서 검출되는 방사선량을 조사한다.

[실험 결과]

X에 배양한 세포에서 방사선량은 핵에서 가장 많이 검출되었고, Y에 배양한 세포에서 시간에 따라 검출되는 방사선량은 그림과 같다. A~C는 각각 골지체, 거친면 소포체, 분비 소낭 중 하나이고, X와 Y는 각각 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

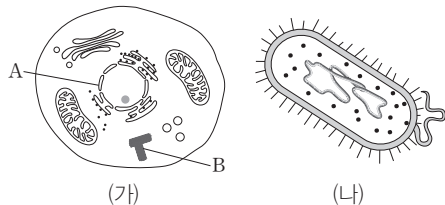
보기

- ㄱ. X는 ㉠이다.
- ㄴ. A의 막 일부는 핵막과 연결되어 있다.
- ㄷ. B는 분비 기능이 활발한 내분비샘 세포에 발달되어 있다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)와 (나)는 동물 세포와 세균을 순서 없이 나타낸 것이고, 표는 (가)와 (나)에서 세포 내 구조물 ㉠~㉢의 유무를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 핵과 중심체 중 하나이고, ㉠~㉢은 각각 리보솜, 세포벽, 핵막 중 하나이며, ㉠과 ㉡는 '있음'과 '없음'을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0024]



구분	㉠	㉡	㉢
(가)	㉠	㉡	㉢
(나)	㉣	㉤	㉥

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 '있음'이다.
- ㄴ. ㉡은 A를 둘러싸고 있는 막이다.
- ㄷ. 세포 분열 시 B에서 방추사가 형성된다.

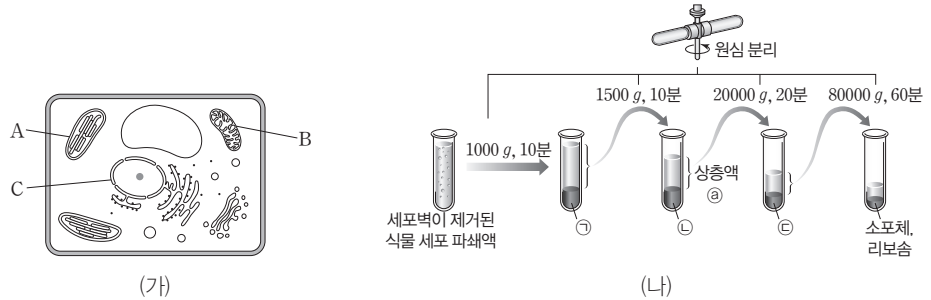
- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

자기 방사법은 방사성 동위 원소가 포함된 물질을 세포나 조직에 넣어준 후, 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적하여 세포 내 물질의 위치와 이동 경로를 알아보고자 할 때 활용한다.

세균과 동물 세포는 모두 리보솜을 갖지만, 핵막은 세균에는 없고 동물 세포에만 있다.

세포벽이 제거된 식물 세포 파쇄액을 세포 분획법으로 분리하면 핵, 엽록체, 미토콘드리아 순으로 분리된다.

**07** 그림 (가)는 식물 세포의 구조를, (나)는 원심 분리기를 이용하여 세포벽이 제거된 식물 세포 파쇄액 으로부터 세포 소기관 ㉠~㉣을 분리하는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 각각 미토콘드리아, 엽록체, 핵 중 하나이고, ㉠~㉣은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

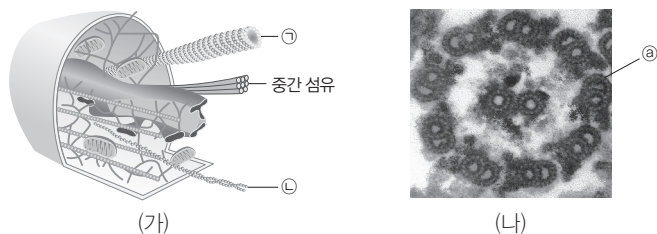
**보기**

- ㄱ. ㉢에는 B가 있다.
- ㄴ. ㉠에는 리보솜을 구성하는 rRNA가 합성되는 부분이 있다.
- ㄷ. A와 ㉢에서 모두 에너지 전환이 일어난다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

세포 골격은 세포 소기관의 위치와 세포의 형태를 결정짓는 역할을 하며, 단면의 두께는 일반적으로 미세 소관, 중간 섬유, 미세 섬유 순으로 굵다. 미세 소관으로 이루어진 편모의 단면은 투과 전자 현미경으로 관찰할 수 있다.

**08** 그림 (가)는 세포 골격을 구성하는 세 가지 구조물을, (나)는 현미경 X로 관찰한 편모의 단면을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 미세 섬유와 미세 소관을 순서 없이 나타낸 것이고, X는 광학 현미경과 투과 전자 현미경 중 하나이다. ㉢는 ㉠과 ㉡ 중 하나로 이루어진 편모의 일부분이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

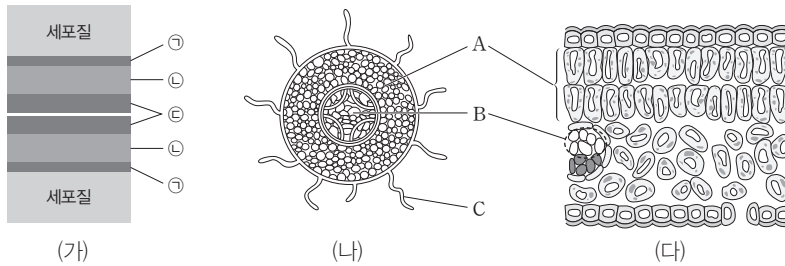
**보기**

- ㄱ. ㉢는 ㉡으로 이루어져 있다.
- ㄴ. X는 시료를 투과한 가시광선을 이용하여 상을 관찰한다.
- ㄷ. 중심립은 ㉠으로 이루어져 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**09** 그림 (가)는 두 식물 세포가 맞닿는 곳에서 세포막과 세포벽 구조를, (나)와 (다)는 식물 잎과 뿌리의 단면 구조를 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 세포막, 1차 세포벽, 2차 세포벽을 순서 없이 나타낸 것이고, A~C는 각각 물관, 뿌리털, 기본 조직계를 이루는 조직 중 하나이다.

[23029-0027]



식물 세포에서는 비교적 얇은 1차 세포벽이 먼저 형성되고, 세포가 성숙하면서 1차 세포벽과 세포막 사이에 두껍고 단단한 2차 세포벽이 형성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

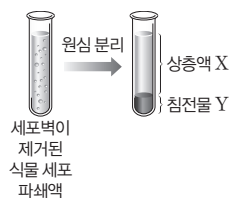
ㄱ. A와 B를 이루는 세포에 모두 ㉠이 있다.  
 ㄴ. ㉡이 ㉢보다 먼저 형성되었다.  
 ㄷ. C는 관다발 조직계에 속한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** 그림은 원심 분리기를 이용하여 세포벽이 제거된 식물 세포 파쇄액을 일정한 속도로 원심 분리했을 때 상층액 X와 침전물 Y로 분리된 모습을 나타낸 것이다. 표 (가)는 I과 II 각각에 들어 있는 세포 내 구조물 A~D를, (나)는 A~D의 특징을 나타낸 것이다. I과 II는 각각 X와 Y 중 하나이고, A~D는 미토콘드리아, 소포체, 엽록체, 핵을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0028]

핵, 엽록체, 미토콘드리아는 2중막 구조이고, 소포체는 단일막 구조이다.



구분	세포 내 구조물
I	A, B
II	C, D

(가)

- A와 D 중 하나에서는 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 과정이, 나머지 하나에서는 유기물의 화학 에너지를 ATP의 화학 에너지로 전환하는 과정이 일어난다.
- B는 2중막 구조이고, C는 단일막 구조이다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. I은 Y이다.  
 ㄴ. B에는 엽색질이 있다.  
 ㄷ. D에는 세포 호흡에 관여하는 효소가 있다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 개념 체크

● **생체막**: 세포질, 핵, 소포체, 골지체, 엽록체, 미토콘드리아 등을 감싸는 얇은 막이다. 일부 물질이 선택적으로 투과될 수 있는 동시에 안과 밖을 구분하는 경계이다.

1. 인지질은 인산을 포함하는 ( )성 머리 부분과 지방산이 있는 ( )성 꼬리 부분으로 이루어져 있다.

2. 세포막에서 인지질은 꼬리 부분이 서로 마주보며 배열되어 ( )층 구조를 형성한다.

3. 세포막에서 인지질과 막단백질은 특정 위치에 고정되어 있지 않고 ( )성을 가진다.

※ ○ 또는 ×

4. 세포막을 구성하는 주성분은 인지질과 단백질이다. ( )

5. 세포막을 관통하는 막단백질은 소수성 부분만 가진다. ( )

### 1 세포막의 구조

#### (1) 세포막의 특성

- ① 생명 활동이 일어나고 있는 세포질 바깥쪽을 둘러싸고 있는 막이다.
- ② 세포와 세포 외부 환경 사이의 물질 출입을 선택적으로 조절한다.
- ③ 세포 밖의 환경에서 오는 신호를 세포 안으로 전달한다.
- ④ 세포의 형태를 유지하고, 세포를 보호한다.
- ⑤ 주성분은 인지질과 단백질이다.

- 인지질: 인산을 포함하는 머리 부분은 친수성, 2개의 지방산으로 이루어진 꼬리 부분은 소수성이다. 세포 안쪽과 바깥쪽은 모두 수용성 환경이므로 친수성 머리는 양쪽으로, 소수성 꼬리는 서로 마주보며 배열되어 2중층을 형성한다.
- 단백질: 대부분 친수성과 소수성 부분을 함께 가지고 있어서 인지질 2중층에 파묻혀 있거나 관통하거나 표면에 붙어 있다.

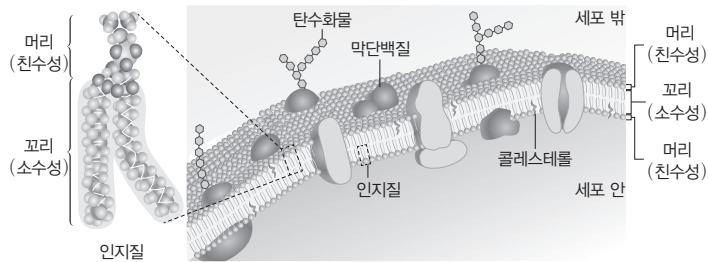


#### 과학 돋보기 | 막단백질의 기능

세포막에서 인지질은 막의 기본 구조를 형성하고, 막단백질은 다음과 같은 여러 기능을 수행한다.

- 세포 인식: 탄수화물이 붙어 있는 막단백질은 다른 세포의 인식에 관여한다.
- 물질 수송: 수송 단백질은 막을 통한 물질의 이동에 관여한다.
- 신호 전달: 수용체 단백질은 세포 밖의 특정 화학 물질을 인식하여 세포 안으로 신호를 전달한다.
- 효소 작용: 막에 있는 효소 단백질은 세포의 물질대사에 관여한다.

(2) **유동 모자이크막**: 세포막에서 인지질과 막단백질은 특정 위치에 고정되어 있지 않고 유동성을 가진다.



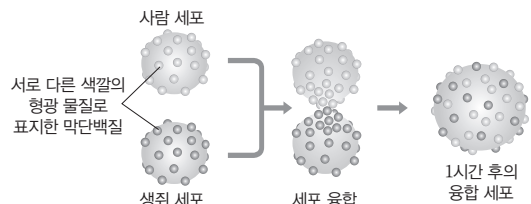
세포막의 구조



#### 과학 돋보기 | 세포막의 유동성 확인 실험

그림은 사람 세포와 생쥐 세포의 막단백질을 서로 다른 색깔의 형광 물질로 표지하고 세포를 융합한 후, 현미경을 이용하여 융합 세포에 있는 막단백질의 분포를 관찰한 결과이다.

- 융합 세포에서 형광색이 골고루 섞인 것을 통해 세포막의 막단백질은 고정되어 있는 것이 아니라 이동한다는 것을 알 수 있다.



#### 정답

1. 친수, 소수
2. 2중
3. 유동
4. ○
5. ×

## 2 세포막의 선택적 투과성

(1) 반투과성 막의 특징: 막의 구멍보다 크기가 작은 용매나 용질은 통과할 수 있지만, 크기가 큰 물질은 통과할 수 없는 막이다. **예** 셀로판 막 등

### (2) 세포막의 투과성

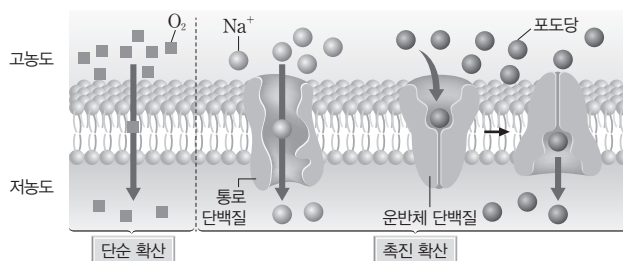
- ① 세포막은 반투과성 막과 유사한 특징을 갖는다.
- ② 다양한 막단백질이 물질 수송에 관여하므로 세포의 종류와 환경 조건에 따라 막 투과성이 달라진다.
- ③ 세포막을 통한 물질 이동은 물질의 종류와 특성에 따라 선택적으로 일어나는데, 이를 선택적 투과성이라고 한다.
  - 산소나 이산화 탄소와 같이 크기가 작고 극성이 없는 물질은 인지질 2중층을 쉽게 통과한다.
  - 포도당, 아미노산과 같이 극성을 띠거나 이온과 같이 전하를 띠는 물질은 인지질 2중층을 직접 통과하기 어려워 막단백질에 의해 이동한다.

## 3 세포막을 통한 물질 출입

### (1) 확산

- ① 확산의 특징: 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물질이 이동하며, 분자 운동에 의해 일어나므로 에너지(ATP)가 사용되지 않는다.
- ② 확산의 종류

구분	특징
단순 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질이 농도 기울기를 따라 인지질 2중층을 직접 통과하여 이동하는 물질 이동 방식이다.</li> <li><b>예</b> 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>의 기체 교환, 지용성 물질의 이동 등</li> <li>• 일반적으로 온도가 높고, 물질의 농도 차가 클수록 확산 속도가 빠르다.</li> <li>• 일반적으로 극성이 없고, 지질 용해도가 크며, 분자 크기가 작은 물질이 단순 확산을 통해 잘 이동한다.</li> </ul>
촉진 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질이 인지질 2중층을 직접 통과하지 않고, 세포막의 수송 단백질을 통해 이동하는 물질 이동 방식이다.</li> <li><b>예</b> 신경 세포에서 활동 전위 발생에 따른 세포막을 통한 이온(Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>)의 이동, 인슐린 작용에 따른 세포막을 통한 혈중 포도당의 이동 등</li> <li>• 수송 단백질에는 통로 단백질과 운반체 단백질이 있다. 통로 단백질은 특정 물질이 인지질 2중층을 통과할 수 있도록 통로 역할을 하고, 운반체 단백질은 특정 물질이 결합 부위에 결합한 후 구조 변화를 통해 특정 물질을 운반하는 역할을 한다.</li> <li>• 물질의 농도 차가 일정 수준 이상이면 한정된 수의 수송 단백질이 포화되므로 촉진 확산 속도는 더 이상 증가하지 않고 일정해진다.</li> </ul>



### 개념 체크

- **극성:** 분자에서 양(+)전하를 띠는 부분과 음(-)전하를 띠는 부분이 나누어져 있는 것을 극성이라 하며, 극성을 띠는 분자를 극성 분자라고 한다.
- **수송 단백질:** 세포막에 있는 막단백질 중 막을 통한 물질 이동에 관여하는 단백질이다.

1. ( )은 물질의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 인지질 2중층을 직접 통과하는 물질 이동 방식이다.
2. 일반적으로 온도가 높을수록, 세포막을 경계로 한 물질의 농도 차가 클수록 단순 확산의 속도는 ( ).
3. ( )은 세포막의 수송 단백질을 통해 물질이 확산되는 물질 이동 방식이다.

※ ○ 또는 ×

4. 포도당, 아미노산, 이온 같은 물질이 세포막을 통해 이동하는 방식은 단순 확산에 해당한다. ( )
5. 촉진 확산을 통한 물질 이동에 ATP가 사용된다. ( )
6. 인슐린의 작용으로 혈중 포도당이 막단백질을 통해 세포 안으로 이동하는 방식은 촉진 확산에 해당한다. ( )

### 정답

1. 단순 확산
2. 빠르다
3. 촉진 확산
4. ×
5. ×
6. ○

개념 체크

※ 삼투압: 삼투압은 용액의 농도와 온도가 높을수록 크지만, 생물체 내에서 온도는 거의 일정하므로 용액의 농도에 따라 결정된다.

1. 단순 확산을 통한 물질의 이동 속도는 세포 안팎의 농도 차가 커질수록 ( 증가, 감소 )한다.
  2. 촉진 확산에서 세포막에 존재하는 한정된 수의 ( )이 포화되면 물질의 이동 속도가 증가하지 않고 ( )해진다.
  3. ( )은 삼투가 일어날 때 용매의 이동에 의해 반투과성 막이 받는 압력이다.
- ※ ○ 또는 ×
4. 반투과성 막을 통해 삼투가 일어날 때 용질만 이동한다. ( )
  5. 단순 확산과 삼투에는 모두 ATP가 사용되지 않는다. ( )

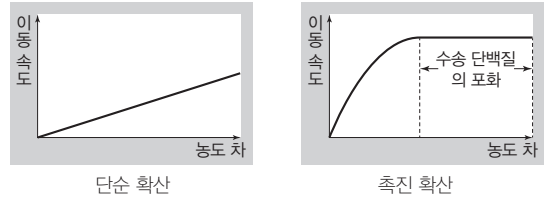
정답

1. 증가
2. 수송 단백질, 일정
3. 삼투압
4. ×
5. ○

탐구자료 살펴보기 단순 확산과 촉진 확산의 비교

자료

그림은 물질의 농도 차에 따른 단순 확산과 촉진 확산의 물질 이동 속도를 나타낸 것이다.



분석

- 단순 확산에서는 농도 차가 커질수록 물질 이동 속도가 증가한다.
- 촉진 확산에서는 일정 농도 차까지는 물질 이동 속도가 증가하지만, 그 이상에서는 물질 이동 속도가 증가하지 않고 일정해진다.

point

- 단순 확산은 물질이 직접 인지질 2층을 통과하는 이동 방식이므로, 세포 안과 밖의 농도 차가 클수록 이동 속도가 계속 증가한다.
- 촉진 확산은 수송 단백질을 통해 물질이 이동하는 방식이므로, 세포막에 존재하는 한정된 수의 수송 단백질이 포화되면 이동 속도는 증가하지 않고 일정해진다.

(2) 삼투

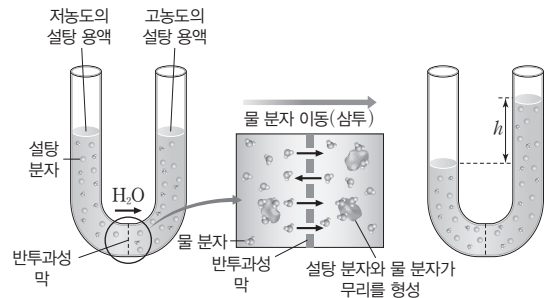
① 삼투의 특징

- 용질은 통과하지 않고 물(용매)은 통과할 수 있는 반투과성 막을 사이에 두고 물(용매)의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물(용매)이 이동하는 물질 이동 방식이다.
- 삼투는 물(용매)의 확산에 의해 일어나므로 에너지(ATP)가 사용되지 않는다.
- 삼투가 일어날 때 물(용매)의 이동에 의해 반투과성 막이 받는 압력을 삼투압이라고 하며, 삼투압은 반투과성 막을 경계로 용액의 농도 차가 클수록 크다.

탐구자료 살펴보기 삼투

과정

- (가) 물 분자는 통과하지만 설탕 분자는 통과하지 못하는 반투과성 막을 U자관에 장치한다.
- (나) (가)의 U자관의 한쪽에는 저농도의 설탕 용액을, 다른 쪽에는 고농도의 설탕 용액을 같은 양씩 넣는다.
- (다) 일정 시간 후 (나)의 U자관 양쪽의 수면 높이를 확인한다.



결과

- 저농도의 설탕 용액을 넣은 쪽의 수면 높이는 낮아졌고, 고농도의 설탕 용액을 넣은 쪽의 수면 높이는 높아졌다.

point

- 물의 농도가 높은 쪽(저농도의 설탕 용액)에서 물의 농도가 낮은 쪽(고농도의 설탕 용액)으로 물이 이동하는 삼투가 일어났기 때문에 고농도의 설탕 용액을 넣은 쪽의 수면이 올라갔다.
- 반투과성 막이 양쪽 용액으로부터 받는 압력의 차이가 삼투압의 크기이며, 삼투압의 크기는 높이  $h$ 에 해당하는 용액 기둥의 압력과 같다.



② 동물 세포와 식물 세포에서 일어나는 삼투: 세포벽의 유무로 인해 동물 세포와 식물 세포에서 삼투에 의해 일어나는 현상이 서로 다르다.

구분	저장액	등장액	고장액
동물 세포 (적혈구)	<p>용혈 현상 유입되는 물의 양이 더 많아 부피가 증가하고, 과도하게 부피가 증가하는 경우 세포막이 터지는 용혈 현상이 일어날 수 있음</p>	<p>변화 없다 부피와 농도 변화 없음 (단, 세포 안과 밖으로의 물의 이동은 있으며, 유입량과 유출량이 같음)</p>	<p>쭈그러든다 유출되는 물의 양이 더 많아 적혈구가 쭈그러듦</p>
식물 세포 (양파의 표피 세포)	<p>팽윤 상태 유입되는 물의 양이 더 많아 세포 부피가 커져 팽윤 상태가 됨</p>	<p>변화 없다 부피와 농도 변화 없음 (단, 세포 안과 밖으로의 물의 이동은 있으며, 유입량과 유출량이 같음)</p>	<p>원형질 분리 유출되는 물의 양이 더 많아 세포막과 세포벽이 분리되는 원형질 분리가 일어남</p>

### 개념 체크

- **등장액, 고장액, 저장액:** 세포질 용액을 기준으로 세포질 용액과 삼투압이 같은 용액을 등장액, 세포질 용액보다 삼투압이 높은 용액을 고장액, 세포질 용액보다 삼투압이 낮은 용액을 저장액이라고 한다. 즉, 등장액, 고장액, 저장액은 상대적인 농도 개념이다.
- **용혈:** 적혈구의 팽창으로 적혈구 막이 터져 헤모글로빈 등의 내용물이 적혈구 밖으로 빠져나가는 현상이다.
- **팽압:** 저장액에서 식물 세포가 물을 흡수하면 세포 부피가 커져 세포질 용액이 세포벽을 밀어내는 압력이다.

1. 적혈구를 증류수에 넣으면 부풀어 오르다가 적혈구 막이 터지는 ( ) 현상이 일어난다.
2. 식물 세포를 저장액에 넣으면 유입되는 물의 양이 많아 세포의 부피가 커져 ( ) 상태가 된다.
3. 식물 세포를 ( 고장액, 저장액 )에 넣으면 세포막이 세포벽에서 분리되는 ( ) 현상이 일어난다.

4. 식물 세포를 저장액에 넣으면 세포의 부피가 커져 세포질 용액이 세포벽을 밀어내는 압력인 ( ) 이 나타난다.

※ ○ 또는 ×

5. 식물 세포를 등장액에 넣으면 세포막을 통한 물의 유입량과 유출량이 같다. ( )

### 탐구자료 살펴보기 식물 세포의 삼투압, 팽압, 흡수력의 관계

#### 자료

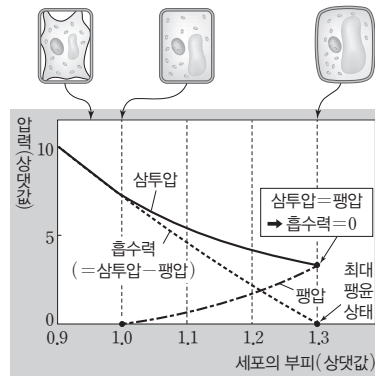
그림은 고장액에 넣어 원형질 분리가 일어난 식물 세포를 저장액에 넣었을 때 세포 부피에 따른 삼투압, 팽압, 흡수력의 변화를 나타낸 것이다.

#### 분석

- 원형질 분리가 일어난 세포를 저장액에 넣었으므로 식물 세포 안으로 들어오는 물의 양이 많아져 세포의 부피가 커짐에 따라 세포의 삼투압과 흡수력은 모두 감소하고, 세포의 부피(상댓값)가 1.0 일 때부터 팽압은 증가한다.

#### point

- 삼투압 변화: 삼투 현상에 의해 식물 세포 안으로 물이 유입됨에 따라 세포 내액의 농도가 낮아지므로 식물 세포의 삼투압이 감소한다.
- 팽압 변화: 식물 세포 안으로 물이 들어오면 세포 부피가 커져 세포의 부피(상댓값)가 1.0보다 커지면서 팽압이 나타나며, 세포 안으로 유입되는 물의 양이 많아져 팽윤 상태가 됨에 따라 팽압이 증가한다.
- 흡수력 변화: 식물 세포가 물을 흡수하는 힘인 흡수력은 식물 세포의 삼투압에서 팽압을 뺀 값이다. 식물 세포 안으로 들어오는 물의 양이 많아짐에 따라 삼투압은 감소하고 팽압은 증가하므로 흡수력은 점차 감소한다.
- 세포의 삼투압이 감소하고 팽압이 증가하여 두 값이 같아질 때 흡수력은 0이 되며, 세포의 부피와 팽압이 모두 최대인 최대 팽윤 상태가 된다.



#### 정답

1. 용혈
2. 팽윤
3. 고장액, 원형질 분리
4. 팽압
5. ○

개념 체크

● **능동 수송**: 세포막을 통한 물질 이동에 에너지를 사용하는 경우로, 농도 기울기를 거슬러 막단백질을 이용하여 물질을 이동시킬 수 있다. ATP 생성을 저해하는 세포 호흡 저해제를 처리한 세포에서는 ATP를 사용하는 능동 수송이 억제된다.

1. 세포막을 통한 물질 이동 방식 중 ( )은 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 이동시킨다.
2. 세포 호흡 저해제를 처리한 세포에서는 ( )를 사용하는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의한 이온 이동이 억제된다.
3. 세포 밖의 큰 물질을 세포막으로 감싸서 세포 안으로 끌어들이는 물질 이동 방식은 ( )이다.
4.  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에서  $\text{Na}^+$ 은 세포 ( 밖, 안 )에서 ( 밖, 안 )으로 능동 수송된다.

※ ○ 또는 ×

5. 백혈구의 식세포 작용이 일어날 때 에너지가 사용된다. ( )
6. 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 신경 전달 물질이 분비되는 방식은 세포외 배출에 해당한다. ( )

정답

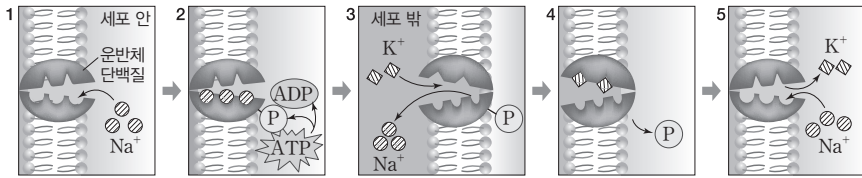
1. 능동 수송
2. ATP
3. 세포내 섭취
4. 안, 밖
5. ○
6. ○

(3) 능동 수송

- ① 세포막을 사이에 두고 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 에너지를 사용하여 물질을 이동시키는 물질 이동 방식이다.
  - 예  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의한 이온 이동, 세노관에서 일어나는 포도당의 재흡수, 해조류의 아미오딘(I) 흡수, 소장에서 일어나는 일부 양분 흡수, 뿌리털의 무기염류 흡수 등
- ② 세포막에 존재하는 운반체 단백질에 의해 일어나며, 특정 물질의 농도가 세포 안과 밖에서 서로 다르게 유지되는 데 이용된다.



과학 돋보기 |  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프

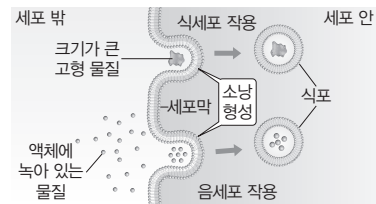


1. 운반체 단백질인  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에서  $\text{Na}^+$  결합 부위가 세포 안 쪽으로 열린다.
2.  $\text{Na}^+$ 이 운반체 단백질의  $\text{Na}^+$  결합 부위에 결합하고, 운반체 단백질은 ATP에 의해 인산화된다.
3. 운반체 단백질의 구조가 변형되면서  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖으로 방출되고  $\text{K}^+$  결합 부위가 열린다.
4.  $\text{K}^+$ 이 운반체 단백질의  $\text{K}^+$  결합 부위에 결합하고 인산기는 운반체 단백질과 분리된다.
5. 운반체 단백질의 구조가 변형되면서  $\text{K}^+$ 이 세포 안으로 방출되고, 다시  $\text{Na}^+$  결합 부위가 열린다.
6. 2~5의 반복을 통해  $\text{Na}^+$  농도는 세포 안이 세포 밖보다 낮게,  $\text{K}^+$  농도는 세포 안이 세포 밖보다 높게 유지된다.

(4) 세포내 섭취와 세포외 배출

① 세포내 섭취의 특징

- 세포막을 통과할 수 없는 단백질과 같은 세포 밖의 큰 물질을 세포막으로 감싸서 세포 안으로 끌어들이는 물질 이동 방식이다.
- 세포내 섭취에는 미생물이나 세포 조각과 같이 크기가 큰 고형 물질을 세포막으로 감싸서 세포 안으로 이동시키는 식세포 작용과 액체 상태의 물질을 세포막으로 감싸서 세포 안으로 이동시키는 음세포 작용이 있다.



세포내 섭취

예 백혈구가 세균이나 감염된 세포를 제거하는 식세포 작용(식균 작용) 등

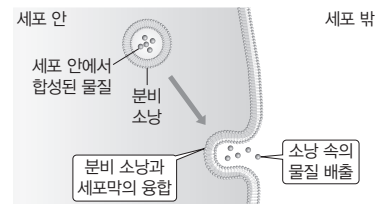
- 세포내 섭취가 일어날 때는 에너지가 사용된다.

② 세포외 배출의 특징

- 분비 소낭이 세포막과 융합하면서 분비 소낭 속의 물질(세포 내에서 생성된 효소, 호르몬, 노폐물 등)을 세포 밖으로 내보내는 물질 이동 방식이다.

예 이자 세포에서 인슐린과 글루카곤의 분비, 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 신경 전달 물질 분비 등

- 세포외 배출이 일어날 때는 에너지가 사용된다.

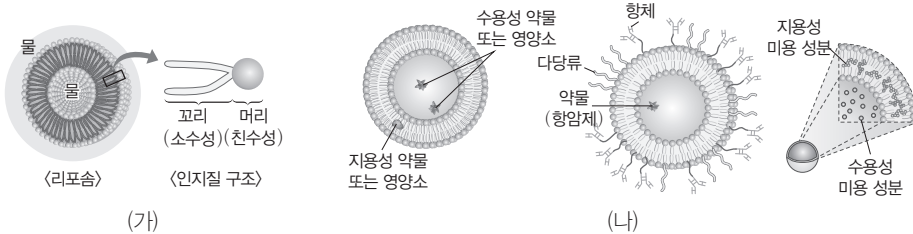


세포외 배출

탐구자료 살펴보기 리포솜의 활용

자료

그림 (가)는 인지질을 물에 분산시켰을 때 형성되는 인지질 2중층으로 이루어진 구형 또는 타원형의 구조물인 리포솜을, (나)는 리포솜의 활용을 나타낸 것이다.



분석

- 리포솜의 막은 세포막과 유사한 성분과 구조를 가지고 있다.
- 리포솜 내부에 수용성 약물, 수용성 영양소, DNA 등을 담을 수 있고, 리포솜의 막에 지용성 약물, 지용성 영양소 등을 삽입시킬 수 있으며, 이 리포솜은 내부에 담긴 물질을 세포로 운반해 주는 운반체로 이용될 수 있다.
- 면역계에 의한 파괴를 막아 주는 다당류로 코팅하고 표적 세포를 인지하는 항체를 결합시킨 리포솜을 활용하면, 항암제 등의 약물이 암세포 등 치료 대상이 되는 세포에만 선택적으로 작용하도록 할 수 있다.
- 미용 성분을 미세한 리포솜에 담아 캡슐화시키면, 리포솜이 피부의 표피 세포 사이의 틈을 통과하여 피부 깊숙이 있는 진피층까지 미용 성분이 안정적으로 전달될 수 있다.

point

- 리포솜의 막은 세포막과 같이 유동성이 있으며, 인지질로 이루어진 다른 막과 쉽게 융합할 수 있다.
- 리포솜 내부에 특정 물질을 넣어 여러 가지 목적으로 활용할 수 있다.

개념 체크

- **물질대사:** 생물체에서 일어나는 화학 반응으로 효소가 관여하며, 에너지 출입이 함께 일어난다. 물질을 합성하는 동화 작용과 물질을 분해하는 이화 작용이 있다.
- **반응열:** 화학 반응에서 방출 또는 흡수되는 열량으로 반응물과 생성물의 에너지 차이이다. 효소의 유무와 관계없이 일정하다.

1. 인지질을 물에 분산시켰을 때 형성되는 인지질 2중층의 구형 또는 타원형의 구조물을 ( )이라고 한다.
2. 화학 반응이 일어나기 위해 필요한 최소한의 에너지를 ( ) 에너지라고 한다.
3. ( )는 기질과 결합하여 활성화 에너지를 (높임, 낮춤)으로써 물질대사 속도를 빠르게 하는 생체 촉매이다.

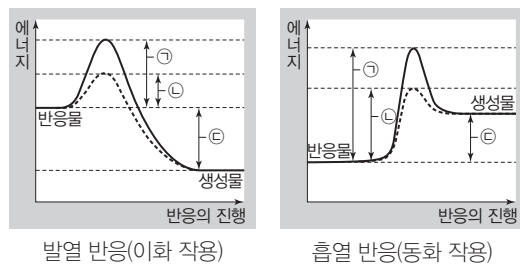
※ ○ 또는 ×

4. 리포솜의 내부에는 지용성 영양소를 담을 수 있고, 리포솜의 막에는 수용성 영양소를 삽입시킬 수 있다. ( )
5. 활성화 에너지가 낮아지면 반응을 일으킬 수 있는 분자 수가 적어진다. ( )
6. 화학 반응에서 효소의 유무에 따라 반응열의 크기가 달라진다. ( )

4 효소의 기능과 특성

(1) 활성화 에너지와 효소의 기능

- ① 활성화 에너지는 어떤 물질이 화학 반응을 일으키기 위해 필요한 최소한의 에너지이다. 반응물이 활성화 에너지 이상의 충분한 에너지를 가지고 있어야만 화학 반응이 일어난다.
- ② 활성화 에너지가 낮아지면 반응을 일으킬 수 있는 분자 수가 많아져 반응 속도가 빨라진다.
- ③ 효소는 반응물인 기질과 결합하여 활성화 에너지를 낮춤으로써 물질대사의 속도를 빠르게 하는 생체 촉매이다.



㉠: 효소가 없을 때의 활성화 에너지  
 ㉡: 효소가 있을 때의 활성화 에너지  
 ㉢: 반응열

정답

1. 리포솜
2. 활성화
3. 효소, 낮춤
4. ×
5. ×
6. ×

개념 체크

- **기질**: 효소의 활성 부위에 결합하는 특정 반응물이다.
- **전효소**: 효소의 단백질 성분인 주효소와 비단백질 성분인 보조 인자가 결합하여 완전한 활성을 가진 상태의 효소이다.

1. 효소에서 기질과 결합하는 부위를 ( )라고 한다.
2. 효소가 특정 기질과만 결합하여 작용하는 성질을 ( )이라고 한다.
3. 전효소는 단백질 성분인 ( ), 비단백질 성분인 ( )로 구성된다.
4. 주효소의 성분이 ( ) 이라서 효소는 온도와 pH의 영향을 받아 쉽게 변성된다.

※ ○ 또는 ×

5. 보조 인자 중 금속 이온은 반응이 끝난 후 주효소로부터 분리된다. ( )
6. 효소는 기질과 결합하면 변형되므로, 반응이 끝난 후 생성물과 분리된 효소는 다시 새로운 기질과 결합할 수 없다. ( )

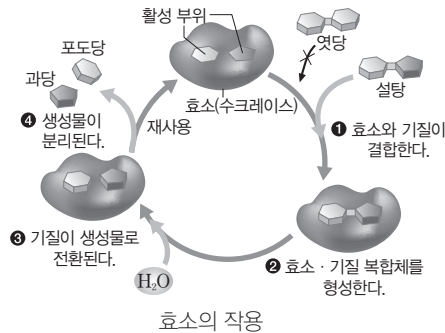
정답

1. 활성 부위
2. 기질 특이성
3. 주효소, 보조 인자
4. 단백질
5. ×
6. ×

(2) 효소의 특성

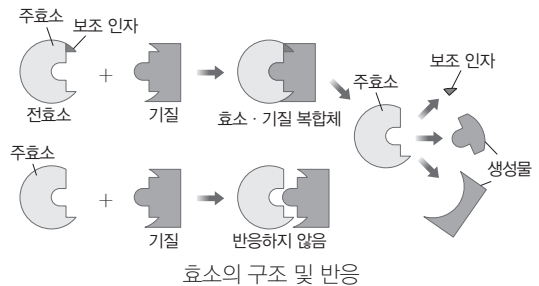
- ① 효소는 기질과 결합하는 활성 부위를 갖는다.
- ② 효소가 활성 부위와 입체 구조가 맞는 특정 기질과 결합하여 효소·기질 복합체를 형성하면 반응의 활성화 에너지가 낮아진다.
- ③ 효소는 반응에서 소모되거나 변형되지 않으며, 반응이 끝난 후 생성물과 분리된 효소는 새로운 기질과 결합하여 다시 반응에 이용된다.
- ④ 효소는 반응열의 크기에 영향을 주지 않는다.
- ⑤ 효소는 활성 부위와 입체 구조가 맞는 특정 기질에만 결합하여 작용하는데, 이를 기질 특이성이라고 한다.

☞ 효소인 수크레이스의 활성 부위에 설탕은 결합하지만 엿당은 결합하지 못하므로 수크레이스는 설탕은 분해하지만 엿당은 분해하지 못한다.



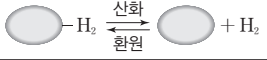


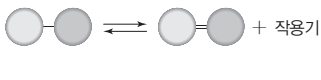
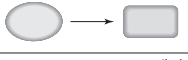
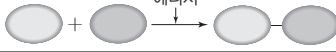
(3) 효소의 구성과 종류

- ① **효소의 구성**: 효소 중에는 단백질로만 이루어져 활성을 나타내는 효소와 단백질과 함께 비단백질 성분인 보조 인자가 있어야 활성을 나타내는 효소가 있다.
  - 아밀레이스, 펩신과 같은 소화 효소는 단백질 성분만으로 활성을 나타낸다.
  - 대부분의 효소는 단백질 성분인 주효소와 비단백질 성분인 보조 인자가 함께 있어야만 활성을 나타낸다. 주효소와 보조 인자가 결합하여 완전한 활성을 가지는 효소를 전효소라고 한다.
  - 주효소는 효소의 단백질 부분이므로 온도와 pH의 영향을 받아 입체 구조가 변하면 효소·기질 복합체의 형성이 어렵다.
  - 보조 인자는 효소의 비단백질 부분으로 온도와 pH의 영향을 적게 받으며, 보조 인자에는 조효소와 금속 이온이 있다.



조효소	금속 이온
• 보조 인자가 비타민과 같은 유기 화합물인 경우로, 일반적으로 반응이 끝나면 주효소로부터 분리되며, 한 종류의 조효소가 여러 종류의 주효소와 결합하여 이용될 수 있다. ☞ NAD <sup>+</sup> , NADP <sup>+</sup> , FAD 등	• 보조 인자인 금속 이온은 일반적으로 주효소와 강하게 결합하고 있어 반응이 끝나도 주효소로부터 분리되지 않는다. ☞ 철 이온, 구리 이온, 아연 이온, 마그네슘 이온 등

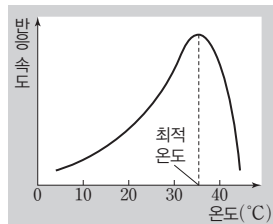
② 효소의 종류: 생물체 내에서 일어나는 물질대사의 종류가 다양하므로 물질대사에 관여하는 효소의 종류도 다양하다. 효소는 작용하는 반응의 종류에 따라 6가지로 분류된다.

종류	작용
산화 환원 효소	수소(H)나 산소(O) 원자 또는 전자를 다른 분자에 전달함 
전이 효소	특정 기질의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달함 
가수 분해 효소	물 분자를 첨가하여 기질을 분해함 
부가 제거 효소	가수 분해나 산화에 의하지 않고 기질에서 작용기를 제거하여 이중 결합을 형성하거나 기질에 작용기를 부가하여 단일 결합을 형성함 
이성질화 효소	기질 내의 원자 배열을 바꾸어 이성질체로 전환시킴 
연결 효소	에너지를 사용하여 2개의 기질을 연결함 

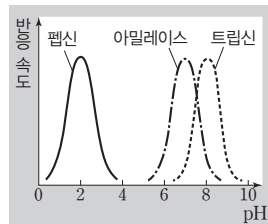
**(4) 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인**

① 온도와 pH: 효소에서 활성이 최대가 되는 온도와 pH를 각각 최적 온도와 최적 pH라고 한다.

• 최적 온도가 될 때까지 온도가 높아질수록 기질이 더 활발하게 효소 활성 부위에 충돌하여 효소·기질 복합체가 더 많이 형성되므로 반응 속도가 빨라진다. 온도가 최적 온도보다 높아지면 효소 활성 부위의 입체 구조가 변성되어 효소·기질 복합체의 형성이 어려워져 반응 속도가 급격히 느려진다.



온도에 따른 효소 활성

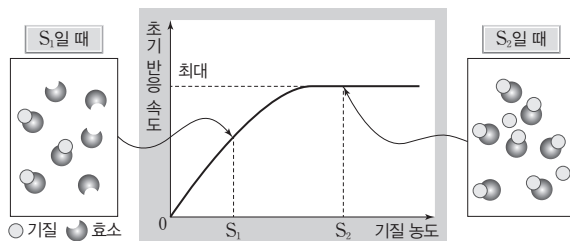


pH에 따른 효소 활성

• 고온에서 효소 활성 부위의 입체 구조가 변성되어 기능을 잃은 효소는 온도를 낮추어도 기능이 회복되지 않는다.  
 • 최적 pH에서 반응 속도가 가장 빠르고, 최적 pH를 벗어나면 반응 속도가 느려진다.  
 • 효소 활성이 나타나는 pH 범위를 벗어나면 효소 활성 부위의 입체 구조가 변성되어 효소·기질 복합체의 형성이 어려워져 반응이 일어나지 않게 된다.

② 기질의 농도: 효소의 농도가 일정할 때 기질 농도가 증가함에 따라 초기 반응 속도는 비례하여 증가하지만, 기질 농도가 어느 수준 이상에서는 초기 반응 속도가 일정하게 유지된다.

• S<sub>1</sub>일 때: 기질과 결합하지 않은 효소가 존재하므로 S<sub>1</sub>보다 기질 농도가 증가하면 효소·기질 복합체의 농도가 증가하여 초기 반응 속도가 증가한다.  
 • S<sub>2</sub>일 때: 모든 효소가 기질과 결합한 상태이므로 S<sub>2</sub>보다 기



효소의 농도가 일정할 때 기질 농도에 따른 초기 반응 속도

**개념 체크**

- **산화 환원 반응:** 산소를 얻거나 수소나 전자를 잃는 반응은 산화 반응. 산소를 잃거나 수소나 전자를 얻는 반응은 환원 반응이다.
- **이성질체:** 분자식은 같으나 분자를 구성하는 원자의 연결 방식이나 공간 배열이 달라 화학 구조가 다른 화합물이다.
- **변성:** 단백질이나 핵산 등이 온도, pH 등의 변화로 인해 고유한 입체 구조를 잃는 것을 변성이라고 한다.

1. 물 분자를 첨가하여 기질을 분해하는 반응을 촉매하는 효소는 ( ) 효소이다.
2. ( ) 효소는 기질 내의 원자 배열을 바꾸어 이성질체로 전환시킨다.
3. 온도가 최적 온도보다 높아지면 효소 활성 부위의 입체 구조가 변성되어 ( )의 형성이 어려워져 반응 속도가 급격히 느려진다.

※ ○ 또는 ×

4. 특정 기질의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달하는 효소는 산화 환원 효소에 해당한다. ( )
5. 고온에서 변성되어 기능을 잃은 효소는 온도를 낮추어도 기능이 회복되지 않는다. ( )
6. 모든 효소가 기질과 결합한 상태일 때 기질 농도를 증가시키면 초기 반응 속도는 증가한다. ( )

**정답**

1. 가수 분해
2. 이성질화
3. 효소·기질 복합체
4. × 5. ○ 6. ×

개념 체크

- **반응 속도:** 화학 반응이 진행되면 반응물의 농도는 감소하고, 생성물의 농도는 증가한다. 따라서 반응 속도는 시간에 따른 반응물의 농도 변화량 혹은 시간에 따른 생성물의 농도 변화량으로 나타낸다.
- **초기 반응 속도를 측정하는 까닭:** 기질 농도에 따른 반응 속도를 측정하면 반응 시간이 지남에 따라 기질의 양이 줄어 반응 속도가 감소하므로 초기 반응 속도를 측정해야 한다.

- ( ) 저해제는 입체 구조가 기질과 유사하여 효소의 ( )에 결합한다.
  - ( ) 저해제는 활성 부위가 아닌 효소의 다른 부위에 결합하여 활성 부위의 구조를 변형시킨다.
  - 과산화 수소를  $H_2O_2$ 과 ( )로 분해하는 효소는 ( )이다.
- ※ ○ 또는 ×
- 기질의 농도가 높아지면 경쟁적 저해제의 저해 효과가 감소한다. ( )
  - 카탈레이스의 활성은 중성 용액에서 산성 용액에서보다 높다. ( )

정답

- 경쟁적, 활성 부위
- 비경쟁적
- $O_2$ , 카탈레이스
- 
- 

질 농도가 증가해도 초기 반응 속도는 증가하지 않는다. 이 상태에서 효소를 첨가하면 초기 반응 속도가 증가한다.

탐구자료 살펴보기 온도와 pH가 효소의 활성에 미치는 영향

과정

- 감자즙을 3개의 비커에 10 mL씩 넣고, 각각 35 °C의 물, 얼음물(0 °C), 90 °C의 물이 담긴 항온 수조에 10분간 담가 둔다.
- 편지로 거름종이를 뚫어 같은 크기의 조각을 여러 개 만든 후, 이 거름종이 조각을 (가)의 감자즙이 든 3개의 비커에 각각 넣어 적신다.
- 5개의 비커(A~E)에 넣어 준 물질의 양(mL)과 각 비커에 넣을 거름종이를 적신 감자즙(효소)의 온도(°C)는 표와 같다.

비커	A	B	C	D	E
과산화 수소 용액(mL)	30	30	30	30	30
증류수(mL)	5	·	·	5	5
묽은 염산 용액(mL)	·	5	·	·	·
묽은 수산화 나트륨 용액(mL)	·	·	5	·	·
감자즙(효소)의 온도(°C)	35	35	35	0	90

- 각 비커에 감자즙에 적신 거름종이 조각을 1개씩 집어넣어 가라앉힌 후 수면 위로 떠오를 때까지 걸린 시간을 측정한다. 이 과정을 3회 반복하여 평균값을 구한다.

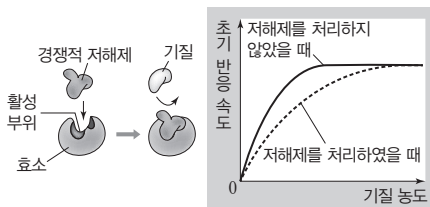
결과

비커	A	B	C	D	E
거름종이 조각이 떠오를 때까지 걸린 시간(초)	3	7	6	30	60

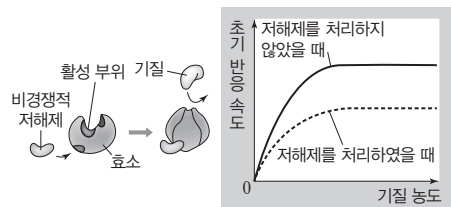
point

- 감자즙에는 과산화 수소( $H_2O_2$ )를  $H_2O$ 과  $O_2$ 로 분해하는 효소인 카탈레이스가 들어 있으며, 이때 발생한  $O_2$ 가 거름종이 조각에 달라붙어 거름종이 조각을 떠오르게 한다.
- A~C의 결과를 비교하면 거름종이 조각이 떠오를 때까지 걸린 시간이 A에서 가장 짧으므로 pH에 따른 카탈레이스의 활성은 중성일 때가 산성이나 염기성일 때보다 높음을 알 수 있다.
- A, D, E의 결과를 비교하면 거름종이 조각이 떠오를 때까지 걸린 시간이 A에서 가장 짧으므로 온도에 따른 카탈레이스의 활성은 35 °C일 때가 높음을 알 수 있다.

- 저해제: 효소와 결합하여 효소·기질 복합체의 형성을 저해함으로써 효소의 촉매 작용을 방해하는 물질로, 효소에 결합하는 부위에 따라 경쟁적 저해제와 비경쟁적 저해제로 구분된다.
  - 경쟁적 저해제: 저해제의 입체 구조가 기질과 유사하여 효소의 활성 부위에 기질과 경쟁적으로 결합하여 효소의 활성을 저해한다. 기질의 농도가 높아지면 저해 효과가 감소한다.
  - 비경쟁적 저해제: 활성 부위가 아닌 효소의 다른 부위에 결합하여 활성 부위의 구조를 변형시켜 기질이 결합하지 못하게 한다. 기질의 농도가 높아지더라도 저해 효과는 줄어들지 않는다.

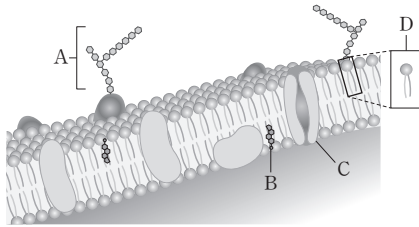


경쟁적 저해제



비경쟁적 저해제

**01** [23029-0029] 그림은 세포막의 구조를 나타낸 것이다. A~D는 다당류, 단백질, 인지질, 콜레스테롤을 순서 없이 나타낸 것이다.



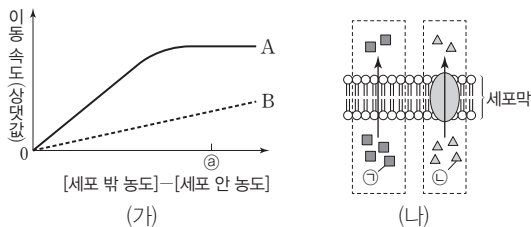
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에는 펩타이드 결합이 있다.
- ㄴ. B는 스테로이드에 속한다.
- ㄷ. C와 D에는 모두 소수성 부분이 있다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** [23029-0030] 그림 (가)는 세포막을 통한 물질 A와 B의 이동 속도를 세포 안팎의 농도 차이에 따라 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 ㉠일 때 물질 ㉡과 ㉢이 세포막을 통해 이동하는 것을 나타낸 것이다. ㉡과 ㉢은 A와 B를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉡의 이동 방식과 ㉢의 이동 방식은 각각 단순 확산과 촉진 확산 중 하나이다.



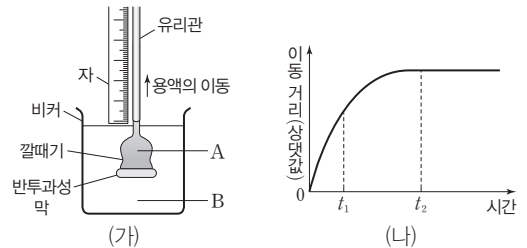
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉡은 B이다.
- ㄴ. 폐포에서 세포막을 통한 O<sub>2</sub>의 이동 방식은 A의 이동 방식과 같다.
- ㄷ. (나)에서 ㉢은 세포 밖에서 안으로 이동한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**03** [23029-0031] 그림 (가)는 반투과성 막으로 입구를 밀봉한 깔때기와 비커에 각각 농도가 다른 설탕 용액을 넣고, 유리관에서 시간에 따른 용액의 이동 거리를 측정하는 장치를, (나)는 (가)의 유리관에서 시간에 따른 용액의 이동 거리를 측정한 결과를 나타낸 것이다.



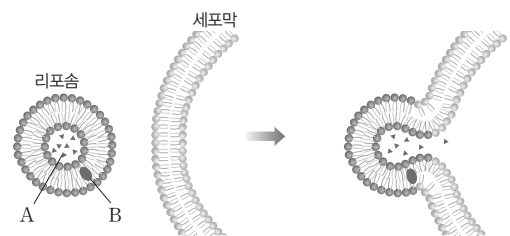
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 설탕은 반투과성 막을 통과하지 못한다.)

보기

- ㄱ. t<sub>1</sub>일 때 설탕 용액의 농도는 A에서가 B에서보다 높다.
- ㄴ. t<sub>2</sub>일 때 반투과성 막을 통한 물 분자의 이동은 없다.
- ㄷ. 삼투에 의한 물 분자의 이동에 ATP가 사용된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [23029-0032] 그림은 리포솜을 통해 물질 A와 B가 세포로 운반되는 과정을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 수용성 물질과 지용성 물질 중 하나이다.



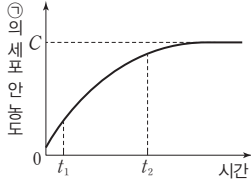
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 리포솜의 구성 성분에 인지질이 있다.
- ㄴ. 리포솜의 막은 유동성이 있다.
- ㄷ. B는 수용성 물질이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [23029-0033] 그림은 물질 ㉠이 들어 있는 배양액에 어떤 세포를 넣은 후 시간에 따른 ㉠의 세포 안 농도를 나타낸 것이다. C는 ㉠의 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때 ㉠의 세포 밖 농도이다. ㉠의 이동 방식은 능동 수송과 촉진 확산 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 세포막을 통한 ㉠의 이동에 ATP가 사용된다.
  - ㄴ. 세포막을 통한 ㉠의 이동 속도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 빠르다.
  - ㄷ. 모세 혈관에서 폐포로의  $CO_2$  이동 방식은 ㉠의 이동 방식과 같다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**06** [23029-0034] 표는 비커 I~Ⅲ에 각각 질량이 같은 감자 조각 1개와 서로 다른 농도의 NaCl 용액을 넣고, 일정 시간이 지난 후 감자 조각의 질량을 측정하여 변화량을 나타낸 것이다.

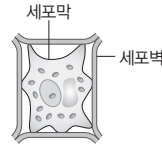
비커	I	Ⅱ	Ⅲ
NaCl 용액 농도	㉠	㉡	㉢
감자 조각의 질량 변화량	변화 없음	0.18 g 증가	0.42 g 감소

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

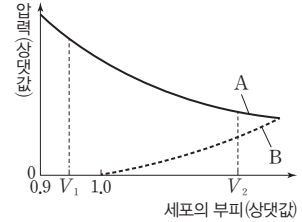
- 보기
- ㄱ. NaCl 용액의 농도는 ㉢ > ㉠ > ㉡이다.
  - ㄴ. Ⅱ의 감자 세포에서는 팽압이 삼투압보다 크다.
  - ㄷ. Ⅲ의 감자 세포에서 원형질 분리가 일어났다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [23029-0035] 그림 (가)는 어떤 식물 세포를 설탕 용액 ㉠에 넣고 충분한 시간이 지난 후의 상태를, (나)는 ㉠에 있던 이 식물 세포를 설탕 용액 ㉡에 옮긴 후 세포의 부피에 따른 삼투압과 팽압을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 삼투압과 팽압 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 설탕 용액의 농도는 ㉠이 ㉡보다 높다.
  - ㄴ.  $V_1$ 일 때 이 세포의 흡수력은 0이다.
  - ㄷ. 팽압은  $V_2$ 일 때가  $V_1$ 일 때보다 크다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** [23029-0036] 다음은 일상생활에서 효소가 이용되는 사례이다.

밥에 엿기름을 부으면 엿기름 속 효소인 ㉠아밀레이스에 의해 녹말이 엿당으로 분해되는 반응이 촉진되어 단맛을 내는 식혜가 만들어진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

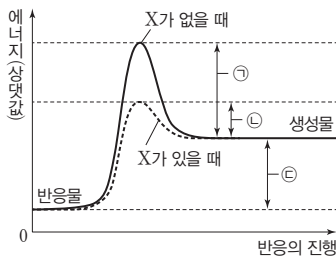
- 보기
- ㄱ. 녹말이 엿당으로 분해되는 반응에서 엿당은 ㉠의 기질이다.
  - ㄴ. ㉠은 기질 특이성을 갖는다.
  - ㄷ. 녹말이 엿당으로 분해되는 반응의 활성화 에너지는 ㉠이 있을 때가 ㉠이 없을 때보다 크다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**09** 그림은 어떤 화학 반응에서 효소 X가 있을 때와 없을 때의 에너지 변화를 나타낸 것이다.

[23029-0037]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

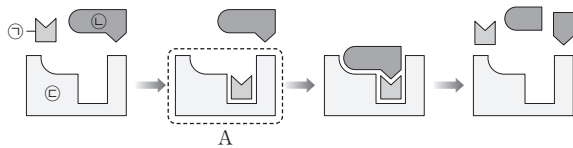
보기

- ㉠. X에 의한 반응은 동화 작용에 해당한다.
- ㉡. X에 의한 반응의 활성화 에너지는 ㉢이다.
- ㉢. 이 반응의 반응열은 ㉢이다.

- ① ㉠    ② ㉡    ③ ㉢    ④ ㉠, ㉡    ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

**10** 그림은 어떤 효소 반응을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 기질, 보조 인자, 주효소 중 하나이다.

[23029-0038]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. ㉠의 주성분은 단백질이다.
- ㉡. ㉢은 효소 반응에 재사용된다.
- ㉢. A는 효소·기질 복합체이다.

- ① ㉠    ② ㉡    ③ ㉢    ④ ㉡, ㉢    ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

**11** 표는 효소 (가)~(다)의 작용을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 가수 분해 효소, 산화 환원 효소, 이성질화 효소를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0039]

효소	작용
(가)	기질 내의 원자 배열을 바꾸어 분자 구조를 변형한다.
(나)	물 분자를 첨가하여 기질을 분해한다.
(다)	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

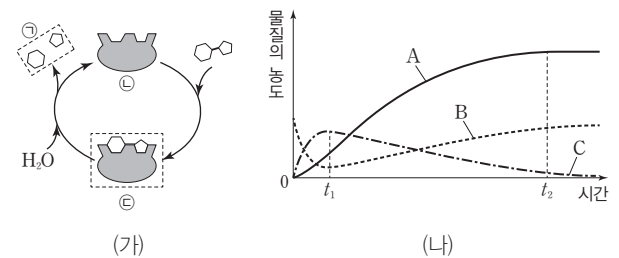
보기

- ㉠. (가)에 의해 기질이 이성질체로 전환된다.
- ㉡. (나)에 의한 반응은 발열 반응이다.
- ㉢. 탈수소 효소는 (다)에 속한다.

- ① ㉠    ② ㉢    ③ ㉠, ㉡    ④ ㉡, ㉢    ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

**12** 그림 (가)는 어떤 효소에 의한 반응을, (나)는 이 반응에서 시간에 따른 반응액 내 물질 A~C의 농도를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 효소, 생성물, 효소·기질 복합체 중 하나이고, A~C는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0040]



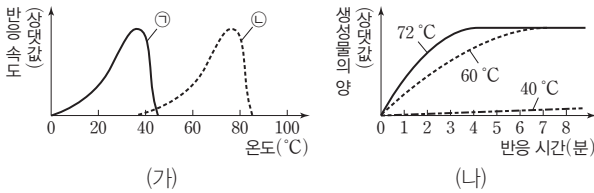
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. (가)는 이화 작용에 해당한다.
- ㉡. B는 ㉣이다.
- ㉢. 이 효소에 의한 반응 속도는 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub>일 때보다 빠르다.

- ① ㉠    ② ㉢    ③ ㉠, ㉡    ④ ㉠, ㉢    ⑤ ㉡, ㉢

13 [23029-0041] 그림 (가)는 온도에 따른 효소 ㉠과 ㉡의 반응 속도를, (나)는 ㉠과 ㉡ 중 한 효소를 서로 다른 온도에서 각각 기질과 반응시켰을 때 시간에 따른 생성물의 양을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 사람의 소화 효소와 세균 X의 DNA 중합 효소를 순서 없이 나타낸 것이다.

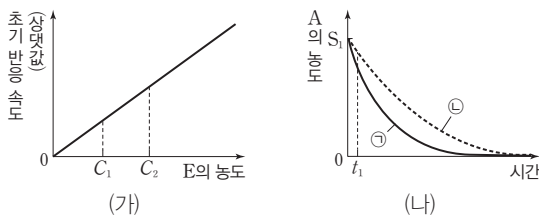


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠의 입체 구조는 37°C일 때와 72°C일 때가 서로 다르다.
  - ㄴ. ㉡은 사람의 소화 효소이다.
  - ㄷ. (나)에서 반응에 사용된 효소는 ㉡이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

14 [23029-0042] 그림 (가)는 물질 A의 농도가 충분할 때 효소 E의 농도에 따른 초기 반응 속도를, (나)는 A의 농도가 S<sub>1</sub>이고 E의 농도가 각각 ㉠일 때와 ㉡일 때의 시간에 따른 A의 농도를 나타낸 것이다. A는 E의 기질과 생성물 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 C<sub>1</sub>과 C<sub>2</sub>를 순서 없이 나타낸 것이다.

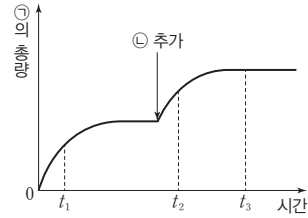


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

- 보기
- ㄱ. A는 E의 기질이다.
  - ㄴ. ㉠은 C<sub>1</sub>이다.
  - ㄷ. t<sub>1</sub>일 때 효소·기질 복합체의 농도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 높다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23029-0043] 그림은 효소 X에 의한 반응에서 시간에 따른 물질 ㉠의 총량을 나타낸 것이다. 일정 시간이 지난 후 물질 ㉡을 추가하였으며, ㉠과 ㉡은 각각 X, 기질, 생성물 중 하나이다.

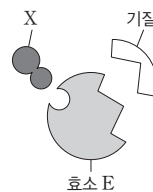


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉡은 X이다.
  - ㄴ. X에 의한 반응의 활성화 에너지는 t<sub>1</sub>일 때가 t<sub>2</sub>일 때보다 크다.
  - ㄷ. X에 의한 반응 속도는 t<sub>1</sub>일 때가 t<sub>3</sub>일 때보다 빠르다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

16 [23029-0044] 그림은 효소 E에 결합하는 저해제 X와 기질, 표는 X의 유무와 기질 농도에 따른 E의 초기 반응 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 X가 있을 때와 X가 없을 때를 순서 없이 나타낸 것이다.



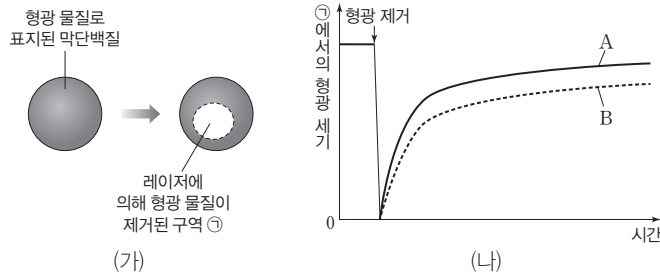
기질 농도 (상댓값)	초기 반응 속도(상댓값)	
	㉠	㉡
1	1.0	0.5
2	1.6	0.8
4	2.4	1.2
8	3.0	1.2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

- 보기
- ㄱ. E의 활성 부위 구조는 X가 E에 결합했을 때와 결합하지 않았을 때가 서로 다르다.
  - ㄴ. ㉠은 X가 있을 때이다.
  - ㄷ. 기질 농도가 증가하면 X에 의한 저해 효과가 감소한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림 (가)는 막단백질을 형광 물질로 균일하게 표지한 사람 세포에서 레이저를 이용하여 구역 ㉠의 형광 물질을 제거하는 과정을, (나)는 (가)의 과정을 거친 사람 세포 A와 B에서 시간에 따른 ㉠에서의 형광 세기를 나타낸 것이다. A와 B는 물질 X를 처리한 세포와 X를 처리하지 않은 세포를 순서 없이 나타낸 것이고, X는 콜레스테롤의 합성을 억제하여 세포막의 유동성을 증가시키는 물질이다.



세포막에는 유동성을 가진 인지질과 막단백질이 있다.

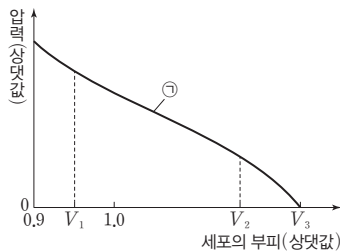
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. 유동성을 가진 막단백질이 ㉠에 있다.
- ㄴ. 사람 세포의 세포막에는 콜레스테롤이 있다.
- ㄷ. A는 X를 처리한 세포이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 고장액에 있던 식물 세포 A를 저장액에 넣었을 때 세포의 부피에 따른 ㉠을 나타낸 것이다. ㉠은 삼투압과 흡수력 중 하나이다.  $V_1$ 일 때의 팽압은 0이고,  $V_2$ 일 때의 팽압은 0보다 크다.



고장액에 있던 식물 세포를 저장액으로 옮기면 식물 세포의 부피가 커짐에 따라 삼투압과 흡수력은 모두 감소하고 팽압은 증가하며, 삼투압은 팽압과 흡수력을 더한 값이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 삼투압이다.
- ㄴ. A의  $\frac{\text{흡수력}}{\text{삼투압}}$ 은  $V_1$ 일 때가  $V_2$ 일 때보다 크다.
- ㄷ.  $V_3$ 일 때 A에서 세포막을 통한 물의 유입량과 유출량은 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프를 통한 능동 수송에서  $\text{Na}^+$ 은 세포 안에서 세포 밖으로 이동하고,  $\text{K}^+$ 은 세포 밖에서 세포 안으로 이동한다.

**03** 표는 사람에서 적혈구 세포막의  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프가 작동할 때 반복적으로 일어나는 과정 (가)~(라)를 순서대로 나타낸 것이다. I 과 II는 각각 세포질과 혈장 중 하나이다.

[23029-0047]

과정	(가)	(나)	(다)	(라)
그림				
설명	II에 있는 $\text{Na}^+$ 이 운반체 단백질의 $\text{Na}^+$ 결합 부위에 결합한다.	ATP에 의해 운반체 단백질의 구조가 변형되면서 $\text{Na}^+$ 이 I로 방출된다.	I에 있는 $\text{K}^+$ 이 운반체 단백질의 $\text{K}^+$ 결합 부위에 결합한다.	인산기가 분리되어 운반체 단백질의 구조가 변형되면서 $\text{K}^+$ 이 II로 방출된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

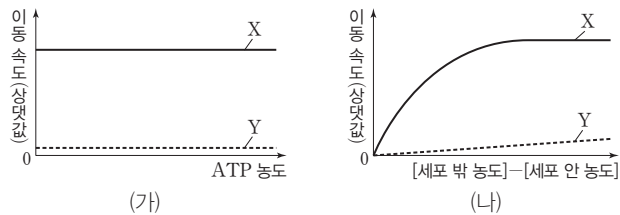
- ㄱ. I은 세포질이다.
- ㄴ.  $\text{K}^+$ 의 농도는 II에서가 I에서보다 높다.
- ㄷ. (나)에서  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프의 인산화가 일어난다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

단순 확산과 촉진 확산을 통한 물질의 이동에는 모두 에너지(ATP)가 사용되지 않고, 촉진 확산은 막단백질을 이용한다.

**04** 그림 (가)는 물질 X와 Y의 농도가 각각 일정할 때 ATP 농도에 따른 세포막을 통한 X와 Y의 이동 속도를, (나)는 세포 안팎의 농도 차이에 따른 세포막을 통한 X와 Y의 이동 속도를 나타낸 것이다.

[23029-0048]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

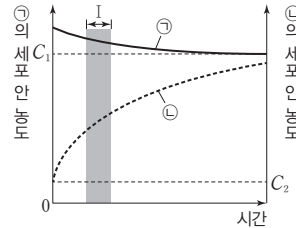
- ㄱ. X의 이동에 막단백질이 이용된다.
- ㄴ. X의 이동과 Y의 이동에 모두 ATP가 사용된다.
- ㄷ. 인슐린이 세포 밖으로 이동하는 방식은 X의 이동 방식과 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0049]

**05** 표는 세포막을 통한 물질 이동 방식의 특징을, 그림은 물질 ㉠과 ㉡이 각각 들어 있는 배양액에 세포를 넣은 후 시간에 따른 각 물질의 세포 안 농도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡의 이동 방식은 각각 능동 수송과 촉진 확산 중 하나이다.  $C_1$ 은 ㉠의 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때,  $C_2$ 는 ㉡의 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때 각 물질의 세포 밖 농도이다.

특징	
• 에너지가 소모된다.	
• 막단백질을 이용한다.	
• 저농도에서 고농도로 물질이 이동한다.	



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

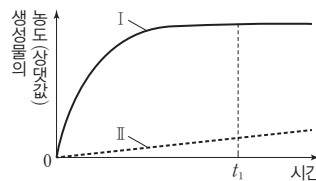
ㄱ. I에서 ㉠은 세포 안에서 밖으로 이동하였다.  
 ㄴ. ㉡의 이동 방식은 촉진 확산이다.  
 ㄷ. 표의 특징 중 ㉡의 이동 방식이 갖는 특징의 개수는 1개이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

[23029-0050]

**06** 효소 X는 물질 A와 B로 구성되며, A와 B는 각각 주효소와 보조 인자 중 하나이다. 표는 X의 기질이 담긴 시험관 I과 II에 A와 B를 각각 다르게 처리하여 넣어준 용액을, 그림은 I과 II에서 시간에 따른 생성물의 농도를 나타낸 것이다.

시험관	넣어준 용액
I	가열한 A+B
II	A+가열한 B



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

ㄱ. A의 주성분은 단백질이다.  
 ㄴ. B는 보조 인자이다.  
 ㄷ.  $t_1$ 일 때 반응 속도는 II에서가 I에서보다 빠르다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

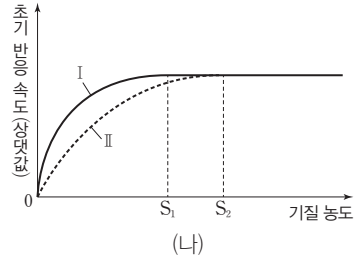
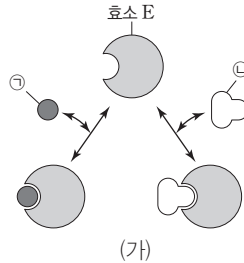
촉진 확산과 능동 수송에는 모두 막단백질이 이용되며, 능동 수송을 통해 저농도에서 고농도로 물질이 이동할 때 에너지가 소모된다.

효소를 구성하는 성분 중 단백질 성분을 주효소, 비단백질 성분을 보조 인자라고 하며, 주효소는 온도와 pH의 영향을 받아 변성될 수 있다.

기질과 경쟁적 저해제는 효소의 활성 부위에 경쟁적으로 결합하며, 기질 농도가 높아지면 경쟁적 저해제의 저해 효과가 감소한다.

[23029-0051]

07 그림 (가)는 효소 E와 물질 ㉠, ㉡의 결합을, (나)는 E에 의한 반응에서 조건 I과 II일 때 기질 농도에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 기질과 저해제를 순서 없이 나타낸 것이고, I과 II는 각각 ㉠과 ㉡이 함께 있을 때와 ㉠만 있을 때 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. ㉡은 기질이다.
- ㄴ. II는 ㉠과 ㉡이 함께 있을 때이다.
- ㄷ. I에서 반응이 완전히 끝난 후 생성물의 총량은 S<sub>1</sub>일 때와 S<sub>2</sub>일 때가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기질 농도가 높아지면 경쟁적 저해제의 저해 효과는 감소하지만, 비경쟁적 저해제의 저해 효과는 감소하지 않는다.

[23029-0052]

08 표는 효소 E에 의한 반응에서 저해제 ㉠이 있을 때, 저해제 ㉡이 있을 때, 저해제가 없을 때 기질 농도에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 경쟁적 저해제와 비경쟁적 저해제를 순서 없이 나타낸 것이며, 기질 농도는 S<sub>2</sub>가 S<sub>1</sub>보다 크다.

기질 농도 (상댓값)	초기 반응 속도(상댓값)		
	㉠이 있을 때	㉡이 있을 때	저해제가 없을 때
S <sub>1</sub>	25	40	50
S <sub>2</sub>	50	100	100

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 비경쟁적 저해제이다.
- ㄴ. ㉡은 E의 활성 부위에 결합한다.
- ㄷ. 기질 농도가 S<sub>1</sub>일 때  $\frac{\text{기질과 결합하지 않은 E의 수}}{\text{기질과 결합한 E의 수}}$ 는 ㉠이 있을 때가 ㉡이 있을 때보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 효소의 작용에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위한 실험이다.

[23029-0053]

- (가) 동일한 크기로 자른 거름종이 조각을 ㉠갑자집에 넣어 적신다.
- (나) 비커 I~III에 표와 같이 용액을 넣고, 각 비커에 (가)의 적신 거름종이 조각을 1개씩 집어 넣어 가라앉힌 후, 수면 위로 떠오를 때까지 걸린 시간을 측정한다. 결과는 표와 같다.

비커	용액	거름종이 조각이 떠오를 때까지 걸린 시간(초)
I	과산화 수소 용액 + 증류수	1
II	과산화 수소 용액 + 묽은 염산 용액	8
III	과산화 수소 용액 + 묽은 수산화 나트륨 용액	5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. ㉠에는 카탈레이스가 있다.
- ㄴ. 과산화 수소 분해 효소의 활성은 II의 용액에서가 I의 용액에서보다 크다.
- ㄷ. III에서 과산화 수소가 분해되어 O<sub>2</sub>가 생성되었다.

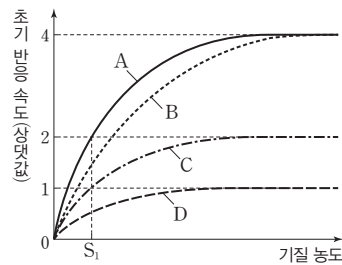
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 표는 효소 X에 의한 반응에서 실험 I~IV의 조건을, 그림은 A~D에서 기질 농도에 따른 초기 반응 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 1과 2를 순서 없이 나타낸 것이고, 저해제 ㉢과 ㉣은 경쟁적 저해제와 비경쟁적 저해제를 순서 없이 나타낸 것이다. A~D는 각각 I~IV 중 하나이다.

[23029-0054]

실험	I	II	III	IV
X의 농도 (상댓값)	㉠	㉡	2	1
저해제 ㉢	×	×	×	○
저해제 ㉣	×	○	×	×

(○: 있음, ×: 없음)



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 1이다.
- ㄴ. ㉢은 경쟁적 저해제이다.
- ㄷ. S<sub>1</sub>일 때  $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{X의 총수}}$ 는 I에서와 III에서가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

카탈레이스에 의해 과산화 수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)가 분해되면 O<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O이 생성된다.

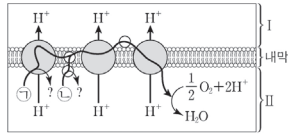
경쟁적 저해제는 효소의 활성 부위에 결합하고 비경쟁적 저해제는 효소의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합한다.

# III

## 세포 호흡과 광합성

### 2023학년도 6월 모의평가 6번

6. 그림은 전자 전달이 활발하게 일어나고 있는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각  $FADH_2$ 와  $NADH$  중 하나이고, I과 II는 각각 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간 중 하나이다.



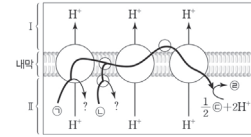
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈보기〉
- ㄱ. ㉡은  $FADH_2$ 이다.
  - ㄴ. I은 미토콘드리아 기질이다.
  - ㄷ.  $H^+$ 이 전자 전달계를 통해 II에서 I로 이동하는 방식은 능동 수송이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 2023학년도 EBS 수능특강 61쪽 08번

08 [2023-0062] 그림은 세포 호흡이 활발한 미토콘드리아의 전자 전달계를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $FADH_2$ ,  $NADH$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, I과 II는 각각 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈보기〉
- ㄱ. pH는 I에서 II에서보다 높다.
  - ㄴ. 이 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체는 ㉣이다.
  - ㄷ. 1분자의 ㉣을 생성하는 데 필요한 분자 수는 ㉠과 ㉡이 같다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 연계 분석

2023학년도 6월 모의평가 6번은 수능특강 61쪽 08번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제는 모두 미토콘드리아의 전자 전달계를 통한 전자의 이동 경로와 전자 전달계를 통한  $H^+$ 의 이동을 분석한다는 점에서 매우 높은 유사성을 보인다. 수능특강에서는  $NADH$ 와  $FADH_2$ 로부터 방출된 전자의 최종 전자 수용체가 무엇인지를 파악하도록 한 반면, 모의평가에서는 자료를 분석하여  $NADH$ 와  $FADH_2$ 를 구분할 수 있는가를 확인하였다. 또한, 수능특강에서는 세포 호흡이 활발할 때 I과 II에서의 pH를 비교하는 지문으로, 모의평가에서는 I과 II가 각각 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간 중 무엇인지를 묻는 지문으로 변형하였다.

### 학습 대책

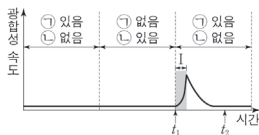
미토콘드리아의 전자 전달계를 통해 이동하는 전자의 전자 공여체( $NADH$ ,  $FADH_2$ )를 전자 전달계를 통해 능동 수송되는  $H^+$ 의 양적 차이를 통해 구별할 수 있어야 하며, 연계 교재에서와 같이 세포 호흡이 일어날 때 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간에서의 pH 변화, 1분자의 물이 생성되기 위해 필요한  $NADH$ 와  $FADH_2$ 의 분자 수 등은 자주 출제되는 부분이므로 반드시 암기하여야 한다. 연계 교재를 통해 학습할 때는 전자 전달계의 특징뿐만 아니라 ATP 합성 효소를 통한 ATP의 합성 과정을 함께 연결하여 이해할 필요가 있다. 모의평가에서와 같이 전자 전달계만 제시된 자료가 아닌 산화적 인산화 과정의 일부로 제시된 상황까지 연계 교재를 통해 확장된 학습을 할 필요가 있다.





2023학년도 수능 9번

9. 그림은 어떤 식물에서 ㉠과 ㉡의 조건을 달리했을 때 시간에 따른 광합성 속도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 빛과 CO<sub>2</sub>를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛과 CO<sub>2</sub> 이외의 조건은 동일하다.)

<보기>

- ㄱ. ㉠은 빛이다.
- ㄴ. 구간 I에서 CO<sub>2</sub> 고정이 일어난다.
- ㄷ. 스트로마에서 NADPH의 농도는 t<sub>1</sub>일 때가 t<sub>2</sub>일 때보다 낮다.

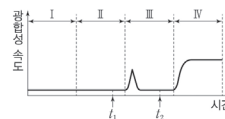
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능완성 39쪽 3번

03

P-22072-0072

그림은 어떤 식물에 ㉠과 ㉡의 조건을 달리했을 때 시간에 따른 광합성 속도를, 표는 구간 I~IV에서 ㉠과 ㉡의 유무를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 빛과 CO<sub>2</sub> 중 하나이다.



구간	㉠	㉡
I	○	?
II	?	○
III	○	?
IV	?	○

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉠은 CO<sub>2</sub>이다.
- ㄴ. IV에서 O<sub>2</sub>가 생성된다.
- ㄷ. 스트로마에서  $\frac{NADPH의 양}{NADP^+의 양}$ 은 t<sub>1</sub>일 때가 t<sub>2</sub>일 때보다 크다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

2023학년도 수능 9번은 수능완성 39쪽 03번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 식물에서 빛과 CO<sub>2</sub>의 조건을 달리 하였을 때 광합성 속도를 자료로 제시하여 명반응과 탄소 고정 반응을 묻는다는 점에서 매우 높은 유사성을 보인다. 수능완성에서는 빛과 CO<sub>2</sub>의 조건을 표의 형태로 제시하였지만, 수능에서는 조건의 수를 줄이고 그래프 자료에 직접 빛과 CO<sub>2</sub>의 조건을 나타내는 형태로 변형하였다. 또한, 수능완성에서는 명반응과 관련된 산소의 생성 여부를 묻는 지문이 제시되었지만, 수능에서는 탄소 고정 반응과 관련된 CO<sub>2</sub>의 고정 여부를 묻는 지문이 제시되었다.

학습 대책

빛과 CO<sub>2</sub>의 조건에 따른 광합성 속도를 통해 광합성이 빛을 이용하는 명반응과 CO<sub>2</sub>를 이용하는 탄소 고정 반응으로 구분된다는 점, 탄소 고정 반응이 일어나기 위해서는 명반응의 산물이 필요하다는 점을 이해하고 있어야 한다. 연계 교재를 통해 자기 주도적인 학습을 하면서 명반응과 탄소 고정 반응의 특징을 체계적으로 암기할 필요가 있다. 특히 연계 교재와 수능에서 제시된 t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>의 시점을 조건이 다른 구간의 시점으로 변형하여 생각해 보면서 자주 출제되는 스트로마의 NADPH 농도, 탈라코이드 내부와 스트로마 사이의 pH 등을 비교해 볼 필요가 있다. 수능은 연계 교재의 내용을 다양한 형태로 변형하여 출제되는 경향이 있으므로 내용 요소별로 세분화되어 있는 연계 교재의 여러 문항들을 풀어보면서 개념을 익히고, 각 문항들의 다양한 자료와 상황을 분석하는 학습 태도가 필요하다.

#### 개념 체크

● **산화 환원 반응:** 화학 반응에서 물질이 전자를 방출하는 과정은 산화 반응이며, 물질이 전자를 얻는 과정은 환원 반응으로 산화 반응과 환원 반응에서 전자의 이동은 동시에 일어난다.

1. 산소를 이용한 세포 호흡이 일어날 때, 포도당은 ( 산화, 환원 )되어 이산화탄소가 되고, 산소는 ( 산화, 환원 )되어 물이 된다.

2. 해당 과정은 ( )에서 일어나며, 1분자의 포도당이 2분자의 ( )으로 최종 분해된다.

3. 해당 과정에서는 ( ) 인산화에 의해 ATP가 합성된다.

4. 해당 과정에서 1분자의 포도당이 1분자의 과당 2인산으로 전환될 때 ( ) 분자의 ATP가 소모된다.

※ ○ 또는 ×

5. 해당 과정은 산소가 없어도 진행될 수 있다. ( )

6. 해당 과정에서 1분자의 과당 2인산이 2분자의 피루브산으로 분해되면 2ATP와 2NADH가 생성된다. ( )

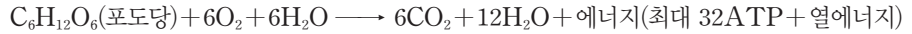
정답

1. 산화, 환원
2. 세포질, 피루브산
3. 기질 수준
4. 2
5. ○
6. ×

### 1 세포 호흡

#### (1) 세포 호흡의 개요

- ① 생물이 포도당과 같은 유기물(호흡 기질)을 분해(산화)시켜 생명 활동에 필요한 에너지(ATP)를 얻는 과정이다.
- ② 세포 호흡 전체 반응식(호흡 기질이 포도당인 산소 호흡의 경우)



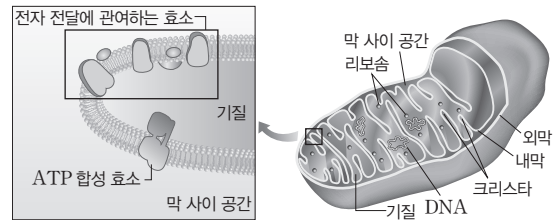
- ③ 세포 호흡에서 산화 환원 반응이 일어난다. 호흡 기질이 포도당인 산소 호흡의 경우 포도당이 산화되어 이산화탄소가 되고, 산소가 환원되어 물이 된다.
- ④ 세포 호흡 과정은 크게 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화 과정으로 나눌 수 있다.

(2) **세포 호흡의 장소:** 세포질에서 해당 과정이 일어나고, 미토콘드리아 기질에서 피루브산의 산화와 TCA 회로가 진행되며, 미토콘드리아 내막에서 산화적 인산화가 진행된다.



#### 과학 돋보기 | 미토콘드리아

- 외막과 내막의 2중막 구조이다.
- 내막으로 둘러싸인 안쪽 공간을 미토콘드리아 기질이라고 하며, 외막과 내막 사이의 공간을 막 사이 공간이라고 한다.
- 미토콘드리아 기질에는 DNA, 리보솜, 유기물 분해에 필요한 여러 가지 효소가 있다.
- 미토콘드리아 내막에는 전자 전달에 관여하는 효소와 ATP 합성 효소가 분포한다.
- 미토콘드리아 내막은 주름진 구조이며, 이 주름진 구조를 크리스타라고 한다.
- 미토콘드리아 내막의 주름진 구조로 인하여 내막의 표면적이 넓어지므로 세포 호흡 과정에서 에너지 생성(ATP 합성)이 효율적으로 일어난다.



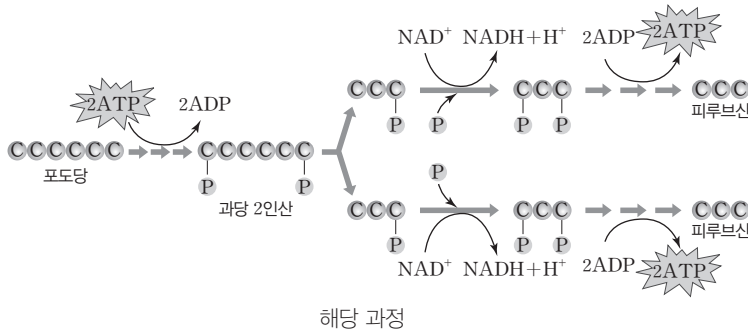
(3) **해당 과정:** 1분자의 포도당이 여러 단계의 화학 반응을 거쳐 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정이다. 세포질에서 일어나며, 산소가 없어도 진행될 수 있으나 지속적으로  $NAD^+$ 가 공급되어야 한다.

#### ① 반응 경로

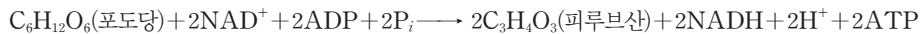
- ATP 소모 단계: 포도당( $C_6$ )이 과당 2인산( $C_6$ )으로 전환되며, 2ATP가 소모된다.
- ATP 생성 단계: 과당 2인산( $C_6$ )이 여러 단계를 거쳐 2분자의 피루브산( $C_3$ )으로 분해되면서 탈수소 효소의 작용으로 2NADH가, 기질 수준 인산화 과정에 의해 4ATP가 생성된다.
- 해당 과정 전체에서 1분자의 포도당( $C_6$ )이 2분자의 피루브산( $C_3$ )으로 분해되는 과정 동안 2ATP와 2NADH가 순생성된다.
- 포도당은 피루브산으로 산화되고,  $NAD^+$ 는 NADH로 환원된다.

개념 체크

- **과당 2인산**: 과당은 포도당과 이성질체 관계이며, 2분자의 ATP가 분해될 때 방출된 2분자의 인산기가 과당에 결합하여 형성된다.
- **아세틸 CoA**: 아세트산이 조효소 A(CoA)와 결합하여 반응성이 높아진 상태여서 활성 아세트산으로도 불린다.

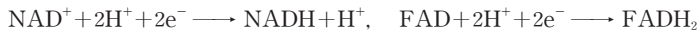


② 전체 반응



과학 돋보기 | 탈수소 효소와 탈탄산 효소

- 탈수소 효소는 기질로부터 수소와 전자를 떼어 기질을 산화시키는 반응(탈수소 반응)을 촉매하는 효소이다.
- 탈수소 효소의 조효소에는  $NAD^+$ 와 FAD가 있고, 조효소( $NAD^+$ , FAD)는 전자 운반체 역할을 한다.
- 1분자의  $NAD^+$ 와 FAD는 각각 전자 2개( $2e^-$ )를 운반한다.



- 탈탄산 효소는 기질로부터 이산화 탄소( $CO_2$ )를 떼어내는 반응(탈탄산 반응)을 촉매하는 효소이다.

**(4) 피루브산의 산화와 TCA 회로**: 산소가 있을 때 피루브산이 미토콘드리아 기질로 이동하여 산화되는 과정이다. 반응에 산소가 직접 이용되지는 않지만 산소가 필요한 산화적 인산화 과정과 맞물려 있다. 그러므로 산소가 없으면 피루브산의 산화와 TCA 회로가 모두 억제된다. 미토콘드리아 기질에 있는 여러 종류의 효소에 의해 일어난다.

① 피루브산의 산화

- 피루브산( $C_3$ )이 아세틸 CoA( $C_2$ )로 산화되는 과정이며, 이 과정에서  $NAD^+$ 가 NADH로 환원된다.
- 피루브산으로부터  $CO_2$ 가 방출되는 탈탄산 반응이 일어나며, 조효소 A(CoA)가 결합한다.



과학 돋보기 | 피루브산 탈수소 효소 복합체에 의한 피루브산의 산화

- 피루브산은 미토콘드리아 내막에 있는 운반체 단백질에 의해 미토콘드리아 기질로 이동하고 피루브산 탈수소 효소 복합체에 의해 산화된다.
- 피루브산 탈수소 효소 복합체는 피루브산이 아세틸 CoA로 되는 과정에서 일어나는 탈탄산 반응, 탈수소 반응 등을 촉매하는 효소들이 모여 복합체를 이룬 것이다.

1. 1분자의  $NAD^+$ 와 FAD는 각각 전자 ( ) 개를 받아 NADH와  $FADH_2$ 가 된다.
2. ( ) 효소는 기질로부터  $CO_2$ 를 떼어내는 반응을 촉매한다.
3. 미토콘드리아 ( )에서 피루브산의 산화와 TCA 회로가 일어난다.
4. 피루브산의 산화는 피루브산이 아세틸 CoA로 ( 산화, 환원 )되는 과정이며, 이 과정에서  $NAD^+$ 가 NADH로 ( 산화, 환원 )된다.
- ※ ○ 또는 ×
5. 피루브산의 산화에서 산소가 직접 이용된다. ( )
6. 피루브산의 산화에서 탈탄산 반응이 일어난다. ( )

정답

1. 2
2. 탈탄산
3. 기질
4. 산화, 환원
5. ×
6. ○

개념 체크

● TCA 회로의 중간 산물: 시트르산으로부터 생성되는 5탄소 화합물은 α-케토글루타르산이다. 5탄소 화합물로부터 생성되는 4탄소 화합물은 석신산이다. 석신산으로부터 생성되는 4탄소 화합물은 말산이다.

● '기질' 수준 인산화와 미토콘드리아 '기질'에서 기질의 비교: 기질 수준 인산화에서 기질(substrate)은 효소가 관여하는 반응에서 반응물이고, 미토콘드리아 기질(matrix)은 세포질에 비해 단백질이 많아 점성이 높은 액체 상태의 물질이 포함된 미토콘드리아 내부 공간이다.

1. 1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 통해 완전 분해되면 NADH ( ) 분자, FADH<sub>2</sub> ( ) 분자, ATP ( ) 분자, CO<sub>2</sub> ( ) 분자가 생성된다.

2. 1분자의 피루브산이 피루브산의 산화와 TCA 회로를 통해 완전 분해되면 NADH ( ) 분자, FADH<sub>2</sub> ( ) 분자, ATP ( ) 분자, CO<sub>2</sub> ( ) 분자가 생성된다.

※ ○ 또는 ×

3. TCA 회로에서 ATP는 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정에서 생성된다. ( )

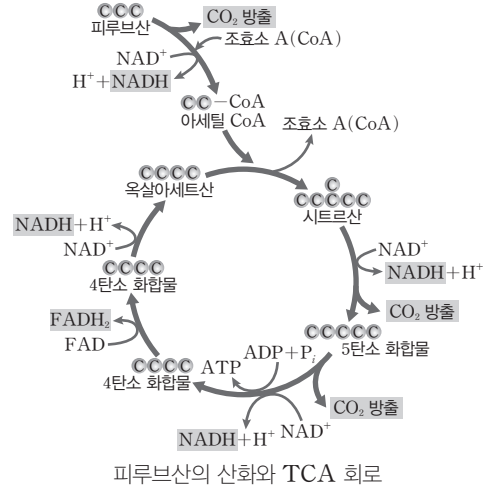
4. TCA 회로에서 ATP의 합성은 기질 수준 인산화에 의해 일어난다. ( )

정답

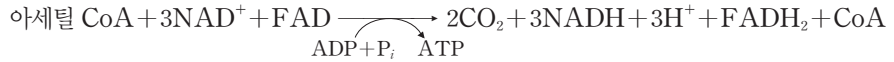
- 1. 3, 1, 1, 2
- 2. 4, 1, 1, 3
- 3. ×
- 4. ○

② TCA 회로

- 아세틸 CoA(C<sub>2</sub>)는 옥살아세트산(C<sub>4</sub>)과 결합하여 시트르산(C<sub>6</sub>)이 되며, 이 과정에서 조효소 A(CoA)가 방출된다.
- 시트르산(C<sub>6</sub>)이 5탄소 화합물(C<sub>5</sub>)로 산화되는 과정에서 탈수소 반응에 의해 NAD<sup>+</sup>가 NADH로 환원된다. 이 과정에서 탈탄산 반응에 의해 CO<sub>2</sub>가 방출된다.
- 5탄소 화합물(C<sub>5</sub>)이 4탄소 화합물(C<sub>4</sub>)로 산화되는 과정에서 탈수소 반응에 의해 NAD<sup>+</sup>가 NADH로 환원된다. 이 과정에서 탈탄산 반응에 의해 CO<sub>2</sub>가 방출되고, 기질 수준 인산화로 ATP가 생성된다.
- 4탄소 화합물(C<sub>4</sub>)이 산화되는 과정에서 탈수소 반응에 의해 FAD가 FADH<sub>2</sub>로 환원된다.
- 4탄소 화합물(C<sub>4</sub>)이 옥살아세트산(C<sub>4</sub>)으로 산화되는 과정에서 탈수소 반응에 의해 NAD<sup>+</sup>가 NADH로 환원된다.
- 1분자의 아세틸 CoA(C<sub>2</sub>)가 TCA 회로를 통해 완전 분해되는 과정에서 탈탄산 효소의 작용으로 2CO<sub>2</sub>가, 탈수소 효소의 작용으로 3NADH와 1FADH<sub>2</sub>가, 기질 수준 인산화로 1ATP가 생성된다.



피루브산의 산화와 TCA 회로

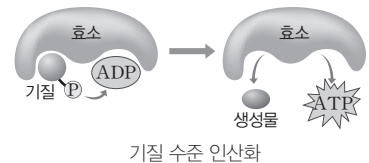


- 1분자의 피루브산(C<sub>3</sub>)이 피루브산의 산화와 TCA 회로를 통해 완전 분해되는 과정에서 탈탄산 효소의 작용으로 3CO<sub>2</sub>가, 탈수소 효소의 작용으로 4NADH와 1FADH<sub>2</sub>가, 기질 수준 인산화로 1ATP가 생성된다.
  - 피루브산은 CO<sub>2</sub>로 산화되고, NAD<sup>+</sup>와 FAD는 각각 NADH와 FADH<sub>2</sub>로 환원된다.
- ③ 전체 반응: 1분자의 포도당(C<sub>6</sub>)이 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로를 통해 완전 분해되는 과정에서 탈탄산 효소의 작용으로 6CO<sub>2</sub>가, 탈수소 효소의 작용으로 10NADH와 2FADH<sub>2</sub>가, 기질 수준 인산화로 4ATP(순생성)가 생성된다.



과학 돋보기 | 인산화 반응과 기질 수준 인산화

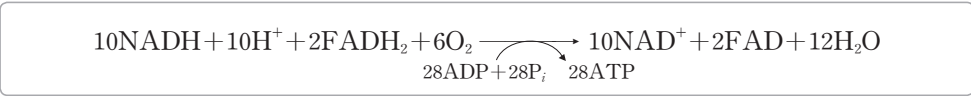
- 물질에 인산기가 결합하는 반응을 인산화 반응이라고 한다. ADP에 인산기가 결합하여 ATP가 합성되는 반응은 인산화 반응의 예이다.
- 인산화 반응에는 기질 수준 인산화, 산화적 인산화, 광인산화가 있다.
- 기질 수준 인산화는 효소에 의해 기질에 있던 인산기가 ADP로 전달되어 ATP가 합성되는 과정이다.
- 세포 호흡 과정 중 해당 과정과 TCA 회로에서 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 합성된다.



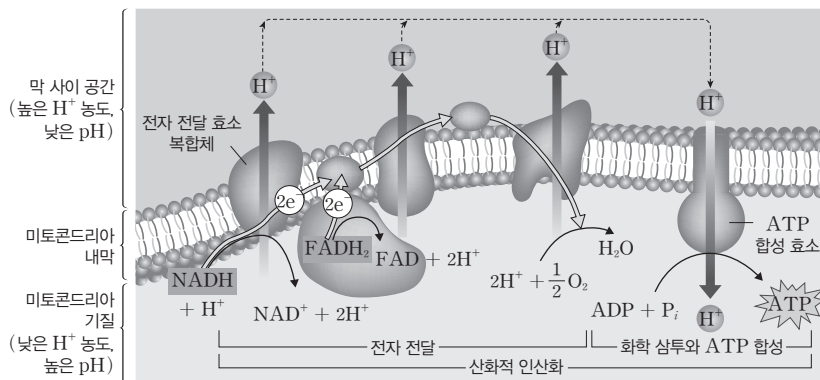
기질 수준 인산화

**(5) 산화적 인산화:** 전자 전달과 화학 삼투를 통한 ATP 합성 과정이다. 미토콘드리아 내막에 있는 전자 전달계와 ATP 합성 효소에 의해 일어난다. 전자 전달계를 통한 산화 환원 반응의 최종 전자 수용체로 산소(O<sub>2</sub>)가 사용된다. O<sub>2</sub>가 없으면 NADH와 FADH<sub>2</sub>가 산화되지 않으므로 NAD<sup>+</sup>와 FAD가 생성되지 않아 피루브산의 산화와 TCA 회로가 억제된다.

- ① 전자 전달과 H<sup>+</sup> 농도 기울기의 형성: 해당 과정, 피루브산의 산화, TCA 회로에서 생성된 NADH와 FADH<sub>2</sub>가 각각 NAD<sup>+</sup>와 FAD로 산화되어 고에너지 전자와 H<sup>+</sup>을 방출한다. 고에너지 전자는 미토콘드리아 내막에 있는 일련의 전자 전달 효소 복합체와 전자 운반체의 산화 환원 반응에 의해 차례로 전달된다. 고에너지 전자가 차례로 전달되는 과정에서 단계적으로 방출되는 에너지를 이용해 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H<sup>+</sup>이 능동 수송되며, 미토콘드리아 내막을 경계로 H<sup>+</sup> 농도 기울기(pH 기울기)가 형성된다. 이때 H<sup>+</sup> 농도는 막 사이 공간에서가 미토콘드리아 기질에서보다 높다(pH는 막 사이 공간에서가 미토콘드리아 기질에서보다 낮다). 최종적으로 전자는 O<sub>2</sub>로 전달되고, O<sub>2</sub>는 전자와 H<sup>+</sup>을 받아 H<sub>2</sub>O로 환원된다.
- ② 화학 삼투와 ATP의 합성: 미토콘드리아 내막을 경계로 형성된 H<sup>+</sup> 농도 기울기에 의해 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간(높은 H<sup>+</sup> 농도)에서 미토콘드리아 기질(낮은 H<sup>+</sup> 농도)로 확산(화학 삼투)될 때 미토콘드리아 기질 쪽에서 ATP가 합성된다.
- ③ 전체 반응



- 1분자의 NADH가 산화되어 약 2.5분자의 ATP가, 1분자의 FADH<sub>2</sub>가 산화되어 약 1.5분자의 ATP가 생성된다.
- 1분자의 포도당이 해당 과정과 피루브산의 산화와 TCA 회로를 거치면 총 10분자의 NADH와 2분자의 FADH<sub>2</sub>가 생성되므로 산화적 인산화에 의해 최대 28분자의 ATP가 생성될 수 있다.
- 전체 반응에서 산화되는 물질은 NADH와 FADH<sub>2</sub>이고, 환원되는 물질은 O<sub>2</sub>이다.
- NADH와 FADH<sub>2</sub> 1분자당 방출되는 전자는 2e<sup>-</sup>이며, 2e<sup>-</sup>가 1/2 O<sub>2</sub>에 최종적으로 전달되어 H<sub>2</sub>O를 생성한다. (1/2 O<sub>2</sub> + 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub>O)



**개념 체크**

- **ATP 합성 효소에 의한 ATP 합성:** H<sup>+</sup> 농도가 높은 막 사이 공간에서 H<sup>+</sup> 농도가 낮은 미토콘드리아 기질 방향으로 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 이동(확산)할 때 발생하는 에너지를 이용하여 ATP가 합성된다.
- **전자 전달 효소 복합체:** 산화 반응과 환원 반응을 반복하며 전자(e<sup>-</sup>)를 운반하는 반응을 촉매한다.

1. ( ) 인산화는 전자 전달계를 통한 전자 전달과 화학 삼투를 통한 ATP 합성 과정이다.
  2. 전자 전달계를 통한 산화 환원 반응에서 최종 전자 수용체로 ( )가 사용된다.
  3. 화학 삼투는 생체막을 경계로 pH가 ( 높. 낮 )은 쪽에서 pH가 ( 높. 낮 )은 쪽으로 H<sup>+</sup>이 확산되는 것이다.
  4. 산화적 인산화에서 1분자의 ( )가 산화되어 약 2.5분자의 ATP가, 1분자의 ( )가 산화되어 약 1.5분자의 ATP가 생성될 수 있다.
- ※ ○ 또는 ×
5. 산화적 인산화에서 4분자의 NADH가 산화되면 2분자의 H<sub>2</sub>O이 생성된다. ( )

**정답**

1. 산화적
2. 산소
3. 낮. 높
4. NADH, FADH<sub>2</sub>
5. ×

개념 체크

● 산화적 인산화 반응에서 소모된 O<sub>2</sub>와 생성된 H<sub>2</sub>O의 분자 수: 포도당 1분자로부터 생성된 10NADH와 2FADH<sub>2</sub>가 산화되면 총 24e<sup>-</sup>가 6분자의 O<sub>2</sub>에 전달되고 12분자의 H<sub>2</sub>O이 생성된다.

1. 산화적 인산화는 미토콘드리아 ( )에 있는 전자 전달계와 ATP 합성 효소에 의해 일어난다.
2. ATP 합성 효소를 통한 1분자당 ATP 합성량은 ( NADH, FADH<sub>2</sub> )가 산화될 때가 ( NADH, FADH<sub>2</sub> )가 산화될 때보다 많다.
3. 1분자의 포도당이 해당 과정, 피루브산의 산화, TCA 회로를 통해 완전 분해되었을 때 생성되는 물질의 분자 수는 NADH가 ( ), FADH<sub>2</sub>가 ( ), CO<sub>2</sub>가 ( ), ATP가 ( )이다.
4. 1분자의 포도당이 세포 호흡을 통해 완전 분해되어 32ATP가 생성될 때 산화적 인산화에 의해 합성된 ATP의 분자 수는 ( )이고, 기질 수준 인산화에 의해 합성된 ATP의 분자 수는 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

5. 세포에서 분리한 미토콘드리아를 pH 8인 수용액에 충분한 시간을 담근 후 꺼내 pH 4인 수용액에 넣고, ADP와 무기 인산(P<sub>i</sub>)을 공급하면 ATP가 합성된다. ( )

정답

1. 내막
2. NADH, FADH<sub>2</sub>
3. 10, 2, 6, 4
4. 28, 4
5. ○

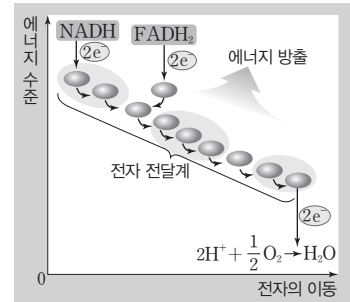
탐구자료 살펴보기 전자 전달계에서 에너지 수준의 변화

분석

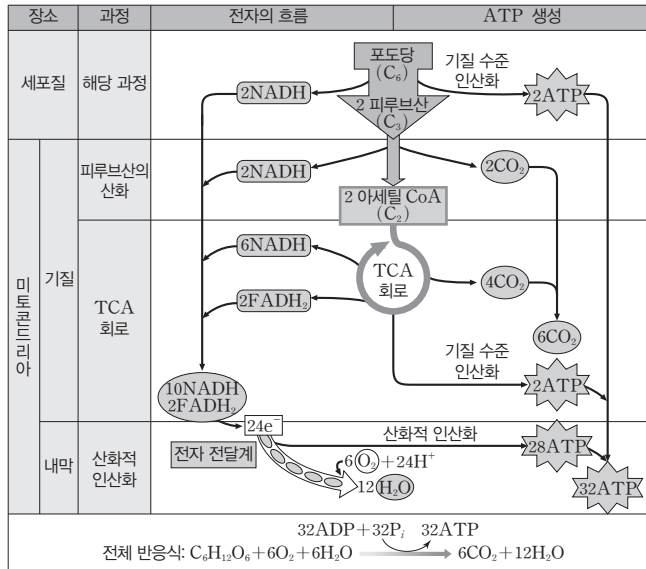
- ① 전자 전달계는 전자 전달 효소 복합체와 전자 운반체로 구성된다.
- ② 전자가 전자 전달계를 거치면서 에너지가 방출된다.

point

- NADH가 전달한 전자가 방출한 에너지는 FADH<sub>2</sub>가 전달한 전자가 방출한 에너지보다 크므로 ATP 합성 효소를 통한 1분자당 ATP 합성량은 NADH가 산화될 때 FADH<sub>2</sub>가 산화될 때보다 많다.
- 전자 전달계를 따라 이동한 전자는 최종적으로 O<sub>2</sub>로 전달되며, O<sub>2</sub>는 H<sub>2</sub>O로 환원된다.



(6) 세포 호흡의 전 과정: 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화 과정에서 전자의 흐름과 ATP 생성



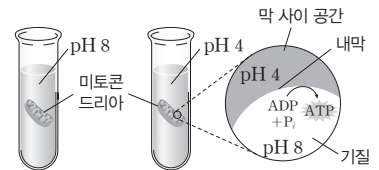
탐구자료 살펴보기 화학 삼투와 ATP 합성

과정

- 세포에서 분리한 미토콘드리아를 pH 8의 수용액에 충분한 시간 동안 담근다.
- 미토콘드리아를 꺼내 pH 4의 수용액에 넣고, ADP와 무기 인산(P<sub>i</sub>)을 공급한다.
- 미토콘드리아 기질에서 ATP 합성 여부를 확인한다.

결과

ATP가 합성되었다.



point

- (가)에서 pH 8의 수용액에 미토콘드리아를 충분한 시간 동안 넣으면 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간은 모두 pH 8이 된다.
- (나)에서 미토콘드리아를 pH 4의 수용액으로 옮기면 바깥쪽에 위치한 막 사이 공간이 안쪽에 위치한 미토콘드리아 기질보다 먼저 pH 4가 되어, 미토콘드리아 내막을 경계로 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성된다.
- H<sup>+</sup>이 미토콘드리아 내막의 ATP 합성 효소를 통해 H<sup>+</sup> 농도가 높은(pH가 낮은) 막 사이 공간에서 H<sup>+</sup> 농도가 낮은(pH가 높은) 미토콘드리아 기질로 이동(확산)하면서 ATP가 합성된다.
- ATP가 합성되기 위해서는 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성되어야 함을 증명하였다.

(7) 세포 호흡의 에너지 효율

- 1분자의 포도당이 세포 호흡에 사용되면 해당 과정에서 기질 수준 인산화로 2ATP(순생성), TCA 회로에서 기질 수준 인산화로 2ATP, 산화적 인산화에서 최대 28ATP가 생성되므로 최대 총 32ATP가 생성된다.
- 1몰(mol)의 포도당이 완전 분해되면 686 kcal의 에너지가 방출되며, 1몰의 ATP가 1몰의 ADP로 분해될 때 약 7.3 kcal의 에너지가 방출된다. 세포 호흡의 에너지 효율은 약 34%이며, 나머지 66%는 열에너지로 방출된다.

$$\text{세포 호흡의 에너지 효율} = \frac{32 \times 7.3 \text{ kcal}}{686 \text{ kcal}} \times 100 \approx 34\%$$

개념 체크

● ATP 합성 방해 물질: 세포 호흡 저해제에 해당하며, 전자 전달을 저해하는 물질, ATP 합성 효소의 작용을 저해하는 물질, 미토콘드리아 내막에 작용하여 H<sup>+</sup>의 농도 기울기를 감소시키는 물질 등이 있다.

- 1몰(mol)의 ATP가 1몰(mol)의 ADP로 분해될 때 약 ( ) kcal의 에너지가 방출된다.
- 전자 전달계를 구성하는 전자 전달 효소 복합체나 전자 운반체에 결합하여 전자 전달계에서 전자의 이동을 차단하는 저해제를 처리하면 미토콘드리아 기질의 pH는 저해제를 처리하기 이전보다 ( 높, 낮 )아진다.
- 미토콘드리아 내막에 작용하여 인지질을 통해 H<sup>+</sup>을 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 새어 나가게 하는 저해제를 처리하면 저해제를 처리하기 이전보다 산소 소모량 ( 증가, 감소 )한다.

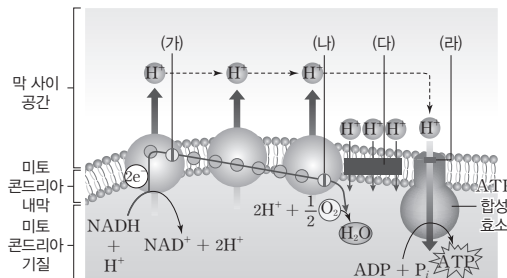
4. ATP 합성 효소에 결합하여 ATP 합성 효소를 통한 H<sup>+</sup>의 이동을 차단하는 저해제를 처리하면 저해제를 처리하기 이전보다 ATP 합성량이 ( 증가, 감소 )한다.

탐구자료 살펴보기 산화적 인산화 단계에서 ATP 합성 방해 물질

자료

물질 (가)~(라)는 산화적 인산화 단계에서 ATP 합성을 방해하는 물질이다.

- (가)와 (나)는 전자 전달계를 구성하는 전자 전달 효소 복합체나 전자 운반체에 결합하여 전자 전달계에서 전자의 이동을 차단한다.
- (다)는 미토콘드리아 내막에 작용하여 인지질을 통해 H<sup>+</sup>을 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 새어 나가게 한다.
- (라)는 ATP 합성 효소에 결합하여 ATP 합성 효소를 통한 H<sup>+</sup>의 이동을 차단한다.



분석

- (가)와 (나)를 처리하면 전자의 이동이 차단되므로 고에너지 전자로부터 에너지 방출이 억제되며, 이 에너지를 이용한 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H<sup>+</sup>의 이동(능동 수송)도 일어나지 못한다. 따라서 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성되지 못하고, ATP 합성도 일어나지 않는다.
- (다)를 처리하면 미토콘드리아 내막을 경계로 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 감소하여 ATP 합성 효소를 통한 H<sup>+</sup>의 이동이 감소하므로 ATP 합성이 감소한다. 이때 전자 전달계에서 전자의 이동은 일어난다.
- (라)를 처리하면 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 확산되지 못하므로 ATP 합성이 일어나지 않는다. H<sup>+</sup> 농도 기울기가 감소하지 않으므로 전자 전달계에서 전자의 이동은 점점 감소한다.
- (가)~(라)는 모두 세포 호흡 저해제에 해당한다.

정답

- 7.3
- 낮
- 증가
- 감소

개념 체크

● **호흡 기질**: 세포 호흡에 이용되는 유기물로 탄수화물, 단백질, 지방과 같은 3대 영양소는 모두 호흡 기질로 이용될 수 있다.

- 단백질은 ( )으로 분해된 후 탈아미노 과정으로 ( )기가 제거되고 다양한 유기산으로 전환된다.
  - 지방이 분해되어 생성된 지방산은 ( )로 분해된 후 TCA 회로를 거쳐 산화적 인산화에 이용된다.
  - 호흡 기질이 세포 호흡을 통해 분해될 때, 소비된 O<sub>2</sub>의 부피에 대해 발생한 CO<sub>2</sub>의 부피비를 ( )이라고 한다.
  - 탄수화물이 호흡 기질로 이용되어 소모된 O<sub>2</sub>의 부피(상댓값)가 10이면, 발생한 CO<sub>2</sub>의 부피(상댓값)는 ( )이다.
- ※ ○ 또는 ×
- 탄수화물, 단백질, 지방 중 호흡률이 가장 큰 것은 지방이다. ( )
  - 지방이 분해되어 생성된 지방산은 해당 과정을 거치지 않고 세포 호흡에 이용된다. ( )

정답

- 아미노산, 아미노
- 아세틸 CoA
- 호흡률
- 10
- ×
- 

(8) 호흡 기질에 따른 세포 호흡 경로

① 탄수화물

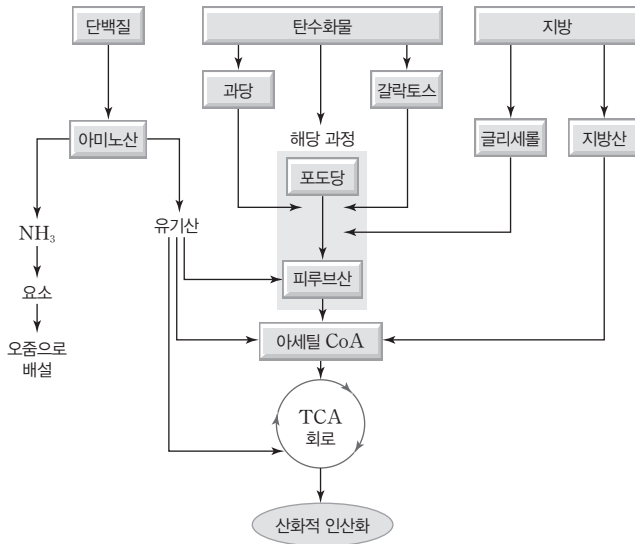
- 다당류나 이당류는 단당류로 분해된 후 호흡 기질로 이용된다.
- 포도당: 해당 과정 → 피루브산의 산화, TCA 회로 → 산화적 인산화의 순서로 진행된다.
- 과당, 갈락토스: 해당 과정 중간 산물로 전환된 후 해당 과정 → 피루브산의 산화, TCA 회로 → 산화적 인산화의 순서로 진행된다.

② 지방

- 지방은 글리세롤과 지방산으로 분해된 후 호흡 기질로 이용된다.
- 글리세롤: 해당 과정 중간 산물로 전환된 후 해당 과정 → 피루브산의 산화, TCA 회로 → 산화적 인산화의 순서로 진행된다.
- 지방산: 아세틸 CoA로 분해된 후 TCA 회로 → 산화적 인산화의 순서로 진행된다.

③ 단백질

- 단백질은 아미노산으로 분해된 후 호흡 기질로 이용된다.
- 아미노산은 탈아미노 과정으로 아미노기가 제거되고 다양한 유기산으로 전환된다. 이때 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 생성되며, 암모니아는 요소로 전환되어 오줌으로 배설된다.
- 유기산은 피루브산, 아세틸 CoA, TCA 회로의 중간 산물 중 하나로 전환된 후 피루브산의 산화, TCA 회로 → 산화적 인산화의 순서로 진행된다.



(9) 호흡률

① 호흡 기질이 세포 호흡을 통해 분해될 때 소비된 산소(O<sub>2</sub>)의 부피에 대해 발생한 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)의 부피비를 호흡률이라고 한다.

$$\text{호흡률} = \frac{\text{발생한 CO}_2\text{의 부피(CO}_2\text{ 방출량)}}{\text{소비된 O}_2\text{의 부피(O}_2\text{ 흡수량)}}$$

- 호흡 기질에 따라 탄소, 수소, 산소 원자의 구성비가 다르므로 호흡률이 다르다.
- 호흡률은 탄수화물이 1, 지방이 약 0.7, 단백질이 약 0.8이다.



## 2 발효

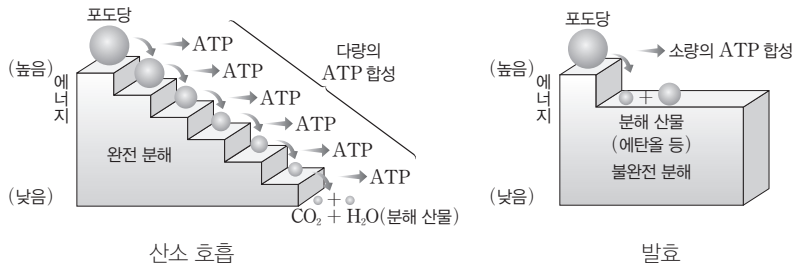
### (1) 산소 호흡과 발효

#### ① 산소 호흡

- $O_2$ 가 이용되는 세포 호흡이며,  $O_2$ 를 이용하는 산화적 인산화가 진행된다.
- 호흡 기질이  $CO_2$ 와  $H_2O$ 로 완전히 분해되므로 많은 양의 에너지가 방출되어 다량의 ATP가 합성된다.

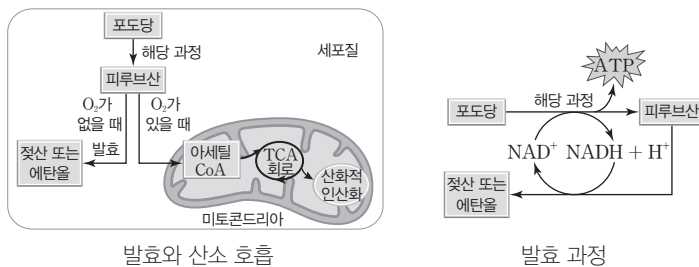
#### ② 발효

- 해당 과정을 통해 생성된 피루브산이  $O_2$ 가 없거나 부족할 때 세포질에서 중간 단계까지만 불완전하게 분해되는 과정이며, 분해 산물로 에탄올, 젖산 등의 물질이 생성된다.
- 해당 과정을 통해서 소량의 ATP가 합성되며,  $O_2$ 가 이용되지 않아 전자 전달계를 통한 전자의 이동도 일어나지 않는다.
- 여러 미생물에 의해 일어나며,  $O_2$ 의 공급이 부족할 때 사람의 근육에서도 일어난다.



#### ③ 발효의 의미

- 산소 호흡 단계 중 산화적 인산화에서 최종 전자 수용체인  $O_2$ 가 없으면, NADH와  $FADH_2$ 가 각각  $NAD^+$ 와  $FAD$ 로 산화되지 못한다. 그 결과 TCA 회로가 진행되는 동안  $NAD^+$ 와  $FAD$ 가 고갈되어 TCA 회로가 중단되며, 해당 과정도 중단될 수 있다.
- $O_2$ 가 없더라도 세포질에서 발효가 일어나면 해당 과정이 계속 일어나게 된다. 피루브산이 에탄올이나 젖산으로 환원되는 과정에서 NADH가  $NAD^+$ 로 산화되어 해당 과정에  $NAD^+$ 가 공급되므로 발효가 일어나면 생물은 무산소 조건에서도 해당 과정을 통해 ATP를 지속적으로 합성할 수 있다.



- ④ 발효의 종류: 생성되는 분해 산물의 종류에 따라 알코올 발효, 젖산 발효 등이 있다.

### 개념 체크

● 발효에서 NADH와  $NAD^+$  양 변화: 해당 과정에서 포도당이 피루브산으로 산화될 때  $NAD^+$ 가 환원되어 NADH가 생성되며, 피루브산이 젖산 또는 에탄올로 환원될 때 NADH가 산화되어  $NAD^+$ 가 재생성된다. 포도당 1분자 기준으로 해당 과정에서 생성되는 NADH의 분자 수와 피루브산의 환원 과정에서 생성되는  $NAD^+$ 의 분자 수는 같다. 따라서 전체 반응 전후의 NADH와  $NAD^+$ 의 양 변화는 없다.

1. 발효에는 분해 산물로 젖산이 생성되는 ( ) 발효와 에탄올이 생성되는 ( ) 발효가 있다.
2. 산화적 인산화에서 최종 전자 수용체인 ( )가 없으면, TCA 회로가 중단된다.
3. 사람의 세포에서 발효는 ( 세포질, 미토콘드리아 )에서 일어난다.

※ ○ 또는 ×

4. 포도당 1분자당 생성되는 ATP 수는 산소 호흡에서 발효에서보다 많다. ( )
5. 사람의 근육에서는 산소가 부족하면 젖산 발효가 일어난다. ( )
6. 발효에서는 ATP가 생성되지 않는다. ( )

#### 정답

1. 젖산, 알코올
2. 산소
3. 세포질
4. ○
5. ○
6. ×

개념 체크

● **효모:** 효모는 단세포 진핵생물로 산소가 있으면 산소 호흡을 하고, 산소가 부족하면 알코올 발효를 한다.

1. 알코올 발효에서 피루브산은 탈탄산 반응을 거쳐 ( )로 전환된 후 NADH로부터 전자를 받아 환원되어 ( )이 된다.
2. 1분자당 탄소 수는 피루브산이 ( ), 아세트알데하이드가 ( ), 에탄올이 ( )이다.
3. 효모의 알코올 발효에서 생성되는 물질 중 ( )은 술을 만드는 데 이용되고, ( )는 밀가루 반죽을 부풀려 빵을 만드는 데 이용된다.
4. 1분자의 포도당으로부터 알코올 발효를 통해 생성되는 ATP의 분자 수는 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

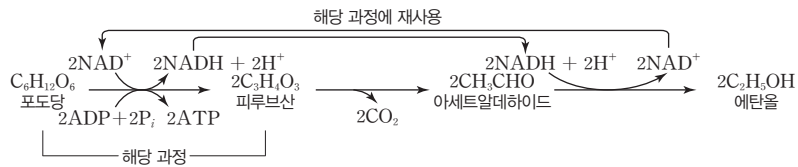
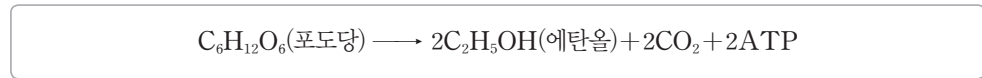
5. 효모는 산소가 충분한 환경에서는 산소 호흡을, 산소가 부족한 환경에서는 알코올 발효를 한다. ( )
6. [탐구자료 살펴보기] 효모의 발효에서 B와 C의 맹관부에 모인 기체에는 CO<sub>2</sub>가 있다. ( )

정답

1. 아세트알데하이드, 에탄올
2. 3, 2, 2
3. 에탄올, CO<sub>2</sub>
4. 2
5. ○
6. ○

(2) **알코올 발효:** 1분자의 포도당이 2분자의 에탄올로 분해되며, 해당 과정에서 포도당 1분자당 2ATP가 순생성된다.

- ① **탈탄산 반응:** 1분자의 포도당으로부터 해당 과정을 통해 2분자의 피루브산이 생성된 후, 탈탄산 효소가 작용하여 2분자의 피루브산(C<sub>3</sub>)이 2분자의 아세트알데하이드(C<sub>2</sub>)와 2CO<sub>2</sub>로 분해된다.
- ② **아세트알데하이드의 환원:** 2분자의 아세트알데하이드(C<sub>2</sub>)가 2분자의 에탄올(C<sub>2</sub>)로 환원되며, 이 과정에서 2NADH가 2NAD<sup>+</sup>로 산화된다. 재생성된 NAD<sup>+</sup>는 해당 과정에서 다시 사용된다.



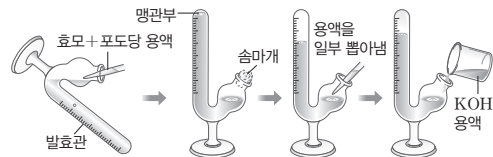
③ **알코올 발효의 이용:** 효모의 알코올 발효에서 생성되는 에탄올은 술(막걸리, 포도주 등)을 만드는 데 이용되고, CO<sub>2</sub>는 밀가루 반죽을 부풀려 빵을 만드는 데 이용된다.

탐구자료 살펴보기 효모의 발효

과정

- (가) 3개의 발효관에 표와 같이 내용물을 넣은 후 맹관부에 기체가 들어가지 않도록 발효관을 세운 다음 솜마개로 막고, 발생하는 기체의 부피를 5분마다 기록한다.
- (나) 맹관부에 기체가 모이면 용액을 일부 뽑아내고 KOH 용액을 넣는다.

발효관	내용물
A	효모 + 증류수
B	효모 + 포도당 용액
C	효모 + 갈락토스 용액



결과

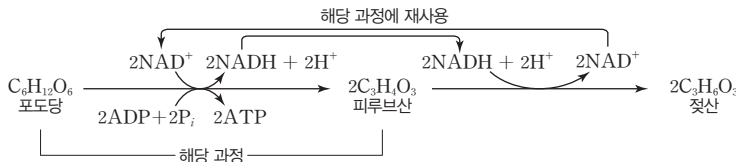
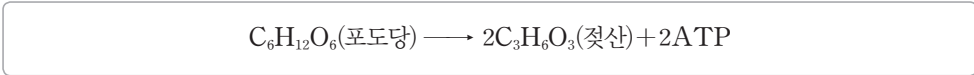
- ① B와 C에서는 발생한 기체의 부피가 증가하여 맹관부 수면의 높이가 낮아진다.
- ② 일정 시간 후 발생한 기체의 부피는 B > C > A 순이며, A에서는 기체가 발생하지 않는다.
- ③ B와 C에서 KOH 용액을 발효관에 넣으면 맹관부 수면의 높이가 높아진다.

point

- B와 C에서 일정 시간이 지나면 맹관부 수면의 높이가 낮아지는 이유는 알코올 발효를 통해 생성된 기체(CO<sub>2</sub>)가 맹관부에 모이기 때문이다.
- 효모는 호흡 기질로 갈락토스보다 포도당을 잘 이용하므로 발생한 기체의 부피는 B > C이다. 증류수에는 호흡 기질이 없어 기체가 발생하지 않았다.
- KOH 용액을 발효관에 넣었을 때 맹관부 수면의 높이가 높아지는 이유는 KOH 용액이 맹관부에 모인 CO<sub>2</sub>를 흡수하기 때문이며, 이를 통해 효모의 알코올 발효 과정에서 CO<sub>2</sub>가 생성되었다는 것을 확인할 수 있다.

**(3) 젖산 발효:** 1분자의 포도당이 2분자의 젖산으로 분해되며, 해당 과정에서 포도당 1분자당 2ATP가 순생성된다.

① **피루브산의 환원:** 해당 과정을 통해 1분자의 포도당으로부터 생성된 2분자의 피루브산(C<sub>3</sub>)이 2분자의 젖산(C<sub>3</sub>)으로 환원되며, 이 과정에서 2NADH가 2NAD<sup>+</sup>로 산화된다. 재생성된 NAD<sup>+</sup>는 해당 과정에서 다시 사용된다.



② **젖산 발효의 이용:** 젖산균의 젖산 발효는 김치, 요구르트, 치즈 등을 만드는 데 이용된다.

③ **사람 근육에서의 젖산 발효**

- 과도한 운동으로 인해 근육 세포에 O<sub>2</sub> 공급이 부족해지면 젖산 발효를 통해 ATP가 합성된다.
- 근육 세포에 축적된 젖산은 혈액을 통해 간으로 운반된 후 피루브산으로 전환되어 산소 호흡에 이용되거나 포도당으로 전환된다.



**과학 돋보기 | 산소 호흡과 발효의 비교**

구분	산소 호흡	발효	
		알코올 발효	젖산 발효
장소	세포질, 미토콘드리아	세포질	세포질
해당 과정	일어남	일어남	일어남
탈탄산 반응 (CO <sub>2</sub> 생성)	일어남 (생성됨)	일어남 (생성됨)	일어나지 않음 (생성 안 됨)
탈수소 반응	일어남	일어남	일어남
탈수소 효소의 조효소	NAD <sup>+</sup> , FAD	NAD <sup>+</sup>	NAD <sup>+</sup>
전자 전달계	관여함	관여하지 않음	관여하지 않음
최종 전자 수용체	산소(O <sub>2</sub> )	아세트알데하이드	피루브산
산화적 인산화	일어남	일어나지 않음	일어나지 않음
기질 수준 인산화	해당 과정과 TCA 회로에서 일어남	해당 과정에서 일어남	해당 과정에서 일어남
포도당 1분자당 ATP 합성량	다량 합성됨 (최대 32ATP)	소량 합성됨 (2ATP)	소량 합성됨 (2ATP)

• 산소 호흡은 산소(O<sub>2</sub>)가 이용되는 산화적 인산화가 진행되는 세포 호흡 과정이며, 발효는 산소(O<sub>2</sub>)가 없거나 부족한 상태에서도 해당 과정이 지속적으로 일어나도록 한다.

**(4) 발효의 이용**

발효는 식품 산업, 화장품, 염색약, 바이오 에너지 분야 등에 이용된다.

**개념 체크**

- **발효에 의한 ATP 합성:** 알코올 발효와 젖산 발효가 일어나면 모두 해당 과정에서만 기질 수준 인산화에 의해 포도당 1분자당 2ATP가 순생성된다.
- **젖산균:** 단세포 원핵생물이며, 포도당을 분해하여 젖산을 생성한다.

1. 1분자의 포도당이 젖산 발효에 이용되면 ( ) 분자의 젖산과 ( ) 분자의 ATP가 순생성된다.
2. 최종 전자 수용체는 젖산 발효에서는 ( ) 이고, 알코올 발효에서는 ( ) 이다.
3. ( ) 발효는 김치, 요구르트, 치즈 등을 만드는 데 이용된다.
4. 과도한 운동으로 인해 근육 세포에 O<sub>2</sub> 공급이 부족해지면 ( ) 발효가 일어난다.

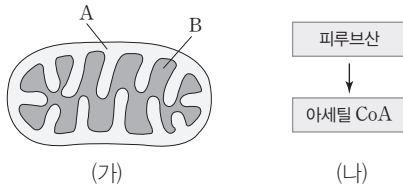
※ ○ 또는 ×

5. 젖산 발효에서 탈탄산 반응이 일어난다. ( )
6. 1분자당 탄소 수는 젖산이 에탄올보다 많다. ( )

**정답**

1. 2, 2
2. 피루브산, 아세트알데하이드
3. 젖산
4. 젖산
5. ×
6. ○

**01** [23029-0055] 그림 (가)는 미토콘드리아의 구조를, (나)는 A와 B 중 하나에서 일어나는 세포 호흡 과정의 일부를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 중 하나이다.



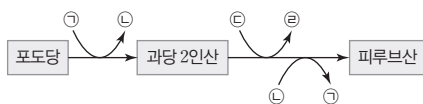
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 막 사이 공간이다.
- ㄴ. (나)에서 CO<sub>2</sub>가 생성된다.
- ㄷ. (나)는 B에서 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** [23029-0056] 그림은 해당 과정에서의 물질 출입을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 ADP, ATP, NAD<sup>+</sup>, NADH를 순서 없이 나타낸 것이다.



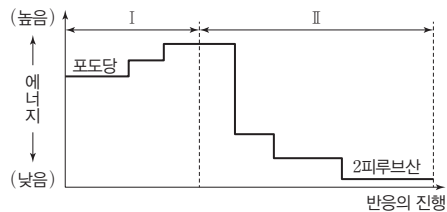
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각 물질의 분자 수는 나타내지 않았다.)

보기

- ㄱ. 1분자당 에너지양은 ㉠이 ㉡보다 많다.
- ㄴ. ㉣은 NADH이다.
- ㄷ. 해당 과정에서 1분자의 포도당이 피루브산으로 분해될 때 순생성되는 ㉠의 분자 수와 ㉣의 분자 수는 서로 같다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

**03** [23029-0057] 그림은 해당 과정에서의 에너지 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I에서 산소가 이용된다.
- ㄴ. II에서 기질 수준 인산화가 일어난다.
- ㄷ. I과 II는 모두 세포질에서 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [23029-0058] 그림은 TCA 회로 일부를, 표는 과정 I~III에서 CO<sub>2</sub>, ATP, NADH의 생성 여부를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 시트르산, 옥살아세트산, 5탄소 화합물을 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	CO <sub>2</sub>	ATP	NADH
I	×	×	?
II	○	×	○
III	?	○	○

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

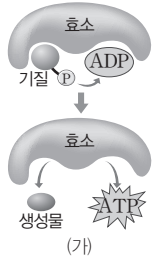
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 1분자당 탄소 수는 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ㄴ. ㉣은 5탄소 화합물이다.
- ㄷ. III에서 FADH<sub>2</sub>가 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [23029-0059] 그림 (가)는 세포 호흡 과정에서 ATP가 생성되는 반응 중 하나를, 표는 사람의 세포 호흡 과정에서 일어나는 물질 전환의 일부를 나타낸 것이다.



과정	물질 전환
I	포도당 → 피루브산
II	피루브산 → 아세틸 CoA
III	시트르산 → 4탄소 화합물

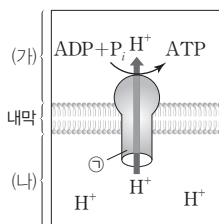
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 기질 수준 인산화이다.
- ㄴ. I~III 중 I에서만 (가)가 일어난다.
- ㄷ. I~III에서 모두 NADH가 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** [23029-0060] 그림은 세포 호흡이 활발하게 일어나는 미토콘드리아의 산화적 인산화 과정의 일부를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 중 하나이다.



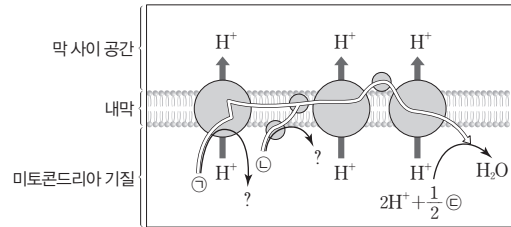
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에는 미토콘드리아의 DNA가 있다.
- ㄴ. pH는 (나)에서가 (가)에서보다 높다.
- ㄷ. ㉠을 통해 H<sup>+</sup>의 축진 확산이 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [23029-0061] 그림은 세포 호흡이 활발한 사람의 근육 세포에서 전자 전달이 일어나고 있는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 O<sub>2</sub>, NADH, FADH<sub>2</sub> 중 하나이다.



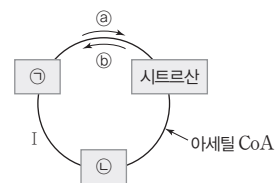
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 NADH이다.
- ㄴ. ㉠ 1분자와 ㉡ 1분자로부터 각각 전자 전달계를 거쳐  $\frac{1}{2}$  ㉣으로 전달되는 전자의 개수는 같다.
- ㄷ. 미토콘드리아에 ㉣의 공급이 중단되면 해당 과정은 일어나지 않는다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**08** [23029-0062] 그림은 TCA 회로 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 5탄소 화합물과 옥살아세트산을 순서 없이 나타낸 것이다.



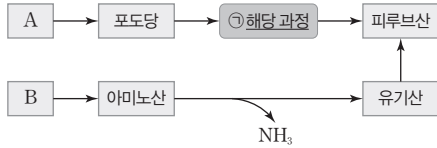
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 회로 반응의 방향은 ㉢이다.
- ㄴ. 1분자당 탄소 수는 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ㄷ. 과정 I에 관여하는 효소에는 산화 환원 효소가 포함된다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [23029-0063] 그림은 동물 세포에서 물질 A와 B가 세포 호흡에 이용되는 과정의 일부를 나타낸 것이다. A와 B는 단백질과 탄수화물을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. B는 단백질이다.
  - ㄴ. 호흡률은 A가 B보다 작다.
  - ㄷ. ㉠에는 탈탄산 효소가 관여한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23029-0064] 표는 1분자의 포도당이 세포 호흡의 과정 I~III을 통해 완전히 분해될 때, I~III에서 각각 생성되는 물질 ㉠~㉣의 분자 수(상댓값)를 나타낸 것이다. I~III은 해당 과정, TCA 회로, 피루브산의 산화를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 각각 CO<sub>2</sub>, NADH, FADH<sub>2</sub> 중 하나이다.

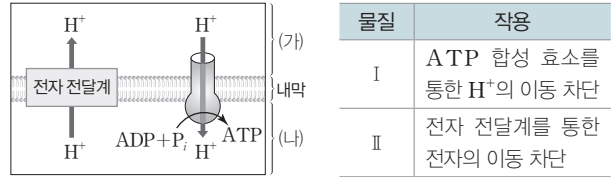
구분	분자 수(상댓값)		
	㉠	㉡	㉢
I	0	1	0
II	1	②	?
III	0	1	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ②는 6이다.
  - ㄴ. I은 세포질에서 일어난다.
  - ㄷ. 산화적 인산화를 통해 1분자의 ㉡으로부터 생성되는 ATP 양보다 1분자의 ㉠으로부터 생성되는 ATP 양이 많다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [23029-0065] 그림은 세포 호흡이 활발한 어떤 세포의 미토콘드리아에서 일어나는 산화적 인산화 과정 일부를, 표는 물질 I과 II의 작용을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 중 하나이다.

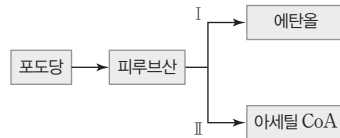


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 pH는 I을 처리하기 전이 I을 처리한 후보다 낮다.
  - ㄴ. 전자 전달계에서 단위 시간당 생성되는 H<sub>2</sub>O의 양은 II를 처리하기 전이 처리한 후보다 많다.
  - ㄷ. ATP 합성 효소에 의해 단위 시간당 생성되는 ATP 양은 II를 처리한 후가 II를 처리하기 전보다 적다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [23029-0066] 그림은 효모에서 일어나는 산소 호흡과 알코올 발효 과정의 일부를 나타낸 것이다. 과정 I과 II는 알코올 발효와 피루브산의 산화를 순서 없이 나타낸 것이다.

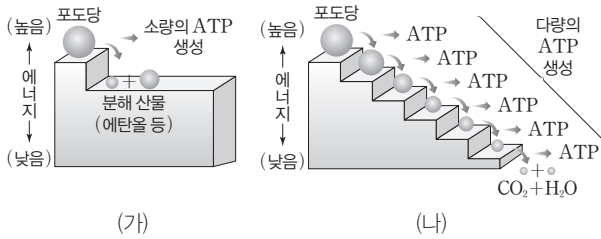


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. I은 세포질에서 일어난다.
  - ㄴ. II는 산소가 있을 때 일어난다.
  - ㄷ. I과 II에서 모두 CO<sub>2</sub>가 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23029-0067] 그림 (가)와 (나)는 발효와 산소 호흡에서 포도당이 분해될 때 일어나는 에너지 변화를 순서 없이 나타낸 것이다.



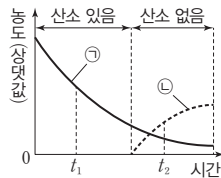
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 발효이다.
- ㄴ. 사람에서 (가)가 일어날 때 분해 산물로 에탄올이 생성된다.
- ㄷ. 1분자의 포도당으로부터 생성되는 ATP 양은 (가)에서가 (나)에서보다 많다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

14 [23029-0068] 그림은 동물 세포 X를 포도당이 있는 배지에서 배양했을 때 시간에 따른 젖산과 포도당의 농도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 각각 젖산과 포도당 중 하나이다.



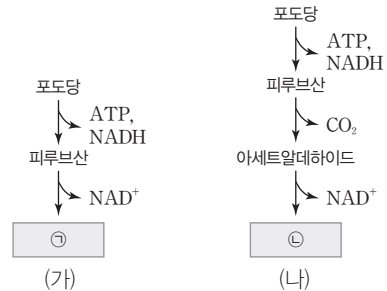
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 포도당이다.
- ㄴ.  $t_2$ 일 때 1분자의 ㉠으로부터 1분자의 ㉡이 생성된다.
- ㄷ. X에서 해당 과정은  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때 모두 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

15 [23029-0069] 그림 (가)와 (나)는 젖산 발효와 알코올 발효 과정의 일부를 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 젖산과 에탄올 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각 물질의 분자 수는 나타내지 않았다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 에탄올이다.
- ㄴ. 1분자당 탄소 수는 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ㄷ. NADH로부터 전자를 받아 환원되는 물질은 (가)와 (나)에서 모두 피루브산이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [23029-0070] 그림은 포도당을 이용한 발효와 산소 호흡에 대한 학생 A~C의 대화를 나타낸 것이다.

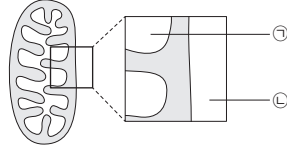


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② B    ③ A, C    ④ B, C    ⑤ A, B, C

포도당을 이용한 세포 호흡에서 해당 과정은 세포질에서 일어나고, 피루브산의 산화와 TCA 회로는 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

**01** 그림은 어떤 진핵세포에서 세포 호흡이 활발하게 일어나는 미토콘드리아의 구조를, 표는 세포 호흡 중 일어나는 물질 전환 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 세포질과 미토콘드리아 기질 중 하나이다.



과정	물질 전환
I	과당 2인산 → 피루브산
II	피루브산 → 아세틸 CoA
III	5탄소 화합물 → 4탄소 화합물

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

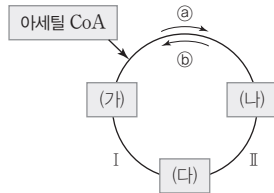
**보기**

- ㄱ. ㉠에서  $FADH_2$ 가 생성된다.
- ㄴ. II는 ㉡에서 일어난다.
- ㄷ. I과 III에서 모두 기질 수준 인산화가 일어난다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 거쳐 분해되면 2분자의  $CO_2$ , 1분자의 ATP, 3분자의 NADH, 1분자의  $FADH_2$ 가 생성된다.

**02** 그림은 세포 호흡이 일어나고 있는 진핵세포에서 아세틸 CoA가 TCA 회로를 거쳐 분해되는 과정의 일부를, 표는 과정 I과 II 각각에서  $CO_2$ , ATP, NADH,  $FADH_2$  중 생성되는 물질의 가짓수를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 시트르산, 옥살아세트산, 5탄소 화합물을 순서 없이 나타낸 것이다.



과정	생성되는 물질의 가짓수
I	2
II	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

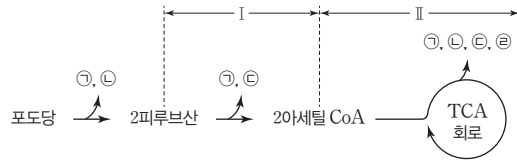
**보기**

- ㄱ. 회로 반응의 방향은 (a)이다.
- ㄴ. II에서 기질 수준 인산화가 일어난다.
- ㄷ. 1분자당 탄소 수는 (나) > (가) > (다)이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**03** [23029-0073] 그림은 어떤 세포의 미토콘드리아에서 1분자의 포도당이 세포 호흡을 거쳐 완전 분해되는 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠~㉡은 CO<sub>2</sub>, ATP, NADH, FADH<sub>2</sub>를 순서 없이 나타낸 것이다.



포도당이 해당 과정, 피루브산의 산화, TCA 회로를 거쳐 분해될 때 탈수소 효소에 의해 NADH와 FADH<sub>2</sub>가 생성되고, 탈탄산 효소에 의해 CO<sub>2</sub>가 생성된다.

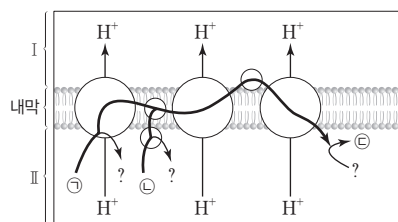
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 그림에서 ㉠~㉡의 분자 수는 나타내지 않았다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 ATP이다.
- ㄴ. 산화적 인산화를 통해 1분자의 ㉠으로부터 생성되는 ATP 양보다 1분자의 ㉡으로부터 생성되는 ATP 양이 많다.
- ㄷ. 과정 I과 II에서 생성되는 ㉠의 분자 수를 더한 값은 3이다.
- ㄹ. 과정 I과 II에서 생성되는 ㉡의 분자 수를 더한 값은 4이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄹ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [23029-0074] 그림은 세포 호흡이 활발한 미토콘드리아의 전자 전달계를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 각각 H<sub>2</sub>O, NADH, FADH<sub>2</sub> 중 하나이고, I과 II는 각각 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 중 하나이다.



NADH와 FADH<sub>2</sub>로부터 전자 전달계로 전달된 고에너지 전자의 최종 전자 수용체는 산소이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 피루브산의 산화 과정에서 ㉠이 생성된다.
- ㄴ. 미토콘드리아 내막의 ATP 합성 효소를 통해 H<sup>+</sup>은 I에서 II로 확산된다.
- ㄷ. 1분자의 ㉢을 생성하는 데 필요한 ㉠의 분자 수는 2이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

포도당을 이용한 세포 호흡에서 ATP 합성은 기질 수준 인산화, 산화적 인산화에 의해 일어난다.

미토콘드리아의 내막에 있는 ATP 합성 효소를 통해 H<sup>+</sup>의 촉진 확산이 일어날 때 ATP가 합성된다.

[23029-0075]

05 다음은 미토콘드리아를 이용한 ATP 합성 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 동물 세포로부터 미토콘드리아 I 과 II 를 분리하여 얻는다.  
 (나) I 은 pH ③인 용액이 담긴 시험관에, II 는 pH ⑥인 용액이 담긴 시험관에 충분한 시간 동안 넣어 둔다.  
 (다) (나)의 시험관에서 각각 I 과 II 를 꺼낸 뒤 I 은 pH ⑥인 용액이 담긴 시험관에, II 는 pH ③인 용액이 담긴 시험관에 넣고, ADP와 P<sub>i</sub>을 공급한다.  
 (라) 일정 시간이 지난 후 I 과 II 에서 ATP 합성 여부를 확인하였더니 II 에서만 ATP가 합성되었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)의 미토콘드리아에서는 TCA 회로 반응의 물질이 고갈되었다.)

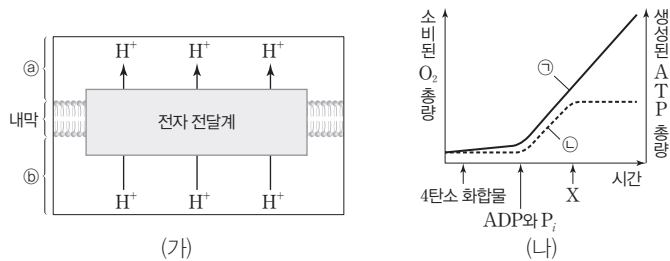
보기

ㄱ. ③ < ⑥이다.  
 ㄴ. (라)의 II 에서 전자 전달계를 통한 H<sup>+</sup>의 능동 수송이 일어났다.  
 ㄷ. (라)의 I 에 포도당을 추가로 공급하면 ATP가 합성된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0076]

06 그림 (가)는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 통한 H<sup>+</sup>의 이동, (나)는 미토콘드리아가 들어 있는 시험관에 TCA 회로의 중간 산물인 4탄소 화합물, ADP와 P<sub>i</sub>, 물질 X를 순차적으로 첨가하면서 소비된 O<sub>2</sub>의 총량과 생성된 ATP의 총량을 시간에 따라 나타낸 것이다. ②와 ⑥은 각각 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 중 하나이고, ①과 ④은 각각 O<sub>2</sub>와 ATP 중 하나이다. X는 미토콘드리아 내막의 인지질을 통해 H<sup>+</sup>이 새어 나가게 한다.



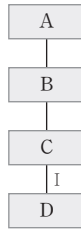
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ADP, P<sub>i</sub>, 4탄소 화합물은 충분히 첨가되었다.)

보기

ㄱ. ①은 O<sub>2</sub>이다.  
 ㄴ. ②에는 미토콘드리아의 DNA가 있다.  
 ㄷ. ⑥의 pH는 X를 처리하기 전이 처리한 후보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 알코올 발효의 과정을, 표는 물질 A~D 중 2가지의 1분자당 탄소 수를 더한 값을 나타낸 것이다. A~D는 에탄올, 포도당, 피루브산, 아세트알데하이드를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠은 ㉡보다 크다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 그림에서 반응의 진행 방향은 나타내지 않았다.)



구분	1분자당 탄소 수를 더한 값
A + C	㉠
B + C	5
B + D	㉡

[23029-0077]

산소가 없는 환경에서 효모에서는 해당 과정을 통해 생성된 피루브산이 아세트알데하이드를 거쳐 에탄올로 전환되는 알코올 발효가 일어난다.

보기

- ㄱ. 알코올 발효에서 최종 전자 수용체는 B이다.
- ㄴ. 과정 I에 관여하는 효소는 산화 환원 효소이다.
- ㄷ. 1분자당  $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는  $D > A = C$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 다음은 알코올 발효에 대한 실험이다.

[23029-0078]

[실험 과정 및 결과]

- (가) 알코올 발효에 필요한 효소, 조효소, ADP와 P<sub>i</sub>이 충분히 담긴 시험관 I~IV를 준비한다.
- (나) (가)의 I~IV에 각각 표와 같이 물질 ㉠~㉢을 첨가한 후 I~IV를 밀폐하여 O<sub>2</sub>가 없는 조건으로 만든다. ㉠~㉢은 각각 ATP, 포도당, 과당 2인산 중 하나이다.

시험관	첨가한 물질의 양(상댓값)		
	㉠	㉡	㉢
I	2	0	0
II	0	2	2
III	1	2	0
IV	1	0	1

- (다) 반응이 종료된 후 발생한 CO<sub>2</sub> 총량은 II = IV > III > I이다.

해당 과정에서는 ATP를 이용하여 포도당이 과당 2인산으로 전환되고, 과당 2인산이 2분자의 피루브산으로 분해된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

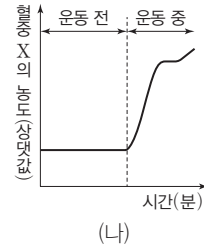
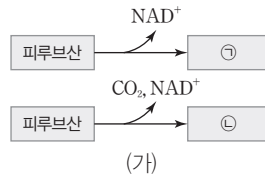
보기

- ㄱ. ㉢은 ATP이다.
- ㄴ. I~IV에서 모두 해당 과정이 일어났다.
- ㄷ. (다)에서 시험관 내 ATP 양은 II에서가 IV에서보다 많다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

사람의 근육 세포는 산소가 있으면 산소 호흡을, 산소가 부족하면 젖산 발효를 한다.

09 그림 (가)는 젖산 발효와 알코올 발효의 일부로, (나)는 어떤 사람의 운동 전과 운동 중 혈중 물질 X의 농도 변화를 나타낸 것이다. X는 ㉠과 ㉡ 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 각각 젖산과 에탄올 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 ㉠이다.

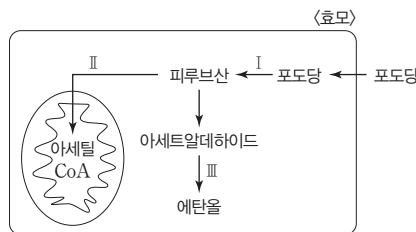
ㄴ. 1분자당 수소 수는 ㉡이 ㉠보다 크다.

ㄷ. 이 사람의 근육 세포에서 포도당 1분자당 생성되는 ATP의 분자 수는 운동 전일 때가 운동 중일 때보다 많다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

효모는 산소가 있으면 산소 호흡을, 산소가 부족하면 알코올 발효를 한다.

10 그림은 포도당을 이용한 효모에서의 산소 호흡과 발효 과정을, 표는 과정 I~III에서 물질 A~C의 생성 여부를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 I~III을 순서 없이 나타낸 것이고, A~C는 각각 CO<sub>2</sub>, NAD<sup>+</sup>, NADH 중 하나이다.



구분	A	B	C
(가)	○	?	×
(나)	×	○	?
(다)	○	?	○

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)는 II이다.

ㄴ. B는 I에서 탈수소 효소의 조효소로 이용된다.

ㄷ. 산소가 없을 때 효모에서 포도당은 (가)와 (다)를 거쳐 분해된다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 미토콘드리아를 이용한 ATP 합성 실험이다.

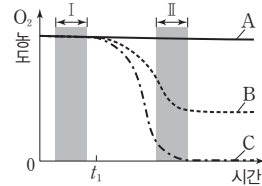
[23029-0081]

[실험 과정 및 결과]

(가) 미토콘드리아가 들어 있는 시험관 A~C를 준비하고, 각각에 TCA 회로의 중간 산물인 4탄소 화합물과 P<sub>i</sub>를 충분히 넣는다.

(나) t<sub>1</sub>일 때 A~C 중 하나에는 물질 X와 ADP를, 나머지 둘 중 하나에는 물질 Y와 ADP를, 나머지 하나에는 ADP만을 첨가한다. X는 전자 전달계를 통한 전자의 이동을 차단하는 저해제이고, Y는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H<sup>+</sup>을 새어 나가게 하는 저해제이다.

(다) 각 시험관에서 시간에 따른 O<sub>2</sub> 농도를 측정한 결과는 그림과 같으며, 구간 II에서는 B에서만 ATP가 합성되었다.



전자 전달계에서 전자 흐름을 차단하는 저해제를 미토콘드리아에 처리하면 NADH와 FADH<sub>2</sub>가 산화되지 않는다. 이로 인해 피루브산의 산화와 TCA 회로에 필요한 NAD<sup>+</sup>와 FAD가 공급되지 않으므로 미토콘드리아에서 피루브산의 산화와 TCA 회로가 일어나지 않게 된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

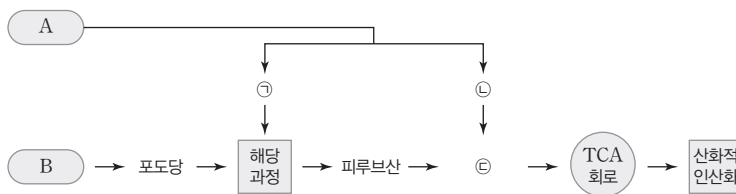
보기

- ㄱ. t<sub>1</sub>일 때 X와 ADP를 첨가한 시험관은 A이다.
- ㄴ. B의 구간 II에서 산화적 인산화가 일어난다.
- ㄷ. C에서 단위 시간당 전자 전달계를 통해 이동하는 전자의 수는 구간 I에서가 구간 II에서보다 많다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 동물 세포에서 물질 A와 B가 세포 호흡에 이용되는 과정을 나타낸 것이다. A와 B는 지방과 탄수화물을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 지방산, 글리세롤, 아세틸 CoA를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0082]



지방은 지방산과 글리세롤로 분해되어 세포 호흡에 이용된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 호흡률은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. ㉠은 글리세롤이다.
- ㄷ. 1분자의 ㉡이 TCA 회로를 통해 완전 분해될 때,  $\frac{\text{생성되는 NADH의 분자 수}}{\text{생성되는 CO}_2\text{의 분자 수}} = 2$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 체크

● 광합성: 엽록체에서 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 포도당을 합성하는 과정으로, 이 과정에서 산소가 방출된다.

1. 엽록체는 ( )이 일어나는 장소로, 틸라코이드가 겹겹이 쌓여 있는 ( )와 기질 부분인 ( )로 구성되어 있다.
2. 엽록체에서 광계, 전자 전달 효소, ATP 합성 효소 등이 있어 빛에너지가 화학 에너지로 전환되는 장소는 ( )막이다.
3. 엽록체에서 DNA와 리보솜은 ( )에 있다.
4. 미토콘드리아와 엽록체는 모두 외막과 내막의 ( ) 구조로 되어 있다.

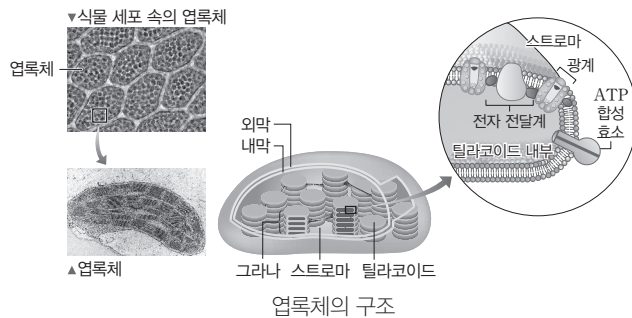
※ ○ 또는 ×

5. 광합성을 하는 식물 세포에는 미토콘드리아와 엽록체가 모두 있다. ( )
6. 스트로마에는 포도당의 합성에 관여하는 효소가 있다. ( )

1 엽록체와 광합성

(1) 엽록체

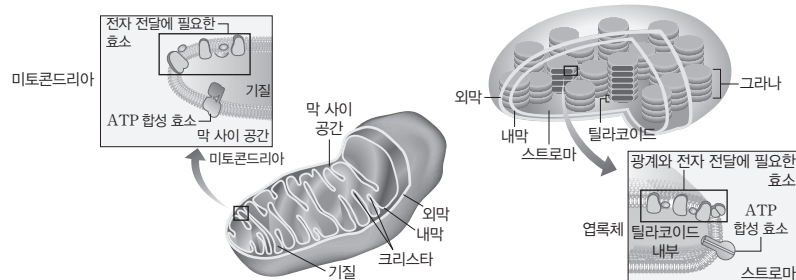
- ① 광합성이 일어나는 장소로, 외막과 내막의 2중막으로 싸여 있다.
- ② 엽록체 내부는 틸라코이드가 겹겹이 쌓여 있는 그라나와 기질 부분인 스트로마로 구성되어 있다.
  - 틸라코이드 막: 틸라코이드를 이루는 막으로, 광합성 색소들이 결합된 단백질 복합체인 광계와 전자 전달 효소, ATP 합성 효소 등이 있어 빛에너지가 화학 에너지로 전환되는 장소이다.
  - 스트로마: 유기물을 합성하는 데 필요한 여러 가지 효소가 있어 포도당이 합성되는 장소이다.



- ③ DNA와 리보솜을 갖고 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.

(2) 미토콘드리아와 엽록체의 공통점과 차이점

구분	미토콘드리아	엽록체
공통점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 전환이 일어나는 세포 소기관이다.</li> <li>• 외막과 내막의 2중막 구조로 되어 있다.</li> <li>• 미토콘드리아 내막과 엽록체 틸라코이드 막에는 에너지 전환에 관여하는 단백질이 있다.</li> <li>• 미토콘드리아 기질과 엽록체 스트로마에는 자체 DNA와 리보솜이 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.</li> <li>• 복잡한 막 구조는 표면적을 넓혀 물질대사가 일어나는 공간을 넓힘으로써 에너지 전환의 효율을 높일 수 있다.</li> </ul>	
차이점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세포 호흡이 일어난다.</li> <li>• 거의 모든 진핵세포에 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광합성이 일어난다.</li> <li>• 광합성을 하는 식물과 조류에 있다.</li> </ul>



미토콘드리아와 엽록체의 구조 비교

정답

1. 광합성, 그라나, 스트로마
2. 틸라코이드
3. 스트로마
4. 2중막
5. ○
6. ○

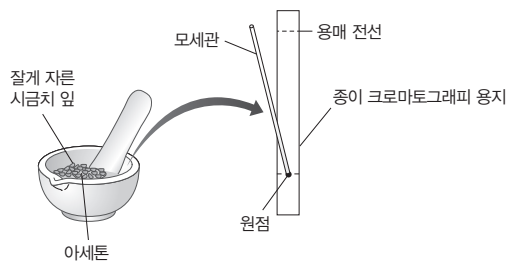
### (3) 광합성 색소

- ① 엽록소: 틸라코이드 막에 있는 광계에 존재하며, 엽록소 a, b, c, d 등이 있다. 광합성을 하는 모든 식물 및 조류에는 공통적으로 엽록소 a가 있고, 생물에 따라 엽록소 b, c, d 중 갖고 있는 엽록소의 종류가 다르다.
- ② 카로티노이드: 카로틴, 잔토필 등이 있으며, 식물과 녹조류에서 발견된다. 빛에너지를 흡수하여 엽록소로 전달하고, 과도한 빛에 의해 엽록소가 손상되는 것을 막아 준다.
- ③ 광합성 색소의 분리: 색소의 특징에 따라 전개율이 다르므로 전개액(유기 용매)을 이용한 크로마토그래피를 통해 광합성 색소를 분리할 수 있다.

#### 탐구자료 살펴보기 **잎의 색소 분리하기**

##### 과정

- (가) 시금치 잎을 가위로 잘게 잘라 막자사발에 넣고, 광합성 색소 추출액(아세톤)을 소량만 넣은 다음, 고운 입자가 되도록 갈아 준다.
- (나) 종이 크로마토그래피 용지를 눈금실린더 크기에 맞게 자른 다음, 아래 끝에서 2 cm 위쪽에 연필로 원점(출발선)을 긋는다.
- (다) 모세관으로 (가)의 색소 추출액을 채취하여 (나)의 종이 크로마토그래피 용지의 원점 중앙에 찍고 말리는 과정을 여러 번 반복하여 원점에 찍힌 색소 추출액의 지름이 2~3 mm 정도 되도록 한다.
- (라) 눈금실린더 바닥으로부터 1 cm 정도의 높이까지 전개액(석유 에테르 : 아세톤 = 9 : 1)을 넣는다.
- (마) (다)의 종이 크로마토그래피 용지를 (라)의 눈금실린더에 넣고, 고무마개로 입구를 막은 후 광합성 색소가 분리되는 과정을 관찰한다.
- (바) 광합성 색소가 분리되면서 전개액이 종이 크로마토그래피 용지의 상단부에 도달하면 눈금실린더에서 종이 크로마토그래피 용지를 꺼내어 전개액이 도달한 지점(용매 전선)을 선으로 긋는다.

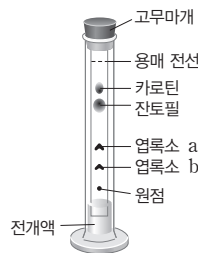


##### 결과

원점으로부터 엽록소 b, 엽록소 a, 잔토필, 카로틴 순으로 분리되었다.

##### point

- 전개율은  $\frac{\text{원점에서 색소까지의 거리}}{\text{원점에서 용매 전선까지의 거리}}$ 이며, 원점에서 용매 전선까지의 거리와 원점에서 각 색소까지의 거리를 측정한 다음 각 색소의 전개율을 구하여 비교해 보면 전개율은 카로틴 > 잔토필 > 엽록소 a > 엽록소 b이다.
- 색소의 종류에 따라 전개되는 정도(전개율)가 다른 까닭은 각 색소의 분자량의 차이, 전개액에 대한 용해도 차이, 크로마토그래피 용지에 대한 흡착력 차이 때문이다.



#### 개념 체크

- 광합성 색소: 엽록체의 틸라코이드 막에 존재하며, 광합성에 필요한 빛에너지를 흡수하는 색소이다. 엽록소, 카로티노이드 등이 있다.
- 광계: 광합성 색소가 단백질과 결합한 복합체로, 광합성에서 빛을 흡수하는 단위이다.

1. 엽록소, 카로티노이드 등과 같이 빛에너지를 흡수하는 색소를 ( )라고 한다.
2. 엽록체의 틸라코이드 막에서 광합성 색소가 단백질과 결합한 복합체는 ( )이다.
3. 광합성을 하는 모든 식물 및 조류에서 공통으로 발견되는 엽록소는 ( )이다.
4. 카로틴, 잔토필 등의 ( )는 빛에너지를 흡수하여 엽록소로 전달하고, 과도한 빛에 의해 엽록소가 손상되는 것을 막아 준다.
5. 광합성 색소 분리 실험에서 전개율은 원점에서 ( )까지의 거리를 원점에서 ( )까지의 거리로 나누어 구할 수 있다.

##### 정답

1. 광합성 색소
2. 광계
3. 엽록소 a
4. 카로티노이드
5. 색소, 용매 전선

개념 체크

● 흡수 스펙트럼과 작용 스펙트럼의 유사성: 흡수 스펙트럼과 작용 스펙트럼이 거의 일치하는 것으로 보아 식물은 주로 엽록소가 가장 잘 흡수하는 청자색광과 적색광을 이용하여 광합성을 한다는 것을 알 수 있다.

- ( ) 스펙트럼은 빛의 파장에 따른 광합성 색소의 빛 흡수율을 그래프로 나타낸 것이다.
  - ( ) 스펙트럼은 빛의 파장에 따른 광합성 속도를 그래프로 나타낸 것이다.
  - 식물의 작용 스펙트럼에서 녹색광에서도 광합성이 일어나는 것은 ( )가 흡수한 빛도 광합성에 이용되기 때문이다.
- ※ ○ 또는 ×
- 엽록소 a는 청자색광과 적색광을 주로 흡수한다. ( )
  - 식물의 잎이 녹색으로 보이는 이유는 엽록소가 녹색광을 주로 흡수하기 때문이다. ( )

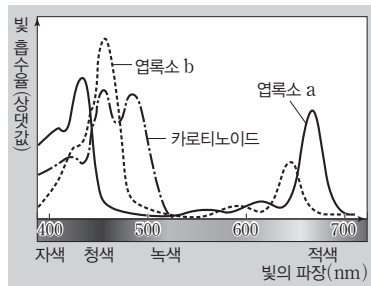
6. 엥겔만의 실험에서 호기성 세균은 해캄의 광합성에 의한 산소 발생량이 많은 곳에 분포하였다. ( )

정답

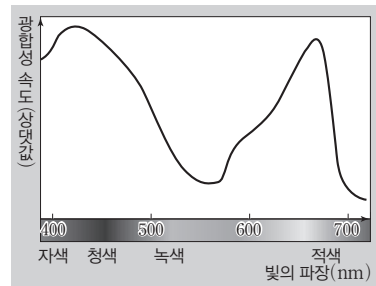
- 흡수
- 작용
- 카로티노이드
- 
- ×
- 

(4) 빛의 파장과 광합성

- 광합성에 이용되는 빛은 주로 가시광선이고, 가시광선은 파장에 따라 색깔이 다르게 보인다.
- 흡수 스펙트럼: 빛의 파장에 따른 광합성 색소의 빛 흡수율을 그래프로 나타낸 것이다. 엽록소는 청자색광과 적색광을 잘 흡수하고 녹색광을 거의 흡수하지 않지만, 카로티노이드는 청자색광과 녹색광을 흡수한다.
- 작용 스펙트럼: 빛의 파장에 따른 광합성 속도를 그래프로 나타낸 것이다. 식물은 청자색광과 적색광에서 광합성 속도가 빠르다.
- 흡수 스펙트럼을 보면 엽록소 a와 b는 모두 청자색광과 적색광을 주로 흡수하고, 작용 스펙트럼을 보면 청자색광과 적색광에서 광합성 속도가 가장 빠르다. 이를 통해 광합성에 필요한 빛에너지는 주로 엽록소에서 흡수되며, 식물은 엽록소가 흡수한 청자색광과 적색광을 주로 이용하여 광합성을 한다는 것을 알 수 있다.
- 작용 스펙트럼을 보면 엽록소 a와 b가 거의 흡수하지 않는 녹색광에서도 광합성이 일어나는데, 이는 카로티노이드가 흡수한 빛도 광합성에 이용되기 때문이다.
- 식물의 잎이 녹색으로 보이는 까닭은 엽록소가 청자색광과 적색광을 주로 흡수하고, 녹색광은 반사하거나 통과시키기 때문이다.



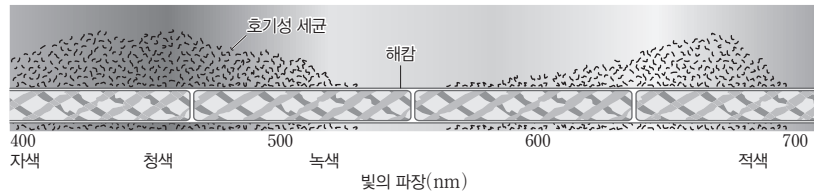
흡수 스펙트럼



작용 스펙트럼

과학 돋보기 | 엥겔만의 실험(1883년)

• 독일의 식물학자 엥겔만은 프리즘을 통과하여 분산된 서로 다른 파장의 빛을 녹조류인 해캄에 비춘 후 해캄 주위에 모여든 호기성 세균의 분포를 관찰하여 어떤 파장의 빛에서 해캄의 광합성이 활발하게 일어나는지를 확인하였다.



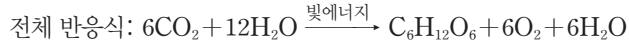
- 실험 결과 청자색광과 적색광을 비춘 해캄의 주위에 호기성 세균이 많이 분포하였다.
- 호기성 세균이 많이 분포하는 곳은 광합성에 의한 산소 발생량이 많은 곳으로, 호기성 세균의 분포를 통해 해캄이 광합성에 주로 이용하는 빛은 청자색광과 적색광이라는 것을 알 수 있다.



## 2 광합성 과정의 개요

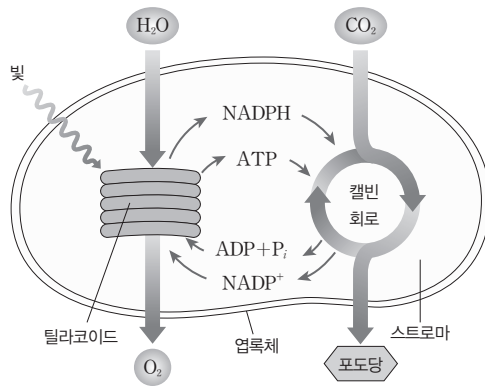
### (1) 광합성의 전체 반응

- ① 광합성은 빛에너지를 이용하여 이산화 탄소와 물로 포도당을 합성하는 반응으로, 반응 결과  $O_2$ 가 발생한다. 광합성의 전체 반응식은 다음과 같다.



- ② 광합성 과정은 명반응과 탄소 고정 반응(암반응)의 두 단계로 구분된다.

- 명반응에서는 빛에너지를 ATP와 NADPH의 화학 에너지로 전환하여 탄소 고정 반응에 공급한다.
- 탄소 고정 반응에서는 명반응에서 공급된 ATP와 NADPH로  $CO_2$ 를 환원시켜 포도당을 합성한다. 이 과정을 캘빈 회로라고 하며, 빛이 직접적으로 필요하지 않아 암반응이라고도 한다.



광합성 과정의 개요

### (2) 명반응

- ① 포도당 합성에 필요한 ATP와 NADPH를 생성하는 과정으로, 엽록체의 그라나(틸라코이드 막)에서 일어난다.
- ② 빛에너지를 흡수해 ATP를 합성하고,  $NADP^+$ 가 NADPH로 환원되며, 이 과정에서  $H_2O$ 이 분해되어  $O_2$ 가 발생한다.

### (3) 탄소 고정 반응

- ① 명반응 산물인 ATP와 NADPH를 이용하여 포도당을 합성하는 과정으로, 엽록체의 스트로마에서 일어난다.
- ②  $CO_2$ 를 환원시키는 캘빈 회로에서 ATP는 ADP로 분해되어 에너지를 공급하고, NADPH는  $NADP^+$ 로 산화되어 전자를 공급한다.

### (4) 명반응과 탄소 고정 반응의 관계

- ① 명반응이 일어나지 않으면 탄소 고정 반응에 ATP와 NADPH가 공급되지 않아 탄소 고정 반응은 정지된다.
- ② 탄소 고정 반응이 일어나지 않으면 명반응에 ADP와  $NADP^+$ 가 공급되지 않아 명반응은 정지된다.
- ③ 명반응과 탄소 고정 반응이 함께 일어나야 광합성이 지속될 수 있다.

## 개념 체크

- **명반응:** 빛에너지를 화학 에너지(ATP, NADPH)로 전환하는 단계로, 그라나(틸라코이드 막)에서 일어난다.
- **탄소 고정 반응:** 명반응 산물(ATP, NADPH)을 이용하여 포도당이 합성되는 단계로, 스트로마에서 일어난다.

1. 광합성 과정은 그라나에서 일어나는 ( )과 스트로마에서 일어나는 ( )의 두 단계로 구분된다.

2. 명반응에서는 빛에너지를 ATP와 NADPH의 ( ) 에너지로 전환한다.

3. 명반응에서 ( )이 분해되어  $O_2$ 가 발생한다.

4. 캘빈 회로에서 NADPH는  $NADP^+$ 로 (산화, 환원)되면서 전자를 공급한다.

※ ○ 또는 ×

5. 탄소 고정 반응이 일어나지 않으면 명반응에 ADP와  $NADP^+$ 가 지속적으로 공급되지 않는다. ( )

6. 캘빈 회로에서  $CO_2$ 가 산화된다. ( )

### 정답

1. 명반응, 탄소 고정 반응
2. 화학
3.  $H_2O$
4. 산화
5. ○
6. ×

개념 체크

●  $P_{700}$ ,  $P_{680}$ : P는 색소(pigment)의 약자이다.  $P_{700}$ 은 광계 I의 반응 중심 색소로 파장이 700 nm 인 빛을 가장 잘 흡수하고,  $P_{680}$ 은 광계 II의 반응 중심 색소로 파장이 680 nm인 빛을 가장 잘 흡수한다.

1. 벤슨의 실험에서 구간 A~C 중 구간 ( )에서 명반응 산물이 생성되었고, 구간 ( )에서 포도당이 합성되었다.

2. 광계에서 반응 중심 색소가 아닌 엽록소와 카로티노이드는 흡수한 빛에너지를 반응 중심 색소로 전달하여 안테나 역할을 하는 ( ) 색소이다.

3. 광계에서 한 쌍의 엽록소 a로 구성된 ( )는 빛 에너지를 흡수하여 고에너지 ( )를 방출한다.

4.  $P_{680}$ 은 광계 ( )의 반응 중심 색소이고,  $P_{700}$ 은 광계 ( )의 반응 중심 색소이다.

※ ○ 또는 ×

5. 식물에  $CO_2$  공급을 차단하고, 빛만 계속 비추었을 때 명반응이 지속적으로 일어난다. ( )

6. 광계 II의 반응 중심 색소는 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수한다. ( )

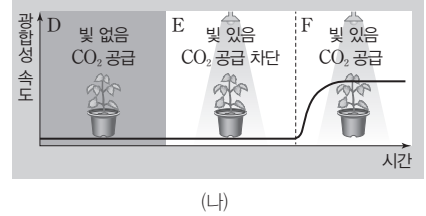
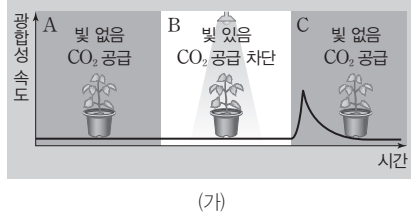
정답

1. B, C
2. 보조
3. 반응 중심 색소, 전자
4. II, I
5. ×
6. ○

탐구자료 살펴보기 벤슨의 실험(1949년)

자료

하루 동안 암실에 놓아둔 식물에 빛과  $CO_2$ 를 따로 공급하거나 함께 공급하면서 광합성 속도(단위 시간당 포도당 합성량)를 측정하여 그림과 같은 결과를 얻었다.



분석

- A와 C 구간의 결과가 다르게 나타나는 까닭은 A 구간의 이전에는 빛이 없어 명반응이 일어나지 않았으나, C 구간의 이전(B 구간)에는 빛이 있어 명반응이 일어났기 때문이다. 즉, B 구간에서 합성된 명반응 산물(ATP와 NADPH)이 C 구간에서 탄소 고정 반응에 공급됨으로써 탄소 고정 반응이 일어나  $CO_2$ 가 환원되어 포도당이 합성되었다.
- C 구간과 달리 F 구간에서는 빛을 계속 비추면서  $CO_2$ 를 계속 공급했기 때문에 광합성이 계속 일어났다.

point

- (가)를 통해 광합성은 빛이 필요한 단계(명반응)와  $CO_2$ 가 필요한 단계(탄소 고정 반응)로 구분됨을 알 수 있다.
- (나)를 통해 광합성이 지속되기 위해서는 빛과  $CO_2$ 가 모두 필요함을 알 수 있다.

3 명반응

(1) 광계

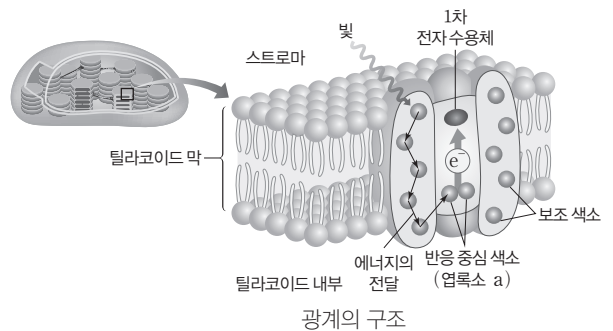
① 광계는 광합성 색소(엽록소, 카로티노이드)와 단백질로 이루어진 복합체로, 빛에너지를 효율적으로 흡수할 수 있는 구조를 가진다.

② 기능: 광계는 빛에너지를 흡수하여 고에너지 전자를 방출한다.

- 광계에 존재하는 광합성 색소는 그 역할에 따라 반응 중심 색소와 보조 색소로 구분한다.
- 반응 중심 색소: 광계에서 가장 중심적인 역할을 하며 한 쌍의 엽록소 a로 구성된다. 빛에너지를 흡수하여 고에너지 전자를 방출한다.
- 보조 색소: 엽록소와 카로티노이드는 빛에너지를 흡수한 후 반응 중심 색소로 전달하는 안테나 역할을 한다.

③ 종류: 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장에 따라 구분된다.

- 광계 I: 700 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a인  $P_{700}$ 을 반응 중심 색소로 갖는다.
- 광계 II: 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a인  $P_{680}$ 을 반응 중심 색소로 갖는다.



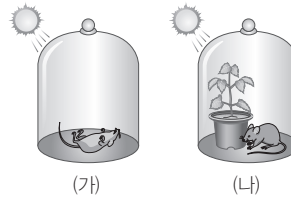
## (2) 물의 광분해

- ① 빛이 있을 때 틸라코이드 내부 쪽의 광계 II에서 H<sub>2</sub>O이 2H<sup>+</sup>, 전자(2e<sup>-</sup>), 산소( $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub>)로 분해(산화)된다.
- ② 전자의 공급: H<sub>2</sub>O에서 방출된 전자(2e<sup>-</sup>)는 광계 II의 반응 중심 색소(P<sub>680</sub>)를 환원시키므로 H<sub>2</sub>O는 전자 공여체의 역할을 한다.
- ③ O<sub>2</sub>의 발생: H<sub>2</sub>O의 분해로 발생한 O<sub>2</sub>는 외부로 방출되거나 세포 호흡에 이용된다.



### 과학 돋보기 | 광합성과 관련된 과학사

- 헬몬트(1603년): 화분에 어린 버드나무를 심고 5년 동안 물만 주며 길렀더니, 흙의 무게는 0.06 kg 감소하고 버드나무의 무게는 74.47 kg 증가하였다. 이를 통해 식물은 흙 속에 있는 물질로부터 양분을 얻어 자라는 것이 아니라 물을 흡수하여 자란다는 것을 알게 되었다.
- 프리스틀리(1772년): 빛이 비치는 곳에서 (가)와 같이 밀폐된 유리종 속에 생쥐만 두면 곧 죽지만, (나)와 같이 식물과 생쥐를 함께 두면 모두 산다는 것을 관찰하였다.
- 잉엔하우스(1779년): 빛이 비치는 곳에 식물과 생쥐를 함께 두면 모두 살지만, 빛이 비치지 않는 곳에 식물과 생쥐를 함께 두면 모두 죽는다는 사실을 밝혀냈다.



### 탐구자료 살펴보기 명반응을 밝힌 실험

#### 1. 힐의 실험(1939년)

##### 과정

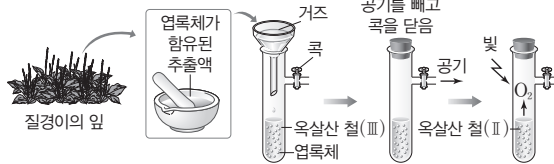
질경이 잎에서 얻은 엽록체가 함유된 추출액에 옥살산 철(Ⅲ)을 넣고 공기를 뺀 후 빛을 비춘다.

##### 결과

O<sub>2</sub>가 발생하고 옥살산 철(Ⅲ)이 옥살산 철(Ⅱ)로 환원되었다.

##### point

- 옥살산 철(Ⅲ)이 옥살산 철(Ⅱ)로 환원되는 것으로 보아 명반응에서 전자를 받아 환원되는 물질이 있다는 것을 알 수 있으며, 엽록체에서 옥살산 철(Ⅲ)처럼 환원되는 물질은 NADP<sup>+</sup>이다.
- 공기(CO<sub>2</sub>)를 뺀 상태에서 O<sub>2</sub>가 발생한 것으로 보아 명반응에서 발생한 O<sub>2</sub>는 CO<sub>2</sub>가 아니라 H<sub>2</sub>O에서 유래된 것임을 알 수 있다.



#### 2. 루벤의 실험(1941년)

##### 과정

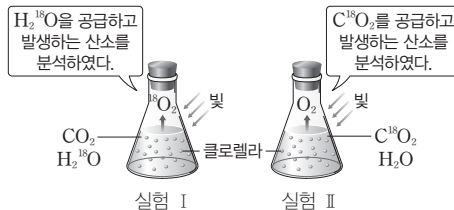
실험 I 은 클로렐라 배양액에 동위 원소 <sup>18</sup>O로 표지된 물(H<sub>2</sub><sup>18</sup>O)과 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를, 실험 II 는 클로렐라 배양액에 동위 원소 <sup>18</sup>O로 표지된 이산화 탄소(C<sup>18</sup>O<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)을 공급하고 빛을 비추면서 발생하는 기체를 분석한다.

##### 결과

실험 I 에서는 <sup>18</sup>O<sub>2</sub>가, 실험 II 에서는 O<sub>2</sub>가 발생하였다.

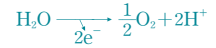
##### point

실험 I 과 II 에서 발생한 O<sub>2</sub>는 모두 CO<sub>2</sub>가 아니라 H<sub>2</sub>O에서 유래된 것임을 알 수 있다.



### 개념 체크

● **물의 광분해:** 빛이 있을 때 틸라코이드의 내부 쪽에서 효소의 작용으로 물이 분해되어 전자(2e<sup>-</sup>)를 방출한다.



● **NADP<sup>+</sup>:** 탈수소 효소의 조효소로, H<sup>+</sup>과 전자(2e<sup>-</sup>)를 받으면 NADPH로 환원된다.

1. 빛이 있을 때 광계 ( ) 에서 ( ) 이 분해되어 산화된 P<sub>680</sub>을 환원시키는 데 필요한 전자를 제공한다.
2. 1분자의 H<sub>2</sub>O이 광분해될 때 ( ) 개의 전자가 방출된다.
3. 힐의 실험 결과에서 옥살산 철(Ⅲ)이 옥살산 철(Ⅱ)로 ( 산화, 환원 ) 되었다.
4. 루벤의 실험을 통해 명반응에서 발생한 O<sub>2</sub>는 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O 중 ( ) 에서 유래된 것임을 알 수 있다.

※ ○ 또는 ×

5. 힐의 실험에서 사용된 옥살산 철(Ⅲ)과 같이 엽록체에서 광합성이 일어날 때 환원되는 물질은 NADP<sup>+</sup>이다. ( )
6. 루벤의 실험에서 클로렐라 배양액에 물(H<sub>2</sub>O)과 이산화 탄소(C<sup>18</sup>O<sub>2</sub>)를 공급하고 빛을 비추면 <sup>18</sup>O<sub>2</sub>가 발생한다. ( )

### 정답

1. II, H<sub>2</sub>O
2. 2
3. 환원
4. H<sub>2</sub>O
5. ○
6. ×

개념 체크

● **광인산화**: 광합성의 명반응에서 ATP의 합성에 빛에너지를 흡수한 광계가 관여하므로 세포 호흡의 산화적 인산화와 구별해 광인산화라고 한다. 광인산화 과정에서 일어나는 고에너지 전자의 전달 과정에는 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름이 있다.

1. 광인산화는 ( ) 에너지를 이용하여 광계와 전자 전달계, 화학 삼투를 통해 ( )가 합성되는 과정이다.
2. 비순환적 전자 흐름에서 H<sub>2</sub>O에서 유래한 전자를 받는 최종 전자 수용체는 ( )이다.
3. 명반응에 NADP<sup>+</sup>가 공급되지 않을 때 ( ) 전자 흐름이 일어난다.

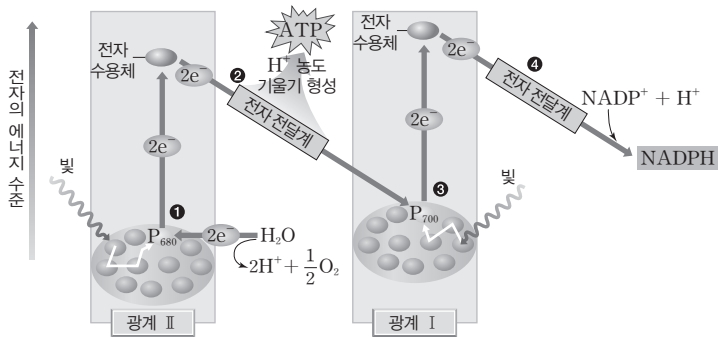
※ ○ 또는 ×

4. 순환적 전자 흐름에 관여하는 반응 중심 색소는 광계 I의 P<sub>700</sub>이다. ( )
5. 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름에서 모두 NADPH와 ATP가 생성된다. ( )
6. 순환적 전자 흐름에서 H<sub>2</sub>O의 광분해는 일어나지 않지만 H<sup>+</sup> 농도 기울기는 형성된다. ( )

(3) 광인산화

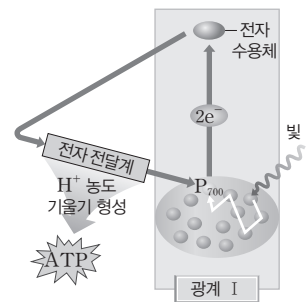
- ① 광인산화는 틸라코이드 막에서 빛에너지를 이용해 광계와 전자 전달계, 화학 삼투를 통해 ATP가 합성되는 과정이다.
- ② 비순환적 전자 흐름: H<sub>2</sub>O에서 유래한 전자가 최종 전자 수용체인 NADP<sup>+</sup>에 전달되는 과정이다.

- 광계 II에서의 전자 방출<sup>①</sup>: 광계 II가 빛을 흡수하면 P<sub>680</sub>에서 고에너지 전자가 방출되고 전자 수용체에 전달된다. 산화된 P<sub>680</sub>은 H<sub>2</sub>O의 광분해로 방출된 전자를 받아 환원된다.
- 전자 전달과 H<sup>+</sup> 농도 기울기 형성<sup>②</sup>: 전자 수용체로부터 방출된 고에너지 전자가 전자 전달계를 통해 산화 환원 반응을 거치며 이동해 광계 I의 P<sub>700</sub>으로 전달된다. 이 과정을 통해 고에너지 전자가 차례로 전달되면서 단계적으로 방출된 에너지를 이용해 ATP 합성에 필요한 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성된다.
- 광계 I에서의 전자 방출<sup>③</sup>: 광계 I이 빛을 흡수하면 P<sub>700</sub>으로부터 고에너지 전자가 방출되어 전자 수용체에 전달된다. 산화된 P<sub>700</sub>은 P<sub>680</sub>에서 방출된 전자를 받아 환원된다.
- 전자 전달과 NADPH 형성<sup>④</sup>: 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐 NADP<sup>+</sup>에 전달되어 NADPH가 생성된다.



비순환적 전자 흐름 과정

- ③ 순환적 전자 흐름: 빛을 흡수한 광계 I의 P<sub>700</sub>에서 방출된 고에너지 전자가 NADP<sup>+</sup>에 전달되지 않고 전자 전달계를 거쳐 다시 P<sub>700</sub>으로 되돌아오는 과정이다. 이 과정을 통해 고에너지 전자가 차례로 전달되면서 단계적으로 방출된 에너지를 이용해 ATP 합성에 필요한 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성된다.



순환적 전자 흐름 과정

구분	비순환적 전자 흐름	순환적 전자 흐름
관여하는 광계	광계 II, 광계 I	광계 I
H <sub>2</sub> O의 광분해 여부	일어남	일어나지 않음
O <sub>2</sub> 생성 여부	생성됨	생성되지 않음
NADPH 생성 여부	생성됨	생성되지 않음
H <sup>+</sup> 농도 기울기 형성 여부	형성됨	형성됨

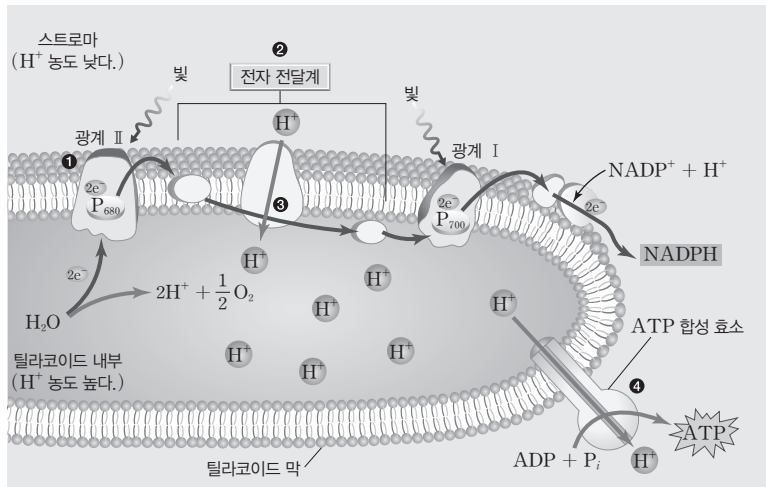
비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름의 비교

정답

1. 빛, ATP
2. NADP<sup>+</sup>
3. 순환적
4. ○
5. ×
6. ○

④ 화학 삼투에 의한 ATP 합성: 틸라코이드 막에서 일어난 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름에서 형성된  $H^+$  농도 기울기에 의해 ATP가 합성된다.

- 광계 II에서의 전자 방출<sup>①</sup>: 광계 II가 빛을 흡수하면  $P_{680}$ 에서 고에너지 전자가 방출된다.
- 전자 전달계를 통한 전자의 이동<sup>②</sup>: 고에너지 전자는 전자 전달계를 거치며 광계 II에서 광계 I로 전달된다.
- $H^+$ 의 능동 수송<sup>③</sup>: 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐 이동하는 과정에서 방출된 에너지를 이용해  $H^+$ 이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다. 그 결과 틸라코이드 막을 경계로  $H^+$  농도 기울기가 형성된다.
- $H^+$ 의 확산과 ATP 합성<sup>④</sup>:  $H^+$  농도 기울기를 따라  $H^+$ 이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성 효소를 통해 확산되며, 이 과정에서 ATP가 합성된다.



비순환적 전자 흐름과 화학 삼투에 의한 ATP 합성(광인산화)

(4) 명반응 산물과 이용: 비순환적 전자 흐름에서 NADPH,  $O_2$ 가 생성되고, 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름에서 형성된  $H^+$  농도 기울기에 의해 ATP가 합성된다. ATP와 NADPH는 탄소 고정 반응에서  $CO_2$ 를 환원시켜 포도당을 합성하는 과정에 사용된다.

#### 4 탄소 고정 반응(암반응)

(1) 캘빈 회로: 탄소 고정, 3PG의 환원, RuBP의 재생으로 구분되며, 세 단계가 반복해서 일어난다.

- ① 탄소 고정: 루비스코라는 효소에 의해  $CO_2$ 가 RuBP(5탄소 화합물)와 결합하여 6탄소 화합물을 형성한 다음 3PG(3탄소 화합물) 2분자로 나누어진다.  $CO_2$  3분자가 투입되면 3PG 6분자가 생성된다.
- ② 3PG의 환원: ATP와 NADPH를 사용하여 3PG가 PGAL(3탄소 화합물)로 환원된다. 생성된 6분자의 PGAL 중 1분자는 캘빈 회로를 빠져나와 포도당(6탄소 화합물) 합성에 이용되고, 나머지 5분자는 캘빈 회로에 남아 RuBP의 재생에 쓰인다.
- ③ RuBP의 재생: 5분자의 PGAL은 탄소가 재배열되고 3분자의 ATP로부터 인산기를 받는 일련의 반응을 거쳐 3분자의 RuBP로 재생된다. 재생된 RuBP는 다시 탄소 고정 반응에 쓰여 캘빈 회로가 반복된다.

#### 개념 체크

- 화학 삼투: 생체막을 경계로 형성된  $H^+$  농도 기울기에 따라  $H^+$ 이 확산되는 것을 말한다.
- 캘빈 회로: 명반응 산물인 ATP와 NADPH를 이용해  $CO_2$ 가 환원되는 일련의 반응이다. 탄소 고정, 3PG의 환원, RuBP의 재생을 반복하며, 여러 효소가 관여한다.

1. 틸라코이드 막에서 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐 이동하는 과정에서 방출된 에너지를 이용해  $H^+$ 은 ( )에서 ( )로 이동된다.
2.  $H^+$ 은 틸라코이드 막의 ATP 합성 효소를 통해 ( )에서 ( )로 확산된다.
3. 광합성이 일어나는 엽록체에서 pH는 스트로마에서 틸라코이드 내부에서보다 ( ) ( )다.
4. 캘빈 회로는 ( ) 고정, ( )의 환원, ( )의 재생으로 구분되며, 세 단계가 반복해서 일어난다.

※ ○ 또는 ×

5. 틸라코이드 막에서 전자 전달계를 통해  $H^+$ 이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 이동하는 것은 촉진 확산에 해당한다. ( )
6. 캘빈 회로에서 PGAL이 RuBP로 재생될 때, ATP와 NADPH가 모두 사용된다. ( )

#### 정답

1. 스트로마, 틸라코이드 내부
2. 틸라코이드 내부, 스트로마
3. 높
4. 탄소, 3PG, RuBP
5. ×
6. ×

개념 체크

● 탄소 고정 반응의 물질 이름  
**3PG(3-phosphoglyceric acid)**: 3-인산글리세르산  
**RuBP(Ribulose 1,5-bisphosphate)**: 리불로스2인산  
**PGAL(phosphoglyceraldehyde)**: 포스포글리세르알데하이드

- 3분자의 CO<sub>2</sub>가 캘빈 회로에 투입되면 ( )분자의 RuBP와 결합하여 ( )분자의 3PG가 된다.
- 1분자당 인산기 수는 3PG가 ( ), PGAL이 ( ), RuBP가 ( )이다.
- 탄소 고정 반응을 통해 1분자의 포도당이 합성될 때 ( )분자의 CO<sub>2</sub>, ( )분자의 ATP, ( )분자의 NADPH가 사용된다.

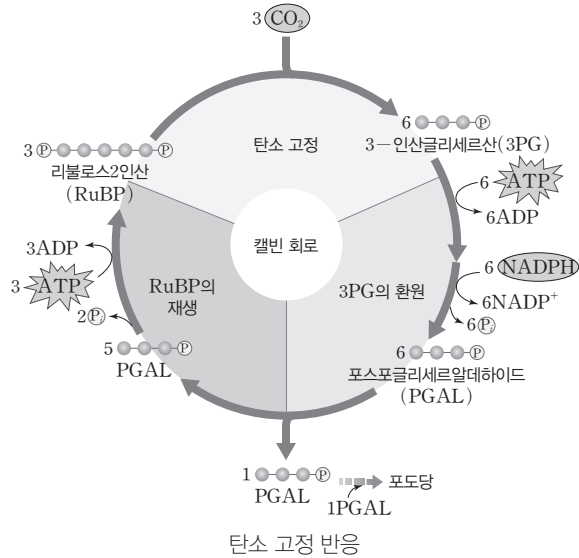
※ ○ 또는 ×

- 캘빈의 실험에서 동위 원소 <sup>18</sup>O로 표지된 C<sup>18</sup>O<sub>2</sub>가 사용되었다. ( )
- 캘빈 회로에서 3PG의 환원 단계와 RuBP의 재생 단계에서 모두 ATP가 사용된다. ( )
- 캘빈 회로에 CO<sub>2</sub>가 공급되지 않으면 3PG의 양은 증가하고, RuBP의 양은 감소한다. ( )

정답

- 3, 6
- 1, 1, 2
- 6, 18, 12
- ×
- 
- ×

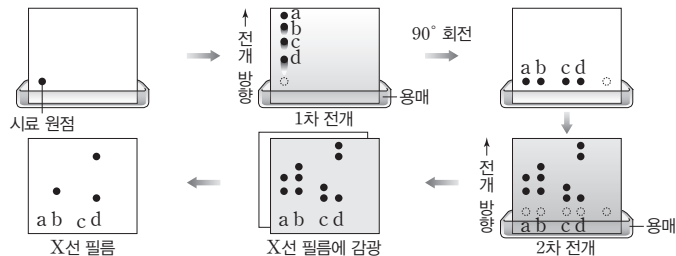
(2) 탄소 고정 반응의 전체 과정: 탄소 고정 반응을 통해 포도당 1분자가 합성될 때 캘빈 회로에서 CO<sub>2</sub> 6분자가 고정되고, ATP 18분자와 NADPH 12분자가 사용된다.



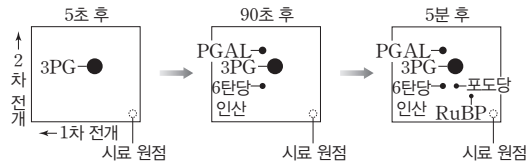
탐구자료 살펴보기 캘빈의 실험(1956년)

과정

- 단세포 생물인 콜로렐라 배양액에 방사성 동위 원소 <sup>14</sup>C로 표지된 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>를 계속 공급하면서 빛을 비춘다.
- 5초, 90초, 5분 후에 각각 광합성을 중지시킨 콜로렐라를 일부 채취하여 세포 추출물을 준비한다.
- 세포 추출물을 크로마토그래피법으로 1차 전개한 후 90도 회전하여 2차 전개한다.
- (다)의 전개한 크로마토그래피 용지를 X선 필름에 감광시킨다.



결과



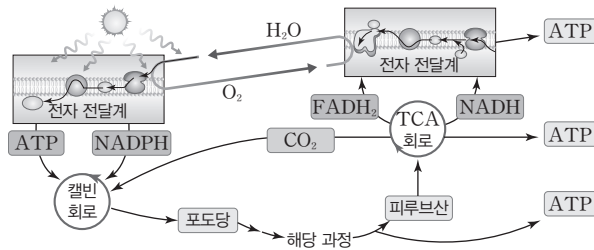
point

- 빛을 비춘 후 5초일 때 방사선이 가장 많이 검출되는 유기물은 3PG이다.
- 시간 경과에 따라 3PG, PGAL, 포도당의 순서로 방사선이 검출되었다. 이를 통해 탄소 고정 반응에서 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>로부터 포도당이 합성되기까지의 경로를 알 수 있다.

## 5 광합성과 세포 호흡의 비교

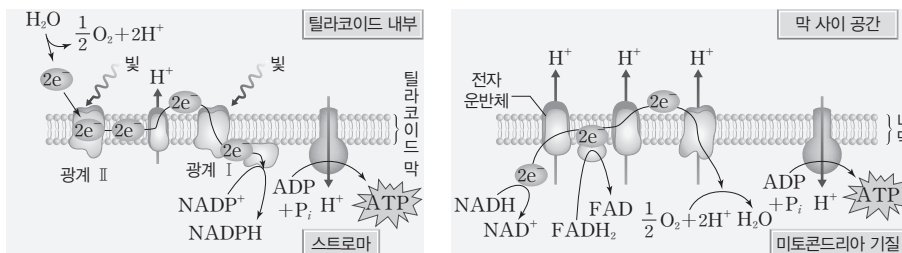
### (1) 광합성과 세포 호흡의 비교

구분	광합성	세포 호흡
공통점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 효소에 의해 조절되는 일련의 화학 반응(물질대사)이다.</li> <li>• 전자 전달계와 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다.</li> <li>• TCA 회로와 캘빈 회로에서는 반응물이 여러 단계의 화학 반응을 거치며, 반응물이 투입되는 한 회로는 계속 순환된다.</li> </ul>	
물질대사 종류	동화 작용	이화 작용
장소	엽록체	미토콘드리아
ATP 합성 과정	광인산화	기질 수준 인산화, 산화적 인산화
에너지 전환	빛에너지 → 화학 에너지(포도당)	화학 에너지(포도당) → 화학 에너지(ATP), 열에너지
고에너지 전자와 결합하는 조효소	NADP <sup>+</sup>	NAD <sup>+</sup> , FAD



### (2) 엽록체와 미토콘드리아에서의 ATP 합성 비교

구분	엽록체에서의 ATP 합성 (광인산화)	미토콘드리아에서의 ATP 합성 (산화적 인산화)
공통점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생체막(틸라코이드 막, 미토콘드리아의 내막)에서 일어난다.</li> <li>• 전자 전달계에서 전자는 연속적인 산화 환원 반응을 통해 이동하며, 이 과정에서 방출된 에너지는 생체막을 경계로 H<sup>+</sup> 농도 기울기를 형성하는 데 이용된다.</li> <li>• 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다.</li> </ul>	
전자 공여체	H <sub>2</sub> O	NADH, FADH <sub>2</sub>
최종 전자 수용체	NADP <sup>+</sup>	O <sub>2</sub>
전자 전달 과정에서 H <sup>+</sup> 의 이동 방향	스트로마 → 틸라코이드 내부	미토콘드리아 기질 → 막 사이 공간
ATP 합성 효소를 통한 H <sup>+</sup> 의 이동 방향	틸라코이드 내부 → 스트로마	막 사이 공간 → 미토콘드리아 기질



### 개념 체크

● 세포 호흡과 광합성에서의 인산화 비교: 세포 호흡에서는 기질 수준 인산화, 산화적 인산화에 의해, 광합성에서는 광인산화에 의해 ATP가 합성된다.

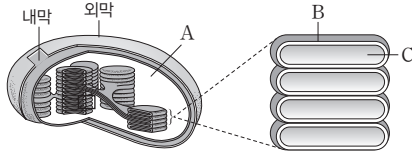
구분	ATP 합성 방법
기질 수준 인산화	효소에 의한 인산기 전이
산화적 인산화	전자 전달계와 화학 삼투에 의해 일어남
광인산화	

1. 광합성에서 CO<sub>2</sub>가 환원되어 포도당이 되는 과정은 (동화, 이화) 작용에 해당한다.
  2. 광합성을 통해 ( )에 에너지가 포도당의 ( ) 에너지로 전환되고, 세포 호흡을 통해 포도당의 화학 에너지 일부가 ATP의 ( ) 에너지로 전환된다.
  3. 엽록체와 미토콘드리아의 전자 전달계에서 전자는 연속적인 ( ) 반응을 통해 이동한다.
  4. 엽록체와 미토콘드리아에서 H<sup>+</sup>은 ( ) 효소를 통해 고농도에서 저농도로 확산되며, 이때 ( )가 합성된다.
- ※ ○ 또는 ×
5. 엽록체의 전자 전달계에서 전자 공여체와 미토콘드리아의 전자 전달계에서 최종 전자 수용체는 같다. ( )
  6. 광인산화와 산화적 인산화에서 모두 화학 삼투에 의한 ATP 합성이 일어난다. ( )

#### 정답

1. 동화
2. 빛, 화학, 화학
3. 산화 환원
4. ATP 합성, ATP
5. ×
6. ○

**01** [23029-0083] 그림은 어떤 식물의 엽록체 구조를 나타낸 것이다. A~C는 스트로마, 틸라코이드 내부, 틸라코이드 막을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A에서 포도당이 합성된다.
  - ㄴ. B는 2중막 구조이다.
  - ㄷ. C에는 엽록체의 DNA가 있다.
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

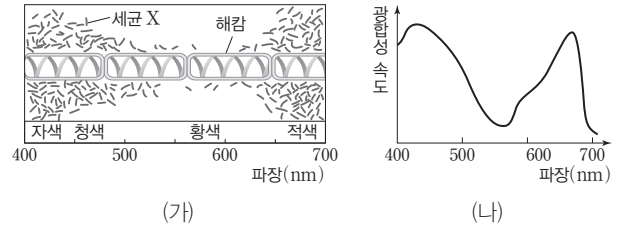
**02** [23029-0084] 다음은 엽록체의 틸라코이드를 이용한 ATP 합성 실험이다.

- (가) 엽록체에서 분리한 틸라코이드를 pH ①인 수용액이 들어 있는 플라스크에 넣고, 틸라코이드 내부의 pH가 수용액의 pH와 같아질 때까지 둔다.
- (나) (가)의 틸라코이드를 pH ②인 수용액이 들어 있는 플라스크로 옮긴다.
- (다) (나)의 플라스크를 암실로 옮기고 ADP와  $^{32}\text{P}$ 으로 표지된 무기 인산( $\text{P}_i$ )을 충분히 첨가하였더니 ③  $^{32}\text{P}$ 으로 표지된 ATP가 검출되었다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ①은 ②보다 작다.
  - ㄴ. (다)에서  $\text{H}^+$ 이 틸라코이드 내부에서 외부로 이동하는 방식은 능동 수송이다.
  - ㄷ. ③은 화학 삼투에 의한 인산화를 통해 생성되었다.
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

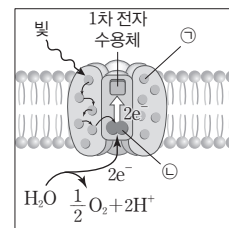
**03** [23029-0085] 그림 (가)는 세균 X와 녹조류인 해캄을 이용한 엽결만의 실험을, (나)는 어떤 식물의 작용 스펙트럼을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. X는 호기성 세균이다.
  - ㄴ. (나)에서  $\text{O}_2$ 의 발생량은 황색광에서가 청색광에서보다 많다.
  - ㄷ. (가)의 해캄과 (나)의 식물은 모두 엽록체를 가진다.
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [23029-0086] 그림은 어떤 식물의 틸라코이드 막에 존재하는 광계에서 일어나는 명반응 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 반응 중심 색소와 보조 색소 중 하나이다.

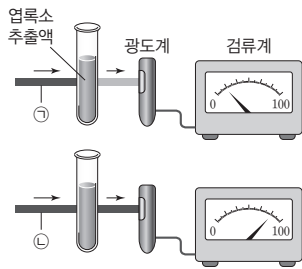


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 빛에너지를 흡수한 ㉠은 고에너지 전자를 방출한다.
  - ㄴ. ㉡은 카로티노이드에 속한다.
  - ㄷ. 이 광계의 반응 중심 색소는 파장이 680 nm인 빛을 파장이 700 nm인 빛보다 더 잘 흡수한다.
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ



**05** 그림은 식물 P의 엽록소 추출액에 빛 ㉠과 ㉡을 각각 비추었을 때 통과된 빛의 세기를 측정하는 과정을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 녹색광과 청색광을 순서 없이 나타낸 것이고, 광도계로 흡수된 빛의 세기가 강할수록 검류계의 값이 크다.



[23029-0087]

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

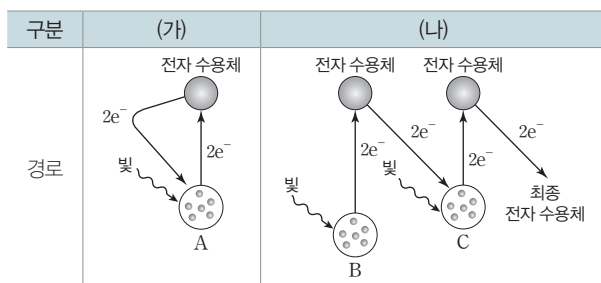
보기

- ㄱ. ㉠은 녹색광이다.
- ㄴ. P는 ㉠보다 ㉡을 광합성에 주로 이용한다.
- ㄷ. P에는 엽록소 a와 b가 모두 있다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 표는 광합성이 일어나는 어떤 식물의 명반응에서 전자가 이동하는 경로를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름을 순서 없이 나타낸 것이고, A~C 중 2개는 광계 I 이고, 나머지 1개는 광계 II이다.

[23029-0088]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

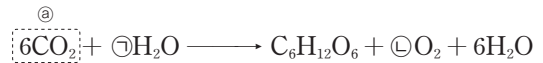
보기

- ㄱ. A와 C의 반응 중심 색소는 모두 P<sub>700</sub>이다.
- ㄴ. (가)를 통해 NADPH가 생성되지 않는다.
- ㄷ. (나)를 통해 O<sub>2</sub>가 틸라코이드에서 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 다음은 광합성의 전체 반응식이다. ㉠과 ㉡은 분자 수이다.

[23029-0089]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

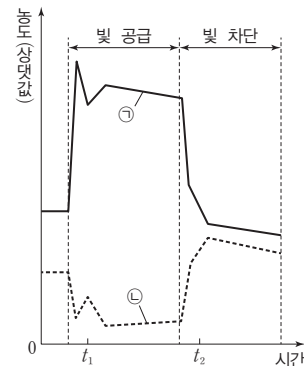
보기

- ㄱ. ㉠+㉡=12이다.
- ㄴ. 광합성 과정에서 ㉠이 환원된다.
- ㄷ. C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>이 생성될 때 명반응 산물의 화학 에너지가 이용된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 암실에서 배양되던 어떤 녹조류에 빛 조건을 변화시켰을 때 엽록체에서의 시간에 따른 물질 ㉠과 ㉡의 농도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 ADP와 ATP 중 하나이다.

[23029-0090]



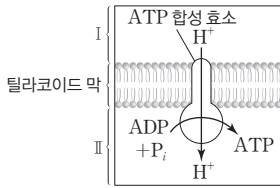
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, CO<sub>2</sub>는 충분히 공급되었다.)

보기

- ㄱ. t<sub>1</sub>일 때  $\frac{\text{ADP의 농도}}{\text{ATP의 농도}}$ 는 1보다 크다.
- ㄴ. t<sub>1</sub>일 때 포도당이 생성된다.
- ㄷ. t<sub>2</sub>일 때 ㉡이 광인산화에 의해 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 엽록체에서 일어나는 광합성 과정의 일부를 나타낸 것이다. I과 II는 각각 스트로마와 틸라코이드 내부 중 하나이다.

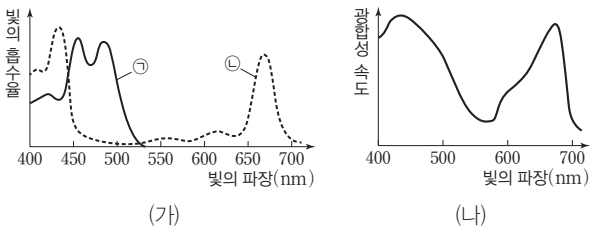


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. I은 스트로마이다.
  - ㄴ. II에서 캘빈 회로 반응이 일어난다.
  - ㄷ. H<sup>+</sup>이 전자 전달계를 통해 II에서 I로 이동하는 방식은 능동 수송이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림 (가)는 어떤 식물에서 광합성 색소의 흡수 스펙트럼을, (나)는 이 식물의 작용 스펙트럼을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 엽록소 a와 카로티노이드를 순서 없이 나타낸 것이다.

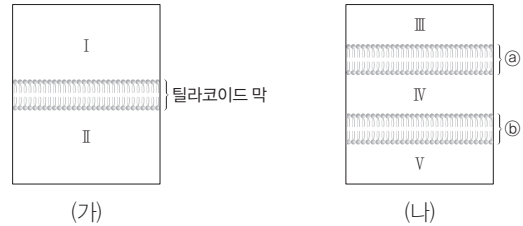


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛과 CO<sub>2</sub>는 충분히 공급되었다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 카로티노이드이다.
  - ㄴ. 광계의 반응 중심 색소는 ㉡이다.
  - ㄷ. (나)에서 단위 시간당 O<sub>2</sub> 생성량은 파장이 450 nm인 빛에서가 파장이 550 nm인 빛에서보다 많다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림 (가)는 엽록체의 일부를, (나)는 미토콘드리아의 일부를 나타낸 것이다. II에는 엽록체의 리보솜이, III에는 미토콘드리아의 리보솜이 있으며, ㉢와 ㉣는 미토콘드리아의 내막과 외막을 순서 없이 나타낸 것이다.



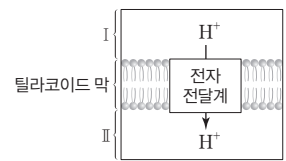
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. II에서 H<sub>2</sub>O의 광분해가 일어난다.
  - ㄴ. 틸라코이드 막과 ㉢에 모두 ATP 합성 효소가 있다.
  - ㄷ. ATP가 합성될 때 I의 pH는 III의 pH보다 작다. II의 pH는 IV의 pH

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 표는 광합성에서 일어나는 반응을, 그림은 광합성이 일어나는 엽록체의 전자 전달계에서 H<sup>+</sup>의 이동을 나타낸 것이다.

구분	반응
(가)	3PG → PGAL
(나)	NADP <sup>+</sup> + H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup> → NADPH

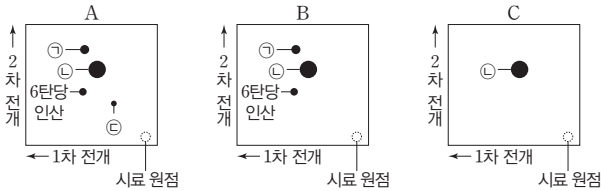


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. (가)가 1회 일어날 때 사용되는 ATP의 분자 수는 1이다.
  - ㄴ. 물의 광분해에 의해 1분자의 O<sub>2</sub>가 생성될 때 (나)가 1회 일어난다.
  - ㄷ. H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 II에서 I로 이동할 때 ATP가 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23029-0095] 그림은 클로렐라 배양액에  $^{14}\text{CO}_2$ 를 공급하고 빛을 비추 후, 세 시점 A~C에서 얻은 세포 추출물을 각각 크로마토그래피법으로 전개한 결과를 나타낸 것이다. A~C는 5초, 90초, 5분을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 각각 3PG, PGAL, RuBP 중 하나이다.



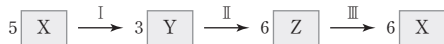
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠~㉣ 중  $^{14}\text{C}$ 가 포함된 최초 생성물은 ㉣이다.
- ㄴ. 1분자당 인산기 수는 ㉠과 ㉣이 같다.
- ㄷ. 5분일 때 얻은 세포 추출물을 이용한 실험 결과에서 2차 전개 시 3PG가 PGAL보다 멀리 전개되었다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

14 [23029-0096] 그림은 3분자의  $\text{CO}_2$ 가 고정될 때 캘빈 회로에서 물질 전환 과정의 일부를 나타낸 것이다. X~Z는 3PG, PGAL, RuBP를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 PGAL이다.
- ㄴ. 과정 II에서  $\text{CO}_2$ 가 고정된다.
- ㄷ.  $\frac{\text{과정 I에서 사용되는 ATP의 분자 수}}{\text{과정 III에서 생성되는 NADP}^+\text{의 분자 수}} = \frac{5}{6}$ 이다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23029-0097] 표는 엽록체와 미토콘드리아의 전자 전달계의 특징을 비교하여 나타낸 것이다.

구분	엽록체	미토콘드리아
전자 공여체	㉠	NADH, FADH <sub>2</sub>
최종 전자 수용체	NADP <sup>+</sup>	㉡

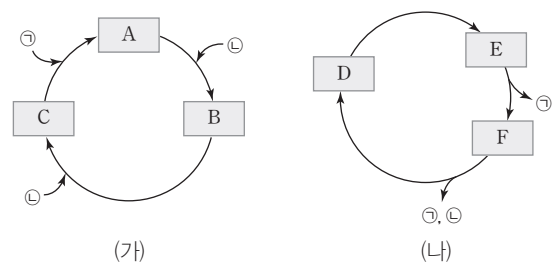
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 비순환적 전자 흐름이 일어날 때 ㉠의 산화가 일어난다.
- ㄴ. 미토콘드리아에서 1분자의 NADH가 산화될 때 전자 전달계로 전달되는 전자의 수는 1이다.
- ㄷ. NAD<sup>+</sup>는 ㉡에 해당한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

16 [23029-0098] 그림 (가)는 캘빈 회로의 일부를, (나)는 TCA 회로의 일부를 나타낸 것이다. A~F는 3PG, 5탄소 화합물, PGAL, RuBP, 시트르산, 옥살아세트산을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 ATP와  $\text{CO}_2$  중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉡은 ATP이다.
- ㄴ. 1분자당  $\frac{\text{D의 탄소 수}}{\text{A의 탄소 수} + \text{C의 탄소 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. TCA 회로에서 D가 E로 전환되는 단계에 NADH가 사용된다.

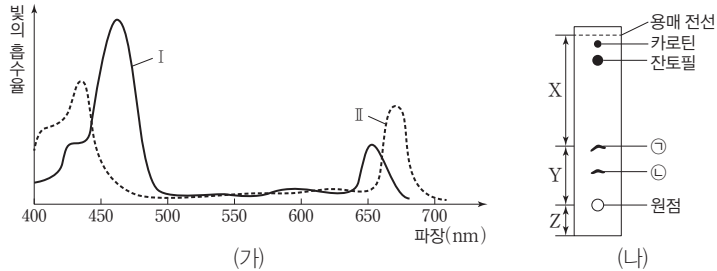
- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

식물은 엽록소 a와 엽록소 b가 가장 잘 흡수하는 청자색광과 적색광을 이용하여 광합성을 한다. 광합성 색소의 종류에 따라 전개율이 다르다.

명반응에서  $H_2^{18}O$ 이 분해되면  $^{18}O_2$ 가 생성되고,  $H_2O$ 이 분해되면  $O_2$ 가 생성된다.

[23029-0099]

01 그림 (가)는 어떤 식물에서 광합성 색소의 흡수 스펙트럼을, (나)는 이 식물 잎의 광합성 색소를 유기 용매로 전개시킨 종이 크로마토그래피의 결과를 나타낸 것이다. I과 II는 각각 엽록소 a와 엽록소 b 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 I과 II를 순서 없이 나타낸 것이며, X~Z는 각 구간의 거리이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전개율은 원점에서 용매 전선까지의 거리에 대한 원점에서 각 색소까지의 거리이다.)

보기

ㄱ. I과 ㉡은 모두 엽록소 b이다.  
 ㄴ. 광합성을 하는 식물에는 모두 II가 있다.  
 ㄷ. ㉠의 전개율은  $\frac{Y}{Y+Z}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0100]

02 다음은 산소의 동위 원소  $^{18}O$ 를 이용한 루벤의 광합성 실험이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 플라스크 I과 II에 클로렐라 배양액을 넣는다.  
 (나) (가)의 I과 II에 각각  $CO_2$ 와  $C^{18}O_2$ ,  $H_2O$ 과  $H_2^{18}O$ 을 표와 같은 비율로 넣고, 빛을 비추 후 발생한  $O_2$  중  $^{18}O_2$ 의 비율을 분석한다.  
 (다) 표는 (나)의 결과를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 0.2, 0.68, 0.85 중 하나이다.

플라스크	전체 $CO_2$ 중 $C^{18}O_2$ 의 비율(%)	전체 $H_2O$ 중 $H_2^{18}O$ 의 비율(%)	발생한 $O_2$ 중 $^{18}O_2$ 의 비율(%)
I	0.2	0.85	㉠
II	0.68	0.2	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

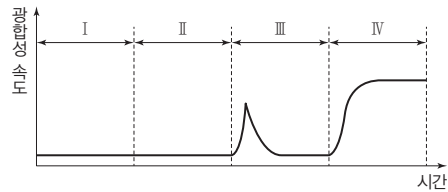
보기

ㄱ. ㉠은 0.2, ㉡은 0.68이다.  
 ㄴ. (나)의 I과 II에서 모두  $H_2O$ 의 광분해가 일어났다.  
 ㄷ. 루벤은 이 실험을 통해 광합성이 지속되기 위해서는 빛과  $CO_2$ 가 모두 필요하다는 것을 증명하였다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0101]

**03** 그림은 벤슨의 실험에서 어떤 식물에 빛과 CO<sub>2</sub>의 조건을 달리했을 때 시간에 따른 광합성 속도를, 표는 구간 I~IV에서 빛과 CO<sub>2</sub>의 유무를 나타낸 것이다.



	구간	I	II	III	IV
조건					
빛		×	⊖	?	?
CO <sub>2</sub>		○	?	⊕	?

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛과 CO<sub>2</sub> 이외의 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. ⊖과 ⊕은 모두 '○'이다.
- ㄴ. II와 IV에서 모두 O<sub>2</sub>가 생성되었다.
- ㄷ. III에서 NADPH의 산화가 일어났다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0102]

**04** 다음은 광합성에 대한 실험이다.

- 물질 X는 비순환적 전자 흐름을 따라 이동하는 전자를 받을 수 있는 최종 전자 수용체로 작용한다. 청색의 X는 환원되면 무색으로 변한다.

[실험 과정]

- (가) 시험관 A~C 중 B와 C에 시금치에서 분리한 엽록체가 포함된 추출액을 넣고 일정 시간 암실에 둔다.
- (나) (가)의 A~C 중 A와 B에 ⊖청색의 X를 첨가한 후, B와 C에서 공기를 빼낸 다음 밀봉한다.
- (다) (나)의 A~C에 일정 시간 동안 빛을 비춘 후, A와 B에서 용액의 색을, B와 C에서 O<sub>2</sub> 발생량을 측정한다.

[실험 결과]

시험관	첨가물	용액의 색	O <sub>2</sub> 발생량
A	청색의 X	청색	측정하지 않음
B	엽록체, 청색의 X	무색	++++
C	엽록체	측정하지 않음	+

(+ 개수가 많을수록 O<sub>2</sub> 발생량이 많음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 광합성의 명반응에서 ⊖과 같은 역할을 하는 물질은 NADPH이다.
- ㄴ. 비순환적 전자 흐름은 B에서가 C에서보다 더 활발하게 일어났다.
- ㄷ. B와 C에서 모두 ATP가 생성되었다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

광합성은 빛에너지를 이용하여 ATP와 NADPH를 생성하는 명반응과 명반응 산물로 CO<sub>2</sub>를 환원시켜 포도당을 합성하는 탄소 고정 반응으로 구분된다.

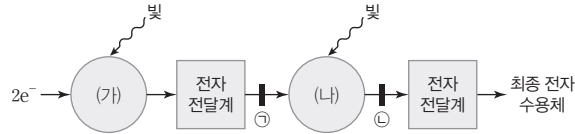
명반응에서 전자 전달계의 최종 전자 수용체인 NADP<sup>+</sup>가 환원되어 NADPH가 생성된다.

명반응의 전자 전달계에서 전자 전달이 정상적으로 일어나면 광계에서의 산화·환원이 반복적으로 일어난다.

엽록체의 그라나에서는 빛 에너지를 흡수해 ATP와 NADPH를 합성하는 명반응이 일어나고, 스트로마에서는 명반응 산물로 CO<sub>2</sub>를 환원시켜 포도당을 합성하는 암반응이 일어난다.

[23029-0103]

05 그림은 광합성이 일어나는 어떤 식물의 명반응에서 전자가 이동하는 경로의 일부를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 광계 I과 광계 II를 순서 없이 나타낸 것이며, 물질 X와 Y는 모두 광합성을 저해하는 물질로 X는 ㉠에서 전자 전달을 차단하고, Y는 ㉡에서 전자를 가로채 O<sub>2</sub>를 환원시킨다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. (가)는 광계 II이다.
- ㄴ.  $\frac{\text{산화된 } P_{700} \text{의 수}}{P_{700} \text{의 총수}}$ 는 X를 처리한 후가 처리하기 전보다 크다.
- ㄷ. Y를 처리하면 O<sub>2</sub>가 생성되지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0104]

06 다음은 광합성에 대한 실험이다.

- (가) 명반응 산물이 고갈된 식물 세포의 엽록체에서 ㉠과 ㉡을 분리하여 4개의 플라스크 I~IV 중 I과 II에는 ㉠을, III과 IV에는 ㉡을 넣는다. ㉠과 ㉡은 스트로마의 성분과 그라나를 순서 없이 나타낸 것이다.
- (나) (가)의 I~IV에 ADP, P<sub>i</sub>, CO<sub>2</sub>, NADP<sup>+</sup>가 들어 있는 용액을 충분히 첨가한다.
- (다) (나)의 I~IV 중 I과 III은 빛이 있는 곳에, II와 IV는 빛이 없는 곳에 둔다.
- (라) 충분한 시간이 지난 후, I~IV의 용액 중 서로 다른 2개씩을 골라 표와 같이 혼합하고, 각 혼합 용액에서 포도당의 생성 여부를 확인한다.

생성물 \ 혼합 용액	I + IV	II + III	II + IV
포도당	ⓐ	○	×

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

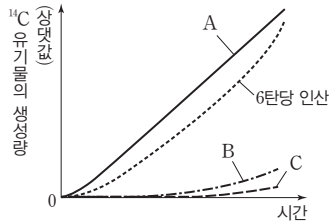
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가), (나), (라)는 암실에서 진행하였으며, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

- ㄱ. ㉡은 그라나이다.
- ㄴ. ⓐ는 '○'이다.
- ㄷ. (다)의 II에서 암반응이 일어났다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [23029-0105] 그림은 클로렐라 배양액에  $^{14}\text{CO}_2$ 를 공급하고 빛을 비추 후, 클로렐라에서  $^{14}\text{C}$ 가 포함된 유기물의 생성량을 시간에 따라 측정하여 나타낸 것이다. A~C는 각각 3PG, RuBP, 포도당 중 하나이며, C에는 인산기가 없다.



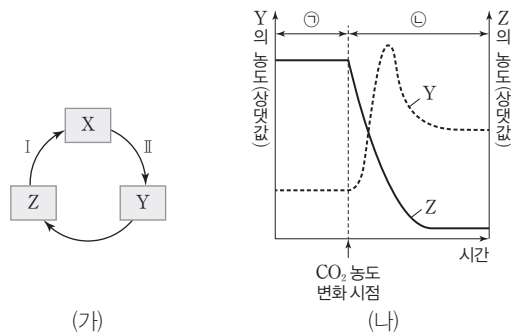
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 1분자당  $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 A가 B보다 크다.  
 ㄴ. 캘빈 회로에서 B가 A로 전환될 때 루비스코가 관여한다.  
 ㄷ. 1분자당 에너지량은 A가 C보다 많다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

**08** [23029-0106] 그림 (가)는 캘빈 회로에서 물질 전환 과정의 일부를, (나)는 광합성이 일어나고 있는 어떤 녹조류의 엽록체에서  $\text{CO}_2$  농도를 변화시켰을 때 시간에 따른 물질 Y와 Z의 농도를 나타낸 것이다. X~Z는 3PG, PGAL, RuBP를 순서 없이 나타낸 것이고, 1분자당 탄소 수는 X가 Y보다 작다. ㉠과 ㉡은 각각  $\text{CO}_2$  농도가 0.003%일 때와 1%일 때 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $\text{CO}_2$  농도 이외의 조건은 일정하다.)

보기

ㄱ. X는 PGAL이다.  
 ㄴ. ㉠은  $\text{CO}_2$  농도가 0.003%일 때이다.  
 ㄷ. 과정 I과 II에서 모두 ADP가 생성된다.

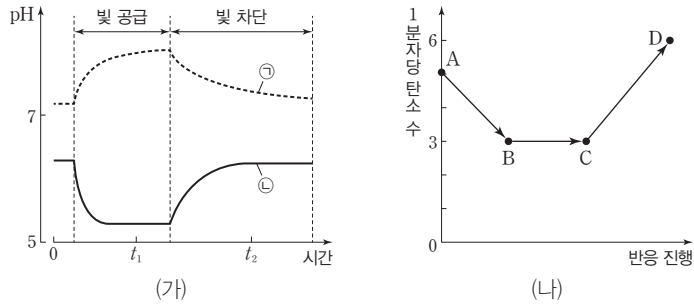
- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

탄소 고정 반응에서  $\text{CO}_2$ 가 고정된 후  $3\text{PG} \rightarrow \text{PGAL} \rightarrow$  포도당 순으로 합성된다.

캘빈 회로에서 RuBP가 3PG로 전환될 때  $\text{CO}_2$ 가 고정되고, 3PG가 PGAL로 전환될 때 ATP와 NADPH가 모두 사용되며, PGAL이 RuBP로 전환될 때 ATP가 사용된다.

명반응이 일어나면 고에너지 전자가 틸라코이드 막의 전자 전달계를 따라 이동하는 과정에서  $H^+$ 이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다.

**09** 그림 (가)는 암실에 있던 어떤 식물에 빛을 공급했을 때와 차단했을 때 시간에 따른 ㉠과 ㉡에서의 pH를, (나)는 이 식물에서 캘빈 회로가 진행될 때 생성되는 물질 A~D의 1분자당 탄소 수를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 틸라코이드 내부와 스트로마 중 하나이고, A~D는 3PG, PGAL, RuBP, 포도당을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛 이외의 조건은 일정하다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 스트로마이다.
- ㄴ. B가 C로 전환되는 과정에서 ATP와 NADPH가 모두 사용된다.
- ㄷ. A의 농도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 낮다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

광합성의 탄소 고정 반응과 세포 호흡의 해당 과정에서 모두 ATP가 사용된다.

**10** 표는 어떤 식물의 광합성과 세포 호흡에서 일어나는 반응 (가)~(다)를 나타낸 것이다.

구분	반응
(가)	$5PGAL \rightarrow 3RuBP$
(나)	$ATP \rightarrow ADP + P_i$
(다)	$2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)가 1회 일어나는 과정에서 (나)가 3회 일어난다.
- ㄴ. (나)는 세포 호흡 과정에서 일어나지 않는다.
- ㄷ. 산소 호흡을 통해 1분자의 포도당이 완전히 분해되는 과정에서 (다)가 10회 일어난다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ



11 표 (가)는 광합성이 일어나는 어떤 식물에서 전자 흐름의 4가지 특징을, (나)는 (가)의 특징 중 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름이 가지는 특징의 개수를 나타낸 것이다.

[23029-0109]

특징	구분	특징의 개수
• NADP <sup>+</sup> 가 환원된다. • ㉠ 광인산화가 일어난다. • H <sub>2</sub> O의 광분해가 일어난다. • P <sub>700</sub> 의 산화·환원이 일어난다.	순환적 전자 흐름	㉠
	비순환적 전자 흐름	㉡
	(가)	
	(나)	

순환적 전자 흐름에서는 ATP가 생성되고, 비순환적 전자 흐름에서는 ATP와 NADPH가 모두 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

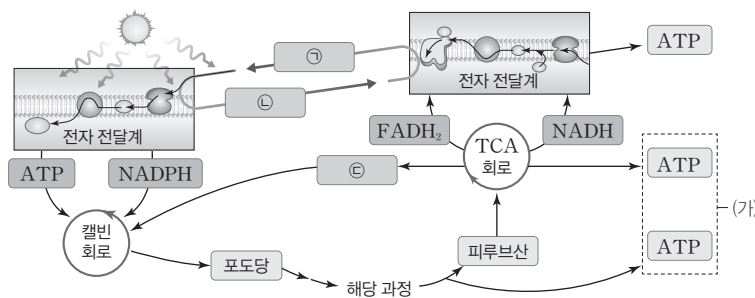
보기

- ㄱ. ㉠+㉡=5이다.
- ㄴ. P<sub>700</sub>은 광합성 색소에 속한다.
- ㄷ. ㉠이 일어날 때 H<sup>+</sup>의 농도는 틸라코이드 내부에서가 스트로마에서보다 높다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 광합성과 세포 호흡 과정에서 일어나는 물질대사 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0110]



엽록체의 비순환적 전자 흐름에서 전자 공여체는 H<sub>2</sub>O이고, 최종 전자 수용체는 NADP<sup>+</sup>이며, 미토콘드리아의 산화적 인산화 과정에서 전자 공여체는 NADH와 FADH<sub>2</sub>이고, 최종 전자 수용체는 O<sub>2</sub>이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 엽록체의 전자 전달계에서 최종 전자 수용체로 작용한다.
- ㄴ. ㉡은 CO<sub>2</sub>이다.
- ㄷ. (가)의 ATP는 모두 기질 수준 인산화를 통해 생성되었다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

# IV

## 유전자의 발현과 조절

### 2023학년도 수능 11번

11. 다음은 이중 가닥 DNA X에 대한 자료이다.

- X는 서로 상보적인 단일 가닥  $X_1$ 과  $X_2$ 로 구성되어 있다.
- X에서  $\frac{\textcircled{1}+\textcircled{2}}{\textcircled{3}+\textcircled{4}} = \frac{3}{4}$  이고, 염기 간 수소 결합의 총개수는 170 개이다.  $\textcircled{1}\sim\textcircled{4}$ 은 아데닌(A), 사이토신(C), 구아닌(G), 타이민(T)을 순서 없이 나타낸 것이다.  $\textcircled{1}$ 은 퓨린 계열 염기이고,  $\textcircled{2}$ 은 피리미딘 계열 염기이다.
- $X_1$ 에서  $\frac{\textcircled{1}}{\textcircled{2}} = \frac{2}{3}$  이고,  $\frac{\textcircled{3}}{\textcircled{4}} = \frac{3}{5}$  이며,  $\frac{G}{A} = \frac{4}{5}$  이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

<보 기>

- ㄱ. X에서 뉴클레오타이드의 총개수는 140 개이다.
- ㄴ.  $\textcircled{3}$ 은 타이민(T)이다.
- ㄷ.  $X_2$ 에서  $\textcircled{1}$ 의 개수는 18 개이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

### 2023학년도 EBS 수능특강 101쪽 14번

14 <sup>[2029-0124]</sup> 다음은 이중 가닥 DNA X에 대한 자료이다.

- X는 각각 100개의 염기로 구성된 단일 가닥 I과 II로 구성된다.
- X에서  $\frac{G+\textcircled{1}}{\textcircled{2}+\textcircled{3}} = 4$ 이고, 서로 다른  $\textcircled{1}\sim\textcircled{4}$ 은 각각 A, C, T 중 하나이다.
- I에서 아데닌(A)의 수는 12이고, II에서 사이토신(C)의 수는 구아닌(G)의 수의 3배이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- ㄱ.  $\textcircled{1}$ 은 사이토신(C)이다.  
 ㄴ. I에서 타이민(T)의 수는 8이다.  
 ㄷ. II에서 구아닌(G)의 수는 아데닌(A)의 수와 타이민(T)의 수를 더한 것과 같다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 연계 분석

2023학년도 수능 11번은 수능특강 101쪽 14번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 이중 가닥 DNA를 구성하는 각 단일 가닥의 염기 개수에 대한 자료를 제시하였는데, 이중 가닥 DNA를 구성하는 두 단일 가닥은 서로 상보적이므로 한 가닥의 염기 개수를 이용하여 다른 가닥의 염기 개수를 분석할 수 있다는 점에서 유사성이 높다. 수능특강에서는 각 단일 가닥에서 특정 염기의 개수에 대한 자료를 제시하였지만, 수능에서는 이중 가닥의 염기 간 수소 결합의 총개수를 제시한 후 특정 염기를 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기로 가리고 단일 가닥에서의 염기의 비율을 이용해 가려진 염기를 찾도록 변형하였다.

### 학습 대책

DNA 이중 가닥을 구성하는 각 염기 개수를 샤페론 법칙을 활용하여 구하는 문제가 모의평가 및 수능에서 꾸준히 출제되고 있다. 이에 대비하기 위해서는 먼저, 이중 가닥을 구성하는 두 단일 가닥의 상보성을 이해하는 것이 중요하며, 염기 간 수소 결합의 개수를 활용하여 각 염기의 개수를 묻는 형태도 자주 출제되므로 수능특강의 문제를 학습하며 문제에서 제시된 자료가 변형될 가능성에 대해서도 대비할 필요가 있다. 또한, 이중 가닥 DNA와 전사된 mRNA에 대한 자료를 함께 제시하여 각 염기의 종류와 수를 묻는 등의 형태도 출제되므로 이중 가닥 DNA에서 돌출 한 가닥으로부터 전사된 mRNA의 염기 조성에 대해서 분석해 보는 연습도 필요하다.



2023학년도 6월 모의평가 16번

16. 다음은 어떤 동물의 세포 I~III에서 유전자 x의 전사 조절에 대한 자료이다.

- x의 프로모터와 전사 인자 결합 부위 A~C는 그림과 같다.
- x의 전사에 관여하는 전사 인자는 ㉠, ㉡, ㉢이다. ㉠은 A에만 결합하며, ㉡은 B와 C 중 어느 하나에만 결합하고, ㉢은 그 나머지 하나에만 결합한다.
- x의 전사는 전사 인자가 A~C 중 적어도 두 부위에 결합했을 때 촉진된다.
- I~III 중 한 세포에서는 ㉠~㉢이 모두 발현되고, 나머지 두 세포에서는 각각 ㉠~㉢ 중 2가지만 발현된다. II에서는 ㉢이 발현된다.
- I~III에서 A~C의 제거 여부에 따른 x의 전사 결과는 표와 같다.

제거된 부위	x의 전사		
	I	II	III
없음	○	○	○
A	○	×	○
B	?	?	×
C	○	○	㉠

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 고려하지 않는다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 '○'이다.
- ㄴ. ㉡은 B에 결합한다.
- ㄷ. I에서는 ㉠~㉢이 모두 발현된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 142쪽 08번

08. 다음은 어떤 동물의 세포에서 유전자 x와 y의 전사 조절에 대한 자료이다.

- 유전자 a, b, c는 각각 전사 인자 A, B, C를 암호화하며, a, b, c가 전사되면 A, B, C가 합성된다. A~C는 x와 y의 전사 촉진에 관여한다.
- x와 y의 프로모터와 전사 인자 결합 부위 (가), (나), (다)는 그림과 같다.
- A~C는 각각 (가)~(다) 중 서로 다른 하나에만 결합한다.
- x의 전사는 전사 인자 ㉠과 ㉡이 모두, y의 전사는 전사 인자 ㉠과 ㉢이 모두 전사 인자 결합 부위에 결합해야 촉진된다. ㉠~㉢은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.
- 표는 x와 y가 모두 발현되는 정상 세포에서 (가)~(다) 중 하나를 각각 결실시킨 돌연변이 세포를 얻고, 각 돌연변이 세포에서 a와 b 각각의 발현을 억제했을 때 x와 y의 전사 여부를 나타낸 것이다.

(가)	(나)	(다)	프로모터	유전자 x
(가)	(다)	프로모터	유전자 y	

구분	발현을 억제한 유전자		
	없음	a	b
(가)가 결실된 돌연변이 세포	x만 전사됨	×	x만 전사됨
(나)가 결실된 돌연변이 세포	y만 전사됨	×	×
(다)가 결실된 돌연변이 세포	㉠	㉡	×

(×: x와 y 모두 전사 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- ㄱ. C는 (나)에 결합한다.
- ㄴ. ㉠과 ㉡은 모두 'x'이다.
- ㄷ. 정상 세포에서 b의 발현을 억제하면 x와 y 중 x만 전사된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

2023학년도 6월 모의평가 16번은 수능특강 142쪽 08번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 유전자의 프로모터와 전사 인자 결합 부위를 제시하고 유전자의 전사 결과를 분석할 수 있다는 점에서 유사성이 높다. 수능특강에서는 전사 인자 결합 부위를 결실시킨 돌연변이 세포에서 전사 인자를 암호화하는 유전자의 발현을 억제했을 때 유전자의 전사 결과를 제시하였지만, 6월 모의평가에서는 전사 인자 결합 부위의 제거 여부에 따른 유전자의 전사 결과를 알아내도록 변형하였다.

학습 대책

유전자의 프로모터와 전사 인자 결합 부위를 제시하고 자료를 통해 유전자의 전사 결과를 분석하는 문제가 모의평가 및 수능에서 꾸준히 출제되고 있다. 이에 대비하기 위해서는 먼저, 진핵생물의 유전자 발현 조절 단계 중 전사 단계에서 이루어지는 전사 조절에 대해 이해하는 것이 중요하며, 전사 인자의 종류에 따른 발현 결과를 분석하는 형태도 자주 출제되므로 수능특강의 문제를 학습하며 제시된 자료가 변형될 가능성에 대해서도 대비할 필요가 있다.

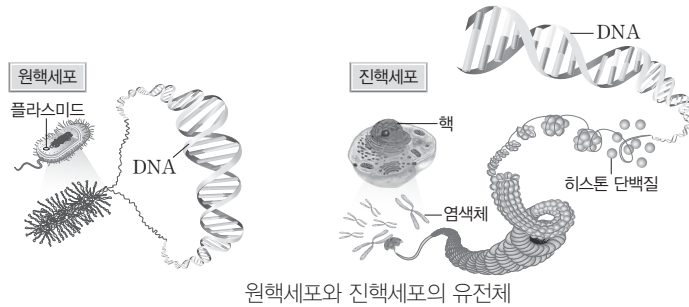
#### 개념 체크

- **유전자:** 생물의 특정 형질에 대한 유전 정보를 담고 있는 DNA의 특정 부위이며, RNA와 폴리펩타이드 합성에 필요한 정보로 이용된다.
- **유전체:** 한 개체의 유전 정보가 저장되어 있는 DNA 전체이다.
- **플라스미드:** 세균 내 염색체와는 별도로 존재하면서 독자적으로 증식할 수 있는 원형 DNA이다.
- **인트론:** 단백질을 암호화하는 부위(엑손) 사이에 있으며 단백질을 암호화하지 않는 부위를 말한다. DNA와 RNA에 모두 적용될 수 있는 개념이다.

1. 원핵세포의 유전체는 핵막으로 둘러싸여 있지 않고 ( )에 퍼져 있다.
  2. 원핵세포의 유전체는 대부분 원형 DNA 1개로 구성되어 있고, 진핵세포의 유전체는 ( ) DNA 여러 개로 구성되어 있다.
- ※ ○ 또는 ×
3. 진핵세포의 유전체 DNA는 히스톤 단백질과 결합되어 뉴클레오솜 구조를 형성한다. ( )
  4. 원핵세포는 유전자 발현 조절이 오펜 단위로 이루어질 수 있다. ( )

### 1 원핵세포와 진핵세포의 유전체 구성

구분	원핵세포	진핵세포
유전체 DNA 수와 형태	• 대부분 유전체가 원형 DNA 1개로 구성되어 크기가 비교적 작고, 핵막으로 둘러싸여 있지 않고 세포질에 퍼져 있으며, 플라스미드라는 작은 원형 DNA가 있는 경우도 있다.	• 유전체가 선형 DNA 여러 개로 구성되어 원핵세포의 유전체보다 크고 더 많은 유전 정보를 가지며, 핵막으로 둘러싸여 있다.
유전체 DNA와 히스톤 단백질 결합 여부	• 유전체 DNA가 히스톤 단백질과 결합되어 있지 않다. 일부 고세균에는 히스톤 단백질이 있다.	• 유전체 DNA가 히스톤 단백질과 결합되어 뉴클레오솜 구조를 형성하며, 세포 분열 시기에 고도로 응축된 염색체를 형성한다.
인트론 유무	• 유전자가 매우 촘촘하게 존재하여 유전체의 많은 부분이 RNA와 단백질을 형성하는 유전자이다. 일부 원핵세포에는 인트론이 있다.	• 일정한 길이의 DNA당 유전자 수는 적으며, 이는 원핵세포보다 비암호화 부위가 훨씬 많기 때문이다. 비암호화 DNA 부위에 인트론이 포함된다.
유전자 발현 조절 단위	• 많은 경우 유전자 발현 조절이 오펜 단위로 이루어지며, 여러 유전자의 전사가 한꺼번에 조절된다.	• 각 유전자는 독립적으로 전사된다.

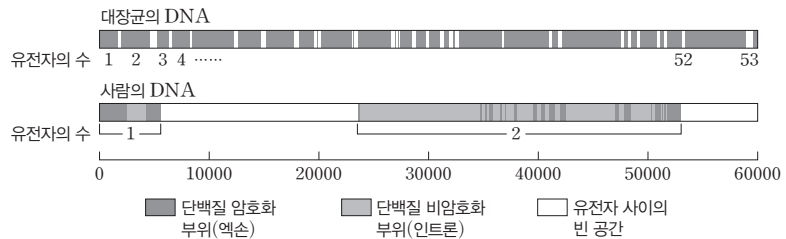


원핵세포와 진핵세포의 유전체



#### 과학 돋보기 | 원핵세포와 진핵세포의 유전체 DNA 비교

그림은 60000 염기쌍 길이의 대장균 DNA와 사람 DNA를 비교하여 나타낸 것이다.



- 대장균에는 같은 길이의 DNA에 53개의 유전자가 높은 밀도로 배열되어 있고, 단백질 비암호화 부위인 인트론이 없다.
- 사람에는 같은 길이의 DNA에 2개의 유전자만 있고, 단백질 비암호화 부위인 인트론이 있다.

### 2 유전 물질의 확인

#### (1) 유전 물질

##### ① 유전 물질의 특징

- 세포와 개체의 생명 활동에 필요한 정보를 저장하고 있다.

정답

1. 세포질
2. 선형
3. ○
4. ○

- 세포 분열 동안 정확하게 복제된 후 다음 세대로 안정적으로 전달된다.
- 돌연변이가 일어나 진화에 필요한 유전적 변이(다양성)를 제공한다.

② 유전 물질에 대한 연구 초기에 DNA보다 단백질을 유전 물질이라 여겼던 이유

- 유전자가 단백질과 DNA로 이루어진 염색체에 존재한다는 것이 알려져 있었다.
- DNA는 염기가 다른 4가지 뉴클레오타이드로, 단백질은 20가지의 아미노산으로 이루어져 있으므로 복잡한 유전 정보를 저장하기에 단백질이 적절하다고 여겼기 때문이다.

(2) 허시와 체이스의 박테리오파지(파지) 증식 실험(1952년)

- ① 파지는 단백질과 DNA로 이루어져 있는데, 이 중 파지의 증식에 필요한 유전 정보가 DNA에 저장되어 있음을 밝혀냈다.
- ② 파지를 구성하는 단백질과 DNA 중 단백질에만 있는 황(S)과, DNA에만 있는 인(P)의 방사성 동위 원소를 이용하여 단백질과 DNA 중 대장균 속으로 들어가 다음 세대 파지를 만드는 유전 정보를 가진 물질이 무엇인지를 확인하였다.
- ③ 생물의 유전 물질은 DNA임이 증명되었고, 학계에서도 이를 받아들였다.

개념 체크

- DNA: 디옥시리보 핵산 (deoxyribonucleic acid)의 약자로, 개체의 유전 형질에 대한 정보를 저장하고 다음 세대로 전달하는 유전 물질이다.
- 박테리오파지: 대장균과 같은 세균을 숙주로 하는 바이러스로, 줄여서 '파지'라고도 한다.

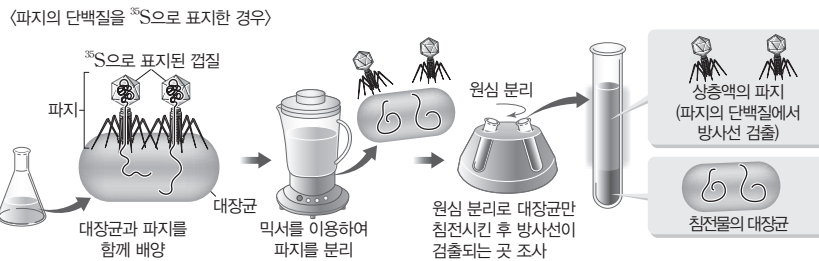
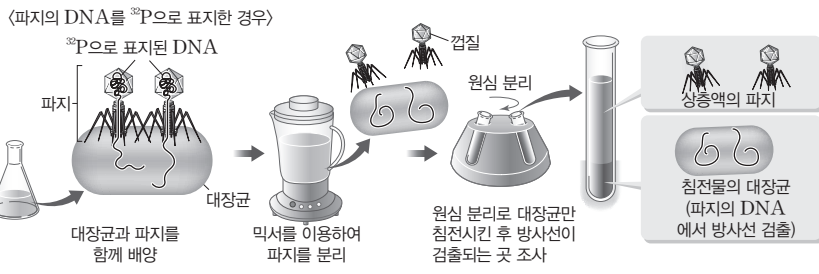
1. 허시와 체이스는 파지의 증식에 필요한 유전 정보가 ( )에 저장되어 있음을 밝혀냈다.
2. 허시와 체이스의 실험에서 파지를 구성하는 단백질과 DNA 중 단백질에만 있는 원소인 ( )의 방사성 동위 원소를 이용하였다.
3. 허시와 체이스의 실험에서 파지의 DNA를 <sup>32</sup>P로 표지한 경우 원심 분리한 시험관의 상층액에서 방사선이 검출되었다. ( )
4. 허시와 체이스의 실험에서 원심 분리는 대장균을 침전시키기 위해 사용되었다. ( )

※ ○ 또는 ×

탐구자료 살펴보기 허시와 체이스의 실험

과정 및 결과

- (가) <sup>32</sup>P로 DNA를 표지한 박테리오파지(파지)와 <sup>35</sup>S로 단백질을 표지한 박테리오파지(파지)를 각각 준비한다.
- (나) 두 종류의 파지를 방사성 동위 원소가 없는 곳에서 배양한 대장균에 각각 감염시킨다. 일정 시간이 지난 후 대장균 표면에 붙어 있는 파지 성분을 믹서로 분리하고, 원심 분리로 대장균을 침전시킨다.
- (다) 원심 분리하여 얻은 침전물과 상층액에서 방사선의 검출 여부를 조사한다.



point

- 파지의 DNA를 <sup>32</sup>P로 표지한 경우
  - 시험관의 침전물(대장균 존재)에서 방사선이 검출된다. → 대장균 내부로 들어간 파지의 물질은 DNA이다.
  - 자손 파지에서 방사선이 검출되었다. → 유전 물질은 DNA이다.
- 파지의 단백질을 <sup>35</sup>S로 표지한 경우
  - 시험관의 상층액(파지의 단백질 껍질 존재)에서 방사선이 검출된다. → 파지의 단백질은 대장균의 내부로 들어가지 않으므로 단백질은 유전 물질이 아니다.
  - 자손 파지에서도 방사선이 검출되지 않았다. → 단백질은 유전 물질이 아니다.

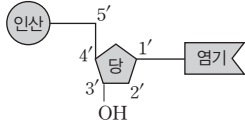
정답

1. DNA
2. 황 또는 S
3. ×
4. ○

개념 체크

● **형질 전환:** 한 생물의 유전 형질이 외부로부터 도입된 유전 물질에 의하여 바뀌는 현상이다.

● **뉴클레오타이드:** 인산, 5탄당, 염기로 구성된다. 이 중 5탄당은 5개의 탄소(C)를 포함하는데, 각각 1'~5'으로 번호를 매긴다. 5탄당의 1' 탄소에는 염기, 3' 탄소에는 수산기(-OH), 5' 탄소에는 인산이 각각 연결되어 있다.



1. 그리피스의 폐렴 쌍구균 형질 전환 실험에서 폐렴을 유발하는 ( )형 균을 이용하였다.

2. 에이버리의 폐렴 쌍구균 형질 전환 실험에서 유전 물질이 ( )임이 증명되었다.

※ ○ 또는 ×  
3. DNA는 수용액에서 음(-)전하를 띤다. ( )

4. DNA를 구성하는 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U), 타이민(T)의 5가지가 있다. ( )

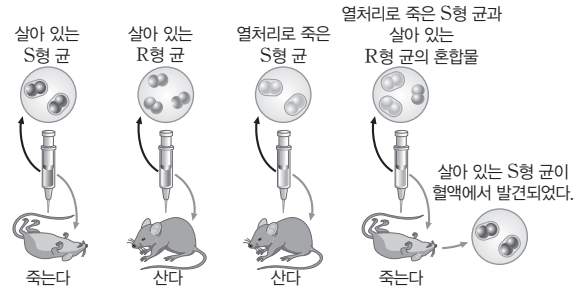
과학 돋보기 | DNA가 유전 물질이라는 증거(허시와 체이스의 실험 이전의 증거)

1. 그리피스의 폐렴 쌍구균 형질 전환 실험(1928년): 그리피스는 폐렴을 유발하는 S형 균과 폐렴을 유발하지 않는 R형 균을 이용해 형질 전환 현상을 발견했다.

① 살아 있는 S형 균을 주사한 쥐는 폐렴에 걸려 죽었다. 살아 있는 R형 균 또는 열처리로 죽은 S형 균을 주사한 쥐는 죽지 않았다.

② 열처리로 죽은 S형 균과 살아 있는 R형 균의 혼합물을 주사한 쥐는 폐렴에 걸려 죽었고, 죽은 쥐의 혈액에서 살아 있는 S형 균이 발견되었다.

③ 죽은 S형 균에 있던 유전 정보를 가진 형질 전환 물질이 R형 균 안으로 이동하였고, 이 물질이 유전 물질이라고 결론 내렸다.

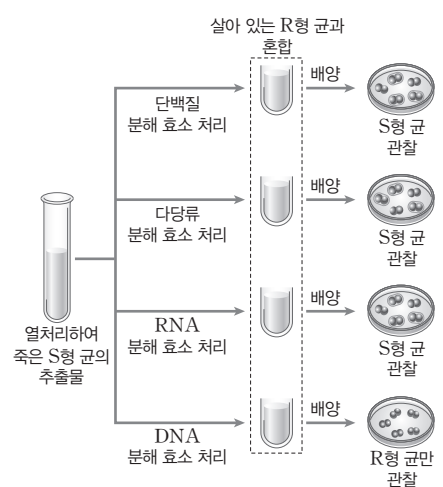


2. 에이버리의 폐렴 쌍구균 형질 전환 실험(1944년): 그리피스의 실험을 발전시켜 어떤 성분이 형질 전환을 일으키는 지 알아보았으며, 유전 물질이 DNA임을 증명하였지만 단백질이 유전 물질로 더 적합하다는 당시 학계의 강한 믿음 때문에 이 연구 결과는 받아들여지지 않았다.

① 죽은 S형 균의 추출물에 단백질 분해 효소, 다당류 분해 효소, RNA 분해 효소를 각각 처리한 후 살아 있는 R형 균과 함께 배양한 경우 형질 전환이 일어났다.

② 죽은 S형 균의 추출물에 DNA 분해 효소를 처리한 후 살아 있는 R형 균과 함께 배양한 경우 형질 전환이 일어나지 않았다.

③ DNA 분해 효소를 처리한 S형 균 추출물은 형질 전환을 일으키지 못하였으므로 S형 균 추출물 중 DNA가 형질 전환을 일으킨다. 따라서 유전 물질이 DNA라고 결론 내렸다.

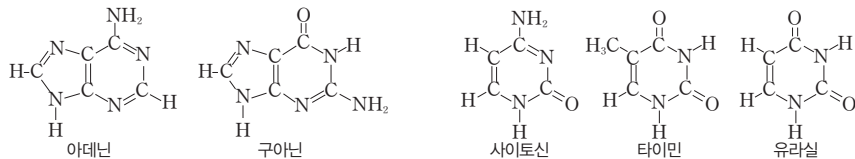


3 DNA의 구조

(1) DNA의 기본 구성 단위: 인산, 당, 염기로 이루어진 뉴클레오타이드이다.

- ① 인산: 인(P)을 포함하며, DNA가 수용액에서 음(-)전하를 띠게 한다.
- ② 당: 5탄당인 디옥시리보스이다.
- ③ 염기: 질소(N)를 포함하며, 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)의 4가지가 있다.

과학 돋보기 | 핵산의 염기



퓨린 계열 염기

피리미딘 계열 염기

• 아데닌, 구아닌, 사이토신은 DNA와 RNA에 공통으로 존재하지만, 타이민은 DNA에만, 유라실은 RNA에만 존재한다.  
• 아데닌과 구아닌을 퓨린 계열 염기, 사이토신, 타이민, 유라실을 피리미딘 계열 염기라고 한다.

정답

- 1. S
- 2. DNA
- 3. ○
- 4. ×

## (2) DNA 입체 구조 규명에 활용된 증거

① 샤가프의 법칙: 1950년대 샤가프에 의해 밝혀졌다.

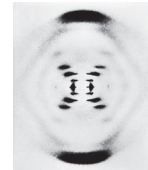
- DNA를 구성하는 A, T, G, C의 비율은 생물종에 따라 다르다.
- 각 생물의 DNA에서 A과 T의 비율이 같고(A=T), G과 C의 비율이 같다(G=C). 따라서 퓨린 계열 염기(A+G)의 비율과 피리미딘 계열 염기(T+C)의 비율이 같다.

$$\text{조성 비율 : } A=T, G=C, A+G=T+C=50\%$$

• 왓슨과 크릭에 의해 DNA의 이중 나선 구조가 규명될 때 상보적 염기쌍의 중요한 단서가 되었다.

② DNA의 X선 회절 사진: 1952년 프랭클린과 윌킨스에 의해 연구되었다.

- DNA 시료에 X선을 쬐어 얻은 회절 사진으로부터 DNA의 이중 나선 구조를 밝히는 결정적인 단서를 얻었다.

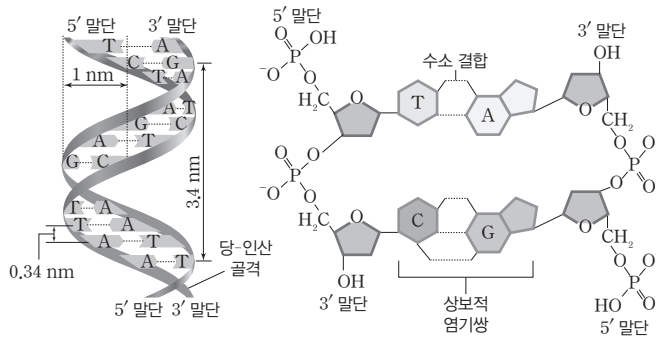


DNA의 X선 회절 사진

## (3) DNA 이중 나선 구조

① 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드가 결합해 오른 나선 방향으로 꼬여 있는 이중 나선 구조이다.

- 폴리뉴클레오타이드 가닥의 방향성: 인산기가 노출된 한쪽 끝을 5' 말단, 5탄당의 수산기(-OH)가 노출된 다른 쪽 끝을 3' 말단이라고 한다.
- 이중 나선을 이루고 있는 두 가닥은 양 말단의 방향이 서로 반대인 역평행 구조이다.



DNA 이중 나선 구조

② 바깥쪽에 당-인산이 교대로 연결된 골격이 있고, 안쪽으로는 양쪽 가닥의 염기가 수소 결합으로 연결되어 있다.

- 상보적 염기쌍: A는 항상 T와 결합하고, G은 항상 C와 결합한다. 따라서 DNA 한쪽 가닥의 염기 서열을 알면 다른 쪽 가닥의 염기 서열을 알 수 있다.
- A과 T 사이에는 2개의 수소 결합이, G과 C 사이에는 3개의 수소 결합이 형성되므로 GC쌍이 많을수록 DNA를 이루는 두 가닥이 잘 분리되지 않는다.

③ 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기 사이에서 상보적 염기쌍이 형성되므로 이중 나선의 지름이 2 nm로 일정하다.

④ 이중 나선이 1회전할 때 10개의 염기쌍이 나타나며, 그 길이는 3.4 nm이다. 따라서 인접한 두 염기쌍 사이의 거리는 0.34 nm이다.

## 개념 체크

● 상보적 염기쌍: A과 T, G과 C 사이에 염기쌍이 형성되는 것을 말하며, 이러한 상보성은 샤가프의 법칙(A=T, G=C)과 DNA의 지름이 일정한 현상을 잘 설명한다.

1. DNA 이중 나선 구조를 이루는 폴리뉴클레오타이드 가닥에서 인산기가 노출된 한 쪽 끝을 ( ) 말단이라고 한다.

2. DNA 이중 나선 구조에서 A과 T 사이에는 ( )개의 ( ) 결합이 형성된다.

※ ○ 또는 ×

3. 샤가프의 법칙과 DNA X선 회절 사진은 DNA 이중 나선 구조를 밝히는 중요한 단서가 되었다. ( )

4. DNA 이중 나선 구조를 구성하고 있는 두 가닥은 양 말단의 방향이 서로 같다. ( )

정답

1. 5'
2. 2, 수소
3. ○
4. ×

개념 체크

- **헬리케이스:** DNA 이중 나선을 단일 가닥으로 풀어주는 효소이다.
- **프라이머:** DNA 중합 효소가 뉴클레오타이드의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드를 추가하는 방식으로 복제가 이루어지는데, 이때 3' 말단을 제공하는 짧은 RNA 조각이다.
- **RNA 프라이머의 교체:** 자연 가닥의 합성 과정 중 불연속적으로 합성된 짧은 가닥들이 연결되기 전에 RNA 프라이머는 DNA 뉴클레오타이드로 교체된다.

1. DNA의 두 가닥이 풀려 각 가닥을 주형으로 상보적인 가닥이 합성되는 것을 ( ) 복제 가설이라고 한다.

2. 메셀슨과 스탈의 실험에서 DNA 염기의 구성 원소 중 하나인 ( )의 동위 원소 표지 기술을 이용하였다.

※ ○ 또는 ×

3. 메셀슨과 스탈의 실험을 통해 DNA가 반보존적으로 복제됨을 알 수 있었다. ( )

4. DNA 복제 시 DNA 프라이머가 합성된다. ( )

정답

1. 반보존적
2. 질소 또는 N
3. ○
4. ×

## 4 DNA의 복제

### (1) DNA의 복제 가설

- ① **보존적 복제:** DNA 전체를 주형으로 하여 새로운 DNA가 합성된다.
- ② **반보존적 복제:** DNA의 두 가닥이 풀려 각 가닥을 주형으로 상보적인 가닥이 합성된다. 따라서 복제 후의 DNA에서 한 가닥은 주형 가닥, 나머지 한 가닥은 새로 합성된 가닥이다.
- ③ **분산적 복제:** DNA가 작은 조각으로 잘려 각각을 주형으로 복제된 후 다시 연결된다. 따라서 복제 후의 DNA에는 주형 DNA 조각과 새로 합성된 DNA 조각이 섞여 있다.

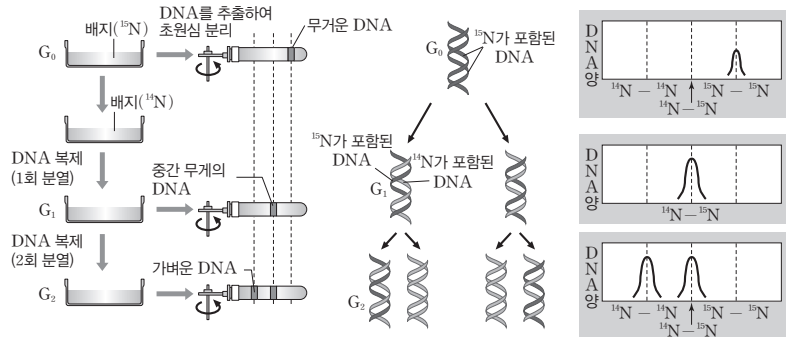


(2) **메셀슨과 스탈의 DNA 복제 실험(1958년):** DNA 염기의 구성 원소 중 하나인 질소(N)의 동위 원소 표지 기술과 초원심 분리 기술을 이용하여 DNA의 반보존적 복제를 확인하였다.

### 탐구자료 살펴보기   메셀슨과 스탈의 실험

#### 과정 및 결과

- (가) 대장균을  $^{15}\text{N}$ 가 들어 있는 배지에서 여러 세대 배양하여  $^{15}\text{N}$ 가 포함된 DNA를 갖는 대장균( $G_0$ )을 얻는다.  
 (나)  $G_0$ 을  $^{14}\text{N}$ 가 들어 있는 배지로 옮겨 한 세대 배양하여 얻은 1세대 대장균( $G_1$ )과 한 세대 더 배양하여 얻은 2세대 대장균( $G_2$ )에서 각각 DNA를 추출하고 초원심 분리로 DNA를 분리한다.

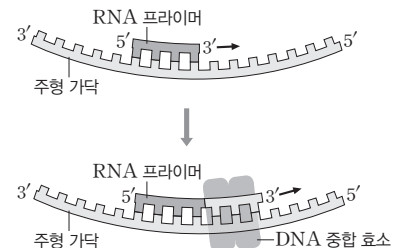


#### point

- $G_1$ 의 DNA를 원심 분리하면 중간 무게의 DNA( $^{14}\text{N}-^{15}\text{N}$ ) 띠가 형성된다. 이 결과로 보존적 복제 가설이 옳지 않음을 알 수 있다.
- $G_2$ 의 DNA를 원심 분리하면 가벼운 DNA( $^{14}\text{N}-^{14}\text{N}$ ) 띠와 중간 무게의 DNA( $^{14}\text{N}-^{15}\text{N}$ ) 띠가 1 : 1 비율로 형성된다. 이 결과로 분산적 복제 가설이 옳지 않음을 알 수 있다. → DNA는 반보존적으로 복제됨을 알 수 있다.

### (3) DNA의 반보존적 복제

- ① **이중 나선의 풀림:** 복제가 시작되는 지점(복제 원점)에서 효소(헬리케이스)의 작용으로 이중 나선이 두 가닥으로 풀어진다.
- ② **프라이머 합성:** RNA 프라이머가 합성된다. 프라이머는 새로 첨가되는 뉴클레오타이드가 DNA 중합 효소의 작용으로 당-인산 결합을 형성할 수 있도록 3' 말단의 수산기(-OH)를 제공한다.

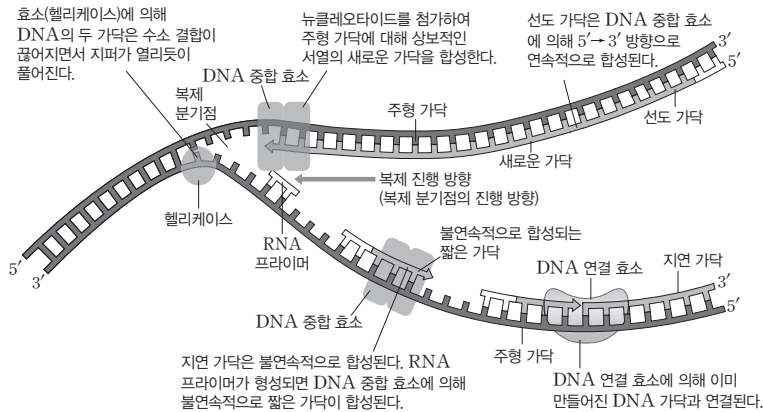




개념 체크

- **복제 원점:** DNA가 복제되기 위해 이중 나선을 구성하고 있던 폴리뉴클레오타이드가 서로 분리되기 시작하는 특정 지점이다.
- **복제 분기점:** DNA 이중 나선이 복제 원점에서부터 풀려 Y자형을 나타내는 부분이다.

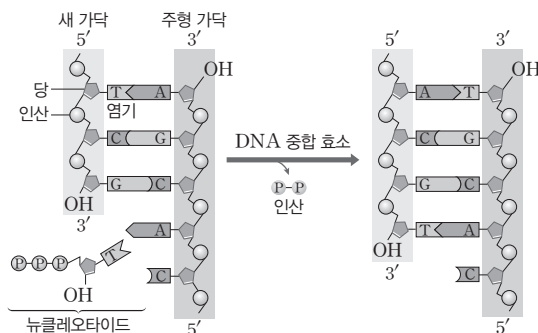
- ③ **새로운 가닥의 합성:** DNA 중합 효소가 주형 가닥과 상보적인 염기를 갖는 뉴클레오타이드를 결합시키면서 새로운 가닥이 합성된다. 이때 합성 중인 가닥의 3' 말단 수산기(-OH)에 새로 첨가되는 뉴클레오타이드의 5' 말단 인산기가 결합하므로 새로운 가닥은 5' → 3' 방향으로만 합성된다. 그런데 주형 가닥과 새로운 가닥은 방향이 서로 반대이므로 DNA 중합 효소는 주형 가닥을 따라 3' → 5' 방향으로 이동한다.
- ④ **선도 가닥과 지연 가닥:** 새로 합성되는 두 가닥은 방향이 서로 반대인데, 복제는 두 가닥에서 동시에 진행된다. 두 가닥의 합성 과정에 차이가 있으며 각각 선도 가닥과 지연 가닥으로 불린다.
  - **선도 가닥의 합성:** 복제 진행 방향(복제 분기점의 진행 방향)과 같은 방향으로 끊김 없이 연속적으로 합성되는 가닥을 선도 가닥이라고 한다. 복제 진행 방향이 주형 가닥의 3' → 5' 방향일 때 선도 가닥이 5' → 3' 방향으로 합성된다.
  - **지연 가닥의 합성:** 복제가 진행되는 방향과 반대 방향으로 짧은 가닥이 불연속적으로 합성되는 가닥을 지연 가닥이라고 한다. 불연속적으로 합성된 각각의 짧은 가닥은 DNA 연결 효소에 의해 연결된다. 복제 진행 방향이 주형 가닥의 5' → 3' 방향일 때 지연 가닥이 합성되며, 불연속적으로 합성되는 각각의 짧은 DNA 가닥은 5' → 3' 방향으로 합성된다.



1. DNA 복제 시 DNA 중합 효소는 주형 가닥을 따라 ( ) → ( ) 방향으로 이동한다.
  2. DNA 복제 시 복제 진행 방향과 같은 방향으로 끊김없이 연속적으로 합성되는 가닥을 ( )가닥이라고 한다.
- ※ ○ 또는 ×
3. DNA 복제 시 불연속적으로 합성된 각각의 짧은 가닥은 DNA 연결 효소에 의해 연결된다. ( )
  4. DNA 복제 시 DNA 중합 효소는 이미 만들어져 있는 폴리뉴클레오타이드의 5'-인산기가 있을 때만 새로운 뉴클레오타이드의 인산기를 결합시켜 첨가시킬 수 있다. ( )



과학 돋보기 | DNA 중합 효소의 작용



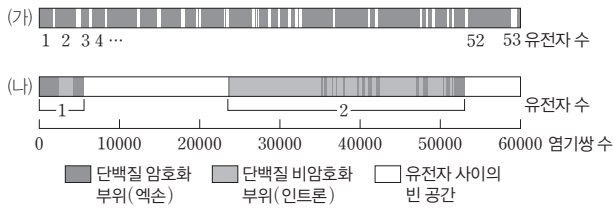
- DNA 중합 효소는 이미 만들어져 있는 폴리뉴클레오타이드의 3'-OH가 있을 때만 새로운 뉴클레오타이드의 인산기를 결합시켜 첨가시킬 수 있으므로 DNA 복제는 5' → 3' 방향으로만 일어난다.
- 뉴클레오타이드로 첨가될 물질에서 인산 사이의 에너지가 5탄당과 인산 사이의 결합에 이용되고, 2개의 인산은 떨어져 나간다.

정답

1. 3', 5'
2. 선도
3. ○
4. ×

**01** 그림은 생물 (가)와 (나)의 DNA 일부를 비교하여 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 사람과 대장균 중 하나이다.

[23029-0111]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 사람이다.
  - ㄴ. (나)의 DNA는 히스톤 단백질과 결합한다.
  - ㄷ. (가)와 (나)의 유전체는 모두 선형 DNA이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 유전 물질에 대한 학생 A~C의 대화 내용이다.

[23029-0112]

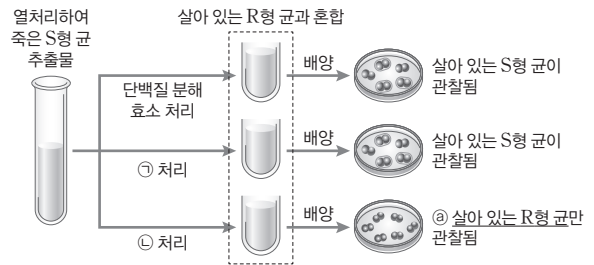


대화 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② B    ③ A, B    ④ A, C    ⑤ B, C

**03** 그림은 에이버리의 실험 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 DNA 분해 효소와 RNA 분해 효소 중 하나이다.

[23029-0113]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠을 처리한 실험에서 형질 전환이 일어났다.
  - ㄴ. ㉡의 기질은 RNA이다.
  - ㄷ. ㉠은 핵막을 갖는다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**04** 다음은 사람의 입안 상피 세포에서 DNA를 추출한 실험 과정이다.

[23029-0114]

- (가) 증류수를 입에 머금고 볼 안쪽의 상피 세포를 모은다.
- (나) 입안의 액체를 시험관에 옮기고 ㉠ 소금·세제액을 넣는다.
- (다) (나)의 시험관을 위아래로 뒤집어 세포 추출액을 만든다.
- (라) (다)에 차가운 ㉡ 에탄올을 흘려 넣은 후 물과 에탄올의 경계 부분에 생긴 ㉢ 덩어리를 관찰한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 상피 세포의 핵막은 ㉠에 의해 분해된다.
  - ㄴ. DNA는 ㉡에 녹지 않는다.
  - ㄷ. ㉢에는 DNA가 있다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 다음은 DNA 연구와 관련된 자료이다. (가)~(다)는 에이버리의 실험, 메셀슨과 스탈의 실험, 허시와 체이스의 실험을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0115]

- (가) <sup>15</sup>N과 <sup>14</sup>N를 이용하여 배양한 세대별 대장균의 DNA 밀도를 비교하였다.
- (나) 폐렴 쌍구균을 이용하여 어떤 성분이 형질 전환을 일으키는지 알아보았다.
- (다) <sup>32</sup>P과 <sup>35</sup>S를 이용하여 박테리오파지의 단백질과 DNA 중 대장균 속으로 들어가 다음 세대 박테리오파지를 만드는 유전 정보를 가진 물질이 무엇인지 확인하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 메셀슨과 스탈의 실험이다.
  - ㄴ. (나)는 유전 물질이 DNA임을 확인한 실험이다.
  - ㄷ. <sup>32</sup>P과 <sup>35</sup>S는 모두 DNA를 표지하는 데 사용되었다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 표는 염기쌍의 수가 같은 2개의 이중 가닥 DNA를 구성하는 단일 가닥 I~Ⅳ의 염기 조성(%)을 나타낸 것이다.

[23029-0116]

구분	염기 조성(%)			
	A	G	C	T
I	㉠	29	25	㉡
Ⅱ	24	26	?	23
Ⅲ	㉢	27	26	?
Ⅳ	25	㉣	29	㉤

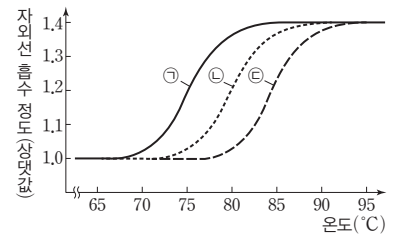
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. Ⅱ와 Ⅲ은 서로 상보적이다.
  - ㄴ. ㉠+㉢+㉡=69이다.
  - ㄷ. I~Ⅳ 중 타이민(T)의 개수가 가장 많은 가닥은 Ⅲ이다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 염기쌍의 수가 같은 이중 가닥 DNA ㉠~㉢의 온도에 따른 자외선(260 nm)의 흡수 정도를 나타낸 것이다.

[23029-0117]



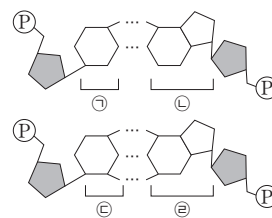
자외선(260 nm)의 흡수 정도는 이중 가닥 DNA에서보다 이로부터 분리된 단일 가닥 DNA에서가 크며, 이중 가닥 DNA 내 염기 간 수소 결합의 수가 많을수록 두 단일 가닥으로 분리되는 온도가 높다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠~㉢ 중 피리미딘 계열 염기 함량이 가장 큰 DNA는 ㉠이다.
  - ㄴ. ㉠~㉢에서  $\frac{G+T}{A+C}$ 의 값은 모두 1이다.
  - ㄷ.  $\frac{A+T}{G+C}$ 의 값은 ㉠이 ㉡보다 크다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 DNA를 구성하는 두 쌍의 뉴클레오타이드를, 표는 150쌍의 뉴클레오타이드로 구성된 이중 가닥 DNA I과 Ⅱ의 염기 조성을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 A, G, C, T를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0118]



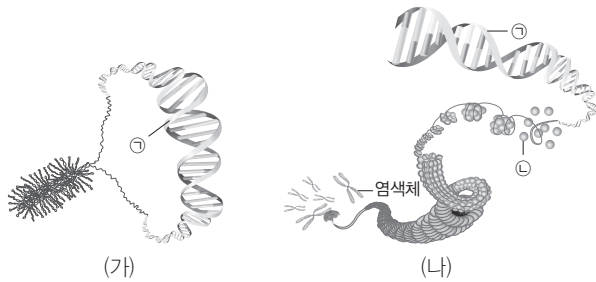
구분	염기 조성
I	$\frac{㉡+㉣}{㉠+㉢} = \frac{3}{2}$
Ⅱ	$\frac{㉠+㉢}{㉡+㉣} = \frac{1}{2}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 타이민(T)이다.
  - ㄴ. I에서 구아닌(G)의 개수와 Ⅱ에서 사이토신(C)의 개수의 합은 140이다.
  - ㄷ. 염기 간 수소 결합의 총개수는 I에서가 Ⅱ에서보다 10개 적다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

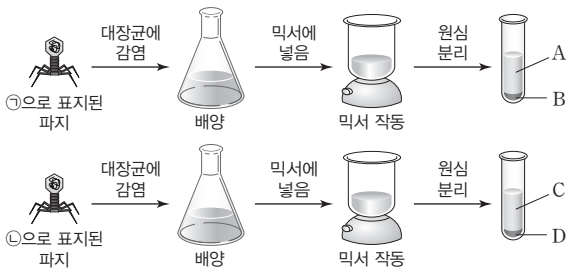
09 그림 (가)와 (나)는 대장균의 유전체와 사람의 유전체 일부를 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 DNA와 히스톤 단백질을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 세포질에 있다.
  - ㄴ. (나)의 ㉠에는 인트론이 있다.
  - ㄷ. ㉡에는 펩타이드 결합이 있다.
- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 허시와 체이스가 수행한 실험을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각  $^{32}\text{P}$ 과  $^{35}\text{S}$  중 하나이며, A~D 중 B와 C에서만 방사선이 검출되었다. A와 C는 상층액이고, B와 D는 침전물이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은  $^{32}\text{P}$ 이다.
  - ㄴ. A와 C에 모두 단백질이 있다.
  - ㄷ. B와 D에 모두 파지의 DNA가 있다.
- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 DNA 복제의 3가지 가설과 메셀슨과 스탈의 실험 중 일부이다.



실험 과정

(가) 대장균을  $^{15}\text{N}$ 가 들어 있는 배지에서 여러 세대 배양하여  $^{15}\text{N}$ 가 포함된 DNA를 갖는 대장균( $G_0$ )을 얻는다.

(나)  $G_0$ 을  $^{14}\text{N}$ 가 들어 있는 배지로 옮겨 한 세대 배양하여 얻은 1세대 대장균( $G_1$ )과 한 세대 더 배양하여 얻은 2세대 대장균( $G_2$ )에서 각각 DNA를 추출하고 고속으로 원심 분리하여 밀도에 따라 DNA를 분리한다.

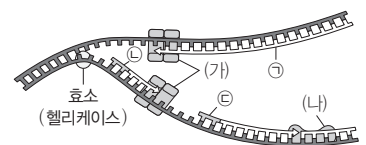
실험 결과

A~C는  $G_0 \sim G_2$ 의 DNA 원심 분리 결과를 순서 없이 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는  $G_1$ 의 DNA 원심 분리 결과이다.
  - ㄴ. C는 가설 1을 지지한다.
  - ㄷ. C에서 전체 DNA 중  $^{14}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA의 비율은  $\frac{1}{2}$ 이다.
- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 복제 중인 DNA의 일부를 나타낸 것이다. ㉠은 새로 합성된 가닥이며, ㉡과 ㉢은 모두 프라이머이다. (가)와 (나)는 각각 DNA 연결 효소와 DNA 중합 효소 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 5' → 3' 방향으로 연속적으로 합성된다.
  - ㄴ. ㉢이 ㉡보다 먼저 합성되었다.
  - ㄷ. (나)는 이중 가닥의 염기 간 수소 결합을 끊는다.
- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 다음은 폐렴 쌍구균 ㉠과 ㉡을 이용한 형질 전환 실험이다. [23029-0123]

• ㉠과 ㉡은 R형 균과 S형 균을 순서 없이 나타낸 것이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 열처리하여 죽은 ㉠의 추출물을 배양액 I~Ⅲ에 나누어 담은 후, 각 배양액에 효소 ㉢~㉤를 표와 같이 첨가하여 충분한 시간 동안 둔다. ㉢~㉤는 다당류 분해 효소, DNA 분해 효소, RNA 분해 효소를 순서 없이 나타낸 것이다.

(나) (가)의 I~Ⅲ에 살아 있는 ㉡을 첨가하여 배양한 후 배양액에서 관찰된 살아 있는 폐렴 쌍구균의 종류는 표와 같다.

배양액	첨가한 효소	살아 있는 폐렴 쌍구균 종류
I	㉢, ㉠	S형 균, R형 균
Ⅱ	㉢, ㉣	R형 균
Ⅲ	㉣, ㉤	R형 균

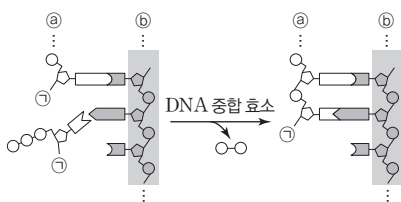
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 조건과 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉡은 병원성이 있다.
- ㄴ. I에서 S형 균이 R형 균으로 형질 전환되었다.
- ㄷ. ㉣의 기질은 DNA이다.

① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ [23029-0124]

14 그림은 DNA 중합 효소에 의해 DNA 복제가 일어나는 과정의 일부이다. ㉢와 ㉣는 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이며, ㉠은 작용기이다. [23029-0124]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉢는 5' 말단이다.
- ㄴ. ㉠은 수산기(-OH)이다.
- ㄷ. DNA 중합 효소는 당과 인산 사이의 결합 반응에 관여한다.

① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 다음은 100개의 염기쌍으로 구성된 이중 가닥 DNA X에 대한 설명이다. [23029-0125]

- X는 단일 가닥 I과 Ⅱ로 구성되어 있다.
- ㉠과 ㉡은 각각 서로 다른 퓨린 계열 염기 중 하나이다.
- X에서 ㉠의 함량은 27.5%이다.
- I에서  $\frac{㉢}{㉣} = \frac{5}{6}$ 이고, Ⅱ에서  $\frac{㉢}{㉣} = \frac{4}{5}$ 이다.

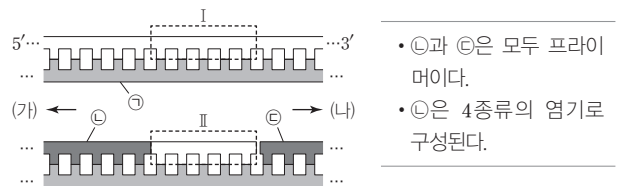
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 아데닌(A)이다.
- ㄴ. I에서 타이민(T)의 개수는 20개이다.
- ㄷ. Ⅱ에서  $\frac{A+C}{G+T} = \frac{9}{11}$ 이다.

① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

16 그림은 어떤 세포에서 복제 중인 이중 가닥 DNA 일부를 나타낸 것이고, 표는 이 DNA에 대한 설명이다. Ⅱ와 ㉠~㉣은 새로 합성된 가닥이며, ㉤은 ㉢보다 먼저 합성되었다. [23029-0126]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. I과 Ⅱ의 염기 서열은 서로 같다.
- ㄴ. ㉢에는 유라실(U)이 있다.
- ㄷ. ㉠의 합성 과정에서 DNA 중합 효소는 (가) 방향으로 이동한다.

① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 17 다음은 DNA 복제에 대한 실험이다.

[23029-0127]

- ①과 ②은 <sup>14</sup>N가 들어 있는 배양액과 <sup>15</sup>N가 들어 있는 배양액을 순서 없이 나타낸 것이다.

[실험 과정]

(가) 모든 DNA가 <sup>14</sup>N와 <sup>15</sup>N 중 하나로 표지된 대장균(G<sub>0</sub>)을 ①에서 배양하여 1세대 대장균(G<sub>1</sub>)을 얻고, G<sub>1</sub>을 ②으로 옮겨 배양하여 2세대 대장균(G<sub>2</sub>), 3세대 대장균(G<sub>3</sub>), 4세대 대장균(G<sub>4</sub>)을 얻는다.

(나) G<sub>1</sub>~G<sub>4</sub>의 DNA를 추출하고 각각 원심 분리하여 상층(<sup>14</sup>N-<sup>14</sup>N), 중층(<sup>14</sup>N-<sup>15</sup>N), 하층(<sup>15</sup>N-<sup>15</sup>N)에 존재하는 이중 나선 DNA의 상대량을 확인한다.

[실험 결과]

- 표는 (나)에서 전체 DNA 중 각각 상층, 중층, 하층에 존재하는 이중 나선 DNA의 비율을 나타낸 것이다.

구분	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
상층	?	?	$\frac{1}{2}$	㉞
중층	0	㉟	$\frac{1}{2}$	?
하층	㉠	?	0	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

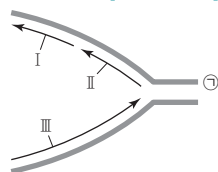
[보기]

- ㄱ. ①은 <sup>15</sup>N가 들어 있는 배양액이다.
- ㄴ. ㉠+㉟+㉡= $\frac{9}{4}$ 이다.
- ㄷ. G<sub>4</sub>를 ①으로 옮겨 배양한 후 얻은 5세대 대장균(G<sub>5</sub>)의 DNA를 추출하여 원심 분리하였을 때, 전체 DNA 중 하층에 있는 DNA의 비율은  $\frac{3}{8}$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

18 그림은 복제 중인 DNA의 일부를 나타낸 것이다. I~III은 새로 합성된 가닥이며, ①은 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.

[23029-0128]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. I과 II의 연결은 DNA 연결 효소에 의해 일어난다.
- ㄴ. III은 선도 가닥이다.
- ㄷ. ①은 3' 말단이다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 다음은 어떤 세포에서 복제 중인 이중 가닥 DNA에 대한 자료이다.

[23029-0129]

- 이중 가닥 DNA를 구성하는 단일 가닥 I은 20개의 염기로 구성되며, 염기 서열은 다음과 같다. ①과 ②은 각각 서로 다른 퓨린 계열 염기 중 하나이다.



- I을 주형으로 하여 지연 가닥이 합성되는 과정에서 가닥 ㉞와 ㉟가 합성되고, ㉟의 염기 개수 =  $\frac{9}{11}$ 이다.
- ㉞는 프라이머 X를, ㉟는 프라이머 Y를 가지고, X와 Y는 각각 4개의 염기로 구성되며, X에서 퓨린 계열 염기의 개수와 피리미딘 계열 염기의 개수는 같다.
- ㉞와 ㉟ 전체에서 X를 제외한 부분에서 5종류의 염기의 개수는 각각 ㉠개, ㉡개, ㉢개 중 하나이고, ㉠+㉡+㉢=9이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[보기]

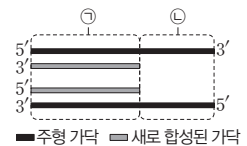
- ㄱ. ①은 아데닌(A)이다.
- ㄴ. ㉞가 ㉟보다 먼저 합성되었다.
- ㄷ. ㉟에서  $\frac{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}}{\text{퓨린 계열 염기의 개수}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 다음은 어떤 세포에서 복제 중인 이중 가닥 DNA X에 대한 자료이다.

[23029-0130]

- 그림은 X가 복제되는 과정 중 ①복제된 부분과 ②복제되지 않은 부분을 나타낸 것이다.



- ①은 새로 합성된 가닥과 그에 대한 상보적인 주형 부분을 포함하며, U은 없다.
- ②의 새로 합성된 가닥에서 A+T 함량은 60%이다.
- ②의 염기 개수는 X의 염기 개수의 30%이다.
- ③에서 G+C 함량은 40%이다.
- ③에서 아데닌(A)의 개수는 180개이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[보기]

- ㄱ. ①의 염기 개수는 1400개이다.
- ㄴ. ③에서  $\frac{\text{사이토신(C)의 개수}}{\text{타이민(T)의 개수}} = \frac{2}{3}$ 이다.
- ㄷ. ①과 ② 모두에서 아데닌(A)의 개수+타이민(T)의 개수 = 1200개이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**01** 표 (가)는 세포 A~C가 가지는 특징을, (나)는 (가)의 특징 중 A~C가 가지는 특징의 개수를 나타낸 것이다. A~C는 대장균, 사람의 간세포, 시금치의 공변세포를 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠~㉢의 크기는 ㉠>㉡>㉢>00이고, ㉠+㉡+㉢=60이다.

[23029-0131]

특징	구분	특징의 개수
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">㉠</span></li> <li>• 엽록체를 갖는다.</li> <li>• 선형의 DNA를 갖는다.</li> <li>• 히스톤 단백질과 결합한 DNA를 갖는다.</li> </ul>	A	㉠
	B	㉡
	C	㉢

(가)

(나)

대장균은 원핵세포이고, 사람의 간세포와 시금치의 공변 세포는 모두 진핵세포이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

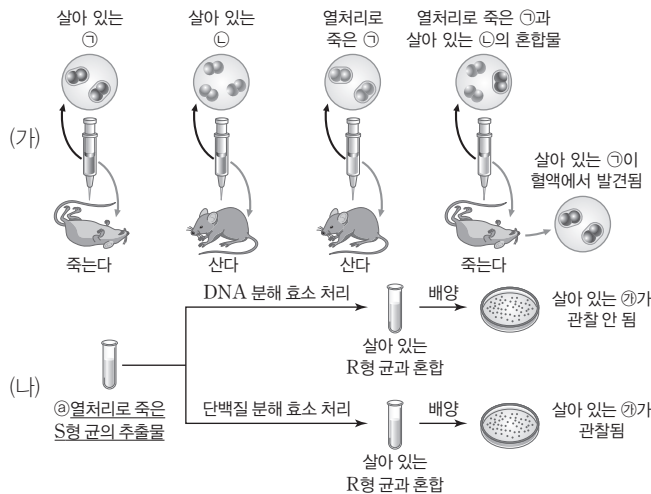
보기

- ㄱ. A의 유전체에는 인트론이 있다.
- ㄴ. C의 유전체에는 오페론이 있다.
- ㄷ. '핵막이 없다.'는 ㉠에 해당한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 그림 (가)는 그리피스가, (나)는 에이버리가 수행한 실험의 일부를 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 R형 균과 S형 균을 순서 없이 나타낸 것이다. ㉢는 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.

[23029-0132]



그리피스는 폐렴을 유발하는 S형 균과 폐렴을 유발하지 않는 R형 균을 이용해 형질 전환 현상을 발견했으며, 에이버리는 그리피스의 실험을 발전시켜 어떤 성분이 형질 전환을 일으키는 지 알아보았다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠과 ㉡는 모두 병원성 세균이다.
- ㄴ. (나)는 (가)보다 먼저 수행되었다.
- ㄷ. ㉢에는 형질 전환을 일으키는 물질이 있다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

대장균 내부로 들어간 파지의 유전 물질은 DNA이다.

A과 G은 퓨린 계열 염기이고 C, T, U은 피리미딘 계열 염기이다.

[23029-0133]

**03** 다음은 DNA가 유전 물질임을 증명한 허시와 체이스 실험의 일부이다. ㉠과 ㉡은 각각  $^{32}\text{P}$ 과  $^{35}\text{S}$  중 하나이다.

[실험 과정]

(가) ㉠과 ㉡으로 각각 표지된 박테리오파지(파지)를 방사성 동위 원소가 없는 배양액에서 배양한 대장균에 각각 감염시킨다.

(나) 일정 시간이 지난 후 (가)를 믹서에 넣어 대장균 표면에 붙어 있는 파지 성분을 분리하고, 믹서에서 처리된 배양액을 원심 분리한다.

(다) (나)에서 얻은 상층액과 침전물의 방사선 검출 여부를 각각 확인한다.

[실험 결과]

표지 물질	구분	방사선 검출 여부
㉠	㉠상층액	검출됨
㉡		검출 안 됨
㉢	㉢침전물	검출 안 됨
㉣		검출됨

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 다른 조건은 동일하다.)

보기

ㄱ. ㉠은  $^{35}\text{S}$ 이다.

ㄴ. ㉠에 대장균이 존재한다.

ㄷ. 방사선이 검출된 ㉢를 방사성 동위 원소가 없는 새로운 배양액에서 배양한 후 원심 분리하여 얻은 침전물에서 방사선이 검출되지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0134]

**04** 그림은 핵산을 구성하는 염기를 나타낸 것이고, 표는 염기 ㉠~㉣의 특징을 나타낸 것이다. X와 Y는 퓨린과 피리미딘을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T), 유라실(U)을 순서 없이 나타낸 것이다.



특징

- ㉠과 ㉢은 X 계열 염기이다.
- ㉠, ㉢, ㉣은 DNA와 RNA에 공통적으로 존재한다.
- 이중 가닥 DNA에서 ㉡과 ㉣ 사이에 2개의 수소 결합이 형성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. ㉠은 아데닌(A)이다.

ㄴ. 이중 가닥 DNA의  $\frac{㉡+㉣}{㉠+㉢} = 1$ 이다.

ㄷ. ㉣은 Y 계열 염기이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



05 다음은 DNA 복제의 3가지 가설과 DNA 복제에 대한 실험이다.

[23029-0135]

〈DNA 복제의 3가지 가설〉

[실험 과정]

(가) 대장균을  $^{15}\text{N}$ 가 들어 있는 배지에서 여러 세대 배양하여  $^{15}\text{N}$ 가 포함된 DNA를 갖는 대장균( $G_0$ )을 얻는다.

(나)  $G_0$ 을  $^{14}\text{N}$ 가 들어 있는 배지로 옮겨 한 세대 배양하여 얻은 1세대 대장균( $G_1$ )과 한 세대 더 배양하여 얻은 2세대 대장균( $G_2$ )에서 각각 DNA를 추출하고 고속으로 원심 분리하여 밀도에 따라 DNA를 분리한다.

(다) (나)에서 형성된 DNA 층을 관찰한다.

[예상되는 실험 결과]

보존적 복제 가설은 DNA 전체를 주형으로 하여 새로운 DNA가 합성된다고 설명한다. 반보존적 복제 가설은 DNA의 두 가닥이 풀려 각 가닥을 주형으로 상보적인 가닥이 합성된다고 설명한다. 분산적 복제 가설은 DNA가 작은 조각으로 잘려 각각을 주형으로 복제된 후 다시 연결된다고 설명한다.

가설 I~III에 따라 예상되는 실험 결과로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외의 조건과 DNA 층의 두께, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

가설	$G_1$ 의 DNA 층	$G_2$ 의 DNA 층
ㄱ. 가설 I	E	C
ㄴ. 가설 II	A	D
ㄷ. 가설 III	A	A

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0136]

06 다음은 이중 가닥 DNA I~III에 대한 자료이다.

- I과 II는 200개의 염기쌍으로 구성되어 있고, III은 150개의 염기쌍으로 구성되어 있다.
- I에서 사이토신(C)의 함량은 37.5%이고 ㉠과 ㉡은 자연수이다.
- II에서 퓨린 계열 염기 중 ㉢한 염기의 함량은 30%이다.
- I의  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{㉠}{㉡}$ , II의  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{㉢}{㉣}$ , III의  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{㉤}{㉥}$ 이다.

이중 가닥 DNA에서 아데닌(A)의 수와 타이민(T)의 수가 같고, 구아닌(G)의 수와 사이토신(C)의 수가 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

㉠ ㉡는 구아닌(G)이다.

㉢. I에서 아데닌(A)의 개수는 50개이다.

㉣. 염기 간 수소 결합의 총개수는 II에서가 III에서보다 80개 많다.

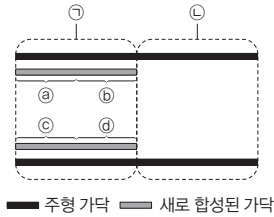
- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**09** 다음은 어떤 세포에서 복제 중인 이중 가닥 DNA X에 대한 자료이다.

[23029-0139]

- 그림은 X가 복제되는 과정 중 ㉠ 복제된 부분과 ㉡ 복제되지 않은 부분을 나타낸 것이다.
- ㉠은 새로 합성된 가닥과 그에 대한 상보적인 주형 부분을 포함한다.
- ㉠~㉡는 새로 합성된 가닥이고, 각각의 염기 개수는 같다.
- ㉠에서 G+C 함량은 40%이고, ㉡에서 A+T 함량은 30%이다.
- ㉡에서 아데닌(A)의 개수는 60개이다.
- ㉡의 염기 개수는 X의 염기 개수의 50%이다.
- ㉠에서  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{35}{63}$  이고, ㉡에서  $\frac{A}{T} = \frac{7}{46}$  이다.
- ㉢에서  $\frac{A}{T} = \frac{32}{33}$  이고, ㉣에서  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{9}{11}$  이다.
- $\frac{\text{㉠에서 C의 개수}}{\text{㉠~㉡에서 C의 총개수}} = \frac{5}{16}$  이고,  $\frac{\text{㉣에서 C의 개수}}{\text{㉠~㉣에서 C의 총개수}} = \frac{1}{4}$  이다.



이중 가닥 DNA에서 A와 T의 비율이 같고(A=T), G와 C의 비율이 같다(G=C).

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

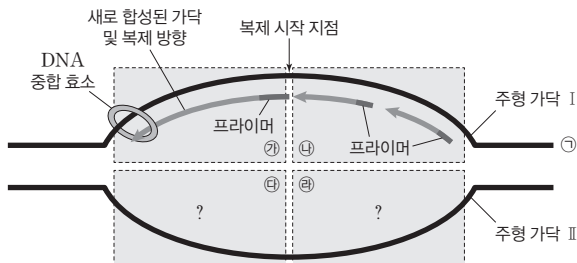
- 보기
- ㄱ. ㉠과 ㉡는 지연 가닥이 형성되는 과정에서 합성된 가닥이다.
  - ㄴ. ㉡에서 사이토신(C)의 개수와 ㉣에서 아데닌(A)의 개수의 합은 71개이다.
  - ㄷ. X에서  $\frac{A+T}{G+C} = \frac{3}{7}$  이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** 그림은 이중 가닥 DNA에서 복제가 진행 중인 영역 ㉠~㉣을 나타낸 것이다. ㉠에서 새로 합성된 가닥은 선도 가닥이며, ㉡와 ㉣에는 새로 합성된 가닥을 나타내지 않았다. ㉠은 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.

[23029-0140]

복제 시작 지점은 DNA가 복제되기 위해 이중 가닥이 단일 가닥으로 서로 분리되기 시작하는 특정 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 5' 말단이다.
  - ㄴ. ㉡와 ㉣ 중 ㉡와 동일한 방식으로 복제가 진행되는 영역은 ㉣이다.
  - ㄷ. ㉡에서 복제 시 DNA 중합 효소는 II의 3' → 5' 방향으로 이동한다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 체크

- **알칼톤뇨증**: 물질대사 과정 중 타이로신을 분해하는 효소에 결함이 있어, 체내에 알칼톤(호모켄티신산)이 축적되어 갈색 오줌으로 배출되는 질환이다.
- **최소 배지**: 야생형 미생물의 생장에 필수적인 영양 물질을 최소로 갖춘 배지이다.
- **야생형**: 생물의 자연 집단 중 가장 높은 빈도로 볼 수 있는 유전자나 생물이다.

1. DNA에서 유전 정보가 있는 특정 부분을 ( ) 라고 한다.
2. 비들과 테이텀의 실험에서 각 돌연변이주가 최소 배지에서 생존하지 못하는 것은 아르지닌 합성의 어느 한 단계에 관여하는 ( )가 합성되지 않기 때문이다.
3. 붉은빵곰팡이의 아르지닌 합성 경로는 전구 물질 → 오르니틴 → ( ) → 아르지닌이다.
4. 비들과 테이텀의 실험에서 붉은빵곰팡이의 영양 요구성 돌연변이주는 ( )이 첨가된 최소 배지에서 모두 자란다.

※ ○ 또는 ×

5. 비들과 테이텀의 실험에서 붉은빵곰팡이의 포자에 쪼인 X선 또는 자외선은 돌연변이를 유발한다. ( )

정답

1. 유전자
2. 효소
3. 시트룰린
4. 아르지닌
5. ○

1 유전자와 단백질

(1) 유전자의 기능

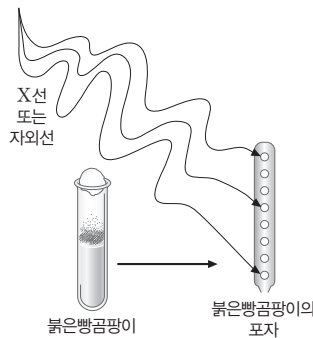
- ① 유전 정보가 있는 DNA의 특정 부분을 유전자라고 하며, 유전자로부터 유전 형질이 나타나기까지의 과정을 유전자 발현이라고 한다.
- ② 개로드의 알칼톤뇨증 연구: 의학자인 개로드는 1900년대 초 알칼톤뇨증은 유전병이며, 알칼톤뇨증 환자는 알칼톤을 분해하는 효소를 만드는 능력을 물려받지 못했다고 생각했다. 이를 토대로 유전자가 화학 반응의 촉매 역할을 하는 효소를 만들어 냄으로써 유전 형질을 나타낼 것이라는 가설을 처음으로 제안하였다.
- ③ 비들과 테이텀의 붉은빵곰팡이 실험: 1941년 비들과 테이텀은 붉은빵곰팡이의 아미노산 합성에 관한 실험으로 유전자가 특정 효소 생성을 결정한다는 사실을 확인함으로써, 유전자가 효소를 합성하게 하여 특정한 화학 반응을 촉매한다는 것을 최초로 증명하였다.

탐구자료 살펴보기 비들과 테이텀의 붉은빵곰팡이 실험

붉은빵곰팡이의 야생형은 최소 배지에서 아르지닌을 합성하면서 자란다. 붉은빵곰팡이의 영양 요구성 돌연변이주는 최소 배지에서는 살지 못하고 특정 물질을 첨가해야만 자랄 수 있다.

과정

- (가) 붉은빵곰팡이의 포자에 X선 또는 자외선을 쬐어 세 가지의 영양 요구성 돌연변이주 I ~ III형을 만들었다.  
 (나) 최소 배지와 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 중 하나를 첨가한 각각의 배지에서 붉은빵곰팡이 야생형과 영양 요구성 돌연변이주 I, II, III형의 성장 여부를 확인하였다.



배지	최소 배지	최소 배지 + 오르니틴	최소 배지 + 시트룰린	최소 배지 + 아르지닌
균주형				
야생형	자람	자람	자람	자람
돌연변이주	I형	자람	자람	자람
	II형	자람	자람	자람
	III형	자람	자람	자람

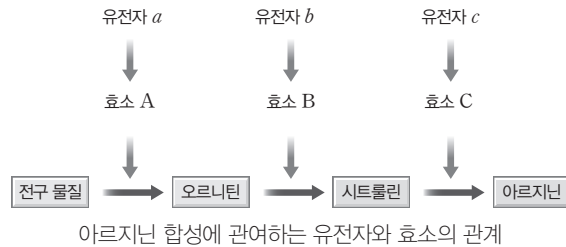
결과

- ① 야생형은 최소 배지, 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌이 각각 첨가된 배지에서 자랐다.
- ② 돌연변이주 I형은 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌이 각각 첨가된 배지에서 자랐다.
- ③ 돌연변이주 II형은 최소 배지에 시트룰린, 아르지닌이 각각 첨가된 배지에서 자랐다.
- ④ 돌연변이주 III형은 최소 배지에 아르지닌이 첨가된 배지에서 자랐다.

point

• 각 돌연변이주가 최소 배지에서 생존하지 못하는 것은 아르지닌 합성의 어느 한 단계에 관여하는 효소와 관련된 유전자에 돌연변이가 일어났기 때문이다.

(2) **1유전자 1효소설**: [탐구자료 살펴보기]에서 돌연변이주 I 형은 유전자 *a*, 돌연변이주 II 형은 유전자 *b*, 돌연변이주 III 형은 유전자 *c*에 돌연변이가 생겨 각각 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌을 합성하는 단계에 이상이 생긴 것이다. 각 돌연변이주에서 아르지닌 합성 과정에 관여하는 하나의 효소를 암호화하는 유전자에 돌연변이가 일어났다고 가정하여, 비들과 테이텀은 하나의 유전자는 한 가지 효소 합성에 관한 정보를 갖는다는 1유전자 1효소설을 주장하였다.

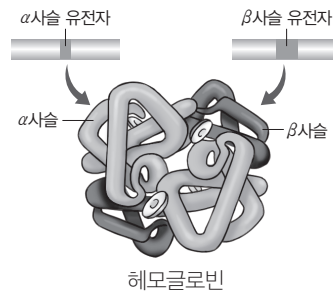


(3) **1유전자 1단백질설**: 유전자가 효소뿐만 아니라 효소 이외의 단백질 합성에도 관여하는 것으로 알려지면서, 하나의 특정 유전자는 한 가지 특정 단백질 합성에 관여한다는 1유전자 1단백질설로 발전하였다.

- 하나의 유전자에 의해 합성되는 단백질로는 인슐린과 케라틴 등이 있다.

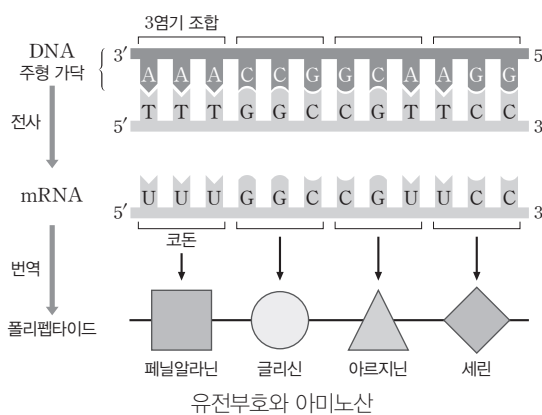
(4) **1유전자 1폴리펩타이드설**: 2종류 이상의 폴리펩타이드로 구성된 단백질이 발견되면서, 하나의 특정 유전자는 한 가지 폴리펩타이드 합성에 관여한다는 1유전자 1폴리펩타이드설로 발전하였다.

- 2종류 이상의 폴리펩타이드로 구성된 단백질로는 헤모글로빈 등이 있다.



## 2 유전 정보의 흐름

(1) **유전부호**: DNA의 염기는 4종류(A, G, C, T)이지만, 단백질을 구성하는 아미노산은 20종류이다. 각각의 아미노산을 암호화하는데 염기가 3개씩 사용되어 AAA, AAG, AAC, AAT……같은 유전부호를 만들면 모두  $64(=4^3)$ 종류의 암호가 가능해 20종류의 아미노산을 지정하기에 충분하다. 실제로 3개의 염기가 한 조가 되어 암호 단위를 형성하여 20종류의 아미노산에 대한 정보를 암호화하는 것이 밝혀졌다.



### 개념 체크

● **헤모글로빈**: 헤모글로빈은 적혈구에서 산소를 운반하는 단백질로 2종류의 폴리펩타이드로 구성된다. 헤모글로빈을 구성하는 2종류의 폴리펩타이드는 서로 다른 유전자에 의해 합성된다.

1. 비들과 테이텀은 하나의 유전자는 한 가지 효소 합성에 관한 정보를 갖는다는 1유전자 ( )을 주장하였다.
2. 1유전자 ( )에 의하면 하나의 특정 유전자는 한 가지 특정 단백질 합성에 관여한다.
3. 1유전자 1단백질설 이후 2종류 이상의 폴리펩타이드로 구성된 단백질이 발견되면서 하나의 특정 유전자는 한 가지 폴리펩타이드 합성에 관여한다는 1유전자 ( )로 발전하였다.
4. DNA를 구성하는 염기의 종류는 ( )종류이고, 아미노산의 종류는 ( )종류이다.

※ ○ 또는 ×

5. DNA에서 연속된 염기 3개가 한 조를 이루어 각각의 아미노산을 지정하는 유전 암호 단위가 된다. ( )

#### 정답

1. 1효소설
2. 1단백질설
3. 1폴리펩타이드설
4. 4, 20
5. ○

## 개념 체크

● 세포질: 핵과 세포막을 제외한 세포의 모든 부위를 포괄하며, 세포 소기관이 존재하는 장소이다.

● 프로모터: RNA 중합 효소가 결합하는 DNA의 특정한 염기 서열이다.

1. ( )은 DNA의 3염기 조합에서 전사된 mRNA 상의 3개의 염기로 이루어진 유전부호이다.

2. 유전 정보의 중심 원리에서 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되는 것을 ( )라고 하며, mRNA의 유전 정보에 따라 ( )가 합성되는 것을 번역이라고 한다.

3. 전사 과정에서 RNA 중합 효소가 DNA의 ( )에 결합하고 DNA의 이중 가닥이 풀어지면 전사를 시작한다.

4. 전사 과정에서 합성되는 RNA는 ( )' → ( )' 방향으로 신장된다.

※ ○ 또는 ×

5. DNA의 3염기 조합이 TTT라면 이 염기에서 전사된 mRNA의 코돈은 AAA이다. ( )

## 정답

1. 코돈
2. 전사, 폴리펩타이드
3. 프로모터
4. 5, 3
5. ○

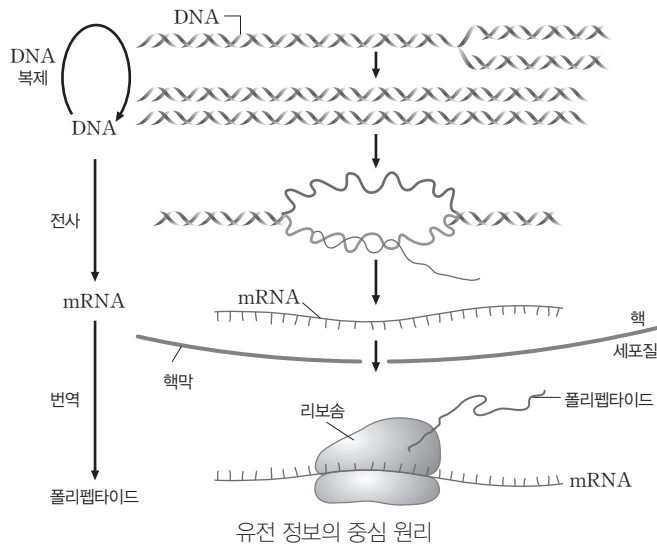
① 3염기 조합: 연속된 3개의 염기로 된 DNA의 유전부호이다.

② 코돈: DNA의 3염기 조합에서 전사된 mRNA 상의 3개의 염기로 이루어진 유전부호이다. DNA의 3염기 조합에 대해 상보적인 염기 서열로 되어 있다.

## (2) 중심 원리

① 유전 물질인 DNA는 복제되며, 형질이 발현될 때 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되고, 이 mRNA가 세포질에서 폴리펩타이드 합성에 이용된다는 유전 정보의 흐름에 대한 이론이다.

② 유전자의 발현 과정에서 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되는 것을 전사라고 하며, mRNA의 유전 정보에 따라 폴리펩타이드가 합성되는 것을 번역이라고 한다.



## 3 전사

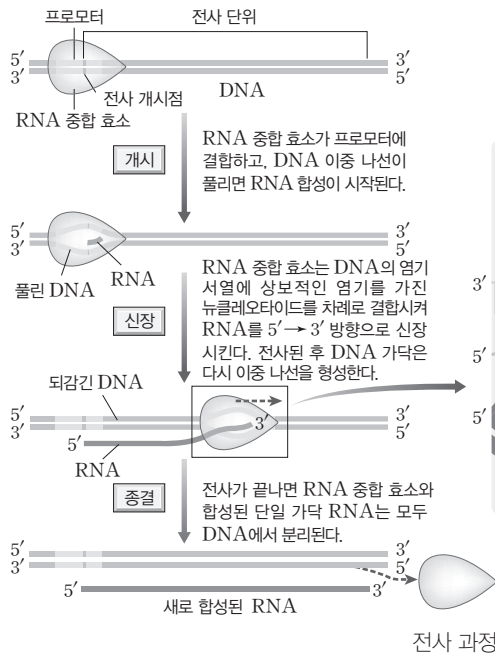
(1) 유전 정보의 전사: 유전자 발현의 첫 단계로 DNA에 저장되어 있던 유전 정보가 RNA로 옮겨지는 과정이다.

## (2) 전사 과정

① 개시: 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하고 DNA의 이중 가닥이 풀어지면, 한쪽 가닥을 주형으로 전사를 시작한다. DNA 복제 과정과 달리 프라이머를 필요로 하지 않는다.

② 신장: RNA 중합 효소는 DNA를 풀어가며 주형 가닥의 3' → 5' 방향으로 이동하면서 주형 가닥과 상보적인 뉴클레오타이드를 연결시켜 RNA를 합성한다. 이때 RNA는 합성되는 가닥의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드가 첨가되면서 5' → 3' 방향으로 신장된다.

③ 종결: RNA 중합 효소가 종결 신호에 도달하면 RNA 중합 효소와 합성된 단일 가닥 RNA는 모두 DNA에서 떨어져 나와 전사가 종결된다.



### 개념 체크

● RNA 중합 효소: RNA 합성을 촉매하는 효소이다.

1. RNA 중합 효소는 신장되고 있는 RNA 가닥의 ( )' 말단에 새로운 ( )를 연결시켜 RNA를 합성한다.

※ ○ 또는 ×

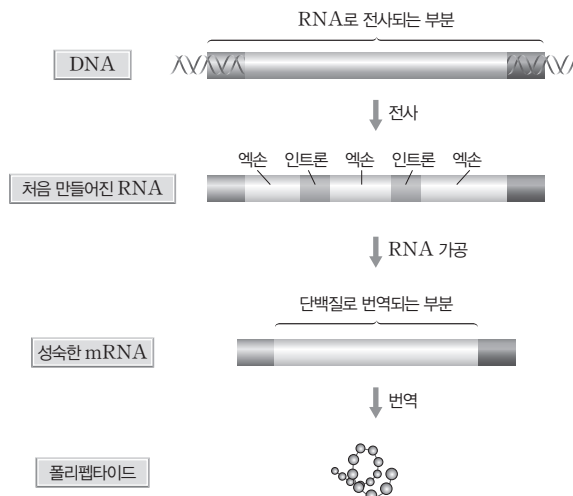
2. 진핵세포는 핵 안에서 전사가 일어난다. ( )

3. 전사 개시 과정에서 프라이머가 이용된다. ( )

4. 전사 개시 과정에서 단일 가닥으로 풀린 DNA의 두 가닥 중 한 가닥은 주형 가닥으로 이용된다. ( )



### 과학 돋보기 | 진핵세포의 mRNA 가공



- 진핵세포에서 전사 과정의 결과로 처음 만들어진 RNA의 정보가 그대로 단백질로 번역되는 것은 아니다.
- 전사된 유전자 영역에서 많은 부분은 절단되어 제거되는데, 이를 RNA 가공 과정이라고 한다.
- 하나의 유전자 안에는 단백질 정보가 들어 있는 부위인 엑손과 단백질 정보가 들어 있지 않은 부위인 인트론이 있어 하나의 유전자가 여러 개의 DNA 부분으로 구성되는 경우가 많다.
- RNA로 전사된 유전자 영역은 대부분의 경우 인트론과 엑손이 교대로 나열되어 있다.
- 인트론은 처음 만들어진 RNA의 가공 과정에서 잘려 나간다. 인트론이 잘려 나가 엑손만으로 만들어진 mRNA가 최종적으로 단백질로 번역되는 부분을 포함한다.
- 세균의 유전자에는 인트론이 존재하지 않으며, 전사된 RNA가 그대로 단백질로 번역된다.

#### 정답

3. (리보)뉴클레오타이드
- 
- ×
-

## 개념 체크

● 개시 코돈: AUG이며, 메싸이오닌을 지정한다. 따라서 리보솜에서 합성되는 폴리펩타이드의 첫 번째 아미노산은 메싸이오닌이다.

1. 64종류의 코돈 중 ( ) 종류는 각각 특정 아미노산을 지정한다.
2. 개시 코돈인 AUG는 아미노산인 ( )을 지정한다.
3. 종결 코돈에는 UAA, UAG, ( )가 있다.

※ ○ 또는 ×

4. 64종류의 코돈은 모두 아미노산을 지정한다. ( )

## 4 번역

mRNA의 유전 정보에 따라 리보솜에서 폴리펩타이드가 합성되는 과정이다.

## (1) 유전부호 해독

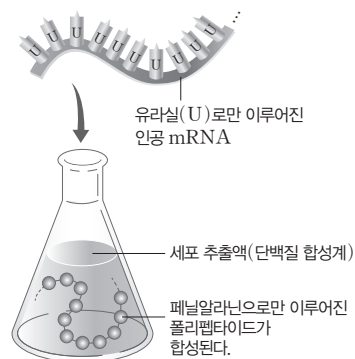
- ① 1961년 니런버그는 유라실(U)로만 이루어진 합성 mRNA로부터 페닐알라닌 한 종류만이 포함된 폴리펩타이드를 합성하였다. 같은 방법으로 아데닌(A)으로만 이루어진 합성 mRNA로부터는 라이신 한 종류만이 포함된 폴리펩타이드를 합성하였다.
- ② 그 후 여러 과학자들에 의해 유사한 방법으로 연구가 진행되어 각 mRNA 유전부호에 대한 아미노산이 모두 결정되었다.
- ③ 64종류의 코돈 가운데 61종류는 각각 특정 아미노산을 지정하는데, 그중 AUG는 메싸이오닌을 지정하며, 개시 코돈 역할도 한다. 나머지 3종류(UAA, UAG, UGA)는 종결 코돈이며, 아미노산을 지정하지 않는다.
- ④ 코돈 하나는 아미노산 하나만을 지정하지만, 하나의 아미노산을 암호화하는 코돈은 하나 이상 존재한다.

## 탐구자료 살펴보기 유전부호의 해독 실험

## 과정

(가) 대장균으로부터 mRNA 이외에 단백질 합성에 필요한 물질(단백질 합성계)을 추출한다.

(나) 단백질 합성계에 유라실(U)로만 이루어진 인공 mRNA(5'-UUUUUUUU...-3'), 아데닌(A)으로만 이루어진 인공 mRNA(5'-AAAAAAAAA...-3'), 사이토신(C)으로만 이루어진 인공 mRNA(5'-CCCCCCCC...-3')를 각각 넣고 합성되는 폴리펩타이드를 조사한다.



## 결과

유라실(U)로만 이루어진 인공 mRNA를 넣었을 때는 페닐알라닌으로만, 아데닌(A)으로만 이루어진 인공 mRNA를 넣었을 때는 라이신으로만, 사이토신(C)으로만 이루어진 인공 mRNA를 넣었을 때는 프롤린으로만 이루어진 폴리펩타이드가 합성되었다.

## point

• UUU는 페닐알라닌, AAA는 라이신, CCC는 프롤린을 지정함을 알 수 있다.

## 정답

1. 61
2. 메싸이오닌
3. UGA
4. ×





과학 돋보기 | 코돈표

		두 번째 염기				
		U	C	A	G	
첫 번째 염기	U	UUU 페닐알라닌 UUC UUA 류신 UUG	UCU 세린 UCC UCA UCG	UAU 타이로신 UAC UAA 종결 코돈 UAG 종결 코돈	UGU 시스테인 UGC UGA 종결 코돈 UGG 트립토판	U C A G
	C	CUU 류신 CUC CUA CUG	CCU 프롤린 CCC CCA CCG	CAU 히스티딘 CAC CAA 글루타민 CAG	CGU 아르지닌 CGC CGA CGG	U C A G
	A	AUU 아이소류신 AUC AUA AUG (메싸이오닌 (개시 코돈))	ACU 트레오닌 ACC ACA ACG	AAU 아스파라긴 AAC AAA 라이신 AAG	AGU 세린 AGC AGA 아르지닌 AGG	U C A G
	G	GUU 발린 GUC GUA GUG	GCU 알라닌 GCC GCA GCG	GAU 아스파르트산 GAC GAA 글루탐산 GAG	GGU 글리신 GGC GGA GGG	U C A G

• 유전부호는 세균에서 사람에 이르기까지 지구상의 거의 모든 생명체에서 동일하게 사용된다.

개념 체크

● **안티코돈:** 리보솜이 관여하는 폴리펩타이드 합성 과정에서 mRNA의 코돈에 상보적으로 결합하는 tRNA에 있는 3개 염기의 조합이다.

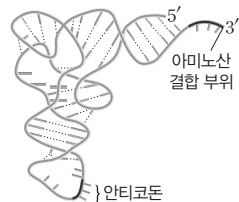
- mRNA의 코돈 ( ) 와 서로 상보적으로 대응하는 tRNA의 안티코돈은 5'-UCG-3'이다.
- 리보솜은 ( ) 와 단백질로 이루어져 있다.
- 리보솜의 대단위체에서 아미노산이 붙어 있는 tRNA가 결합하는 자리를 A 자리, 신장되는 폴리펩타이드가 붙어 있는 tRNA가 결합하는 자리를 ( ) 자리라고 한다.

※ ○ 또는 ×

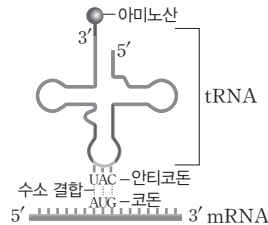
- tRNA의 3' 말단에 아미노산이 결합한다. ( )
- 리보솜의 소단위체에는 mRNA 결합 부위가 있다. ( )

(2) 폴리펩타이드 합성 기구

- mRNA: 폴리펩타이드 합성 시 리보솜과 결합하여 mRNA-리보솜 복합체를 형성한다. 코돈은 3개의 염기가 한 조가 되어 하나의 아미노산을 지정하며, 종결 코돈은 아미노산을 지정하지 않는다.
- tRNA: 3개의 염기로 된 안티코돈이 있어 mRNA의 코돈과 서로 상보적으로 대응하고, 안티코돈에 따라 특정 아미노산이 3' 말단의 아미노산 결합 부위에 결합된다.



tRNA의 입체 모형



tRNA의 평면 모형

③ 리보솜

- rRNA(리보솜 RNA)와 단백질로 이루어져 있으며, mRNA에 저장되어 있는 유전 정보에 따라 폴리펩타이드를 합성한다.
- rRNA는 대부분 핵 속의 인에서 전사되며, 단백질과 결합하여 리보솜의 각 단위체(대단위체와 소단위체)가 만들어진 후 세포질로 이동한다.
- 리보솜의 소단위체에는 mRNA 결합 부위가 있다.
- 리보솜의 대단위체에는 아미노산이 붙어 있는 tRNA 결합 자리(A 자리), 신장되는 폴리펩타이드가 붙어 있는 tRNA 결합 자리(P 자리), tRNA가 빠져나가기 전에 잠시 머무는 자리(E 자리)가 있다.

정답

- CGA
- rRNA
- P
- 
-

개념 체크

● 폴리펩타이드: 펩타이드 결합으로 여러 개의 아미노산이 연결된 물질이다.

1. 번역 과정 중 개시 코돈 AUG 에는 아미노산 ( )이 붙어 있는 tRNA가 결합한다.

2. 번역 개시 과정에서 리보솜 대단위체가 소단위체와 결합하여 완전한 리보솜을 이룰 때 개시 tRNA는 리보솜의 ( ) 자리에 위치한다.

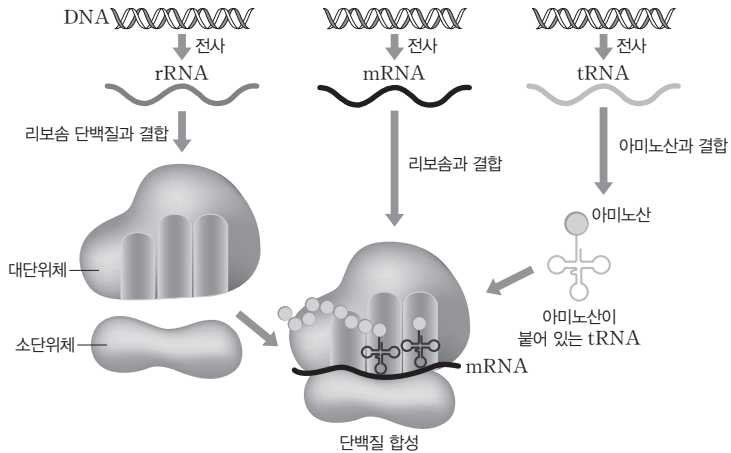
3. 단백질 합성 과정에서 코돈의 염기와 안티코돈의 염기 사이에는 ( ) 결합이 형성된다.

※ ○ 또는 ×

4. 리보솜은 mRNA의 5' → 3' 방향으로 하나의 코돈만큼씩 이동한다. ( )



과학 돋보기 | RNA의 종류와 기능



- rRNA는 리보솜 단백질과 함께 리보솜을 형성한다.
- mRNA는 세포질의 리보솜과 결합하여 단백질 합성에 필요한 유전 정보를 전달한다.
- tRNA는 아미노산을 단백질 합성이 진행되는 리보솜으로 운반하는 기능을 한다.

(3) 폴리펩타이드 합성 과정

① 개시

- Ⓐ mRNA와 리보솜 소단위체가 결합한다.
- Ⓑ 개시 tRNA의 결합: mRNA의 개시 코돈(AUG)에 메싸이오닌(Met)이 붙어 있는 개시 tRNA가 결합한다.
- Ⓒ 리보솜 대단위체 결합: 리보솜 대단위체가 결합하여 완전한 리보솜을 만든다. 이때 개시 tRNA는 리보솜 대단위체의 P 자리에 위치한다.

② 신장

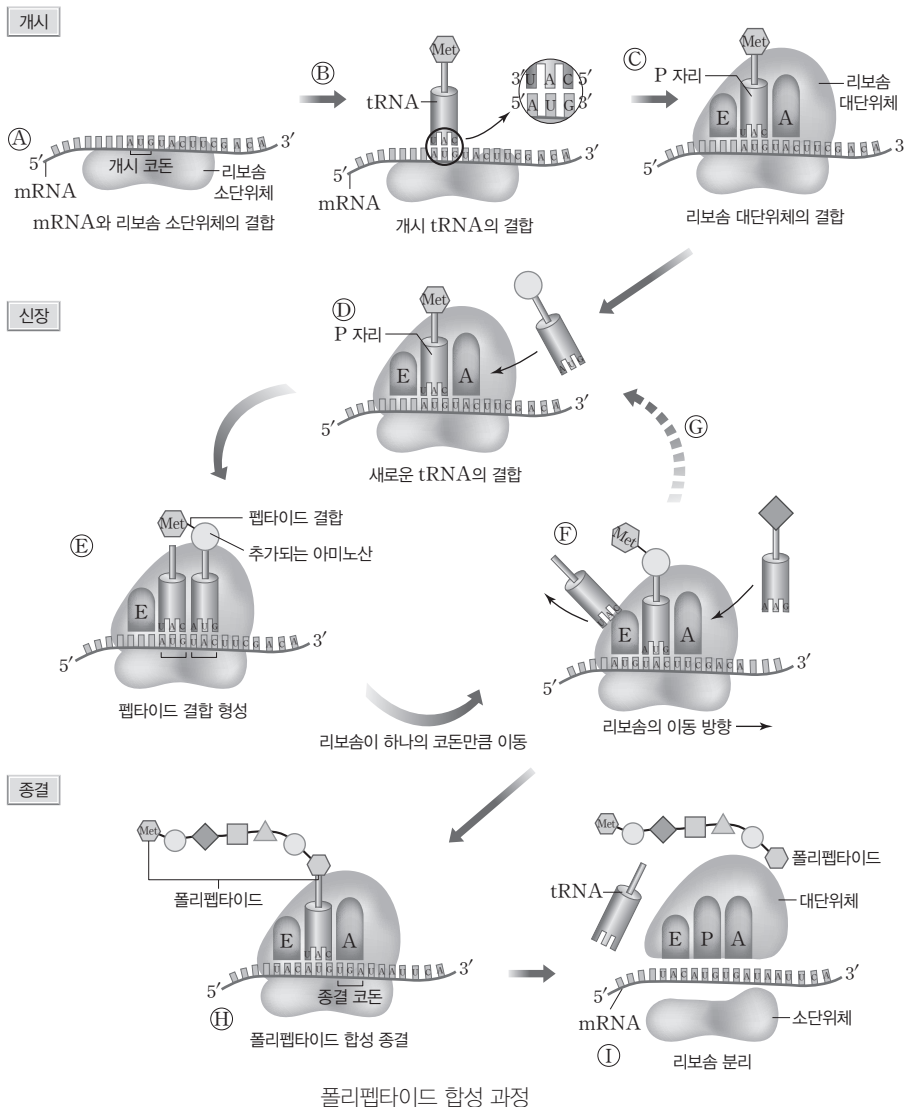
- Ⓓ 새로운 tRNA의 결합: 아미노산이 붙어 있는 새로운 tRNA가 리보솜의 A 자리로 들어와 tRNA의 안티코돈이 mRNA의 코돈과 수소 결합을 한다.
- Ⓔ 펩타이드 결합 형성: P 자리에 있던 메싸이오닌이 tRNA와 분리되고, A 자리로 들어온 아미노산과 펩타이드 결합을 형성한다.
- Ⓕ 리보솜 이동: 리보솜이 mRNA를 따라 하나의 코돈만큼 5' → 3' 방향으로 이동하면 P 자리에 있던 개시 tRNA가 E 자리로 옮겨진 후 리보솜에서 떨어져 나가고, A 자리에 있던 tRNA가 P 자리에 위치한다.
- Ⓖ ①~③ 과정이 반복되면서 폴리펩타이드 사슬의 길이가 길어진다.

정답

- 1. 메싸이오닌
- 2. P
- 3. 수소
- 4. ○

③ 종결

- ㉠ 폴리펩타이드 합성 종결: 리보솜의 A 자리가 mRNA의 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에 이르면 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA가 없어 폴리펩타이드 합성이 종결된다.
- ㉡ 리보솜 분리: 폴리펩타이드 합성이 종결되면 리보솜은 각각의 단위체로 분리되고, mRNA, tRNA도 분리되면서 만들어진 폴리펩타이드 사슬이 방출된다.



- ④ 합성된 폴리펩타이드는 접혀서 고유한 입체 구조를 나타내며, 세포 내 기능에 따라 핵과 세포 소기관 등으로 이동하여 효소, 수송체, 구조 단백질 등 자신이 담당하는 고유한 기능을 수행한다.

개념 체크

● **종결 코돈:** mRNA가 번역될 때, 3개의 염기로 이루어진 코돈 중에서 대응되는 안티코돈을 가진 tRNA가 없어 번역 과정이 더 이상 진행되지 못하고 중단되게 만드는 코돈이다.

1. 메싸이오닌(Met)을 운반하는 tRNA의 안티코돈은 5'-( )-3'이다.
2. 번역 개시 과정에서 mRNA는 리보솜의 단위체 중 ( )와 처음으로 결합한다.

※ ○ 또는 ×

3. 폴리펩타이드 합성이 종결되면 리보솜은 소단위체와 대단위체로 분리된다. ( )
4. mRNA의 코돈 UAA와 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA는 있다. ( )

정답

1. CAU
2. 소단위체
3. ○
4. ×

개념 체크

● 유전 정보의 전달: DNA → RNA → 폴리펩타이드 순으로 전달된다.

1. ( )은 mRNA에 리보솜이 여러 개 붙어 있는 것을 의미한다.

2. ( )은 DNA의 유전 정보를 이용하여 단백질을 만드는 과정이다.

※ ○ 또는 ×

3. 하나의 mRNA에 여러 개의 리보솜이 동시에 결합하여 폴리펩타이드를 합성할 수 있다. ( )

4. 진핵세포의 핵 안에서 합성된 mRNA는 핵공을 통해 세포질로 이동한다. ( )

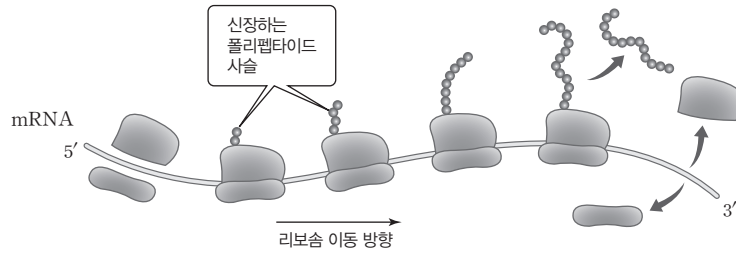
5. 진핵세포의 핵 안에서 리보솜에 의한 번역 과정이 일어난다. ( )

정답

- 1. 폴리솜
- 2. 유전자 발현
- 3. ○
- 4. ○
- 5. ×



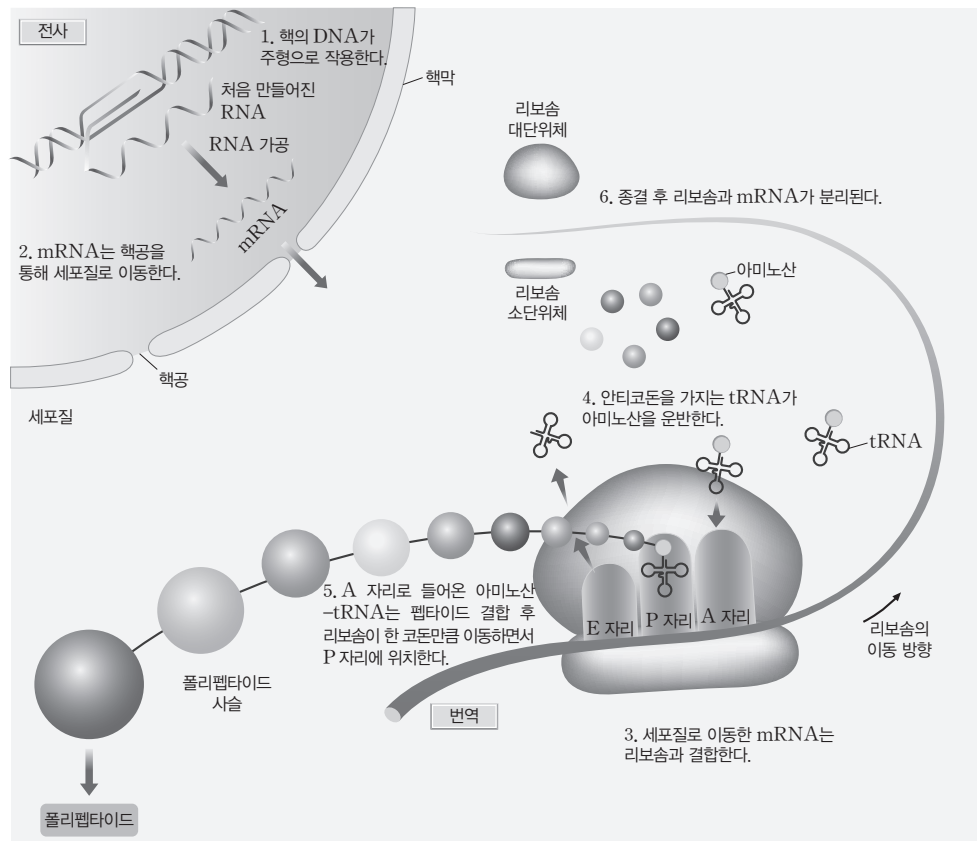
과학 돋보기 | 폴리솜



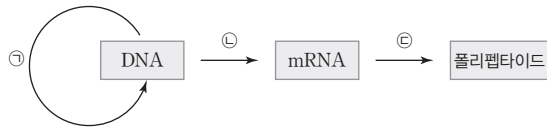
- 단백질이 합성될 때 리보솜이 개시 코돈을 벗어나면 새로운 리보솜이 mRNA에 결합할 수 있다.
- 하나의 mRNA에 리보솜이 여러 개 결합하여 폴리펩타이드를 합성하면 단시간에 많은 양을 합성할 수 있다.
- mRNA에 리보솜이 여러 개 붙어 있는 것을 폴리솜이라고 한다.

5 진행생물의 유전자 발현 과정

유전자 발현은 DNA의 유전 정보를 이용하여 생명 활동에 필요한 단백질을 만드는 과정이다. DNA의 유전 정보는 먼저 mRNA로 전사되어 코돈 단위의 정보를 만든다. mRNA의 코돈 정보는 리보솜에서 tRNA가 운반해 온 아미노산을 순차적으로 결합시켜 폴리펩타이드 사슬을 만든다.



**01** [23029-0141] 그림은 진핵세포에서 일어나는 유전 정보의 중심 원리를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 번역, 전사, DNA 복제 중 하나이다.



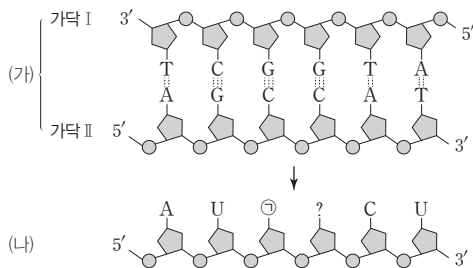
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 전사이다.
- ㄴ. 핵에서 ㉠과 ㉡이 모두 일어난다.
- ㄷ. ㉢ 과정에서 아미노산 사이의 펩타이드 결합이 형성된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** [23029-0142] 그림은 어떤 DNA와 이로부터 전사된 mRNA를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 DNA와 mRNA 중 하나이고, ㉠은 염기이다.



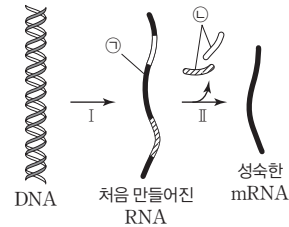
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염기 서열 이외의 염기와 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 구아닌(G)이다.
- ㄴ. (나)에는 리보스가 있다.
- ㄷ. (가)에서 전사 주형 가닥은 가닥 I이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** [23029-0143] 그림은 진핵세포에서 핵에 있는 DNA로부터 mRNA가 합성되는 과정을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 엑손과 인트론 중 하나이다.



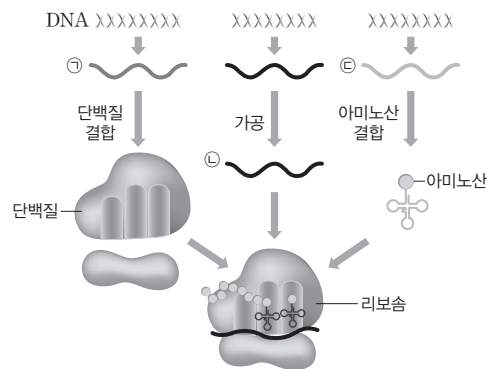
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 과정 I에 RNA 중합 효소가 관여한다.
- ㄴ. 과정 II는 세포질에서 일어난다.
- ㄷ. ㉡은 엑손이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [23029-0144] 그림은 RNA ㉠~㉣이 합성되는 과정과 폴리펩타이드 합성 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 mRNA, rRNA, tRNA를 순서 없이 나타낸 것이다.



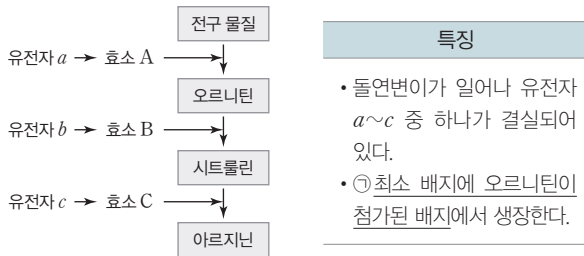
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 rRNA이다.
- ㄴ. ㉡에는 개시 코돈이 있다.
- ㄷ. ㉢에는 아미노산 결합 부위가 있다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [23029-0145] 그림은 붉은빵곰팡이에서 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 붉은빵곰팡이 돌연변이주 I의 특징을 나타낸 것이다.

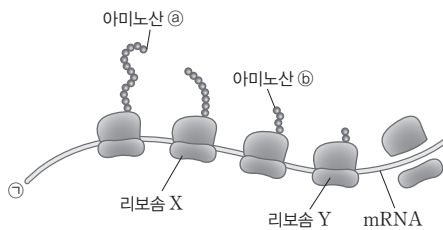


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. 돌연변이주 I은 유전자 a에 돌연변이가 일어났다.
  - ㄴ. 유전자 b가 결실된 돌연변이주를 ㉠에서 배양하면 성장한다.
  - ㄷ. 효소 C에는 시트룰린이 결합하는 활성 부위가 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** [23029-0146] 그림은 어떤 세포에서 한 유전자로부터 폴리펩타이드가 합성되는 과정 중 형성되는 복합체를 나타낸 것이다. ㉠은 5' 말단과 3' 말단 중 하나이고, 아미노산 ㉡와 ㉢는 각 폴리펩타이드의 말단에 위치한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 5' 말단이다.
  - ㄴ. ㉡와 ㉢의 종류는 같다.
  - ㄷ. X는 Y보다 먼저 mRNA에 결합하였다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [23029-0147] 표는 어떤 DNA를 구성하는 두 가닥에서 각각의 염기 조성 비율과 이 DNA 중 한 가닥으로부터 전사된 mRNA의 염기 조성 비율을 나타낸 것이다. I~III은 각각 DNA 이중 나선의 각 가닥과 전사된 mRNA 중 하나이고, ㉠~㉣은 서로 다른 종류의 염기이다.

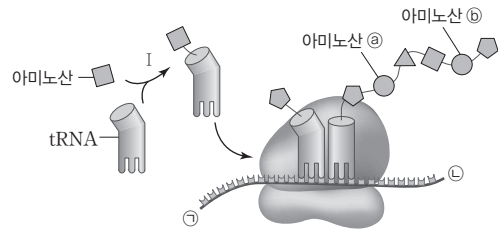
구분	염기 조성 비율(%)					계
	A	㉠	G	㉡	㉣	
I	25	0	35	30	10	100
II	10	0	30	?	㉢	100
III	25	10	?	㉣	0	100

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, I~III에서 뉴클레오타이드의 수는 같고, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 유라실(U)이다.
  - ㄴ. ㉢+㉣=55이다.
  - ㄷ. mRNA가 합성될 때 주형으로 사용된 가닥은 I이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** [23029-0148] 그림은 어떤 진핵세포에서 번역이 일어나는 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.

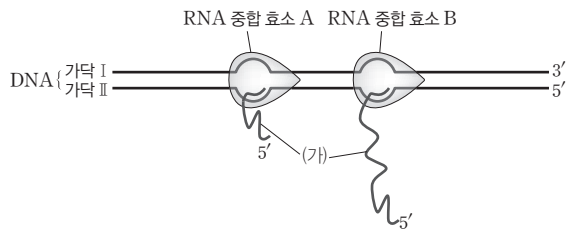


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 과정 I에서 아미노산은 tRNA의 5' 말단에 결합한다.
  - ㄴ. 리보솜은 ㉡에서 ㉠ 방향으로 이동한다.
  - ㄷ. ㉢는 ㉣보다 먼저 폴리펩타이드 사슬에 결합하였다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**09** [23029-0149] 그림은 어떤 세포에서 DNA로부터 mRNA가 합성되는 과정의 일부를 나타낸 것이다. (가)는 mRNA이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 가닥 I에는 유라실(U)이 있다.
- ㄴ. A는 B보다 먼저 프로모터에 결합했다.
- ㄷ. 가닥 II에는 (가)의 염기 서열과 상보적인 염기 서열이 있다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [23029-0150] 그림은 13개의 뉴클레오타이드로 구성된 인공 합성 mRNA (가)의 염기 서열을, 표는 (가)를 시험관에서 번역시켜 얻은 폴리펩타이드 I~Ⅲ의 아미노산 서열을 나타낸 것이다.

(가): 5'-CCCCCUUGAAAA-3'	
폴리펩타이드	아미노산 서열
I	프롤린-㉠프롤린-류신-라이신
II	프롤린-㉡프롤린
III	프롤린-류신-글루탐산

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 개시 코돈은 고려하지 않으며, UGA는 종결 코돈이다.)

보기

- ㄱ. ㉠과 ㉡을 암호화하는 코돈은 같다.
- ㄴ. 코돈 GAA는 글루탐산을 암호화한다.
- ㄷ. III은 (가)의 5' 말단 3번째 염기부터 번역된 것이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**11** [23029-0151] 표는 어떤 세포의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥의 염기 서열과 이로부터 합성된 폴리펩타이드 (가)의 아미노산 서열을 나타낸 것이다. (가)의 합성은 개시 코돈(AUG)에서 시작하여 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에서 끝난다.

DNA	3'-GGCTTACAAACGGATATGCATTTT-5'
(가)	메싸이오닌-페닐알라닌-알라닌-타이로신-트레오닌

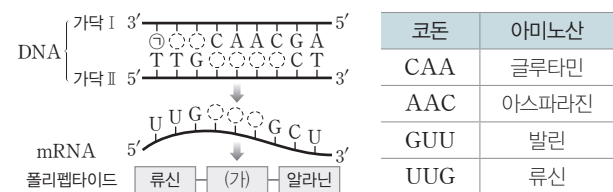
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. (가)에는 5개의 펩타이드 결합이 있다.
- ㄴ. 안티코돈으로 3'-CGG-5'을 갖는 tRNA는 (가)의 3번째 아미노산을 운반할 수 있다.
- ㄷ. (가)가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UGA이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**12** [23029-0152] 그림은 DNA의 유전 정보에 따라 폴리펩타이드가 합성되는 과정을, 표는 유전부호의 일부를 나타낸 것이다. ㉠은 염기, (가)는 아미노산이다.



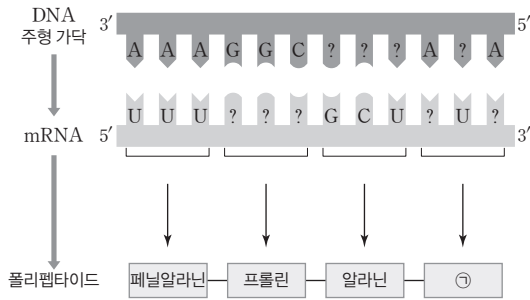
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. (가)는 발린이다.
- ㄴ. ㉠은 퓨린 계열 염기이다.
- ㄷ. 전사 주형 가닥은 가닥 I이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**13** [23029-0153] 그림은 DNA의 유전 정보에 따라 폴리펩타이드가 합성되는 과정을 나타낸 것이다. ㉠은 아미노산이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 페닐알라닌이다.
- ㄴ. 프롤린을 운반하는 tRNA의 안티코돈은 5'-CCG-3'이다.
- ㄷ. 알라닌을 암호화하는 DNA의 3염기 조합은 5'-GCT-3'이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**14** [23029-0154] 표는 인공 합성 mRNA와 이로부터 번역되어 만들어진 폴리펩타이드를 구성하는 아미노산을 나타낸 것이다. ㉡과 ㉢을 암호화하는 코돈에서 3' 말단의 염기만 서로 다르다.

인공 합성 mRNA	폴리펩타이드를 구성하는 아미노산
A로만 이루어진 mRNA	㉠ 라이신
AG가 반복되는 mRNA	아르지닌, ㉡ 글루탐산
AAG가 반복되는 mRNA	㉢ 라이신, 아르지닌, ㉣ 글루탐산

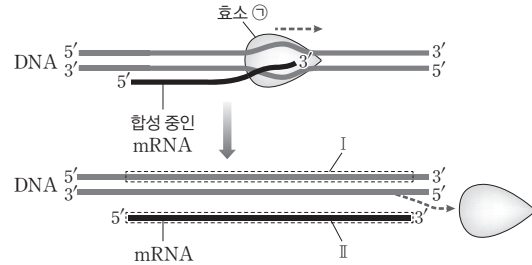
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 개시 코돈과 종결 코돈은 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠을 암호화하는 코돈과 ㉢을 암호화하는 코돈은 같다.
- ㄴ. 코돈에서  $\frac{A}{G}$ 는 ㉡을 암호화하는 코돈에서가 ㉢을 암호화하는 코돈에서보다 크다.
- ㄷ. 코돈 AGA는 아르지닌을 암호화한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**15** [23029-0155] 그림은 어떤 세포에서 일어나는 전사 과정의 일부를 나타낸 것이다. 효소 ㉠은 DNA 중합 효소와 RNA 중합 효소 중 하나이고, I에서  $\frac{A}{C} = \frac{3}{2}$ 이며, I과 II의 염기 수는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. II에서  $\frac{A}{C} = \frac{3}{2}$ 이다.
- ㄴ. II의 5' 말단에는 프라이머가 있다.
- ㄷ. 효소 ㉠은 RNA를 5' → 3' 방향으로 신장시킨다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**16** [23029-0156] 그림은 폴리펩타이드 X를 암호화하는 DNA 전사 주형 가닥의 염기 서열을 나타낸 것이다. X의 합성은 개시 코돈(AUG)에서 시작하여 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에서 끝난다.

5'-GATCCTAACATAAGCTAGCCGGCATGTAA-3'

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. X는 6개의 아미노산으로 구성된다.
- ㄴ. X의 2번째 아미노산을 암호화하는 코돈은 CCG이다.
- ㄷ. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAG이다.

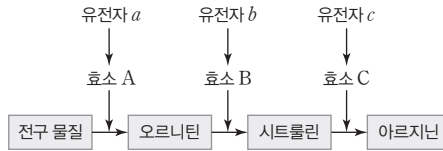
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



## 01 다음은 붉은빵곰팡이의 유전자 발현에 대한 자료이다.

[23029-0157]

- 그림은 야생형 붉은빵곰팡이에서 아르지닌이 합성되는 과정을 나타낸 것이다.
- 돌연변이주 I~Ⅲ은 각각 유전자 a~c 중 서로 다른 하나의 유전자에 돌연변이가 일어나 기능이 상실되었다.
- 야생형 붉은빵곰팡이와 돌연변이주 I~Ⅲ을 최소 배지, 최소 배지에 물질 ㉠~㉢가 각각 첨가된 배지에서 배양했을 때 성장 여부는 표와 같다. ㉠~㉢은 야생형 붉은빵곰팡이와 돌연변이주 I~Ⅲ을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉢은 시트룰린, 아르지닌, 오르니틴을 순서 없이 나타낸 것이다.



구분	최소 배지	최소 배지+㉠	최소 배지+㉡	최소 배지+㉢
㉠	×	?	○	×
㉡	?	○	×	×
㉢	○	○	?	○
㉣	?	○	○	○

(○: 성장함, ×: 성장 못함)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

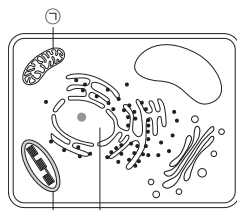
보기

- ㄱ. ㉡는 효소 B의 기질이다.
- ㄴ. ㉠과 ㉢은 모두 최소 배지에서 성장할 수 없다.
- ㄷ. ㉣은 유전자 a의 기능이 상실된 돌연변이주이다.

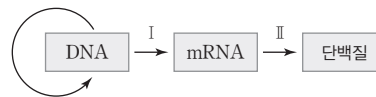
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 식물 세포의 구조를, (나)는 유전 정보의 흐름을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 핵, 엽록체, 미토콘드리아 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



(가)



(나)

[23029-0158]

비들과 테이텀은 하나의 유전자는 한 가지 효소 합성에 관한 정보를 갖는다는 1유전자 1효소설을 주장하였다.

핵에서는 전사가 일어나고, 엽록체와 미토콘드리아는 자체 DNA를 가지고 있어 전사와 번역이 모두 일어난다.

보기

- ㄱ. ㉢에서 전사가 일어난다.
- ㄴ. 과정 II에 리보솜이 관여한다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡에서 모두 과정 I이 일어난다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

종결 코돈을 제외한 나머지 코돈은 아미노산 20종류를 암호화한다.

5개의 아미노산으로 구성된 폴리펩타이드 X를 암호화하는 mRNA 염기는 18개이다.

[23029-0159]

03 표 (가)는 12개의 뉴클레오타이드로 구성된 인공 합성 mRNA ㉠과 ㉡으로부터 합성된 폴리펩타이드 I~Ⅵ의 아미노산 서열을, (나)는 유전부호의 일부를 나타낸 것이다. Ⅱ와 Ⅵ을 구성하는 아미노산을 지정하는 코돈의 종류는 각각 1종류이다.

인공 합성 mRNA	폴리펩타이드	아미노산 서열	코돈	아미노산
㉠	I	아르지닌-아르지닌-아르지닌	AAA, AAG	라이신
	II	라이신-라이신-라이신-라이신	CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG	아르지닌
	III	㉢글루탐산-글루탐산-글루탐산	GAA, GAG	글루탐산
㉡	IV	글리신-글리신-글리신	GGU, GGC, GGA, GGG	글리신
	V	아르지닌-아르지닌-아르지닌		
	VI	㉤글루탐산-글루탐산-글루탐산-글루탐산		

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 개시 코돈과 종결 코돈, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. ㉠은 5'-AAGAAGAAGAAG-3'이다.  
 ㄴ. ㉡에서 G의 수는 4이다.  
 ㄷ. ㉢와 ㉤를 암호화하는 코돈은 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

[23029-0160]

04 다음은 어떤 진핵생물의 유전자 x의 발현에 대한 자료이다.

- x는 23개의 뉴클레오타이드로 구성되며, x로부터 폴리펩타이드 X가 합성된다.
- x의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. ㉠~㉤은 A, G, T, C을 순서 없이 나타낸 것이다.

$$3' - \text{㉠㉠㉡㉢㉣㉤㉥㉦㉧㉨㉩㉪㉫㉬㉭㉮㉯㉰} - 5'$$

- X는 5개의 아미노산으로 구성된다.
- X의 합성은 개시 코돈(AUG)에서 시작하여 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에서 끝난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

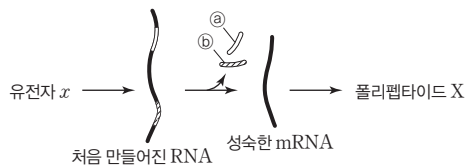
ㄱ. ㉤은 G이다.  
 ㄴ. ㉠과 ㉡은 모두 피리미딘 계열 염기이다.  
 ㄷ. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAA이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0161]

**05** 다음은 어떤 진핵생물의 유전자 *x*의 발현에 대한 자료이다.

- *x*로부터 폴리펩타이드 X가 합성된다.
- *x*를 포함하는 DNA 중 ㉠ 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.  
 $3'-GTCAATTACTTGAGGCTAACATTGAAGTGCCTAAATTATGAGC-5'$
- ㉠으로부터 전사되어 처음 만들어진 RNA에는 ㉡ 연속된 6개의 뉴클레오타이드와 또 다른 위치에 ㉢ 2개의 구아닌(G)과 2개의 사이토신(C)이 포함된 연속된 6개의 뉴클레오타이드가 있으며, ㉡와 ㉢ 사이에는 12개의 뉴클레오타이드가 있다. 이 RNA는 RNA 가공 과정 중 ㉣와 ㉤가 제거되어 X를 암호화하는 성숙한 mRNA가 된다.
- 성숙한 mRNA에는 개시 코돈 AUG과 종결 코돈 UAA, UAG, UGA 중 하나가 포함되어 있다. 개시 코돈은 메싸이오닌을 암호화한다.
- X의 아미노산 서열은 다음과 같고, X의 합성은 개시 코돈에서 시작하여 종결 코돈에서 끝난다.



메싸이오닌—아스파르트산—시스테인—아스파라진—페닐알라닌—아이소류신

DNA로부터 전사되어 처음 만들어진 RNA는 RNA 가공 과정을 거쳐 성숙한 mRNA가 되어 번역에 참여한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ.  $\frac{\text{㉡에서 피리미딘 계열 염기의 수}}{\text{㉢에서 퓨린 계열 염기의 수}} > 1$ 이다.
  - ㄴ. 코돈 AAC는 아스파라진을 암호화한다.
  - ㄷ. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAG이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0162]

**06** 다음은 어떤 진핵생물의 유전자 *x*와 돌연변이 유전자 *y*의 발현에 대한 자료이다.

- *x*와 *y*로부터 각각 폴리펩타이드 X와 Y가 합성된다.
- X와 Y의 아미노산 개수는 각각 6개, 4개이다.
- *x*의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.  
 $3'-CCTACCACTCGCTGGTTGGCACTTT-5'$
- *y*는 *x*의 전사 주형 가닥에서 ㉠ 1개의 염기가 다른 염기로 치환된 것이다.
- X와 Y의 합성은 개시 코돈(AUG)에서 시작하여 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에서 끝난다.

DNA 전사 주형 가닥에서의 염기 변화에 의해 합성된 폴리펩타이드의 아미노산 서열이 변할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 핵산 염기 서열 변화는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 구아닌(G)이다.
  - ㄴ. Y의 2번째 아미노산을 암호화하는 코돈의 5' 말단 염기는 유라실(U)이다.
  - ㄷ. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈과 Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 같다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

DNA의 염기가 결실되거나 삽입되면 유전부호는 염기가 삽입되거나 결실된 이후부터 달라질 수 있으며, 폴리펩타이드의 길이 역시 이전보다 짧아지거나 길어질 수 있다.

07 다음은 어떤 진핵생물의 유전자  $x$ 와 돌연변이 유전자  $y, z$ 의 발현에 대한 자료이다.

- $x, y, z$ 로부터 각각 폴리펩타이드 X, Y, Z가 합성된다.
- $y$ 는  $x$ 의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥에서 1개의 염기가 결실된 것이다.
- $z$ 는  $x$ 의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥에서 트레오닌을 암호화하는 염기 중 염기 ㉠이 염기 ㉡으로 치환되고, 종결 코돈을 암호화하는 부위의 염기 중 ㉢이 ㉣으로 치환된 것이다.
- X, Y, Z의 아미노산 서열은 다음과 같다.

폴리펩타이드	아미노산 서열
X	메싸이오닌-글리신-트레오닌-히스티딘
Y	메싸이오닌-글리신-트레오닌-히스티딘-라이신
Z	메싸이오닌-글리신-메싸이오닌-히스티딘-글루타민-발린-라이신

- X, Y, Z의 합성은 개시 코돈(AUG)에서 시작하여 같은 한 종류의 종결 코돈에서 끝나며, 표는 유전부호를 나타낸 것이다.

UUU	페닐알라닌	UCU	세린	UAU	타이로신	UGU	시스테인
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	류신	UCA	세린	UAA	종결 코돈	UGA	종결 코돈
UUG		UCG		UAG	종결 코돈	UGG	트립토판
CUU	류신	CCU	프롤린	CAU	히스티딘	CGU	아르지닌
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA		CCA		CAA	글루타민	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	아이소류신	ACU	트레오닌	AAU	아스파라진	AGU	세린
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA		ACA		AAA	라이신	AGA	아르지닌
AUG	ACG	AAG	AGG				
GUU	발린	GCU	알라닌	GAU	아스파르트산	GGU	글리신
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	글루탐산	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 핵산 염기 서열 변화는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAA이다.
- ㄴ. ㉠과 ㉡은 모두 퓨린 계열 염기이다.
- ㄷ. Z에서 글루타민을 암호화하는 코돈은 CAA이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 mRNA  $x$ ,  $y$ ,  $z$ 의 발현에 대한 자료이다.

[23029-0164]

- $x$ ,  $y$ ,  $z$ 로부터 폴리펩타이드 X, Y, Z가 각각 합성된다.
- 표는  $x$ 의 코돈 번호,  $x$ 의 코돈 번호에 따른  $x$ 의 염기 서열과 X의 아미노산 서열 일부를 나타낸 것이다.

$x$ 의 코돈 번호	...	22	23	24	25	26	27	28	...
$x$ 의 염기 서열	...	AGC	AGA	GAA	AUA	AAU	GAC	AAA	...
X의 아미노산 서열	...	세린	아르지닌	글루탐산	아이소류신	아스파라진	아스파르트산	라이신	...

- $y$ 는  $x$ 의 23번 코돈에서 1개 염기가 결실되어 생성된 것이다.
- $z$ 는  $x$ 의 25번 코돈에서 1개 염기가 삽입되어 생성된 것이고,  $z$ 의 26번 코돈은 한 종류의 염기로 구성된다.
- X~Z의 합성은 개시 코돈(AUG)에서 시작하여 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에서 끝난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 핵산 염기 서열 변화는 고려하지 않는다.)

보기

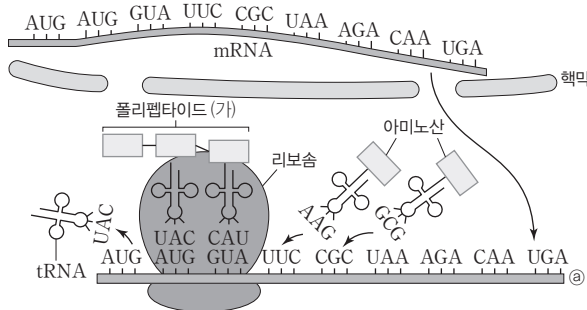
- ㄱ. Y는 25개의 아미노산으로 구성된다.
- ㄴ.  $z$ 의 26번 코돈이 암호화하는 아미노산은 라이신이다.
- ㄷ. Y와 Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 같다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 DNA의 유전 정보로부터 폴리펩타이드가 합성되기까지의 과정을, 표는 유전부호의 일부를 나타낸 것이다. ㉓는 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.

[23029-0165]

DNA { 가닥 I 5'...ATG ATG GTA TTC CGC TAA AGA CAA TGA CTA CCT...3'  
 가닥 II 3'...TAC TAC CAT AAG GCG ATT TCT GTT ACT GAT GGA...5'



코돈	아미노산
AUG	메싸이오닌
CAU	히스티딘
GUA	발린
UAC	타이로신

리보솜은 mRNA의 5' → 3' 방향으로 하나의 코돈만큼 이동하면서 폴리펩타이드를 합성한다. 리보솜의 대단위체에는 아미노산이 붙어 있는 tRNA 결합 자리인 A 자리와 신장되는 폴리펩타이드가 붙어 있는 tRNA 결합 자리인 P 자리, tRNA가 빠져나가기 전에 잠시 머무는 E 자리가 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉓는 3' 말단이다.
- ㄴ. 가닥 I 과 가닥 II 중 전사 주형 가닥은 가닥 II이다.
- ㄷ. (가)를 구성하는 아미노산 서열은 메싸이오닌-메싸이오닌-발린이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 개념 체크

● **유전자 발현의 조절:** 특정 시기와 특정 조직에서만 발현되도록 엄격히 조절되는 유전자가 있는가 하면 시기와 조직에 관계없이 일정하게 발현이 이루어지는 유전자도 있다.

● **젓당 오페론의 세 효소:** 젓당 오페론이 암호화하는 세 효소는 투과 효소, 젓당 분해 효소, 아세틸 전이 효소이다.

1. 젓당 오페론에서 젓당 이용에 관련된 세 효소의 암호화 부위는 ( )이다.

2. 세균에서 하나의 프로모터에 의해 여러 유전자의 발현이 함께 조절되는 유전자 발현의 조절 단위를 ( )이라고 한다.

3. 젓당 오페론의 작동 부위는 ( )이 결합하는 부위이다.

※ ○ 또는 ×

4. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 억제 단백질의 암호화 부위이다. ( )

5. 포도당과 젓당이 모두 있는 배지에서 대장균은 주로 젓당을 에너지원으로 먼저 이용한다. ( )

### 1 유전자 발현의 조절

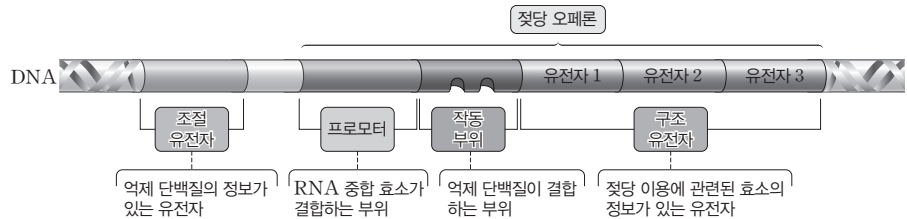
대부분의 생물은 보통 수천에서 수만 개의 유전자를 갖지만 이렇게 많은 유전자가 동시에 모두 발현되는 것은 아니다. 생물은 세포에 따라 특정한 장소와 시기에 단백질을 필요한 양만큼 만들어내는데, 이를 위해 세포 내에는 유전자 발현을 조절하는 과정이 있다.

#### (1) 원핵생물의 유전자 발현 조절

① 대장균의 에너지원 이용: 대장균은 배지에 포도당과 젓당이 모두 있으면 에너지원으로 포도당을 먼저 이용하지만, 젓당만 있으면 젓당을 에너지원으로 이용하기 시작한다.

- 젓당 이용 시의 변화: 대장균이 젓당을 이용하기 위해서는 젓당을 세포막 안으로 들여오는 투과 효소, 젓당을 포도당과 갈락토스로 분해하는 젓당 분해 효소 등이 필요하다. 젓당을 이용하지 않을 때에는 이 효소들의 합성이 억제되지만, 젓당을 에너지원으로 이용할 때에는 이 효소들의 합성량이 모두 급격히 증가한다.
- 젓당 오페론: 젓당 이용에 관련된 세 효소의 유전자는 염색체에서 하나의 프로모터 아래에 이어져 배열되어 있고 하나의 mRNA로 함께 전사된다. 젓당 이용에 관련된 세 효소의 유전자와 이들의 발현에 관여하는 프로모터와 작동 부위를 젓당 오페론이라고 한다.
- 오페론: 하나의 프로모터와 여러 개의 유전자를 포함하는 유전자 발현의 조절 단위이다. 원핵생물에서 나타나며 젓당 오페론 외에도 여러 종류가 있다.

#### ② 젓당 오페론의 구조



- 프로모터: RNA 중합 효소가 결합하는 부위이다.
- 작동 부위: 억제 단백질이 결합하는 부위이다.
- 구조 유전자: 젓당 이용에 관련된 세 효소의 암호화 부위이다.

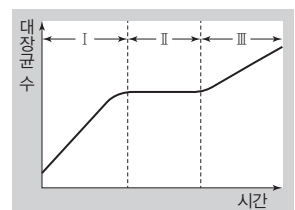
※ 조절 유전자: 젓당 오페론의 작동에 관여하는 억제 단백질의 암호화 부위로 항상 발현되며, 젓당 오페론에 포함되지 않는다. 억제 단백질은 작동 부위에 결합할 수 있다.



#### 과학 돋보기 | 에너지원에 따른 대장균의 증식

포도당과 젓당이 모두 포함된 배지에서 대장균을 배양하면 시간에 따라 대장균 수가 그림과 같이 변한다.

- 구간 I: 대장균은 주로 포도당을 에너지원으로 이용하여 증식한다.
- 구간 II: 포도당이 고갈되고, 젓당 오페론의 작동으로 젓당 이용에 관련된 세 효소의 합성이 증가한다.
- 구간 III: 대장균은 젓당을 에너지원으로 이용하여 증식한다.

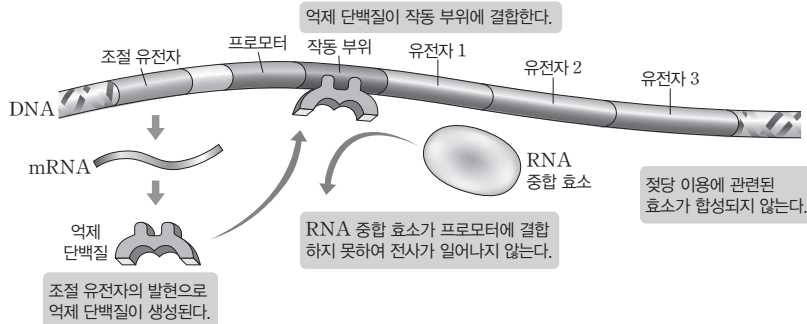


#### 정답

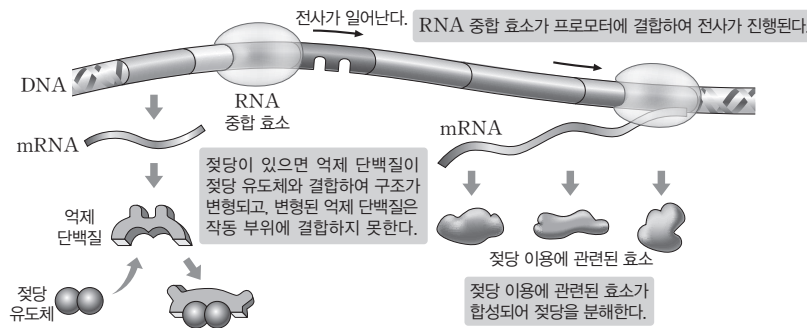
1. 구조 유전자
2. 오페론
3. 억제 단백질
4. ○
5. ×

### ③ 젓당 오페론의 발현 조절

- 젓당이 없을 때: 억제 단백질이 작동 부위에 결합하여 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하는 것을 방해하므로 구조 유전자의 전사가 일어나지 않는다. 즉, 젓당이 없을 때에는 젓당 오페론의 작동이 억제된다.



- 젓당이 있을 때(포도당 없음): 억제 단백질은 젓당 유도체와 결합하여 구조가 변형되어 작동 부위에 결합하지 못하게 된다. 이로 인해 RNA 중합 효소는 프로모터에 결합하여 구조 유전자를 전사한다. 즉, 젓당이 있을 때에는 젓당 오페론의 작동이 활성화된다.



### 개념 체크

● 젓당 유도체: 젓당으로부터만 들어지는 젓당 변형 물질이다.

1. 젓당이 없을 때 젓당 오페론의 작동 부위에 ( ) 이 결합하면 젓당 분해 효소가 합성되지 않는다.
2. 억제 단백질이 젓당 유도체와 결합하면 ( )가 젓당 오페론의 프로모터에 결합하여 구조 유전자의 전사가 진행된다.
3. RNA 중합 효소가 젓당 오페론의 프로모터에 결합하여 구조 유전자가 전사되면 ( ) 이용에 관련된 효소가 합성된다.

※ ○ 또는 ×

4. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 젓당이 있을 때는 발현되지 않는다. ( )
5. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이 대장균은 젓당 분해 효소를 합성한다. ( )

### 탐구자료 살펴보기    젓당 오페론의 돌연변이

#### 과정

야생형 대장균 I, 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이 대장균 II, 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이 대장균 III을 준비하고, 배지에 젓당이 있을 때와 없을 때 I~III에서 젓당 분해 효소의 합성 여부를 알아본다. (단, 배지에 포도당은 없다.)

#### 결과

대장균	결실 부위	특징	젓당 분해 효소의 합성	
			젓당 있을 때	젓당 없을 때
I	없음	정상	○	×
II	조절 유전자	억제 단백질 합성 안 됨	○	○
III	프로모터	RNA 중합 효소가 프로모터에 결합 못함	×	×

(○: 합성됨, ×: 합성 안 됨)

#### point

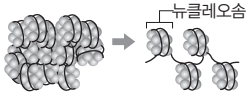
- I: 젓당 오페론의 작동은 젓당이 있을 때에는 활성화되었고, 없을 때에는 억제되었다.
- II: 억제 단백질이 합성되지 않으므로 젓당 유무에 관계없이 젓당 오페론의 작동이 활성화된다.
- III: RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하지 못하므로 젓당 유무에 관계없이 젓당 오페론의 작동이 억제된다.

#### 정답

1. 억제 단백질
2. RNA 중합 효소
3. 젓당
4. ×
5. ×

개념 체크

● **염색질**: DNA가 히스톤 등과 결합한 구조로, 뉴클레오솜이 기본 단위이다.



● **엑손과 인트론**: 진핵생물의 유전자에는 RNA 가공 후에도 남아 있는 부위인 엑손과 RNA 가공 과정에서 잘려나가는 부위인 인트론이 존재한다. 전사 후 RNA 가공 과정에서 인트론은 제거되고 엑손만 남게 된다.

● **전사 인자**: 전사를 촉진하는 전사 촉진 인자와 전사를 억제하는 전사 억제 인자가 있다.

1. 진핵생물의 유전자 발현 조절 과정에서 처음 만들어진 RNA는 ( )이 제거되어 성숙한 mRNA가 된다.
2. 진핵생물에서 ( )는 DNA의 프로모터와 조절 부위 등에 결합하여 전사를 조절한다.
3. mRNA의 분해 속도를 조절하면 ( )을 촉진하거나 억제할 수 있다.

※ ○ 또는 ×

4. 진핵생물에서 RNA 중합효소는 단독으로 전사를 시작할 수 있다. ( )
5. 전사 인자가 결합하는 조절 부위의 염기 서열은 사람의 모든 유전자에서 같다. ( )

정답

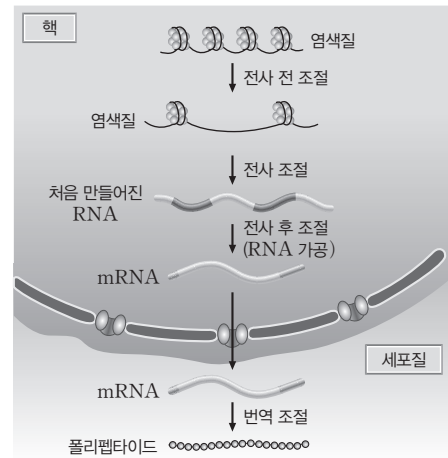
1. 인트론
2. 전사 인자
3. 번역
4. ×
5. ×

(2) **진핵생물의 유전자 발현 조절**: 다세포 진핵생물에서 나타나는 몸의 복잡한 체제는 이들에게 정교하고 복잡한 유전자 발현 조절 과정이 있음을 의미한다.

진핵생물은 원핵생물에 비해 염색체 구조가 복잡하고 전사와 번역이 일어나는 장소가 각각 핵과 세포질로 분리되어 있어서 유전자 발현이 여러 단계를 거쳐 일어나게 된다. 이러한 유전자 발현의 단계는 각각 유전자 발현 조절의 단계이기도 하여 유전자 발현의 복잡하고 정교한 조절을 가능하게 한다.

① **진핵생물의 유전자 발현 조절 단계**: 전사 단계에서 이루어지는 전사 조절이 가장 중요한 역할을 한다. 전사 조절 이외에 전사 전 조절, 전사 후 조절, 번역 조절 등이 있다.

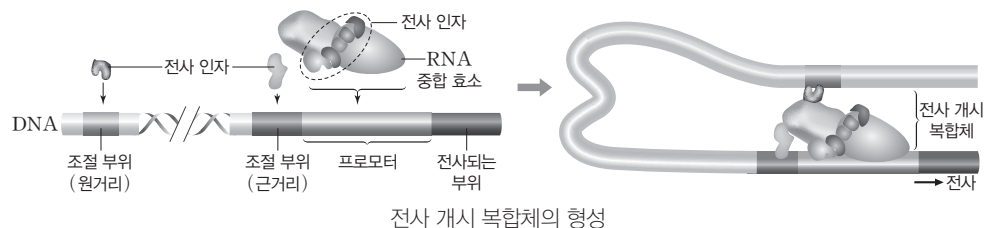
- 전사 전 조절: 염색질의 응축 정도를 변화시켜 유전자 발현을 조절한다. 많이 응축되어 있을수록 RNA 중합 효소와 전사 인자 등이 DNA에 접근하기 어려우므로 전사가 잘 일어나지 않게 된다.
- 전사 조절: 가장 중요한 조절 단계로 여러 전사 인자가 전사 개시 여부와 전사 속도에 영향을 미친다.
- 전사 후 조절(RNA 가공): 처음 만들어진 RNA에서 인트론이 제거되고 핵막을 통과할 수 있도록 변형된다.
- 번역 조절: mRNA의 분해 속도를 조절하여 번역을 촉진하거나 억제한다.



진핵생물의 유전자 발현 조절 단계

② **진핵생물의 전사 개시**

- 전사 인자: 진핵생물에서 전사에 관여하는 조절 단백질로 DNA의 프로모터와 조절 부위에 결합하여 전사를 조절한다. 세포에 있는 전사 인자의 종류에 따라 발현되는 유전자가 달라질 수 있다.
- 조절 부위: 전사 인자가 결합하는 DNA 부위이다. 근거리 조절 부위와 원거리 조절 부위가 있으며, 유전자에 따라 조절 부위의 종류(염기 서열)는 다르다.
- 전사 개시: 진핵생물에서는 RNA 중합 효소 단독으로 전사를 시작할 수 없으며, 여러 전사 인자들과 함께 프로모터에 결합하여 전사 개시 복합체를 형성하여야 전사를 시작할 수 있다. 이때, 조절 부위에 결합한 전사 인자의 조합에 따라 전사 개시가 촉진되는 정도는 달라진다.



전사 개시 복합체의 형성



③ **진핵생물의 전사 조절:** 유전자에 따라 조절 부위의 종류가 다르고, 세포에 따라 전사 인자의 조합이 다르기 때문에 유전자 발현이 조절될 수 있다.

- 특정 세포에는 많은 유전자가 있지만 유전자마다 조절 부위가 달라서 세포에 있는 전사 인자에 따라 특정 유전자만 발현된다.
- 특정 유전자는 개체의 생애에 걸쳐 세포에 존재하지만, 시기, 장소, 환경 조건에 따라 세포 내 전사 인자의 조합이 달라지므로 특정 유전자의 발현은 시기, 장소, 환경 조건에 따라 달라진다.

**개념 체크**

● **알부민:** 혈장 단백질 중 가장 많은 양을 차지하며 주로 간에서 합성된다. 혈장 삼투압을 조절하고 다양한 물질의 운반에 관여한다.

1. 진핵생물에서는 세포에 따라 조절 부위에 결합하는 ( )의 조합이 다르기 때문에 유전자 발현이 조절될 수 있다.
2. 원핵생물에서는 오페론처럼 여러 유전자가 하나의 ( )에 연결되어 유전자 발현이 조절될 수 있다.

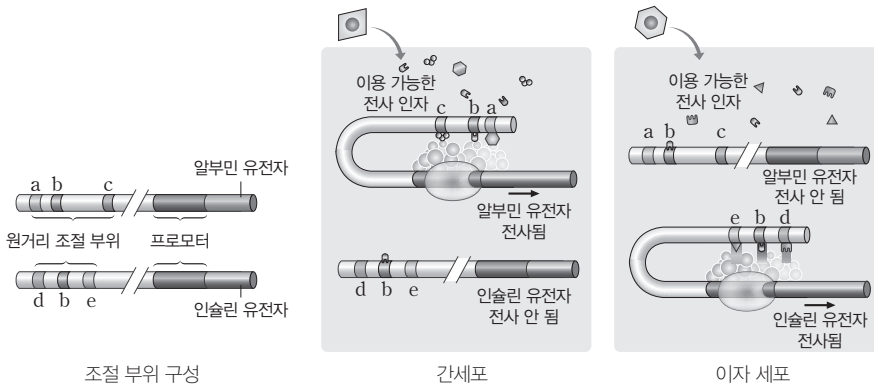
※ ○ 또는 ×

3. 사람의 간세포에서 발현되는 유전자는 이자 세포의 유전체에는 없다. ( )
4. 일반적으로 원핵생물은 진핵생물보다 전사에 관여하는 조절 단백질의 수가 많다. ( )

**탐구자료 살펴보기**    **진핵생물의 유전자 발현 조절 예**

**자료**

그림은 사람의 알부민 유전자와 인슐린 유전자의 원거리 조절 부위와 간세포와 이자 세포에 있는 전사 인자의 조합에 따른 유전자 발현을 나타낸 것이다.



**분석**

- ① 알부민 유전자와 인슐린 유전자의 원거리 조절 부위는 서로 다르다.
- ② 간세포와 이자 세포는 모두 알부민 유전자와 인슐린 유전자를 갖지만, 전사 인자의 조합은 서로 다르다.
- ③ 세포에 따른 전사 인자의 차이와 유전자에 따른 원거리 조절 부위의 차이로 인해, 알부민 유전자는 간세포에서는 발현되고 이자 세포에서는 발현되지 않으며, 인슐린 유전자는 간세포에서는 발현되지 않고 이자 세포에서는 발현된다.

**point**

- 한 개체의 체세포는 모두 동일한 유전자를 갖는다.
- 세포에 따른 전사 인자의 차이와 유전자에 따른 조절 부위의 차이로 유전자 발현이 조절된다.

④ **원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 조절 비교**

구분	원핵생물	진핵생물
프로모터	유전자마다 프로모터가 있거나 오페론처럼 여러 유전자가 하나의 프로모터에 연결된다.	대부분 하나의 프로모터에 하나의 유전자가 연결된다.
조절 단백질	진핵생물에 비해 전사에 관여하는 조절 단백질 (젓당 오페론의 경우 억제 단백질)의 수가 적다.	많은 종류의 조절 단백질(전사 인자)이 전사에 관여한다.
조절 단백질의 결합 부위	프로모터 주변의 작동 부위에 결합한다(젓당 오페론).	한 유전자의 전사에 여러 조절 부위가 관련되어 있다.
RNA 가공	대개 일어나지 않는다.	일반적으로 일어난다.

**정답**

1. 전사 인자
2. 프로모터
3. ×
4. ×

개념 체크

● **유전체**: 한 개체가 갖는 전체 유전 정보를 의미한다. DNA 전체의 염기 서열로 이루어지며 게놈이라고도 한다.

● **유전자의 선택적 발현**: 세포가 갖는 전체 유전자 중 특정 유전자만 발현되는 현상이다. 유전자 발현이 조절되기 때문에 일어날 수 있다.

1. 올챙이의 소장 세포에서 추출한 핵을 무핵 난자에 이식하여 발생한 개구리 성체의 유전체는 핵을 제공한 올챙이의 유전체와 ( )이다.

2. 수정란의 세포 ( )로 생긴 세포들이 발생 과정을 통해 형태와 기능이 다양한 세포로 되는 것을 세포 ( )라고 한다.

※ ○ 또는 ×

3. 유전자의 선택적 발현 결과 이자 세포에서는 인슐린 유전자가 발현되지만, 간세포에서는 인슐린 유전자가 발현되지 않는다. ( )

4. 하나의 수정란에서 분화된 세포는 동일한 유전체를 갖는다. ( )

2 발생과 유전자 발현 조절

유전자 발현은 세포 호흡이나 단백질 합성과 같이 세포의 일반적인 생리 현상을 일으키는 데도 필요하지만, 몸을 형성하는 발생 과정에서도 중요한 역할을 한다.

(1) 유전자의 선택적 발현

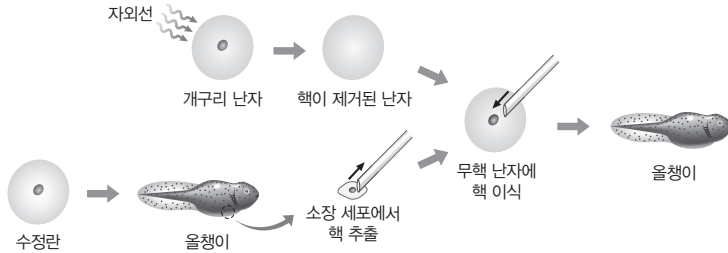
① 분화된 세포의 유전체

- 동물과 식물 같은 다세포 진핵생물의 몸은 형태와 기능이 서로 다른 다양한 세포들로 구성되어 있지만, 이 세포들은 모두 하나의 세포(수정란)로부터 형성되었다.
- 세포 분화: 수정란의 세포 분열로 생겨난 세포들은 발생 과정을 통해 형태와 기능이 서로 다른 다양한 세포로 되는데 이를 세포 분화라고 한다.
- 분화된 세포의 유전체: 분화된 세포는 수정란의 세포 분열을 통해 형성되며, 그 유전체는 수정란의 유전체와 동일하다. 즉, 분화된 세포도 하나의 개체를 형성할 수 있는 완전한 유전체를 가지고 있다.

탐구자료 살펴보기 분화된 세포의 유전체

자료

그림은 올챙이의 소장 세포에서 추출한 핵을 핵이 제거된 난자에 이식하여 올챙이로 발생시키는 실험을 나타낸 것이다.



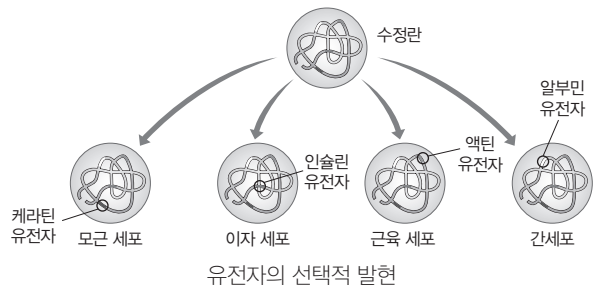
분석

- ① 올챙이의 소장 세포는 분화된 세포이다.
- ② 분화된 소장 세포의 핵에 있는 유전자들에 의해 완전한 올챙이가 발생하였다.
- ③ 분화된 세포의 핵에는 하나의 개체를 형성할 수 있는 완전한 유전체가 있다.

point

• 세포 분화를 거처도 유전체의 유전 정보는 보존된다.

② **유전자의 선택적 발현**: 분화된 세포는 수정란과 동일한 유전체를 갖지만, 세포에 따라 특정 유전자만 발현시킴으로써 고유의 형태와 기능을 갖게 된다. 이와 같은 유전자의 선택적 발현은 유전자 발현 조절에 의해 이루어지며, 세포 분화와 형태 형성이 일어나는 발생 과정에서 중요한 역할을 한다.



정답

1. 같다(동일하다)
2. 분열, 분화
3. ○
4. ○

## (2) 세포 분화와 유전자 발현의 조절

유전자 발현이 조절됨으로써 세포 분화가 일어난다.

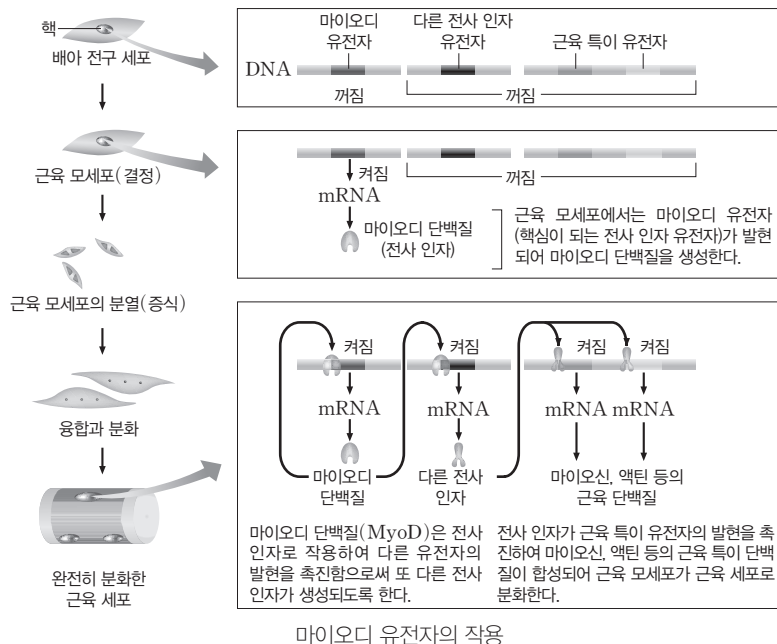
### ① 근육 세포의 분화

- 결정과 세포 분화: 세포 분화가 일어나기 위해서는 전구 세포로부터 특정 세포로의 결정이 일어나야 한다. 전구 세포와 결정이 일어난 세포는 외형상의 차이는 크지 않지만 전구 세포는 다양한 세포로 분화할 수 있는 데 반해 결정이 일어난 세포는 특정 세포로만 분화한다. 결정은 유전자 발현에 의해 일어난다.
- 근육 세포의 분화 과정: 근육 세포는 다양한 세포로 분화할 수 있는 배아 전구 세포로부터 분화한다. 배아 전구 세포에서 근육 모세포가 형성되는데 이 시기에 근육 세포로의 분화가 결정된다. 근육 모세포는 서로 융합하여 다핵의 근육 세포로 성장한다.



### ② 근육 세포의 분화와 유전자 발현의 조절

- 마이오디 유전자(MyoD): 근육 모세포에서는 마이오디 유전자가 발현되어 세포 분화의 운명이 결정된다. 마이오디 유전자는 전사 인자인 마이오디 단백질을 암호화한다.
- 마이오디 단백질(MyoD): 전사 인자로 작용하여 다른 전사 인자 유전자의 발현을 촉진한다. 그 결과로 생산된 다른 전사 인자는 액틴과 마이오신 등의 근육 특이적인 단백질을 합성을 촉진한다.



### 개념 체크

- 결정: 발생 중 각 세포가 어떤 종류의 세포로 될 것인지 운명이 정해지는 현상 또는 상태이다.
- 근육 모세포: 근육 세포로 분화할 수 있는 배아의 세포이다.
- 근육 세포: 골격근의 근육 세포는 여러 개의 핵을 갖는 다핵 세포이다.
- 액틴과 마이오신: 각각 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트를 형성하여 근육 원섬유를 구성한다.

1. 배아 전구 세포는 다양한 세포로 분화할 수 있지만, ( )이 일어난 세포는 특정 세포로만 분화한다.
2. 마이오디 유전자는 전사 인자인 ( ) 단백질을 암호화한다.
3. 마이오신과 ( )은 근육 세포에서 합성되는 특이적인 단백질이다.

※ ○ 또는 ×

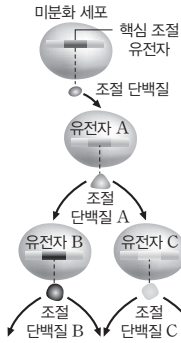
4. 근육 모세포에서 마이오디 유전자가 발현되면 근육 모세포는 근육 세포로 분화한다. ( )

### 정답

1. 결정
2. 마이오디(MyoD)
3. 액틴
4. ○

개념 체크

● **핵심 조절 유전자:** 발생 과정에서 발현하여 세포 분화와 형태 형성에 관여하며, 다른 유전자의 발현을 조절하는 단백질을 암호화한다. 핵심 조절 유전자의 발현으로 하위 조절 유전자가 순차적으로 발현된다.



● **섬유 아세포:** 결합 조직의 중요한 세포로 콜라겐 단백질 등을 합성하여 분비한다.

1. 유전자 발현에 대한 조절 단백질을 암호화하는 유전자를 ( )라고 한다.

※ ○ 또는 ×

2. 세포에 있는 전사 인자의 조합에 따라 발현되는 유전자의 종류가 달라진다. ( )

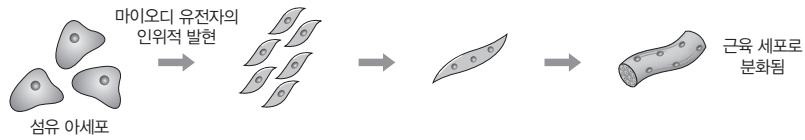
3. 핵심 조절 유전자는 발생 중 특정 세포 분화나 특정 기관의 형성 과정에서 가장 상위의 조절 유전자이다. ( )

정답

- 1. 조절 유전자
- 2. ○
- 3. ○

③ 핵심 조절 유전자

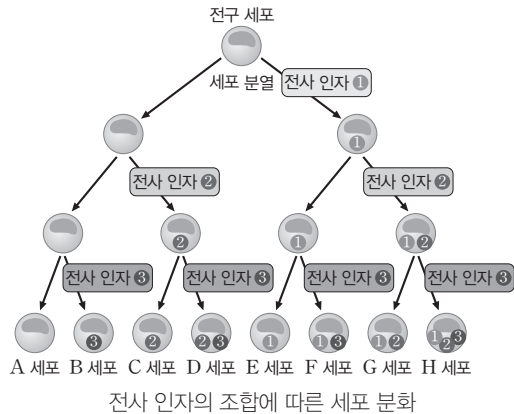
- 조절 유전자: 전사 인자와 같은 유전자 발현에 대한 조절 단백질을 암호화하는 유전자를 조절 유전자라고 한다.
- 핵심 조절 유전자: 진핵생물의 발생 과정에서는 근육 세포의 분화 과정에서 나타나듯이 조절 유전자가 발현되어 전사 인자가 만들어지면, 이 전사 인자가 또 다른 조절 유전자의 발현을 조절하는 과정이 연쇄적으로 일어난다. 이때 특정 세포 분화나 특정 기관 형성 등의 과정에서 가장 상위의 조절 유전자를 핵심 조절 유전자라고 한다. 근육 세포의 분화 과정에서 마이오디 유전자는 핵심 조절 유전자이다. 섬유 아세포와 같이 분화가 끝난 세포도 핵심 조절 유전자를 인위적으로 발현시키면 다른 세포로 분화하는 경우가 있다.



마이오디 유전자의 인위적 발현에 따른 섬유 아세포의 변화

④ 진핵생물의 세포 분화

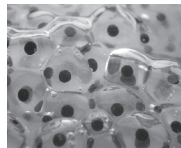
- 근육 세포의 분화에서 나타나듯이 진핵생물의 세포 분화 과정에는 여러 전사 인자의 연속 작용이 일어나는데, 그 결과 생성된 전사 인자의 조합에 따라 다양한 세포로 분화할 수 있다.



전사 인자의 조합에 따른 세포 분화

과학 돋보기 | 발생 과정의 주요 변화

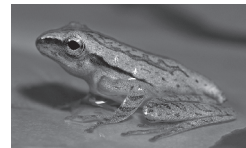
개구리알, 올챙이, 개구리는 형태에 큰 차이가 있다. 수정란(개구리알)은 세포 분열, 세포 분화, 형태 형성, 성장 등의 과정을 거쳐 복잡한 형태의 성체(개구리)가 된다.



개구리알



올챙이



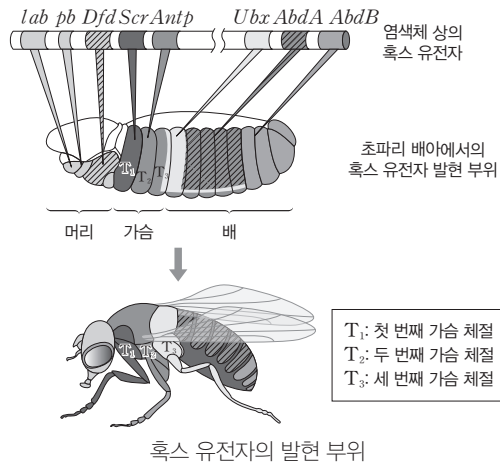
개구리

- 세포 분열: 세포 분열을 통해 배아의 크기와 세포 수가 증가한다. 그러나 발생이 세포 분열에만 의존한다면 배아는 단지 더 큰 배아가 될 뿐 개체 고유의 형태와 복잡성은 나타날 수 없다.
- 세포 분화: 발생 중에는 세포 수의 증가와 함께 세포 분화가 진행된다. 이를 통해 세포는 구조와 기능이 서로 다른 다양한 조직 세포가 된다. 발생 초기에 각 세포가 어떤 종류의 조직 세포가 될 것인지 발생 운명이 정해지는데 이를 결정이라고 한다.
- 형태 형성: 기관 형성 과정에서 조직 세포가 공간상의 일정한 위치에 배열되면서 기관 고유의 형태가 만들어진다. 또한 배아의 부위에 따라 서로 다른 기관이 형성됨으로써 개체 고유의 형태적 특징이 나타나게 된다.
- 성장: 세포의 팽창과 분열을 통해 기관과 몸의 크기가 커진다.

**(3) 유전자 발현의 공간적 차이에 의한 형태 형성:** 배아가 개체의 형태를 형성해 가는 과정을 형태 형성이라고 한다. 형태 형성 과정에서는 수많은 세포 분열과 세포 분화가 일어나며 이에 관여하는 다양한 유전자들이 순차적으로 발현된다.

① 초파리의 발생과 흑스 유전자

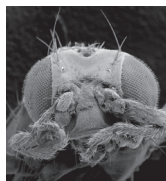
- 초파리 체절에 따른 형태 형성: 초파리의 수정란은 발생 초기에 체절 형성에 관여하는 유전자의 활동으로 각각의 체절로 구분된다. 이어서 체절에 따라 입, 더듬이, 다리, 날개 등과 같은 고유의 기관들이 결정되는데, 흑스 유전자는 각 체절에서 어떤 기관이 형성되는지를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.
- 흑스 유전자: 초파리에서 처음 발견되었으며, 배아에서 몸의 각 체절에 만들어질 기관을 결정하는 핵심 조절 유전자들이다. 배아의 체절에 따라 발현되는 흑스 유전자는 차이가 있다. 예를 들어 *Antp* 유전자는 초파리의 두 번째 가슴 체절에서 발현되며 이곳에서는 한 쌍의 다리와 한 쌍의 날개가 형성된다.
- 흑스 유전자들의 위치: 초파리에는 여러 개의 흑스 유전자들이 있는데 모두 하나의 염색체에 있으며, 각각이 결정하는 체절의 배열 순서와 같은 순서로 배열되어 있다.



② 흑스 유전자의 돌연변이: 흑스 유전자의 중요성은 다양한 돌연변이 연구로 밝혀졌다.



정상 초파리



*Antp* 돌연변이(더듬이 대신 다리가 형성)



정상 초파리(1쌍의 날개)



*Ubx* 돌연변이(2쌍의 날개)

*Antp* 유전자의 돌연변이

*Ubx* 유전자의 돌연변이

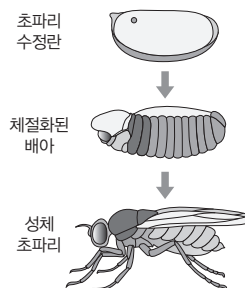
개념 체크

- **체절:** 동물체의 앞뒤축을 따라 반복하여 나타나는 분절적 입체 구조이다. 환형동물, 절지동물에서 잘 발달한다.
- **흑스 유전자:** 호미오 박스라고 하는 특정 염기 서열을 공통으로 가지는 유전자들이며, 유전자 산물은 전사 인자이다.

1. 초파리의 몸에서 앞뒤축을 따라 반복적으로 나타나는 마디 구조를 ( ) 이라고 하며, ( )는 각 체절에서 형성되는 기관을 결정하는 핵심 조절 유전자이다.
  2. 초파리에서 흑스 유전자는 각각이 결정하는 ( )의 배열 순서와 같은 순서로 배열되어 있다.
- ※ ○ 또는 ×
3. 흑스 유전자의 발현 산물은 전사 인자이다. ( )
  4. 초파리에서 여러 개의 흑스 유전자는 여러 개의 염색체에 나누어져 있다. ( )

과학 돋보기 | 초파리의 초기 발생

- 초파리의 몸은 유전자의 순차적 발현에 의해 형성된다.
- (가) 모계로부터 전달되어 난자의 세포질에 불균질하게 분포되어 있던 세포질 결정 인자(모계 영향 유전자의 산물)의 작용으로 초파리 배아의 방향성(앞-뒤 방향과 등-배 방향)이 결정된다.
  - (나) 배아에서 여러 유전자들이 발현되어 체절이 결정된다.
  - (다) 체절의 경계가 만들어지기 시작하면 흑스 유전자의 작용으로 각 체절이 어떤 기관을 형성할지 운명이 결정된다.



- 정답
1. 체절, 흑스 유전자
  2. 체절
  3. ○
  4. ×

개념 체크

● **염기 서열의 보존:** 특정 유전자의 염기 서열이 여러 생물군에서 잘 보존되어 있다는 것은 진화 과정에서 이 유전자가 다른 유전자에 비해 큰 변화를 겪지 않았고, 생명체의 발생과 생존에 매우 중요한 역할을 하였음을 의미한다.

● **생쥐의 체절:** 생쥐를 비롯한 척추동물은 겉보기에는 체절 구조가 없는 것처럼 보이지만 척추, 척추 부위의 신경계와 근육에서 체절성이 나타나며, 발생 중인 배아에서는 뚜렷한 체절이 관찰된다.

1. 사람과 생쥐에서는 혹스 유전자가 ( )개의 염색체에, 초파리에서는 혹스 유전자가 ( )개의 염색체에 배열되어 있다.

2. 호미오 도메인은 ( )의 호미오 박스가 변역되어 만들어지는 부분이다.

※ ○ 또는 ×

3. 서로 다른 두 동물군에서 혹스 유전자가 비슷하게 나타나는 것은 두 동물군이 공통 조상에서 유래하였음을 의미한다. ( )

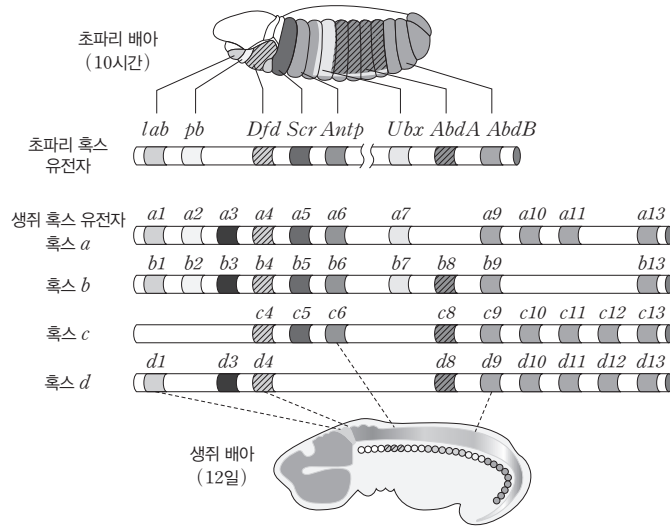
4. 초파리와 생쥐의 염색체 상에서 혹스 유전자의 배열 순서는 서로 유사하다. ( )

③ **동물계의 혹스 유전자:** 혹스 유전자는 다양한 생물의 염색체에서 공통적으로 발견된다. 예를 들어 사람과 생쥐에서는 혹스 유전자가 4개의 염색체에 배열되어 있는데, 혹스 유전자의 종류와 염색체에 배열된 순서가 초파리와 비슷하다.

탐구자료 살펴보기 초파리와 생쥐의 혹스 유전자 비교

자료

그림은 초파리와 생쥐의 염색체에 혹스 유전자들이 배열된 모습과, 초파리 배아와 생쥐 배아에서의 혹스 유전자 발현 위치를 나타낸 것이다.



분석

- ① 초파리의 혹스 유전자들은 1개의 염색체에 배열되어 있으며, 배열 순서는 각각이 발현되는 초파리 배아 체절의 순서와 같다.
- ② 생쥐의 혹스 유전자들은 4개의 염색체에 배열되어 있으며, 배열 순서는 각각이 발현되는 생쥐 배아 신경계와 체절의 순서와 대체로 유사하다.
- ③ 초파리와 생쥐의 염색체 상에서 혹스 유전자의 배열 순서는 서로 유사하다.

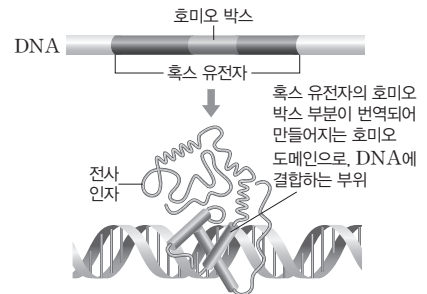
point

• 초파리와 생쥐에서 혹스 유전자들의 염기 서열과 배열 순서가 잘 보존되어 있다.

④ **혹스 유전자의 진화적 의미:** 혹스 유전자는 매우 많은 동물군에서 나타난다. 이것은 이 동물군들이 공통 조상에서 유래하였음을 의미한다.

과학 돋보기 | 호미오 박스

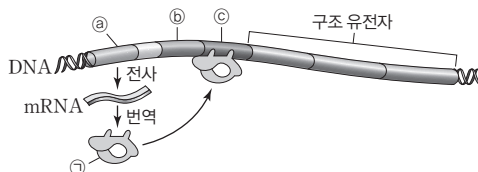
- 혹스 유전자들에서는 180개의 매우 유사한 서열의 염기쌍이 공통적으로 나타나는데 이 부위를 호미오 박스(homeobox)라고 한다. 호미오 박스를 갖는 유전자라는 의미에서 혹스 유전자로 불리게 되었다. 호미오 박스는 많은 동물군에 잘 보존되어 있다.
- 혹스 유전자가 발현되면 호미오 박스는 호미오 도메인으로 번역된다. 호미오 도메인은 특정 유전자의 프로모터나 조절 부위에 결합하는 부위이다.



정답

- 1. 4, 1
- 2. 혹스 유전자
- 3. ○
- 4. ○

**01** [23029-0166] 그림은 어떤 배지에 포도당과 젖당 중 한 가지만 있을 때 대장균의 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자와 젖당 오페론을 나타낸 것이다. ㉠~㉢는 각각 젖당 오페론의 작동 부위, 젖당 오페론의 프로모터, 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자 중 하나이다. 물질 ㉠은 ㉠이 발현되어 생성된 단백질이다.



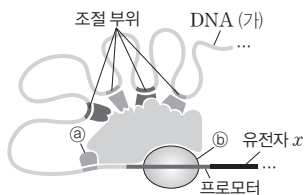
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 젖당 오페론의 프로모터에 결합한다.
- ㄴ. 이 배지의 대장균에서 ㉡에 RNA 중합 효소가 결합한다.
- ㄷ. 이 배지에는 포도당이 있다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**02** [23029-0167] 그림은 어떤 사람의 핵에 있는 DNA (가)와 유전자  $x$ 가 전사될 때 형성되는 전사 개시 복합체를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 각각 RNA 중합 효소와 전사 인자 중 하나이다.



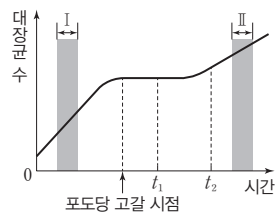
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 선형 DNA이다.
- ㄴ. ㉡는 프라이머의 말단에 뉴클레오타이드를 첨가하여 RNA를 합성한다.
- ㄷ.  $x$ 는 오페론에 의해 유전자 발현이 조절된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** [23029-0168] 그림은 포도당과 젖당이 모두 있는 배지에서 대장균을 배양했을 때 시간에 따른 대장균 수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 구간 I에서 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자로부터 억제 단백질이 생성된다.
- ㄴ. 배지에 있는 젖당의 농도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 높다.
- ㄷ. 구간 II의 대장균에는 젖당 분해 효소가 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** [23029-0169] 다음은 어떤 사람의 간세포, 근육 세포, 이자 세포에서 각각 발현되는 유전자에 대한 자료이다.

간세포에서는 알부민 유전자가, 근육 세포에서는 액틴 유전자가, 이자 세포에서는 인슐린 유전자가 각각 발현되어 세포에 필요한 단백질이 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 간세포에는 인슐린 유전자의 전사 인자 결합 부위가 있다.
- ㄴ. 근육 세포에서 액틴 유전자의 발현에 필요한 전사 인자가 생성된다.
- ㄷ. 알부민 유전자가 발현되는 과정에서 전사 개시 복합체가 형성된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 다음은 어떤 사람의 체세포 I~Ⅲ에서 유전자  $x$ 와  $y$ 의 전사 조절에 대한 자료이다. [23029-0170]

- $x$ 와  $y$ 의 전사에 관여하는 전사 인자 A~D는 각각 전사 인자 결합 부위 ㉠~㉢ 중 서로 다른 하나에만 결합한다. ㉠~㉢은 서로 다른 염기 서열을 갖는다.
- $x$ 의 전사는 전사 인자가 ㉠과 ㉡에 모두 결합해야 촉진되고,  $y$ 의 전사는 전사 인자가 ㉢과 ㉡에 모두 결합해야 촉진된다.
- 표는 I~Ⅲ에서 발현된 전사 인자,  $x$ 와  $y$ 의 전사 여부를 나타낸 것이다. ㉡는 '전사됨'과 '전사 안 됨' 중 하나이다.

체세포	전사 인자	유전자 전사 여부	
		$x$	$y$
I	A, B, C	전사됨	전사 안 됨
Ⅱ	A, C, D	?	㉡
Ⅲ	B, C, D	㉡	전사 안 됨

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉡는 '전사 안 됨'이다.
  - ㄴ. I과 Ⅱ에는 모두 B를 암호화하는 유전자가 있다.
  - ㄷ.  $x$ 의 전사를 촉진하는 전사 인자는 B와 C이다.

① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

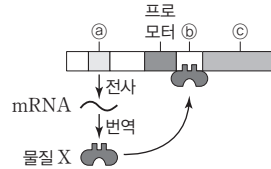
**06** 다음은 초파리의 흑소 유전자에 대한 학생 A~C의 발표 내용이다. [23029-0171]



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A    ② B    ③ A, C    ④ B, C    ⑤ A, B, C

**07** 그림은 야생형 대장균의 젓당 오페론과 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자를, 표는 ㉡와 ㉢ 중 하나에 돌연변이가 일어난 대장균 (가)를 포도당은 있고 젓당이 없는 배지에서 배양했을 때의 특징을 나타낸 것이다. ㉡~㉢은 각각 젓당 오페론의 작동 부위, 젓당 오페론의 구조 유전자, 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자 중 하나이고, 물질 X는 ㉡가 발현되어 생성된 단백질이다. [23029-0172]



젓당 오페론의 프로모터에 RNA 중합효소가 결합하여 젓당 분해 효소가 합성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. (가)는 ㉡에 돌연변이가 일어난 대장균이다.
  - ㄴ. 야생형 대장균에서 ㉡는 젓당의 유무와 관계없이 발현된다.
  - ㄷ. 야생형 대장균에서 X가 ㉢에 결합하면 ㉢의 전사가 촉진된다.

① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 표는 야생형 대장균, 돌연변이 대장균 I, Ⅱ를 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 배양했을 때 세 시점( $t_0, t_1, t_2$ )에서의 대장균 수를 나타낸 것이다. I과 Ⅱ는 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 대장균과 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균을 순서 없이 나타낸 것이고, 시간의 흐름은  $t_0 \rightarrow t_1 \rightarrow t_2$  순이다. [23029-0173]

구분	대장균 수(상댓값)		
	$t_0$	$t_1$	$t_2$
야생형	1	$10^2$	$10^6$
I	1	1	1
Ⅱ	1	?	㉡

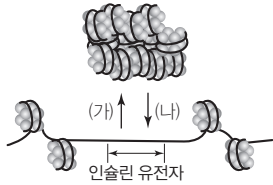
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않으며, 야생형 대장균, I, Ⅱ의 배양 조건은 동일하다.)

- 보기
- ㄱ. I은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균이다.
  - ㄴ. ㉡는 1보다 크다.
  - ㄷ.  $t_1$ 일 때 I과 Ⅱ에서 모두 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현되어 억제 단백질이 생성된다.

① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**09** [23029-0174] 그림은 어떤 사람의 이자 세포에서 염색질의 응축 정도의 변화를 나타낸 것이다. 과정 (가)와 (나)는 전사가 촉진될 때 일어나는 과정과 억제될 때 일어나는 과정을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)가 일어나면 인슐린 유전자의 전사가 촉진된다.
- ㄴ. (가)와 (나)는 모두 핵에서 일어난다.
- ㄷ. 인슐린 유전자의 전사 과정에서 전사 개시 복합체가 형성된다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [23029-0175] 표는 야생형 대장균, 돌연변이 대장균 I, II를 배지 A에서 각각 배양했을 때, 억제 단백질과 젓당 오페론의 작동 부위 결합 여부와 젓당 분해 효소 생성 여부를 나타낸 것이다. A는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지와 포도당은 없고 젓당이 있는 배지 중 하나이고, I과 II는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이와 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	억제 단백질과 젓당 오페론의 작동 부위 결합	젓당 분해 효소 생성
야생형	×	○
I	?	×
II	ⓐ	?

(○: 결합함 또는 생성됨, ×: 결합 못함 또는 생성 안 됨)

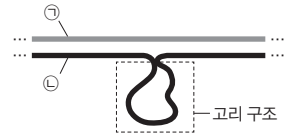
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. A는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이다.
- ㄴ. ⓐ는 '×'이다.
- ㄷ. II는 젓당 오페론의 구성 요소에 결실이 일어났다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**11** [23029-0176] 그림은 실험을 통해 어떤 진핵세포에 있는 유전자 *x*의 전사 주형 가닥 DNA와 성숙한 mRNA 사이에서 상보적 결합을 형성시켰을 때 나타나는 고리 구조를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 DNA와 성숙한 mRNA를 순서 없이 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)



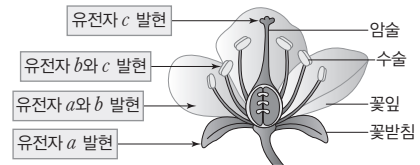
보기

- ㄱ. ㉡은 DNA이다.
- ㄴ. 고리 구조 부분은 엑손에 해당한다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡을 구성하는 뉴클레오타이드의 당은 모두 디옥시리보스이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**12** [23029-0177] 다음은 애기장대의 유전자 발현 조절에 대한 자료이다.

- 애기장대의 꽃 구조 형성에는 3가지 조절 유전자 *a*, *b*, *c*가 관여하며, *a*는 전사 인자 A를, *b*는 전사 인자 B를, *c*는 전사 인자 C를 암호화한다.
- 그림은 *a~c*의 발현 결과 형성되는 꽃 구조를 나타낸 것이다.



- 애기장대 I, II, III은 각각 *a~c* 중 서로 다른 하나만 발현되지 않은 돌연변이체이다. I에서는 암술이, II에서는 수술이 정상적으로 형성된다.

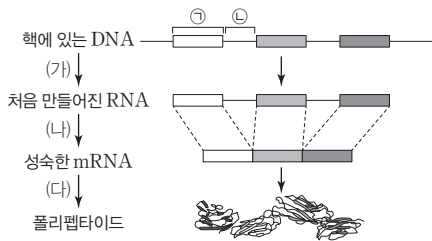
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. I의 암술 세포에는 A의 전사 인자 결합 부위가 없다.
- ㄴ. II의 수술 세포에서는 B와 C가 모두 생성된다.
- ㄷ. III의 꽃에서는 꽃잎과 꽃받침이 모두 정상적으로 형성된다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

13 [23029-0178] 그림은 어떤 진핵세포에서 일어나는 유전자 발현 과정을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 엑손과 인트론을 순서 없이 나타낸 것이다.

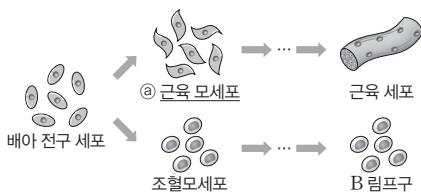


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 엑손이다.
  - ㄴ. 과정 (가)와 (나)는 모두 핵에서 일어난다.
  - ㄷ. mRNA의 분해 속도를 조절하여 과정 (다)를 촉진하거나 억제할 수 있다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [23029-0179] 그림은 어떤 동물의 배아 전구 세포로부터 근육 세포와 B 림프구로의 분화 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. 배아 전구 세포는 세포 분화가 결정되기 전의 세포이다.
  - ㄴ. ㉠에서 마이오딘 유전자(*MyoD*)가 발현되어 근육 세포로의 분화가 일어난다.
  - ㄷ. 근육 모세포와 조혈모세포에서 발현되는 전사 인자의 종류와 조합은 모두 같다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23029-0180] 다음은 어떤 동물의 세포 (가)와 (나)에서 유전자 *x*, *y*, *z*의 전사 조절에 대한 자료이다.

- *x*~*z*의 프로모터와 전사 인자 결합 부위 ㉠~㉢은 그림과 같다.
- *x*~*z*의 전사에 관여하는 전사 인자는 A~D이며, A는 ㉠에만, B는 ㉡에만, C는 ㉢에만, D는 ㉢에만 결합한다.
- *x*의 전사는 전사 인자가 ㉠과 ㉡ 중 하나에만 결합해도 촉진되고, *y*의 전사는 전사 인자가 ㉠에 결합하고 동시에 전사 인자가 ㉢과 ㉢ 중 하나에만 결합해도 촉진되며, *z*의 전사는 전사 인자가 ㉡과 ㉢에 모두 결합해야 촉진된다.
- (가)와 (나)에서는 각각 A~D 중 3가지 전사 인자가 발현되고, *x*~*z* 중 전사된 유전자의 수는 (나)에서가 (가)에서보다 많다.

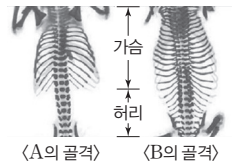
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나)에서 모두 *x*가 전사된다.
  - ㄴ. (나)에서 ㉠과 ㉢에 전사 인자가 결합하여 *y*의 전사가 일어난다.
  - ㄷ. (나)에서는 D가 발현된다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [23029-0181] 다음은 생쥐의 흑스 유전자에 대한 자료이다.

- 그림은 야생형 생쥐 A와 발생 단계에서 ㉠ 흑스 *b6* 유전자를 인위적으로 허리 부위의 세포에서 발현시킨 생쥐 B의 골격을 나타낸 것이다.
- A에서 흑스 *b6* 유전자는 가슴 부위에서 발현되어 생쥐의 갈비뼈 형성에 관여한다.



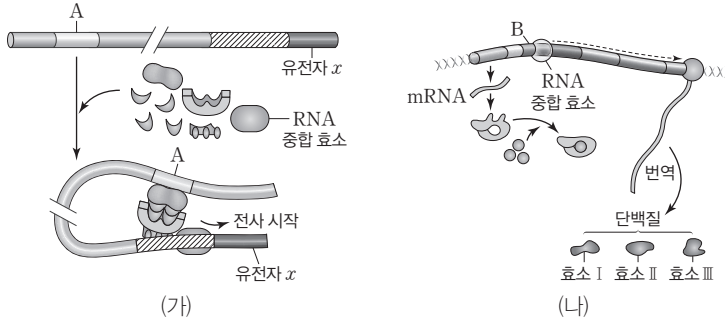
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠의 발현 산물은 전사 인자이다.
  - ㄴ. B에서 ㉠은 허리 부위의 갈비뼈 형성에 관여한다.
  - ㄷ. B의 상피 세포의 핵 DNA에는 ㉠이 없다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**01** 그림 (가)와 (나)는 대장균과 사람에서 일어나는 유전자 발현의 조절 과정을 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 전사 인자 결합 부위와 프로모터 중 하나이다.

[23029-0182]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

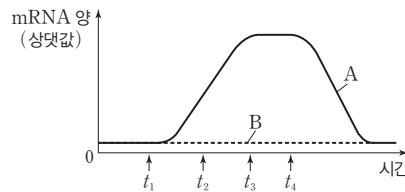
- ㄱ. (가)는 사람에서 일어나는 유전자 발현의 조절 과정이다.
- ㄴ. A가 발현되어 x의 전사에 필요한 전사 인자가 모두 생성된다.
- ㄷ. (나)에서 효소 I~III을 암호화하는 DNA 부위는 하나의 프로모터에 의해 전사가 조절된다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 표는 대장균 I~III의 젓당 오페론에서 결실이 일어난 부위를, 그림은 대장균 A와 B가 배양되는 배지에 젓당 조건을 달리했을 때 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사된 mRNA 양의 변화를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 I~III 중 하나이고,  $t_1$ 과  $t_4$ 는 각각 젓당을 첨가한 시점과 젓당을 제거한 시점 중 하나이다.

[23029-0183]

대장균	결실 부위
I	없음
II	젓당 오페론의 작동 부위
III	젓당 오페론의 프로모터



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 배지에는 포도당이 없고, A와 B의 배양 조건은 동일하며, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. A는 II이다.
- ㄴ.  $t_1$ 은 배지에 젓당을 첨가한 시점이다.
- ㄷ. 젓당의 농도는  $t_2$ 일 때 B가 있는 배지에서가  $t_3$ 일 때 A가 있는 배지에서보다 낮다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

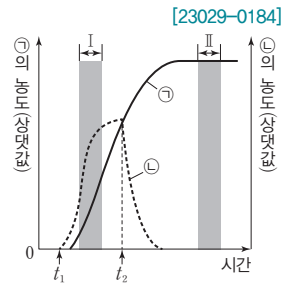
진핵생물에서는 RNA 중합 효소가 단독으로 프로모터에 결합하지 못하고, 여러 전사 인자와 상호 작용하여 프로모터에 결합해야 전사가 시작된다.

젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이는 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 못하여 젓당 오페론의 구조 유전자가 전사되고, 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이는 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하지 못하여 젓당 오페론의 구조 유전자가 전사되지 않는다.

젓당 오페론의 구조 유전자가 전사되어 생성된 mRNA가 번역되면 젓당 분해 효소가 생성된다.

발생 과정 중 특정 유전자의 발현에 의해 미분화 세포에서 결정이 일어나며, 특정 유전자가 발현되어 생성된 전사 인자는 하위 유전자의 발현을 조절하여 특정 기관의 형성을 영향을 미친다.

**03** 그림은 대장균의 배양 과정에서 배지의 젓당 유무를 변화시켰을 때 시간에 따른 물질 ㉠과 ㉡의 농도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 젓당 분해 효소와 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사된 mRNA 중 하나이고,  $t_1$ 과  $t_2$ 는 각각 젓당 첨가 시점과 젓당 제거 시점 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 배지에는 포도당이 없고, 돌연변이는 고려하지 않는다.)



보기

- ㄱ. ㉠은 젓당 분해 효소이다.
- ㄴ. 구간 I에서 젓당 오페론의 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합한다.
- ㄷ. 구간 II에서 젓당 오페론의 작동 부위에 결합한 억제 단백질이 있다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 다음은 생쥐에서 성 결정 유전자 *sox9*와 *sry*의 발현 조절에 대한 자료이다.

- *sox9*는 전사 인자 SOX9를, *sry*는 전사 인자 SRY를 암호화한다.
- SOX9와 SRY 중 하나는 나머지 하나를 암호화하는 유전자의 전사를 촉진한다.
- 표 (가)는 야생형 생쥐 수컷(XY)과 암컷(XX)의 미분화된 생식 기관에서 *sox9*와 *sry*의 발현 여부와 형성된 생식 기관을, (나)는 성염색체 조합이 XY이거나 XX이고, 생식 기관이 미분화된 생쥐 I~IV에서 특정 유전자의 발현 조작과 미분화된 생식 기관에서 *sox9*와 *sry*의 발현 여부, 분화 결과 형성된 생식 기관을 나타낸 것이다.

구분	<i>sox9</i>	<i>sry</i>	생식 기관
야생형 생쥐 수컷	○	○	정소
야생형 생쥐 암컷	×	×	난소

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)  
(가)

생쥐	유전자의 발현 조작	<i>sox9</i>	<i>sry</i>	생식 기관
XY	I <i>sox9</i> 발현 억제	×	○	난소
	II <i>sry</i> 발현 억제	ⓐ	×	난소
XX	III <i>sox9</i> 발현 유도	○	×	정소
	IV <i>sry</i> 발현 유도	ⓑ	○	정소

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)  
(나)

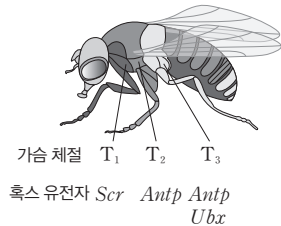
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.
- ㄴ. 야생형 생쥐 수컷에서 SOX9는 *sry*의 전사를 촉진하는 전사 인자이다.
- ㄷ. 성염색체 조합이 XX이고 생식 기관이 미분화된 생쥐에게 *sry* 발현을 유도하고, *sox9*의 발현을 억제하면 난소가 형성된다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [23029-0186] 그림은 야생형 초파리의 가슴 체절  $T_1 \sim T_3$ 과 각 체절의 기관 형성 과정에서 발현된 흑소 유전자 (*Scr*, *Antp*, *Ubx*)의 종류를, 표 (가)는 야생형 초파리의  $T_1 \sim T_3$ 에 형성된 기관을, (나)는 돌연변이 초파리 I과 II의 특징을 나타낸 것이다. I과 II는 각각 *Antp*가 머리 부위에서 발현된 돌연변이 초파리와 *Ubx*가 결실된 돌연변이 초파리 중 하나이다.



가슴 체절	형성된 기관	개체	특징
$T_1$	한 쌍의 다리	I	머리에 더듬이 대신 다리가 형성됨
$T_2$	한 쌍의 다리, 한 쌍의 날개		
$T_3$	한 쌍의 다리, 한 쌍의 평균곤	II	$T_2$ 와 $T_3$ 에 모두 날개가 생성되어 2쌍의 날개를 가짐

(가) (나)

초파리 배아의 체절에 따라 발현되는 흑소 유전자의 종류가 다르므로, 야생형 초파리 배아의 머리 부위에서는 가슴 부위에서 발현되는 흑소 유전자가 발현되지 않는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. *Scr*가 발현되어 생성된 물질은 전사 인자이다.
- ㄴ. 야생형 초파리의 머리 세포에서는 *Antp*가 발현되지 않는다.
- ㄷ. II는 *Ubx*가 결실된 돌연변이 초파리이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** [23029-0187] 다음은 어떤 동물 (가)의 근육 세포 분화에 대한 자료이다.

- ㉠ 돌연변이가 일어나지 않은 (가)의 근육 모세포에서는 유전자 *x*가 발현되어 전사 인자 X가 생성된다. X는 유전자 *y*의 전사를 촉진하며, *y*가 발현되어 전사 인자 Y가 생성되고, Y는 근육 특이적인 단백질을 암호화하는 유전자의 전사를 촉진한다.
- 표는 *x*와 *y* 중 한 유전자의 전사를 촉진하는 특정 전사 인자 결합 부위가 결실된 돌연변이 근육 모세포 I과 II에서 유전자 ㉡과 ㉢의 전사 여부를 나타낸 것이다. ㉡과 ㉢은 *x*와 *y*를 순서 없이 나타낸 것이다.

돌연변이 근육 모세포	㉡과 ㉢의 전사 여부
I	모두 전사되지 않음
II	㉡만 전사됨

근육 모세포가 근육 세포로 분화되는 과정에서 핵심 조절 유전자가 발현되면 하위 조절 유전자가 순차적으로 발현되어 세포 분화가 일어난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠의 상피 세포의 핵 DNA에는 X의 결합 부위와 Y의 결합 부위가 모두 있다.
- ㄴ. ㉢은 *x*이다.
- ㄷ. II는 *y*의 전사 인자 결합 부위가 결실된 돌연변이 근육 모세포이다.

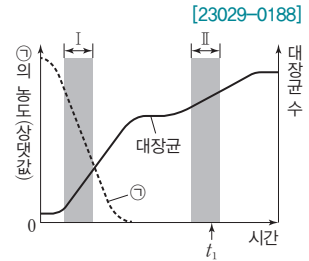
- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

포도당과 젖당이 모두 있을 때 대장균은 에너지원으로 포도당을 먼저 사용하고, 포도당이 고갈되면 젖당을 에너지원으로 사용하기 위해 젖당 오페론의 구조 유전자를 전사하여 젖당 이용에 관련된 효소를 생성한다.

젖당 오페론은 작동 부위, 프로모터, 구조 유전자로 구성되며, 젖당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이 대장균은 억제 단백질과 작동 부위의 결합이 일어나지 않고, 구조 유전자가 결실된 돌연변이 대장균은 구조 유전자의 전사가 일어나지 않으며, 프로모터가 결실된 돌연변이 대장균은 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나지 않는다.

**07** 그림은 포도당과 젖당이 모두 있는 배지에서 야생형 대장균을 배양했을 때 물질 ㉠의 농도와 대장균 수의 변화를 나타낸 것이다.  $t_1$  일 때 물질 ㉠의 농도는 0이 아니고, ㉠과 ㉡은 각각 젖당과 포도당 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)



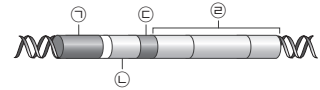
보기

- ㄱ. ㉠이 대장균의 생장에 사용되기 위해서는 젖당 분해 효소가 필요하다.
- ㄴ. 구간 I과 구간 II에서 모두 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현된다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때 젖당 유도체와 결합한 억제 단백질이 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 다음은 야생형 대장균과 돌연변이 대장균 I~IV에 대한 자료이다.

- 그림은 젖당 오페론과 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자를 나타낸 것이며, ㉠~㉣은 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자, 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자를 순서 없이 나타낸 것이다.
- 배지 A와 B는 각각 포도당과 젖당이 모두 없는 배지, 포도당은 없고 젖당이 있는 배지 중 하나이고, 표는 야생형과 ㉠~㉣ 중 적어도 한 부위가 결실된 I~IV의 결실 부위와 각 대장균을 A와 B에서 각각 배양했을 때 젖당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합 여부, ㉠의 생성 여부를 나타낸 것이다.  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이고,  $\delta$ 는 젖당 오페론에 포함되는 부위이며, ㉣는 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질과 젖당 분해 효소 중 하나이다.



구분	결실 부위	프로모터와 RNA 중합 효소의 결합		㉠의 생성	
		A	B	A	B
야생형	없음	?	×	+	?
I	$\alpha$	?	○	+	?
II	$\alpha, \gamma$	×	?	@	?
III	$\beta, \delta$	○	?	-	㉡
IV	$\beta$	○	×	?	-

(○: 결합함, ×: 결합 못함, +: 생성됨, -: 생성 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. @와 ㉡는 모두 ‘- (생성 안 됨)’이다.
- ㄴ. A에서  $\delta$ 가 결실된 대장균을 배양하면 억제 단백질과 젖당 유도체의 결합이 일어나지 않는다.
- ㄷ. IV는 @이 결실된 대장균이다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 어떤 동물의 세포 I~V에서 유전자  $x$ 와  $y$ 의 전사 조절에 대한 자료이다.

[23029-0190]

- $x$ 와  $y$ 의 프로모터와 전사 인자 결합 예상 부위 ㉠~㉣은 그림과 같다.  $x$ 의 전사 인자 결합 부위는 ㉠~㉣ 중 하나이고,  $y$ 의 전사 인자 결합 부위는 ㉡~㉣ 중 하나이다.

㉠	㉡	㉢	프로모터	유전자 $x$
㉡	㉢	㉣	프로모터	유전자 $y$

- $x$ 는 전사 인자 X를,  $y$ 는 전사 인자 Y를 암호화하며, X와 Y 중 하나는 나머지 하나를 암호화하는 유전자의 전사를 촉진한다.
- $x$ 와  $y$ 의 전사는 전사 인자가 ㉠~㉣, ㉡~㉣ 중 각 유전자의 전사 인자 결합 부위에 결합해야 촉진된다.
- 표는 정상 세포 I과 전사 인자 결합 부위에 결실이 일어난 돌연변이 세포 II~V에서 결실된 부위와  $x$ 와  $y$ 의 전사 여부를 나타낸 것이다.

세포		I	II	III	IV	V
결실된 부위		없음	㉠, ㉡	㉠, ㉡, ㉢	㉡, ㉢	㉢, ㉣
전사 여부	$x$	전사됨	전사됨	전사 안 됨	전사 안 됨	㉡
	$y$	전사됨	전사됨	전사 안 됨	전사됨	㉢

어떤 유전자의 전사 인자 결합 부위가 결실되면, 결실된 부위에 결합하는 전사 인자가 있어도 해당 유전자의 전사가 일어나지 않는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉡와 ㉢은 모두 '전사 안 됨'이다.
- ㄴ. Y는 ㉢에 결합한다.
- ㄷ. ㉠~㉣ 중 ㉡만 결실된 세포에서는  $x$ 와  $y$ 의 전사가 모두 억제된다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 발생 중인 생쥐 I~V의 근육 세포와 이자 세포에서 유전자  $x$ 의 전사 조절에 대한 자료이다.

[23029-0191]

- $x$ 의 전사에 관여하는 전사 인자는 A~D이고, 전사 인자 결합 부위는 ㉠, ㉡, ㉢, ㉣이다. A는 ㉠에만, B는 ㉡에만, C는 ㉢에만, D는 ㉣에만 결합한다.
- $x$ 의 전사는 전사 인자가 ㉠~㉣ 중 ㉡ 어느 하나에 반드시 결합하고 동시에 다른 전사 인자가 나머지 세 부위 중 하나에만 결합해도 촉진된다.
- 표는 I~V에서 결실된 부위, 근육 세포와 이자 세포에서  $x$ 의 전사 여부를 나타낸 것이다. 근육 세포에서는 A~D 중 3가지만 발현되고, 이자 세포에서는 A~D 중 2가지만 발현된다.

생쥐		I	II	III	IV	V
결실된 부위		없음	㉠, ㉡	㉠, ㉢	㉡, ㉣	㉢, ㉣
$x$ 의 전사 여부	근육 세포	전사됨	전사 안 됨	전사 안 됨	?	전사됨
	이자 세포	전사됨	?	전사됨	전사 안 됨	전사 안 됨

근육 세포와 이자 세포는 동일한 유전체를 가지고 있지만, 발현되는 전사 인자의 종류가 다르다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉡는 ㉢이다.
- ㄴ. 근육 세포에서는 D가 발현되지 않는다.
- ㄷ. IV의 이자 세포에 A~D를 모두 첨가하면  $x$ 가 전사된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

# V

## 생물의 진화와 다양성

### 2023학년도 수능 12번

12. 다음은 3역 6계 분류 체계에 따라 분류한 6종의 생물 A~F에 대한 자료이다.

- A~F는 2개의 역으로 분류된다.
- A와 C는 서로 다른 ㉠에 속하고, A와 D는 서로 다른 ㉡에 속한다. ㉠과 ㉡은 역과 계를 순서 없이 나타낸 것이다.
- A와 F는 서로 같은 ㉢에 속하고, C와 E는 서로 같은 ㉣에 속한다.
- B와 D는 서로 같은 ㉤에 속하고, E와 F는 서로 같은 ㉥에 속한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 역이다.
- ㄴ. A~F는 3개의 계로 분류된다.
- ㄷ. A와 E는 모두 진핵생물역에 속한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

### 2023학년도 EBS 수능특강 161쪽

④ 3역 6계 분류 체계: rRNA의 염기 서열을 이용하여 작성한 계통수를 근거로 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역과 진정세균계, 고세균계, 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계의 6계로 분류하였다. 오늘날에는 이 분류 체계가 널리 받아들여지고 있다.

#### 참구자료 살펴보기 5계 분류 체계와 3역 6계 분류 체계 비교



#### 분석

- ① 두 분류 체계는 모두 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계의 분류군을 가진다.
- ② 3역 6계 분류 체계에서는 5계 분류 체계의 원핵생물계에 속해 있던 세균과 고세균을 세균역의 진정세균계와 고세균역의 고세균계로 분리하였으며, 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계를 하나로 묶어 진핵생물역으로 분류하였다.

#### point

- 고세균역은 원핵세포로 구성되어 있지만, 유전 정보의 발현이 세균역보다 진핵생물역과 유사하다. → 고세균역은 세균역보다 진핵생물역과 유연관계가 가깝다.

### 연계 분석

2023학년도 수능 12번은 수능특강 161쪽 본문과 연계하여 출제되었다. 수능특강의 본문 중 참구자료 살펴보기에서는 5계 분류 체계와 3역 6계 분류 체계를 비교하고, 고세균역의 특징을 분석하여 고세균역이 세균역보다 진핵생물역과 유연관계가 가깝다는 점을 나타내었다. 수능에서는 3역 6계 분류 체계에 따라 분류한 6종의 생물이 2개의 역으로 분류되고, 각 종이 서로 다른 역 또는 계에 속하는 지를 가리고 추가 조건을 제시함으로써 분류 체계에서 역과 계의 관계를 분석하도록 변형하였다.

### 학습 대책

생물의 분류와 다양성에서 3역 6계에 따른 분류 체계는 모의평가 및 수능에서 자주 출제되므로 3역과 6계의 각 특징 및 차이 점을 꼼꼼하게 학습하고 숙지해야 한다. 또한, 진핵생물역에 속하는 원생생물계, 식물계, 동물계, 균계의 각 특징을 묻는 문제나 9개의 동물문(해면동물, 자포동물, 편형동물, 연체동물, 환형동물, 선형동물, 절지동물, 극피동물, 척삭동물)의 각 특징과 각 동물문에 속하는 예를 묻는 문제도 출제되므로 체계적으로 정리하고, 수능특강의 문제를 학습하며 다양한 형태의 자료 분석을 통해 각 분류 체계를 익히는 것도 필요하다.





2023학년도 9월 모의평가 17번

17. 표 (가)는 진화의 요인 A~C에서 특징 ㉠~㉢의 유무를 나타낸 것이고, (나)는 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다. A~C는 돌연변이, 병목 효과, 창시자 효과를 순서 없이 나타낸 것이다.

진화 요인 \ 특징	㉠	㉡	㉢
A	○	○	○
B	○	×	㉠
C	×	×	○

(가) (○: 있음, ×: 없음)

특징(㉠~㉢)
• 유전자풀의 변화 요인이다.
• 유전적 부동의 한 현상이다.
• 원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

〈보 기〉

ㄱ. A는 병목 효과이다.  
 ㄴ. ㉠은 '○'이다.  
 ㄷ. ㉠은 '유전적 부동의 한 현상이다.'이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능완성 136쪽 16번

16

▶ 22072-0306

표 (가)는 유전자풀의 변화 요인 A~C에서 특징 ㉠~㉢의 유무를, (나)는 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다. A~C는 돌연변이, 병목 효과, 창시자 효과를 순서 없이 나타낸 것이다.

변화 요인 \ 특징	A	B	C
㉠	?	○	×
㉡	○	×	㉠
㉢	○	?	×

(가) (○: 있음, ×: 없음)

특징(㉠~㉢)
• 유전적 부동의 한 현상이다.
• 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.
• 자연재해에 의해 집단의 크기가 급격히 감소할 때 나타나는 현상이다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

〈보 기〉

ㄱ. ㉠은 '○'이다.  
 ㄴ. ㉠은 '유전적 부동의 한 현상이다.'이다.  
 ㄷ. C는 DNA 염기 서열에 변화가 생겨 나타나는 현상이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

2023학년도 9월 모의평가 17번은 수능완성 136쪽 16번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 진화의 요인, 즉 유전자풀의 변화 요인에서 각 특징의 유무를 제시하였으며, 돌연변이, 병목 효과, 창시자 효과를 순서 없이 나타내었다는 점에서 유사성이 높다. 수능완성에서는 유전적 부동의 한 현상으로 자연재해에 의해 집단의 크기가 급격히 감소할 때 나타나는 병목 효과를 제시하였지만, 모의평가에서는 원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 창시자 효과를 제시하였다는 점에서 다르다.

학습 대책

유전자풀의 변화 요인으로는 돌연변이, 유전적 부동, 자연 선택, 유전자 흐름이 있고, 각 요인의 특징을 묻는 문제가 모의평가 및 수능에서 최근 연속적으로 출제되고 있으므로 각 변화 요인의 개념을 정확히 이해할 필요가 있다. 각 개념에 대한 이해를 바탕으로 문제에서 제시된 사례 또는 특징이 유전자풀의 변화 요인 중 어떤 요인에 해당하는지 구분할 수 있어야 하므로 수능특강의 문항을 학습하며 개념을 익히고, 다양한 유형의 문항 해결을 통해 자료 해석 능력을 키우는 것도 필요하다.

## 개념 체크

○ 환원성 기체: 수소(H)와 결합한 상태이며, 산소에 의해 산화될 수 있는 기체이다.

1. ( )은 원시 지구의 환경에서 간단한 유기물이 합성되고 오랜 세월 동안 농축되어 복잡한 유기물이 생성되는 화학적 진화 과정을 거쳐 형성된 유기물 복합체가 최초의 생명체가 되었다는 학설이다.

2. ( )는 마그마로 데워진 뜨거운 해수가 해저에서 분출되는 곳으로 에너지가 지속적으로 공급된다.

※ ○ 또는 ×

3. 오파린과 홀데인은 생명의 기원에 대해 화학적 진화설을 제안하였다. ( )

4. 아미노산과 뉴클레오타이드는 복잡한 유기물에 해당한다. ( )

## 1 원시 지구의 상태

(1) 원시 대기 구성 성분: 메테인(CH<sub>4</sub>), 암모니아(NH<sub>3</sub>), 수증기(H<sub>2</sub>O), 수소(H<sub>2</sub>), 질소(N<sub>2</sub>), 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>) 등으로 구성되어 있었을 것으로 추정되며, 산소(O<sub>2</sub>)는 없었을 것으로 추정된다.

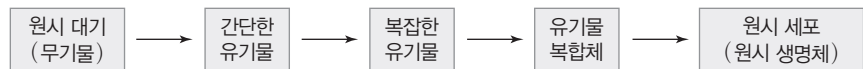
## (2) 풍부한 에너지원

- ① 운석의 충돌과 대규모의 화산 활동으로 생성된 열에너지가 풍부하였다.
- ② 오존층이 형성되어 있지 않아 태양의 강한 자외선이 그대로 지구 표면에 도달하여 복사 에너지가 풍부하였다.
- ③ 불안정한 대기로 인해 발생한 번개와 같은 방전 현상에 의한 전기 에너지가 풍부하였다.

## 2 원시 생명체의 탄생 가설

## (1) 화학적 진화설

① 오파린과 홀데인이 생명의 기원에 대해 주장한 화학적 진화설에 따르면 원시 세포(원시 생명체) 출현 과정은 다음과 같다.



• 화학적 진화설: 원시 지구의 환경에서 무기물로부터 간단한 유기물이 합성되고, 간단한 유기물이 오랜 세월 동안 농축되어 복잡한 유기물이 생성되는 화학적 진화 과정을 거쳐 형성된 유기물 복합체가 유전 물질을 전달하고 스스로 분열할 수 있게 되면서 최초의 생명체가 되었다는 학설이다.

## ② 각 단계에 해당하는 물질의 예

- 원시 대기(무기물): 메테인(CH<sub>4</sub>), 암모니아(NH<sub>3</sub>), 수증기(H<sub>2</sub>O), 수소(H<sub>2</sub>) 등 환원성 기체
- 간단한 유기물: 아미노산, 뉴클레오타이드 등
- 복잡한 유기물: 단백질, 핵산 등
- 유기물 복합체: 코아세르베이트, 마이크로스피어, 리포솜

## (2) 심해 열수구설

① 원시 지구 대기의 대부분은 화산에서 방출된 이산화 탄소 등의 많은 산화물에 의해 산화 작용이 일어나 유기물이 존재하기 어려웠을 것으로 보인다. 이와 같이 화학적 진화설은 원시 지구 환경을 충분히 고려하지 못한다는 한계점을 가지고 있다. 심해 열수구는 화산 활동으로 에너지가 풍부하여 유기물이 합성될 수 있는 조건을 갖추고 있다. 따라서 심해 열수구는 최근에 최초의 생명체 탄생 장소로 주목받고 있다.

② 심해 열수구는 마그마로 데워진 뜨거운 해수가 해저에서 분출되는 곳이다. 심해 열수구는 에너지가 지속적으로 공급되며, 심해 열수구 주위에는 간단한 유기물 합성에 필요한 물질인 수소, 암모니아, 메테인 등이 높은 농도로 존재하는 것으로 알려져 있다.

정답

1. 화학적 진화설
2. 심해 열수구
3. ○
4. ×

### 3 원시 생명체의 탄생

#### (1) 유기물의 생성

① 간단한 유기물의 생성: 원시 대기(무기물) → 간단한 유기물

- 원시 대기를 구성하는 기체(무기물)로부터 간단한 유기물(아미노산, 뉴클레오타이드 등)이 합성되어 원시 바다에 축적되었다.
- 밀러와 유리의 증명 실험: 오파린과 홀데인의 화학적 진화설 중 일부를 입증하였다. 원시 대기의 구성 성분으로 추정하는 메테인( $CH_4$ ), 암모니아( $NH_3$ ), 수증기( $H_2O$ ), 수소( $H_2$ )를 혼합한 기체에 고전압 전류를 계속 방전시켰다. 그 후 원시 바다에 해당하는 U자관에 고인 액체를 분석해 보았더니 그 속에서 글리신, 알라닌, 글루탐산 등의 아미노산과 사이안화 수소( $HCN$ ), 푸마르산, 젖산, 아세트산 등의 물질이 검출되었다.

② 복잡한 유기물의 생성: 간단한 유기물 → 복잡한 유기물

- 원시 바다에 축적된 간단한 유기물(아미노산, 뉴클레오타이드 등)이 여러 과정을 통해 농축되어 복잡한 유기물(단백질, 핵산 등)을 형성하였다.
- 폭스의 증명 실험: 20여 종류의 아미노산을 혼합하여 고압 상태에서 몇 시간 동안  $170^\circ C$ 로 가열한 결과 약 200개의 아미노산으로 이루어진 아미노산 중합체가 합성되었다. 간단한 유기물인 아미노산으로부터 복잡한 유기물인 아미노산 중합체가 합성된 것이다.

#### 개념 체크

● 밀러와 유리의 실험: 오파린의 화학적 진화설을 실험으로 증명하였으며, 무기물로부터 간단한 유기물이 합성될 수 있음을 확인한 실험이다.

1. 밀러와 유리의 실험에서 실험 장치의 U자관에 고인 물은 원시 지구의 ( )에 해당한다.
2. 밀러와 유리의 실험에서 물을 끓인 것은 ( )를 공급하고, 화산 폭발 등의 에너지로 인한 고온 상태를 재현한 것이다.

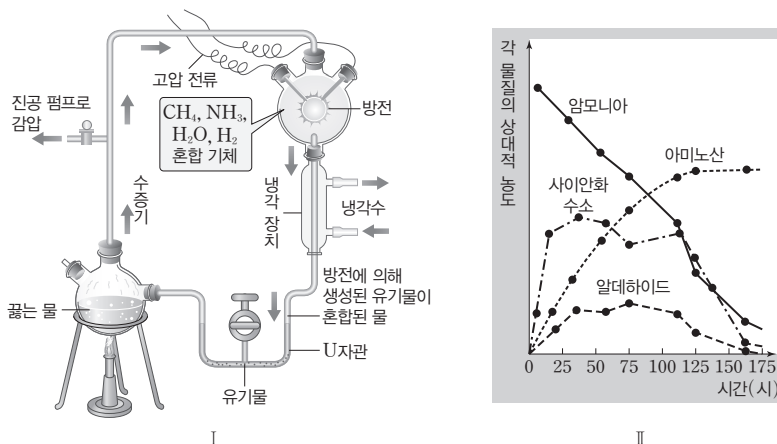
※ ○ 또는 ×

3. 밀러와 유리의 실험 결과를 통해 암모니아로부터 아미노산이 합성된다는 것을 확인할 수 있다. ( )
4. 폭스는 실험을 통해 고압 상태에서 아미노산 혼합물을 가열하여 약 200개의 아미노산으로 이루어진 아미노산 중합체를 합성하였다. ( )

#### 탐구자료 살펴보기 밀러와 유리의 실험

##### 과정

- (가) 그림 I 과 같이 원시 지구의 환경과 비슷한 조건의 실험 장치를 만들었다.  
 (나) 1주일 동안 방전시켜 U자관 내 물질의 농도를 측정하였다.



##### 결과

- ① 1주일 동안 U자관 내 물질의 농도 변화는 그림 II와 같았다.
- ② 원시 지구 환경과 비슷한 조건을 조성하였더니, 혼합 기체로부터 간단한 유기물이 합성되었다.

##### 정답

1. 바다
2. 수증기
3. ○
4. ○

## 개념 체크

● **코아세르베이트의 생성 및 관찰:** 1% 젤라틴 용액 5 mL와 1% 아라비아 고무 용액 3 mL를 시험관에 넣고 흔들어서 혼합한 후 50°C에서 pH 3.4~4.0을 맞추어 주면 코아세르베이트가 생성되어 관찰할 수 있다.

1. 오파린은 원시 바닷속에 축적된 ( )이 농축되어 액상의 막으로 둘러싸인 유기물 복합체가 되었다고 생각하였다.

2. 폭스는 ( ) 용액에 높은 열을 가해 아미노산 중합체를 만든 후 이것을 물에 넣어 서서히 식혀 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체를 만들었다.

※ ○ 또는 ×

3. 마이크로스피어는 주변 환경으로부터 선택적으로 물질을 흡수하면서 커진다. ( )

4. 리포솜은 인지질 2중층의 막 구조를 갖고 있다. ( )

## point

- 혼합 기체는 원시 지구의 대기 성분으로 추정되는 것을 재현한 것이다.
- 혼합 기체가 들어 있는 플라스크에 고전압의 전기를 방전하는 것은 번개와 같은 원시 지구의 자연 에너지를 재현한 것이다.
- U자관에 고인 물은 원시 지구의 바다를, 냉각 장치를 통과하면서 응결된 물은 비를 재현한 것이다.
- 물을 끓이는 것은 수증기를 공급하고, 화산 폭발 등의 에너지로 인한 고온 상태를 재현한 것이다.
- II에서 시간이 경과함에 따라 방전 에너지에 의해 화학 반응이 일어나 암모니아로부터 아미노산 등의 간단한 유기물이 합성되었다.
- II에서 알데하이드와 사이안화 수소(HCN)가 증가했다가 감소하는 이유는 화학 반응 결과 암모니아 등으로부터 알데하이드와 사이안화 수소가 생성되었다가 아미노산 합성에 이용되기 때문이다.

## (2) 유기물 복합체의 형성: 복잡한 유기물 → 유기물 복합체(코아세르베이트, 마이크로스피어, 리포솜)

### ① 코아세르베이트

- 오파린은 원시 바닷속에 축적된 유기물이 농축되어 액상의 막으로 둘러싸인 유기물 복합체가 되었다고 생각하였다.
- 오파린은 탄수화물, 단백질, 핵산의 혼합물로부터 막에 둘러싸인 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체를 만들었고, 이를 코아세르베이트라고 하였다.
- 코아세르베이트는 세포의 원형질과 비슷하며, 주변 환경으로부터 물질을 흡수하면서 커지고, 일정 크기 이상이 되면 분열하며 간단한 대사 작용도 할 수 있어 원시 세포의 기원이라고 생각되었다.

### ② 마이크로스피어

- 폭스는 아미노산 용액에 높은 열을 가해 아미노산 중합체를 만든 후 이것을 물에 넣어 서서히 식혀 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체를 만들었고, 이를 마이크로스피어라고 하였다.
- 마이크로스피어는 단백질로 구성된 막을 가지고 있다. 주변 환경으로부터 선택적으로 물질을 흡수하면서 커지고, 일정 크기 이상이 되면 스스로 분열하여 수가 증가한다.
- 코아세르베이트보다 구조가 안정적이기 때문에 원시 세포 출현에 중요한 역할을 했을 것으로 생각되었다.

### ③ 리포솜

- 물속에 있는 인지질이 뭉쳐 리포솜이 만들어졌다.
- 리포솜은 현재의 세포막처럼 인지질 2중층의 막 구조를 가지고 있으며, 막에 단백질을 붙일 수 있고, 선택적 투과성이 있다.
- 리포솜은 부피가 커지면 작은 리포솜을 형성하여 분리할 수 있고, 물질 흡수와 방출이 일어날 수 있으며, 효소와 기질 첨가 시 물질대사를 하기도 한다.

## (3) 막 형성의 중요성

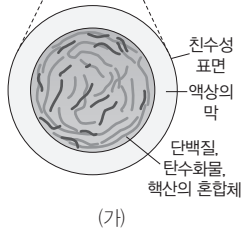
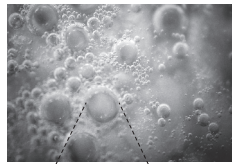
- ① 막은 막 내부를 외부 환경으로부터 분리시켜 물질대사와 같은 생명 활동이 안정적이고 지속적으로 일어날 수 있게 한다.
- ② 막은 막 내부의 물질대사에 필요한 물질을 선택적으로 흡수하고 방출하는 역할을 하기 때문에 막 형성은 원시 생명체 탄생에 중요하다.

## 정답

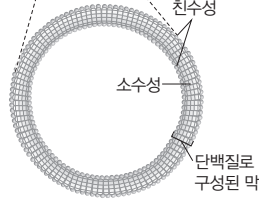
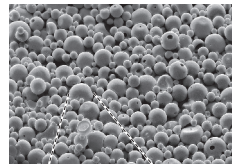
1. 유기물
2. 아미노산
3. ○
4. ○



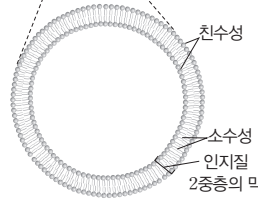
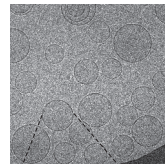
과학 돋보기 | 유기물 복합체의 막 구조 비교



(가)



(나)



(다)

- (가)는 코아세레베이트이며, 막의 구성 성분은 물이다. 코아세레베이트의 막은 물 분자가 결합하여 주변과 경계를 이루는 액상의 막이다.
- (나)는 마이크로스피어이며, 막의 구성 성분은 단백질이다.
- (다)는 리포솜이며, 막의 구성 성분은 인지질이다. 리포솜의 막은 인지질 2중층으로 구성되어 있다.
- 리포솜의 막 구조가 현재의 세포막과 거의 유사하므로 리포솜이 최초의 생명체 탄생과 관련이 있을 것이다.

탐구자료 살펴보기 | 막의 중요성

자료

- (가) 물질 조성을 알고 있는 액체 배지에서 대장균을 일정 시간 배양한 후, 대장균 내부의 물질 조성을 조사한다.
- (나) 초음파를 가하여 배지에 있는 대장균의 세포막을 제거한 후, 배지에서 일어나는 화학 반응을 확인하고, 세포막을 제거하지 않은 대장균 내부에서 일어나는 물질대사와 비교한다.



결과

- ① 대장균 내부의 물질 조성은 액체 배지의 물질 조성은 같지 않다.
- ② 배지에서 일어나는 화학 반응은 대장균 세포 내부에서 일어나는 물질대사와 다르다.

point

- 살아 있는 대장균의 세포막은 배지로부터 선택적으로 물질을 흡수하고 방출하기 때문에 대장균 내부의 물질 조성은 액체 배지의 물질 조성은 같지 않다.
- 대장균 내부는 세포막을 경계로 외부와 분리되고, 세포 안이 밖보다 공간이 좁으므로 물질대사가 안정적이고 효율적으로 일어날 수 있다.

(4) 유전 물질과 효소

- ① 자기 복제와 물질대사에 필요한 유전 물질과 효소가 있는 원시 생명체가 출현하였다.
- ② 최초의 유전 물질
  - 단백질은 효소 작용을 하지만, 유전 정보를 저장하고 전달하는 기능이 없다.
  - DNA는 유전 정보를 저장하는 기능이 있지만, 효소 작용을 하지 못한다.
  - RNA는 유전 정보의 저장과 전달 기능이 있으며, 효소 기능을 하는 것도 있는데, 이를 리보자임이라고 한다. 리보자임은 다양한 입체 구조를 만들 수 있고, 짧은 RNA를 상보적으로 복제하는 작용을 촉매할 수 있다. 따라서 RNA는 최초의 유전 물질로 추정된다.

개념 체크

● 리보자임(Ribozyme): 리보자임은 RNA(Ribonucleic acid)와 효소(Enzyme)를 합쳐 용어를 지은 것으로 유전 정보 저장 기능과 효소 기능이 모두 있는 RNA를 의미한다.

1. 코아세레베이트, 마이크로스피어, 리포솜 중 ( )의 막 구조가 현재의 세포막과 거의 유사하므로 최초의 생명체 탄생과 관련이 있을 것이다.

2. RNA 중 유전 정보 저장 기능과 효소 기능이 있는 것을 ( )이라고 한다.

※ ○ 또는 ×

3. 마이크로스피어의 막 구성 성분은 물이다. ( )

4. 원시 생명체가 되기 위해서는 자기 복제와 물질대사에 필요한 유전 물질과 효소가 있어야 한다. ( )

정답

- 1. 리포솜
- 2. 리보자임
- 3. ×
- 4. ○

개념 체크

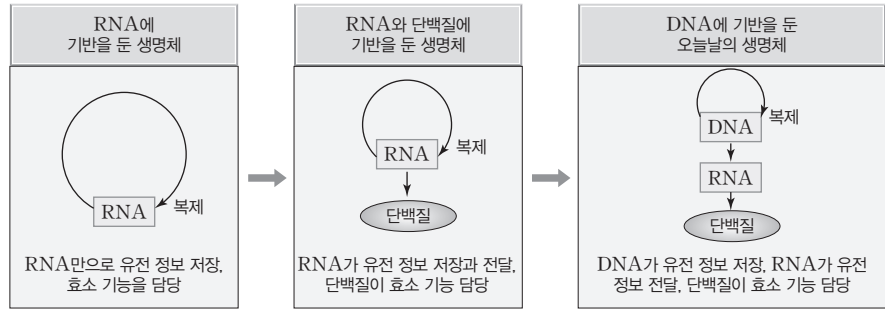
● DNA에 기반을 둔 생명체: 단일 가닥으로 이루어진 RNA보다 이중 나선으로 이루어진 DNA가 유전 정보를 더 안정적으로 저장하고 정확하게 복제할 수 있다. 따라서 유전 정보 저장 역할이 RNA에서 DNA로 바뀌고, RNA는 유전 정보 전달 역할을 하게 되었다.

- ( )는 화학적으로 안정한 이중 나선 구조를 하고 있어 RNA보다 유전 정보의 저장에 더 유리하다.
- 리보자임은 유전 정보 저장 기능이 있고, 효소 기능이 ( ) .

※ ○ 또는 ×

- RNA 우선 가설은 RNA가 최초의 유전 물질로서 유전 정보 저장과 효소 기능을 가지고 자기 복제를 하었다는 가설이다. ( )
- 원시 생명체는 막으로 둘러싸여 세포 내부 환경을 안정적으로 유지할 수 있다. ( )

③ RNA 우선 가설: RNA가 최초의 유전 물질로서 유전 정보 저장과 효소 기능을 가지고 자기 복제를 하였다는 가설이다.



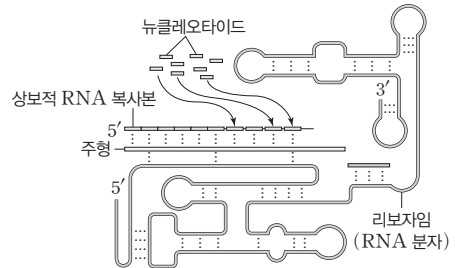
④ 오늘날의 생명체

- 오늘날의 생명체에서 유전 정보의 저장 기능은 DNA가 담당하고 있다. DNA는 화학적으로 안정한 이중 나선 구조를 하고 있어 RNA보다 유전 정보의 저장에 더 유리하다.
- 오늘날의 생명체에서 효소의 기능은 주로 단백질이 담당하고 있다.



과학 돋보기 | DNA, 리보자임, 단백질의 특성 비교

구분	DNA	리보자임	단백질
유전 정보 저장	가능	가능	불가능
입체 구조	일정함	다양함	다양함
효소(촉매) 기능	없음	있음	있음



- 최초의 유전 물질은 유전 정보를 저장할 수 있으면서 효소(촉매) 기능을 하고 스스로 복제를 하여 유전 정보를 전달할 수 있어야 한다. 유전 정보를 저장할 수 있고, 다양한 입체 구조를 형성하여 효소(촉매)로 작용할 수 있는 리보자임은 최초의 유전 물질이었을 가능성이 높다.
- 리보자임은 RNA 단일 가닥을 구성하는 염기들끼리 상보적 결합을 하여 복잡한 모양으로 접힐 수 있어 다양한 입체 구조를 갖는다. 리보자임은 주형이 되는 RNA에 상보적인 RNA 복사본을 합성하는 등 단백질로 구성된 효소 없이도 스스로 효소 작용을 하기도 한다.

(5) 원시 생명체의 탄생

① 유기물 복합체 → 원시 생명체

유기물 복합체에 효소와 유전 물질인 핵산이 추가되어 물질대사와 자기 복제 능력이 있는 원시 생명체가 탄생하였다.

② 원시 생명체는 막으로 둘러싸여 세포 내부 환경을 안정적으로 유지하고 물질 출입 조절 기능을 가지며, 물질대사를 촉매하는 효소가 있고, 유전 물질을 스스로 복제하여 생식할 수 있는 생명체로 진화해 나갔을 것이다.

정답

- DNA
- 있다
- 
-

## 4 원시 생명체의 진화

### (1) 원핵생물의 출현

#### ① 무산소 호흡하는 종속 영양 생물

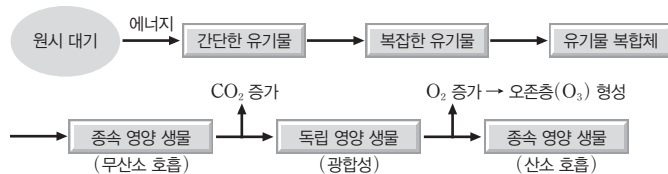
- 최초의 생명체는 약 39억 년 전에 바닷속에서 출현한 것으로 추정되며, 무산소 호흡으로 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 종속 영양 생물이다. 왜냐하면 원시 지구의 대기에는 산소가 없고, 원시 바다에는 유기물이 풍부하였기 때문이다.
- 무산소 호흡 종속 영양 생물의 무산소 호흡 결과 대기에는 이산화 탄소가 증가하였고, 바닷속 유기물의 양은 감소하였다.

#### ② 광합성하는 독립 영양 생물

- 대기 중 이산화 탄소 농도의 증가와 바닷속 유기물 양의 감소 결과 유기물을 스스로 합성하는 독립 영양 생물인 광합성 세균이 출현하였다.
- 광합성하는 독립 영양 생물이 출현한 결과 대기 중 산소의 농도와 바닷속 유기물의 양이 증가하였다.
- 산소의 증가는 붉은색을 띠는 산화철 퇴적층을 통해 확인할 수 있다. 만들어진 산소가 우선 바닷속에 녹아 있는 철 이온과 반응하여 산화철이 되어 침전되었기 때문이다.

#### ③ 산소 호흡하는 종속 영양 생물

- 산소의 농도와 유기물의 양 증가로 산소를 이용하여 호흡(산소 호흡)하는 종속 영양 생물이 출현하였다.
- 산소 호흡은 무산소 호흡보다 에너지 효율이 높아 산소 호흡하는 생물이 번성하였다.



### (2) 단세포 진핵생물의 출현

① 원핵생물 → 진핵생물: 최초의 생명체는 원핵생물이며, 이후 구조가 복잡해지면서 진핵생물로 진화하였다.

② 최초의 진핵생물은 단세포 생물이다.

#### ③ 진핵생물의 출현 가설

- 막 진화설: 생명체가 가진 세포막이 세포 안으로 함입되어 핵, 소포체, 골지체 등과 같은 막성 세포 소기관으로 분화되었다는 가설이다.
- 세포내 공생설: 독립적으로 생활하던 산소 호흡을 하는 원핵생물(산소 호흡 세균)과 광합성을 하는 원핵생물(광합성 세균)이 숙주 세포와 공생하다가 각각 미토콘드리아와 엽록체로 분화되었다는 가설이다.
- 세포내 공생설의 증거: 미토콘드리아와 엽록체가 원핵생물과 유사한 자체의 고리형 DNA와 리보솜을 가지고 있는 점, 2중막 중 내막의 구조가 원핵생물의 세포막과 유사한 점, 크기가 원핵생물과 비슷한 점 등이 있다.

### 개념 체크

- 원핵생물: 막으로 둘러싸인 핵과 막성 세포 소기관이 없는 생물로 세균, 고세균이 속한다.
- 종속 영양 생물: 다른 생물이 합성한 유기물을 섭취하거나 다른 생물을 섭식하여 영양소를 얻는 생물이다.
- 독립 영양 생물: 무기물로부터 생명 활동에 필요한 유기물을 스스로 합성하는 생물이다.

1. 원시 지구의 대기에는 ( )가 없고, 원시 바다에는 유기물이 풍부하였기 때문에 최초의 생명체는 무산소 호흡을 하는 종속 영양 생물이다.

2. 대기 중 ( )의 증가와 바닷속 유기물 양의 감소 결과 광합성 세균이 출현하였다.

※ ○ 또는 ×

3. 산소 호흡 세균이 출현한 이후 최초의 광합성 세균이 출현하였다. ( )

4. 최초의 생명체는 진핵생물이다. ( )

#### 정답

1. 산소
2. 이산화 탄소
3. ×
4. ×

개념 체크

● **진핵생물**: 막으로 둘러싸인 핵과 막성 세포 소기관이 있는 생물로 원생생물, 식물, 균(균계), 동물이 이에 속한다.

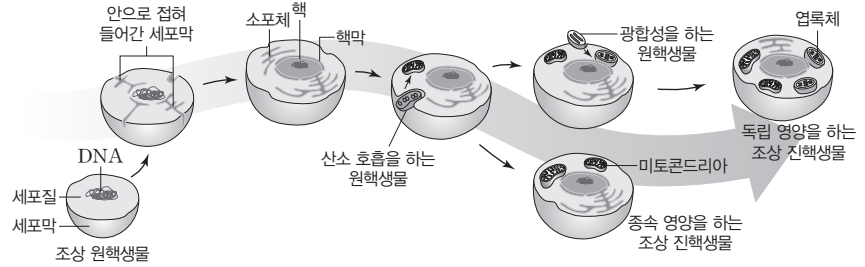
1. 단세포 진핵생물이 모여 군체를 이룬 후, 세포의 형태와 기능이 ( )되어 다세포 진핵생물로 진화하였다.

2. 대기 중 산소 농도의 증가로 오존층이 형성되어 ( )을 상당 부분 차단함으로써 바닷속 생물이 육상으로 진출할 수 있었다.

※ ○ 또는 ×

3. 최초의 진핵생물은 단세포 생물이었다. ( )

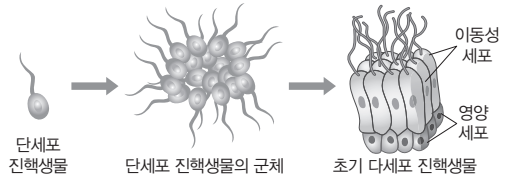
4. 대기 중 산소의 증가로 인하여 오존층이 형성되었고, 생물이 육상으로 진출할 수 있는 계기가 되었다. ( )



- 숙주 세포(무산소 호흡 원핵생물)에 산소 호흡을 하는 원핵생물(산소 호흡 세균)이 공생하여 미토콘드리아를 가지게 된 진핵생물이 출현하였으며, 이 세포는 동물, 균(균계), 일부 원생생물 등 현생 종속 영양 진핵생물의 조상이 되었다.
- 이 세포에 광합성을 하는 원핵생물(광합성 세균)이 공생하여 엽록체도 가지게 된 진핵생물은 식물과 일부 원생생물 등 현생 독립 영양 진핵생물의 조상이 되었다.

(3) 다세포 진핵생물의 출현

① 독립된 단세포 진핵생물이 모여 군체를 이룬 후, 환경에 적응하는 과정에서 세포의 형태와 기능이 분화되어 다세포 진핵생물로 진화하였다.



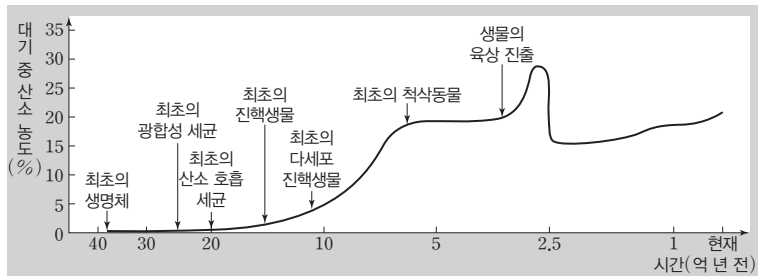
② 다세포 진핵생물은 각각 독립적으로 서로 다른 다세포 생물로 진화하여 원생생물, 식물, 균(균계), 동물의 조상이 되었다.

(4) 육상 생물의 출현

- ① 광합성하는 진핵생물의 출현 이후 대기 중 산소 농도의 증가로 오존층이 형성되어 자외선을 상당 부분 차단함으로써 바닷속 생물이 육상으로 진출할 수 있었다.
- ② 동물, 식물 등 다세포 진핵생물이 육상으로 진출하면서 생물 다양성이 증가하였다.



과학 돋보기 | 산소 농도의 변화와 생물의 출현



- 최초의 생명체는 약 39억 년 전에 나타났으며 무산소 호흡하는 종속 영양 생물이었다.
- 유기물의 감소로 인하여 독립 영양 생물(광합성 세균)이 출현하여 대기 중의 산소 농도가 증가하였으며, 산소 농도 증가로 산소 호흡을 하는 종속 영양 생물(산소 호흡 세균)이 출현하였다.
- 최초의 생명체는 원핵생물이었고, 이후 원핵생물보다 복잡한 구조를 가지는 진핵생물이 출현하였다.
- 최초의 진핵생물은 단세포 생물이었으며, 이후에 다세포 진핵생물이 등장하여 생물 다양성이 증가하였다.
- 대기 중 산소 농도가 증가하면서 오존층이 형성되어 생물이 육상으로 진출하는 계기가 되었다.

정답

1. 분화
2. 자외선
3. ○
4. ○



**01** 표는 원시 생명체 탄생에 대한 두 가지 가설을 비교하여 나타낸 것이다. A와 B는 각각 심해 열수구설과 화학적 진화설 중 하나이다.

구분	A	B
유기물 합성 장소	대기	해저
에너지원	(가)	뜨거운 해수
유기물 합성에 필요한 물질	(나)	메테인, 수소, 암모니아 등

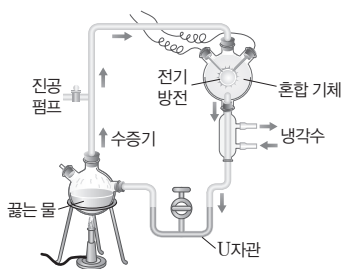
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 자외선은 (가)에 해당한다.  
 ㄴ. 산화성 기체는 (나)에 해당한다.  
 ㄷ. B는 심해 열수구설이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 밀러와 유리의 실험을 나타낸 것이다.



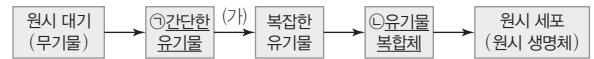
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 혼합 기체에 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 포함되어 있었다.  
 ㄴ. U자관에 고인 물은 원시 지구의 바다를 재현한 것이다.  
 ㄷ. 실험 결과 U자관에서 아미노산이 발견되었다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 그림은 화학적 진화설에 따른 원시 세포(원시 생명체)의 출현 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 원시 바다에 ㉠이 축적되었다.  
 ㄴ. 핵산은 ㉡의 예에 해당한다.  
 ㄷ. 폭스는 아미노산 혼합물을 고압 상태에서 가열하여 아미노산 중합체를 만들어 (가) 과정을 증명하였다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**04** 다음은 세포막의 중요성을 알아보기 위한 대장균 배양 실험이다.

**[실험 과정]**

(가) 물질 조성을 알고 있는 액체 배지에서 대장균을 일정 시간 배양한 후, 대장균 내부의 물질 조성을 조사한다.



(나) 초음파를 가하여 배지에 있는 대장균의 세포막을 제거한 후, 배지에서 일어나는 화학 반응의 결과 생성된 물질을 확인하고, 세포막을 제거하지 않은 대장균 내부에서 일어나는 물질대사와 비교한다.

**[실험 결과 및 해석]**

(가)	㉠ 대장균 내부의 물질 조성은 액체 배지의 물질 조성은 같지 않다.
(나)	배지에서 일어나는 화학 반응은 ㉡ 대장균 내부에서 일어나는 물질대사와 다르다.

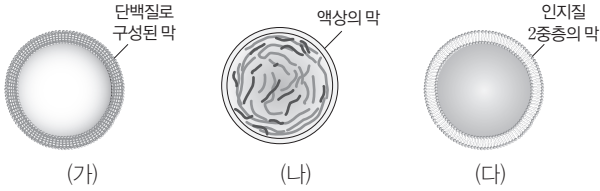
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. 대장균의 세포막은 인지질 2중층으로 구성되어 있다.  
 ㄴ. ㉠에 유전 정보를 저장할 수 있는 물질이 포함되어 있다.  
 ㄷ. ㉡은 외부 환경과 분리되어 독자적인 화학 반응이 일어날 수 있다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** [23029-0196] 그림은 유기물 복합체 (가)~(다)를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 리보솜, 마이크로소피어, 코아세르베이트를 순서 없이 나타낸 것이다.

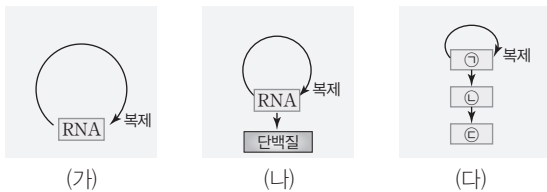


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 코아세르베이트이다.
  - ㄴ. (나)에 탄소가 포함된 물질이 있다.
  - ㄷ. (다)의 막은 선택적 투과성이 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**06** [23029-0197] 그림은 유전 정보 체계 (가)~(다)를 나타낸 것이다. (다)는 DNA에 기반을 둔 오늘날의 생명체의 유전 정보 체계를 나타낸 것이며, ㉠~㉣은 단백질, DNA, RNA를 순서 없이 나타낸 것이다.

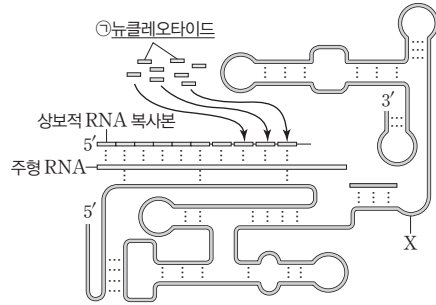


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠의 구성 성분에는 리보스가 있다.
  - ㄴ. ㉣은 ㉠보다 유전 정보의 저장에 더 유리하다.
  - ㄷ. ㉣은 리보솜에서 합성된다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** [23029-0198] 그림은 리보자임 X의 구조와 기능을 나타낸 것이다. ㉠을 구성하는 염기 종류의 수는 4이고, X는 뉴클레오타이드가 공급된 후 스스로 RNA 가닥을 합성하였다.

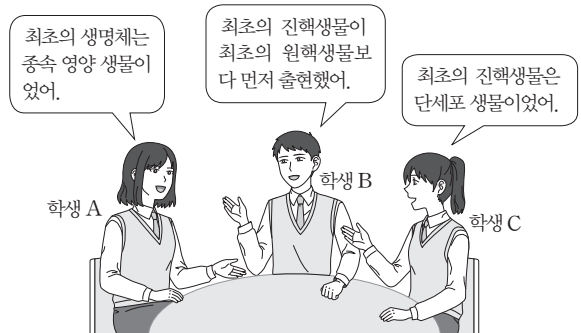


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 유라실(U)은 ㉠을 구성한다.
  - ㄴ. X는 단일 가닥 구조이다.
  - ㄷ. X는 촉매로 작용한다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** [23029-0199] 다음은 원시 생명체의 진화에 대한 학생 A~C의 대화 내용이다.



대화 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② B    ③ A, B    ④ A, C    ⑤ B, C

09 다음은 세포내 공생설에 대한 설명이다.

[23029-0200]

세포내 공생설은 독립적으로 생활하던 세균이 숙주 세포 내에서 공생하다가 미토콘드리아와 엽록체가 되었다고 설명하는 가설이다. 미토콘드리아는 ㉠ 산소 호흡을 하던 원핵생물이 ㉡ 숙주 세포에 공생하여 형성된 것으로, 숙주는 이와 같은 공생으로 산소 농도가 증가하는 환경에 적응할 수 있었을 것이다. 엽록체는 ㉢ 광합성을 하던 원핵생물이 숙주 세포에 공생하여 형성된 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

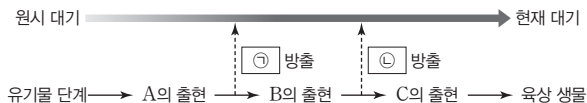
보기

- ㄱ. ㉠은 종속 영양 생물이다.
- ㄴ. ㉡은 진핵생물의 조상 세포이다.
- ㄷ. ㉢의 세포막은 엽록체의 내막의 구조와 유사하다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 지구 대기의 변화와 생물의 출현 과정을 나타낸 것이다. A~C는 광합성 세균, 무산소 호흡 종속 영양 생물, 산소 호흡 세균을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub> 중 하나이다.

[23029-0201]



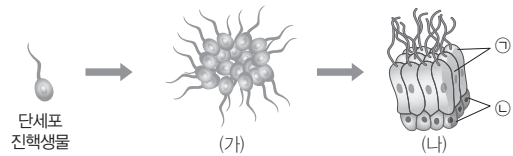
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 B는 모두 종속 영양 생물이다.
- ㄴ. C에는 엽록체가 있다.
- ㄷ. 대기 중 ㉡ 농도의 증가로 오존층이 형성되었다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 단세포 진핵생물로부터 다세포 진핵생물이 출현하는 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 단세포 진핵생물의 군체와 초기 다세포 진핵생물 중 하나이고, ㉠은 이동성 세포이고, ㉡은 영양 세포이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

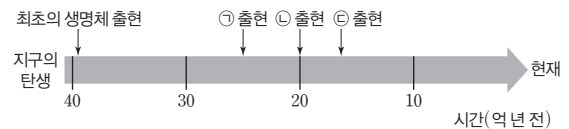
보기

- ㄱ. (가)는 초기 다세포 진핵생물이다.
- ㄴ. (나)는 진화하여 현재 동물의 조상이 되었다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡은 모두 핵막을 갖는다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

12 그림은 지구의 탄생 이후의 시간에 따른 생명체 출현 과정을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 최초의 광합성 세균, 최초의 산소 호흡 세균, 최초의 진핵생물을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0203]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 최초의 광합성 세균이다.
- ㄴ. ㉡은 미토콘드리아를 갖는다.
- ㄷ. ㉢은 다세포 생물이다.

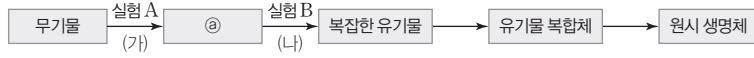
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

밀러와 유리는 무기물로부터 간단한 유기물이 합성됨을 확인하였으며, 폭스는 고온·고압 상태에서 아미노산으로부터 아미노산 중합체가 합성됨을 확인하였다.

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

[23029-0204]

01 그림은 생명체의 기원에 대한 화학적 진화설과 화학적 진화설의 일부를 증명한 실험을 나타낸 것이다. 실험 A는 (가)를, 실험 B는 (나)를 증명한 실험이며, 각각 밀러와 유리의 실험과 폭스의 실험 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

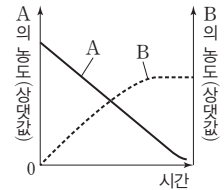
- 보기
- ㄱ. A에서 사용된 무기물은 환원성 기체이다.
  - ㄴ. B는 폭스의 실험이다.
  - ㄷ. 아미노산은 a에 해당한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0205]

02 다음은 밀러와 유리의 실험 중 일부를 나타낸 것이다.

- (가) 플라스크 안에 ㉠ 혼합 기체를 넣고 순환시켰다.
- (나) 플라스크 내부에 고압의 전기 방전을 1주일 동안 계속 가하면서 플라스크 내부의 물질이 ㉡ 냉각 장치를 거쳐 U자관으로 내려 오도록 하였다.
- (다) 1주일 동안 U자관 내 용액 속 물질의 농도 변화를 측정하여 그림과 같은 결과를 얻었다. A와 B는 각각 아미노산과 암모니아 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠에 속하는 기체는 모두 수소(H)를 포함한다.
  - ㄴ. ㉡을 통과하면서 응결된 물은 비를 재현한 것이다.
  - ㄷ. B는 단백질의 기본 단위이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 표 (가)는 유기물 복합체 A~C가 가지는 특징을, (나)는 (가)의 특징 중 A~C가 가지는 특징의 개수를 나타낸 것이다. A~C는 리포솜, 마이크로스피어, 코아세르베이트를 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠~㉢의 크기는 ㉠ > ㉡ > ㉢이다.

[23029-0206]

특징	구분	특징의 개수
• 주변 환경으로부터 물질을 흡수하면서 커진다. • 일정 크기 이상이 되면 분열할 수 있다. • 물속의 인지질이 뭉쳐 만들어졌다. • 탄소 화합물로 구성된 막을 갖고 있다.	A	㉠
	B	㉡
	C	㉢

(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

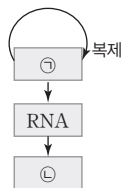
- ㄱ. A~C 중 인지질 2중층의 구조를 갖는 것은 A이다.
- ㄴ. 오파린은 B를 만들었다.
- ㄷ. C의 막에는 물이 포함되어 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

오파린은 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체를 만들어 코아세르베이트라고 하였고, 폭스는 액체 방울 형태의 유기물 복합체를 만든 후 마이크로스피어라고 하였다.

**04** 그림은 DNA에 기반을 둔 오늘날 생명체의 유전 정보 체계를, 표는 물질 A~C가 갖는 특징의 유무를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 DNA와 단백질 중 하나이고, A~C는 DNA, 단백질, 리보자임을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0207]



특징	물질		
	A	B	C
유전 정보를 저장할 수 있다.	×	㉠	○
기본 단위가 뉴클레오타이드이다.	㉡	?	㉢
효소 기능을 할 수 있다.	?	○	×

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 ㉠이다.
- ㄴ. ㉠~㉢ 중 '○'는 2개이다.
- ㄷ. B와 C는 모두 인(P)을 포함한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

DNA와 리보자임은 유전 정보를 저장할 수 있지만 단백질은 유전 정보를 저장할 수 없다.

광합성 세균, 무산소 호흡 종속 영양 생물, 산소 호흡 세균은 모두 RNA를 갖는다.

**05** 그림은 원시 지구에서 생명체가 출현하는 과정을, 표는 생물 A~C에서 3가지 특징의 유무를 나타낸 것이다. A~C는 광합성 세균, 무산소 호흡 종속 영양 생물, 산소 호흡 세균을 순서 없이 나타낸 것이며, I~III은 각각 A~C 중 하나이다.

A의 출현	구분	종속 영양을 한다.	산소 호흡을 한다.	RNA가 있다.	
B의 출현		I	○	×	○
C의 출현		II	×	?	ⓐ
		III	?	○	?

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

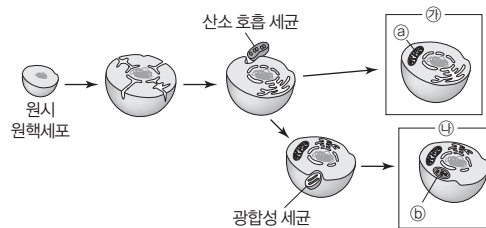
보기

ㄱ. I은 A이다.  
 ㄴ. II와 III은 모두 핵막이 있다.  
 ㄷ. ⓐ는 '○'이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

세포내 공생설은 독립적으로 생활하던 산소 호흡 세균과 광합성 세균이 숙주 세포와 공생하다가 각각 미토콘드리아와 엽록체가 되었다는 가설이다.

**06** 그림은 세포내 공생설을 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡는 각각 독립 영양을 하는 조상 진핵생물과 종속 영양을 하는 조상 진핵생물 중 하나이다. ⓐ는 산소 호흡 세균이 기원인 세포 소기관이고, ⓑ는 광합성 세균이 기원인 세포 소기관이다.



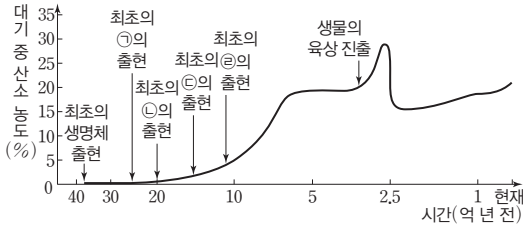
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ⓐ는 빛에너지를 화학 에너지로 전환한다.  
 ㄴ. ㉠과 ㉡는 모두 산소 호흡을 한다.  
 ㄷ. ⓐ와 ⓑ는 모두 유전 물질을 갖는다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 최초의 생명체 출현 이후 현재까지의 생물 출현과 대기 중 산소 농도의 변화를 나타낸 것이고, 표는 생물 I~Ⅳ에 대한 설명이다. ㉠~㉣은 광합성 세균, 다세포 진핵생물, 단세포 진핵생물, 산소 호흡 세균을 순서 없이 나타낸 것이며, I~Ⅳ는 각각 ㉠~㉣ 중 하나이다.



- I은 Ⅲ보다 먼저 출현하였다.
- II와 Ⅳ는 막성 세포 소기관이 없다.
- Ⅳ는 독립 영양 생물이다.

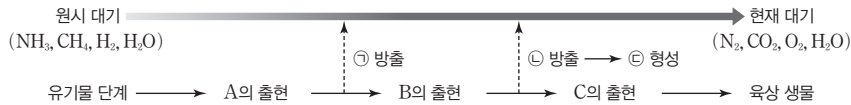
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. II는 ㉡이다.  
 ㄴ. I과 Ⅲ은 모두 핵막이 없다.  
 ㄷ. Ⅳ가 번성하여 대기 중 산소(O<sub>2</sub>)의 농도가 증가하였다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 지구 대기의 변화와 생물의 출현 과정을 나타낸 것이다. A~C는 광합성 세균, 무산소 호흡 종속 영양 생물, 산소 호흡 세균을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠~㉣은 산소(O<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A와 B는 모두 종속 영양 생물이다.  
 ㄴ. 1분자당 산소 원자 수는 ㉠=㉡<㉢이다.  
 ㄷ. C는 미토콘드리아를 갖는다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

광합성 세균은 독립 영양 생물이다.

광합성 세균의 출현으로 대기 중의 산소(O<sub>2</sub>) 농도가 증가하였으며 일부는 오존(O<sub>3</sub>)으로 전환되었다.

#### 개념 체크

- **분류군**: 생물을 분류한 무리이다.
- **생식적 격리**: 분류군 사이에서 서로 교배할 수 없거나, 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 없는 상태이다.
- **계통**: 생물이 진화해 온 역사로, 생물들 간의 진화적 유연관계를 의미한다.

1. 생물 분류의 가장 기본이 되는 분류군은 ( )이다.
2. ( )은 국제적으로 통용되는 생물의 이름으로, 린네에 의해 제시된 ( )을 사용한다.
3. 학명은 ( )명, 종소명, 명명자로 구성되며, 명명자의 이름은 생략할 수 (있, 없)다.
4. 3역 6계 분류 체계에서 분류 단계를 좁은 범위에서 넓은 범위 순으로 나타내면 종, 속, ( ), ( ), 강, ( ), 계, ( )이다.
5. ( )는 생물의 계통을 나뭇가지 모양으로 나타낸 그림이다.

※ ○ 또는 ×

6. 같은 속에 속하는 생물은 같은 과에 속한다. ( )
7. 속명은 다르더라도 종소명이 같은 두 생물은 같은 종이다. ( )

#### 정답

1. 종
2. 학명, 이명법
3. 속, 있
4. 과, 목, 문, 역
5. 계통수
6. ○
7. ×

### 1 생물의 분류와 계통수

(1) **분류의 개념**: 공통된 특징을 바탕으로 생물을 여러 무리로 나누는 것이며, 생물들 사이의 계통을 밝히는 것이 목적이다.

#### (2) 종의 정의와 학명

① **종(생물학적 종)의 정의**: 생물 분류의 가장 기본이 되는 분류군이다. 다른 종과 생식적으로 격리된 자연 집단으로 같은 종의 개체 사이에서는 생식 능력이 있는 자손이 태어난다.



#### 과학 돋보기 | 종의 개념

- **형태학적 종**: 린네에 의해 체계화된 것으로, 형태와 구조가 비슷하여 다른 개체들과 구별되는 개체들의 무리이다.
- **생물학적 종**: 다른 종과 구별되는 공통적인 특징과 생활형을 가지고 서로 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 무리를 뜻하며, 생식적 격리를 중요시한다.
- **인위적인 환경에서 암말과 수탕나귀의 교배로 노새가 태어나는데, 노새는 자연 상태에서 자손을 낳을 수 없는 종간 잡종이다.** 따라서 말과 당나귀는 서로 다른 종으로 분류된다.

② **학명**: 국제적으로 통용되는 생물의 이름이며, 국제명명규약에 따라 정해져야 인정을 받는다.

- 린네에 의해 제시된 이명법을 사용하며, 라틴어 또는 라틴어화하여 이탤릭체로 기록한다.
- **이명법**: 속명과 종소명으로 구성되며, 종소명 뒤에 명명자의 이름을 쓴다. 속명의 첫 글자는 대문자로, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기하며, 명명자는 생략할 수 있다.

학명(이명법): 속명 + 종소명 + 명명자

예 사람: *Homo sapiens* Linné

구상나무: *Abies koreana* E.H. Wilson

#### (3) 분류 단계

- ① 가까운 공통 조상을 공유하는 생물들은 좁은 범위에서 분류군을 형성하며, 더 먼 공통 조상을 공유하는 생물들은 좀 더 넓은 범위에서 분류군을 형성한다.
- ② 분류군의 범위를 넓혀 가면서 종, 속, 과, 목, 강, 문, 계, 역과 같은 8개의 분류 단계로 배정할 수 있으며, 계층적인 생물 분류는 생물의 유연관계에 기초하여 이루어진다.

종	속	과	목	강	문	계	역
사람	사람속	사람과	영장목	포유강	척삭동물문	동물계	진핵생물역
공작나비	공작나비속	네발나비과	나비목	곤충강	절지동물문	동물계	진핵생물역
벼	벼속	벼과	벼목	외떡잎식물강	속씨식물문	식물계	진핵생물역

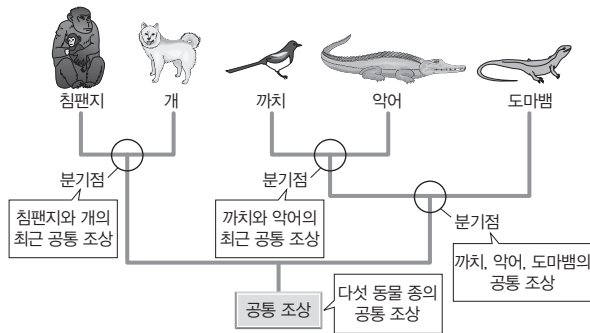
#### (4) 계통수

- ① 생물의 계통을 나뭇가지 모양으로 나타낸 그림으로 공통 조상에서 유래한 공통된 특징을 이용하여 작성한다.
- ② 계통수 작성에는 생물의 형태와 발생, DNA의 염기 서열 등 진화 과정을 보여 주는 다양한 형질이 이용된다.
- ③ 계통수를 통해 생물 사이의 유연관계와 진화 경로를 쉽게 파악할 수 있다.





과학 돋보기 | 계통수

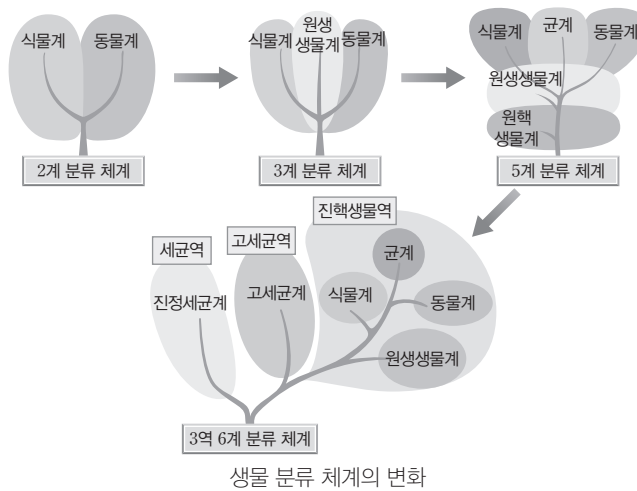


- 계통수 아래에는 공통 조상이 위치하고 가지 끝에는 현재 존재하는 생물종이 위치한다.
- 공통 조상에서 나뉘는 가지를 따라가면 가지가 갈라지는 분기점이 있는데, 분기점은 한 공통 조상에서 두 계통이 나누어져 진화하였음을 의미한다.
- 최근의 공통 조상을 공유할수록 생물종 사이의 유연관계가 가깝다. → 침팬지는 개와 유연관계가 가장 가깝고, 악어는 도마뱀보다 까치와 유연관계가 더 가깝다.

2 분류 체계

(1) **분류 체계**: 다양한 종을 비교하여 계통적으로 관련 있는 종끼리 묶어 체계적으로 정리한 것으로, 생물의 진화적 유연관계를 반영하고 있다.

(2) **분류 체계의 변화**: 초기에는 형태와 구조의 유사성을 중심으로 이루어져 진화적 관계가 반영되지 않았으나 최근의 분류 체계는 진화적 관계를 더욱 명확하게 반영한다.



- ① 2계 분류 체계: 생물을 식물계와 동물계로 구분하였다.
- ② 3계 분류 체계: 현미경의 발달로 미생물이 발견되면서 식물계, 동물계 중 어디에도 속하지 않는 생물종들을 묶어 원생생물계로 분류하였다.
- ③ 5계 분류 체계: 전자 현미경의 발달로 핵막이 없는 원핵생물계가 원생생물계에서 분리되었고, 생물의 영양 방식을 고려하여 식물계에서 균계를 분리하였다.
- ④ 3역 6계 분류 체계: 특정 rRNA의 염기 서열을 이용하여 작성한 계통수를 근거로 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역과 진정세균계, 고세균계, 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계의 6계로 분류하였다. 오늘날에는 이 분류 체계가 널리 받아들여지고 있다.

개념 체크

- **유연관계**: 생물종 간의 관계가 가까거나 먼 정도를 나타낸 것이다.
- **3역 6계**: 특정 rRNA의 염기 서열 정보에 근거하여 생물을 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역과 진정세균계, 고세균계, 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계의 6계로 분류한 것이다

1. ( )란 다양한 종을 비교하여 계통적으로 관련 있는 종끼리 묶어 체계적으로 정리한 것이다.
  2. 5계 분류 체계에서는 3계 분류 체계에서 원생생물계에 속하던 핵막이 없던 생물을 ( )생물계로 분리하였다.
  3. 3역 6계 분류 체계에서 3역에는 세균역, ( )역, 진핵생물역이 있다.
  4. 3역 6계 분류 체계에서 균계, 동물계, 식물계는 ( )역에 속한다.
- ※ ○ 또는 ×
5. 고세균역과 세균역의 유연관계는 고세균역과 진핵생물역의 유연관계보다 가깝다. ( )
  6. 균계는 동물계보다 식물계와 유연관계가 가깝다. ( )

정답

1. 분류 체계
2. 원핵
3. 고세균
4. 진핵생물
5. ×
6. ×

개념 체크

- **고세균역**: 핵막이 없는 단세포 원핵생물로, rRNA 염기 서열, DNA 복제 및 단백질 합성 과정 등이 세균역보다 진핵생물역과 더 유사하다.
- **극호열균**: 고온의 화산 온천, 심해 열수구에서 서식하는 고세균이다.
- **극호염균**: 사해나 염전 등 염분 농도가 높은 곳에 서식하는 고세균이다.
- **메테인 생성균**: 산소가 부족한 습지, 하수 처리 시설, 심해 서식지, 초식 동물의 소화관 등에 서식하는 고세균이다.

1. 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있는 생물은 ( ) 계에 속한다.
2. 극호열균, 극호염균, 메테인 생성균은 ( ) 계에 속한다.
3. 진핵생물역에서 곰팡이, 버섯 등은 ( ) 계에 속한다.

※ ○ 또는 ×

4. 세균역에 속하는 남세균, 대장균은 핵막을 갖지 않는다. ( )

정답

1. 진정세균
2. 고세균
3. 균
4. ○

탐구자료 살펴보기 5계 분류 체계와 3역 6계 분류 체계 비교



분석

- ① 두 분류 체계는 모두 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계의 분류군을 가진다.
- ② 3역 6계 분류 체계에서는 5계 분류 체계의 원핵생물계에 속해 있던 세균과 고세균을 세균역의 진정세균계와 고세균역의 고세균계로 분리하였으며, 원생생물계, 균계, 식물계, 동물계를 하나로 묶어 진핵생물역으로 분류하였다.

point

• 고세균역은 원핵세포로 구성되어 있지만, 유전 정보의 발현이 세균역보다 진핵생물역과 유사하다. → 고세균역은 세균역보다 진핵생물역과 유연관계가 가깝다.

(3) 3역 6계 분류 체계

① 3역의 특징

특징	세균역	고세균역	진핵생물역
핵막과 막성 세포 소기관	핵막과 막성 세포 소기관이 없는 원핵세포		핵막과 막성 세포 소기관이 있는 진핵세포
세포벽의 펩티도글리칸	있음	없음	없음
히스톤과 결합한 DNA	없음	일부 있음	있음
염색체 모양	원형	원형	선형

② 6계의 특징

6계	특징
진정세균계	단세포 원핵생물로, 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있다. 독립 영양 생물과 종속 영양 생물이 모두 포함되며, 분열법으로 증식하고 세대가 짧다. 예) 젖산균, 대장균, 남세균 등
고세균계	단세포 원핵생물로, 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 없다. 대부분 극한 환경에서 서식한다. 예) 극호열균, 극호염균, 메테인 생성균 등
원생생물계	동물계, 식물계, 균계에 속하지 않는 진핵생물이 묶인 무리이다. 대부분 단세포 진핵생물이며, 독립 영양 생물과 종속 영양 생물이 모두 포함된다. 예) 아메바, 집신벌레, 유글레나, 다시마, 미역 등
식물계	다세포 진핵생물로, 세포벽에 셀룰로스 성분이 있다. 주로 육상에서 서식하며, 광합성을 하는 독립 영양 생물이다. 예) 우산이끼, 소나무, 고사리, 살구나무 등
동물계	다세포 진핵생물로, 세포벽이 없다. 종속 영양 생물로, 운동 기관과 감각 기관이 발달해 있다. 예) 오징어, 개구리, 침팬지, 고래 등
균계	효모와 같은 단세포 진핵생물도 있지만 대부분 다세포 진핵생물로 세포벽에 키틴 성분이 있으며, 몸은 균사로 이루어져 있다. 포자로 번식하며, 종속 영양 생물이다. 예) 버섯, 곰팡이, 효모 등

### 3 식물의 분류

#### (1) 식물계의 특징

- ① 주로 육상에서 생활하는 다세포 진핵생물이다.
- ② 엽록소 a, 엽록소 b, 카로티노이드 등의 광합성 색소가 있으며, 광합성을 하여 유기물을 생산하는 독립 영양 생물이다.
- ③ 세포막 바깥에는 셀룰로스 성분의 세포벽이 있다.
- ④ 잎에 있는 큐티클층은 수분 손실을 막고, 기공은 기체 교환에 따른 수분 손실을 최소화한다.

#### (2) 식물계의 분류: 관다발의 유무, 종자의 유무 등에 따라 분류할 수 있다.

##### ① 비관다발 식물(선태식물)

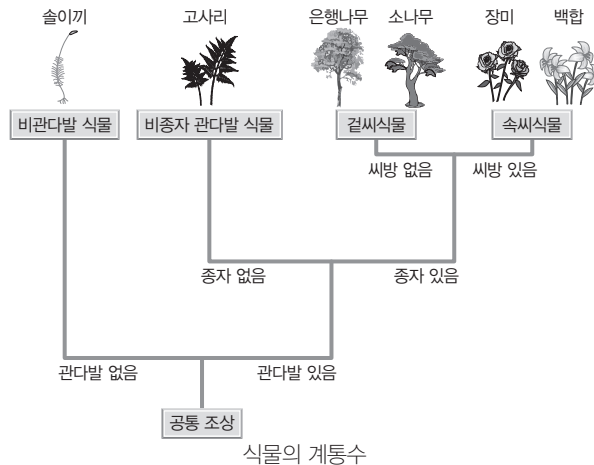
- 최초의 육상 식물로, 수중 생활에서 육상 생활로 옮겨 가는 중간 단계의 특성을 나타낸다.
- 관다발이 없어 관다발을 통한 물과 양분의 수송이 이루어지지 못하므로, 물기가 마르지 않는 습한 곳에서 서식한다.
- 포자로 번식하며, 우산이끼, 솔이끼, 빨이끼 등이 있다.

##### ② 비종자 관다발 식물

- 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜렷하고, 관다발을 가지고 있다.
- 관다발에는 형성층이 없고, 헛물관과 체관을 가지고 있다.
- 그늘지고 습한 곳에 서식하며, 포자로 번식한다.
- 석송식물문과 양치식물문으로 분류하며, 석송, 고사리, 고비, 쇠뜨기 등이 있다.

##### ③ 종자식물

- 육상 생활에 가장 잘 적응한 식물 무리로서, 식물 중 가장 많은 종을 포함한다.
- 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜렷하고, 관다발이 잘 발달하였다.
- 종자로 번식하며, 종자는 단단한 껍질에 둘러싸여 있다.
- 씨방의 유무에 따라 겉씨식물과 속씨식물로 구분된다.



우산이끼(선태식물)



고사리(양치식물)

#### 개념 체크

- **종자:** 씨라고도 하며, 배와 양분을 포함하고 있는데, 배는 새로운 식물 개체로 발생한다.
- **관다발:** 식물의 조직계로서, 물관부와 체관부로 구성되어 형성층이 포함되는 경우도 있다.

1. 식물은 주성분이 ( )인 세포벽을 가지며, 광합성 색소가 있는 ( 독립, 종속 ) 영양 생물이다.
  2. 관다발이 있는 식물은 번식 방법에 따라 ( ) 관다발 식물과 ( ) 식물로 분류할 수 있다.
  3. 종자식물은 밑씨를 둘러싸고 있는 씨방의 유무에 따라 ( ) 식물과 ( ) 식물로 구분된다.
- ※ ○ 또는 ×
4. 비종자 관다발 식물에는 형성층이 있다. ( )
  5. 고사리와 우산이끼는 모두 포자로 번식한다. ( )

<p><b>겉씨 식물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 씨방이 없어서 밑씨가 겉으로 드러나 있다.</li> <li>• 꽃잎과 꽃받침이 발달하지 않고, 암수 생식 기관이 따로 형성된다.</li> <li>• 관다발은 체관과 헛물관으로 이루어져 있다.</li> <li>• 소철식물문, 은행식물문, 마황식물문, 구과식물문으로 분류하며, 가장 대표적인 겉씨식물은 소나무, 전나무 등이 속한 구과식물문이다.</li> </ul>	<p><b>겉씨식물</b></p>
<p><b>속씨 식물</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밑씨가 씨방에 들어 있으며, 밑씨는 수정 후 종자로 발달한다.</li> <li>• 오늘날 지구에서 가장 번성하는 식물 무리이며, 꽃잎과 꽃받침이 잘 발달하였다.</li> <li>• 관다발은 물관과 체관으로 이루어져 있다.</li> <li>• 외떡잎식물과 쌍떡잎식물이 있으며, 종자 속에 들어 있는 배의 떡잎 수에 의해 구분된다.</li> </ul>	<p><b>속씨식물</b></p>

**정답**

1. 셀룰로스, 독립
2. 비종자, 종자
3. 겉씨, 속씨(또는 속씨, 겉씨)
4. ×
5. ○

개념 체크

- **배엽:** 동물의 초기 발생 과정에서 나타나는 세포층으로, 발생이 진행되면서 몸의 다양한 조직과 기관을 형성한다.
- **원구:** 다세포 동물의 발생 과정 중 낭배 형성 과정에서 세포 함입이 일어나는 부위이다.

1. 동물계에 속하는 생물은 ( 독립, 종속 ) 영양 생물이며, 식물과 달리 세포막 바깥에 ( )이 없다.
2. ( )동물은 발생 과정에서 배엽을 형성하지 않고, ( )동물은 외배엽과 내배엽만 형성한다.
3. 3배엽성 동물은 외배엽과 내배엽 이외에도 ( ) 배엽을 가지며, 원구의 발생 차이에 따라 ( )동물과 후구동물로 분류한다.

※ ○ 또는 ×

4. 2배엽성 동물은 몸의 대칭성이 좌우 대칭성이다. ( )



과학 돋보기 | 외떡잎식물과 쌍떡잎식물의 비교

구분	떡잎(떡잎 수)	잎맥	관다발 배열	예
외떡잎식물	외떡잎(1장) 	나란히맥 	불규칙적인 배열 	벼, 보리, 옥수수, 백합 등
쌍떡잎식물	쌍떡잎(2장) 	그물맥 	규칙적인 배열 	해바라기, 장미, 국화, 콩 등

4 동물의 분류

(1) 동물계의 특징

- ① 세포벽이 없는 다세포 진핵생물로, 종속 영양 생물이다.
- ② 다양한 운동 기관을 이용하여 장소를 이동하며, 먹이를 섭취하여 살아간다.
- ③ 대부분 감각 기관과 운동 기관이 발달해 있어 주위의 환경 변화에 빠르고 적극적으로 반응한다.

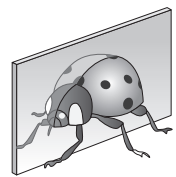
(2) 동물계의 분류 기준

① 몸의 대칭성에 따른 분류

- 방사 대칭 동물: 감각 기관이 온몸에 고르게 분포해 있어서 모든 방향에서 오는 자극에 반응한다.
- 좌우 대칭 동물: 머리와 꼬리, 앞과 뒤, 등과 배의 방향성이 나타나며, 몸의 앞쪽에 감각 기관이 집중되어 있다.



▲ 방사 대칭

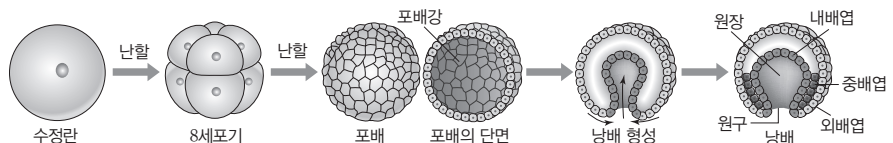


▲ 좌우 대칭

동물의 대칭성

② 배엽의 수에 따른 분류

- 무배엽성 동물: 배엽을 형성하지 않는다. 예) 해면동물
- 2배엽성 동물: 외배엽과 내배엽만을 형성하며, 몸이 방사 대칭이다. 예) 자포동물
- 3배엽성 동물: 외배엽과 내배엽 사이에 중배엽을 형성하며, 몸이 좌우 대칭이다. 예) 편형동물, 연체동물, 환형동물, 선형동물, 절지동물, 극피동물, 척삭동물

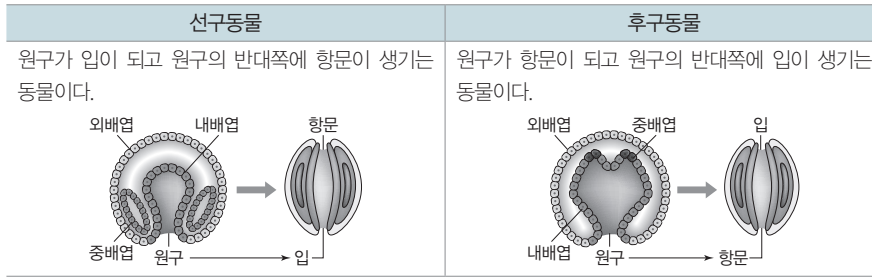


동물의 초기 발생 과정에서의 배엽 형성

- ③ 원구와 입의 관계에 따른 분류: 3배엽성 동물은 초기 발생 과정에서 원구의 발생 차이에 따라 선구동물과 후구동물로 분류한다.

정답

1. 종속, 세포벽
2. 해면, 자포
3. 중, 선구
4. ×

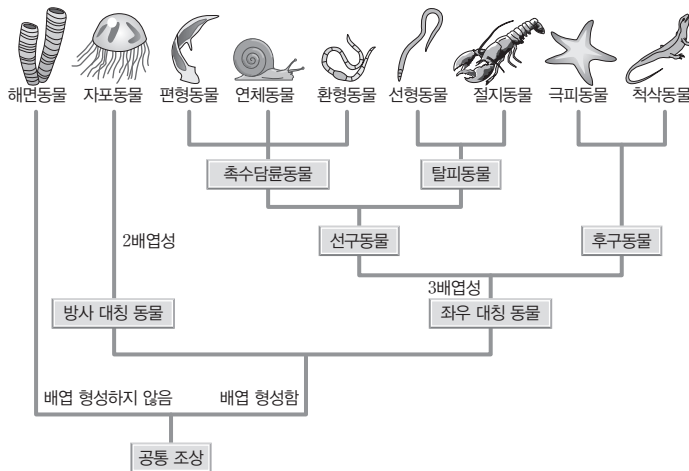


④ DNA의 염기 서열을 이용한 분류: DNA의 염기 서열을 이용하여 작성된 계통수에 따라 선구동물은 축수담류동물과 탈피동물로 분류한다.

- 축수담류동물: 호흡과 먹이 포획에 이용되는 축수관을 가지거나 담류자(트로코포라) 유생 시기를 갖는다. **예** 편형동물, 연체동물, 환형동물
- 탈피동물: 성장을 위해 탈피를 하는 동물이다. **예** 선형동물, 절지동물

### (3) 동물의 계통수

- ① 해면동물은 대칭성이 없으며, 포배 단계에서 발생이 끝나 배엽을 형성하지 않는다.
- ② 배엽을 형성하는 동물 중 자포동물은 방사 대칭이며 2배엽성 동물이다.
- ③ 좌우 대칭 동물은 모두 3배엽성이며, 3배엽성 동물은 선구동물과 후구동물로 분류한다.
- ④ 선구동물은 축수담류동물(편형동물, 연체동물, 환형동물)과 탈피동물(선형동물, 절지동물)로 구분하며, 후구동물에는 극피동물과 척삭동물이 있다.

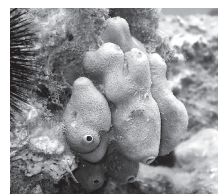


### (4) 9개 동물문의 특징

#### ① 해면동물

- 포배 단계의 동물로 조직이나 기관이 분화되어 있지 않다.
- 무대칭성이며, 배엽을 형성하지 않는다.
- 대부분 바다에서 고착 생활을 하며, 물의 흐름을 일으켜 물속에 떠 있는 먹이를 걸러 섭취한다.

**예** 주황해변해면, 해로동굴해면 등



해면(해면동물)

### 개념 체크

❶ 축수관: 축수담류동물에서 입 주위를 둘러싸고 있는 섬모가 달린 축수로, 먹이를 섭취할 때 이용한다.

1. 선구 동물은 원구가 ( )이 되는 동물이고, 후구 동물은 원구가 ( )이 되는 동물이다.
  2. 축수관을 가지거나 담류자(트로코포라) 유생 시기를 가지는 ( ) 동물에는 편형동물, 연체동물, 환형동물이 있다.
  3. 해면동물은 대칭성이 없으며, 배의 발생 과정이 ( ) 단계에서 끝나 배엽을 형성하지 않는다.
  4. 후구동물에는 ( ) 동물과 척삭동물이 있다.
- ※ ○ 또는 ×
5. 절지동물은 탈피동물에 해당한다. ( )
  6. 척삭동물은 발생 과정에서 원구가 입이 되는 동물이다. ( )

#### 정답

1. 입, 항문
2. 축수담류
3. 포배
4. 극피
5. ○
6. ×

## 개념 체크

● **체절:** 동물의 몸에서 앞뒤 축을 따라 반복적으로 나타나는 마디 구조로, 절지동물, 환형동물 등에서 볼 수 있다.

● **큐티클층:** 생물의 체표면을 이루는 세포로부터 분비되어 생긴 딱딱한 층이다.

● **척삭:** 몸 중앙 등 쪽 신경관 바로 아래에 뻗어 있는 막대 모양의 조직이다.

1. ( ) 동물은 자세포가 있는 촉수를 이용하여 먹이를 잡거나 몸을 보호한다.

2. 플라나리아, 촌충, 디스토마 등과 같은 ( ) 동물은 입이 있지만, 항문은 없다.

3. 선구동물 중 체절이 있는 동물에는 ( ) 동물과 ( ) 동물이 있다.

4. 극피동물은 호흡, 순환, 운동의 복합적인 역할을 담당하는 ( )를 가진다.

5. 척삭동물에는 유생 시기에만 척삭이 나타났다가 사라지는 ( ) 동물, 일생 동안 뚜렷한 척삭이 나타나는 ( ) 동물, 발생 초기에는 척삭이 나타나지만 성장하면서 척추로 대체되는 ( ) 동물이 있다.

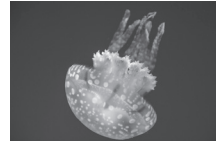
## 정답

1. 자포
2. 편형
3. 환형, 절지(또는 절지, 환형)
4. 수관계
5. 미삭, 두삭, 척추

## ② 자포동물

- 몸은 방사 대칭이며, 2배엽성 동물이다.
- 자세포가 있는 촉수를 이용하여 먹이를 잡거나 몸을 보호한다.

예 말미잘, 산호, 해파리, 히드라 등

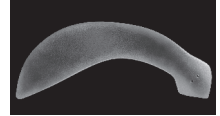


해파리(자포동물)

## ③ 편형동물

- 몸은 납작하고 좌우 대칭이며, 3배엽성 동물이다.
- 원구는 입으로 발달하지만 항문이 없다.

예 플라나리아, 촌충, 디스토마 등



플라나리아(편형동물)

## ④ 연체동물

- 몸은 좌우 대칭이며 3배엽성 동물로, 체절이 없다.
- 몸은 부드러운 외투막으로 둘러싸여 있으며, 대부분 껍각이 있어 몸을 보호한다.

예 달팽이, 소라, 대합, 오징어, 문어 등



달팽이(연체동물)

## ⑤ 환형동물

- 몸은 좌우 대칭이며 3배엽성 동물이다.
- 몸은 긴 원통형이고 수많은 체절로 되어 있다.
- 투과성이 큰 피부로 호흡을 하고 소화관이 길게 발달하였다.

예 지렁이, 갯지렁이, 거머리 등

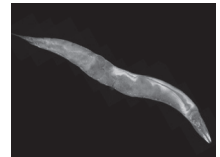


지렁이(환형동물)

## ⑥ 선형동물

- 몸은 좌우 대칭이며 3배엽성 동물이다.
- 몸은 원통형으로 체절이 없으며, 거의 모든 서식 환경에 존재한다.
- 몸의 겉은 큐티클층으로 덮여 있어 주기적인 탈피를 한다.

예 예쁜꼬마선충, 회충, 요충 등



예쁜꼬마선충(선형동물)

## ⑦ 절지동물

- 몸은 좌우 대칭이며 3배엽성 동물로, 전체 동물 종의 대부분을 차지한다.
- 체절로 된 몸은 단단한 외골격으로 덮여 있어 성장 시 탈피를 한다.

예 잠자리, 나비, 개, 가재, 노래기, 지네, 거미, 전갈, 진드기 등



민꽃게(절지동물)

## ⑧ 극피동물

- 3배엽성 동물로 후구동물이며, 유생은 좌우 대칭이지만 성체는 방사 대칭의 몸 구조를 갖는다.
- 호흡, 순환, 운동의 복합적인 역할을 담당하는 수관계를 가지고 있으며, 수관계와 연결된 관족을 움직여 운동한다.

예 불가사리, 해삼, 성게 등



불가사리(극피동물)

## ⑨ 척삭동물

- 3배엽성 동물로 후구동물이며, 몸은 좌우 대칭이다.
- 일생 또는 발생 과정 중 일정 시기에 척삭을 가진다. 유생 시기에만 척삭이 나타났다가 없어지는 우렁쉥이와 같은 미삭동물, 일생 동안 뚜렷한 척삭이 나타나는 창고기와 같은 두삭동물, 발생 초기에는 척삭이 나타나지만 성장하면서 척추로 대체되는 척추동물이 있다.



우렁쉥이(척삭동물)

**01** 표는 토끼목(Lagomorpha)에 속하는 3종의 동물 A~C의 학명을 나타낸 것이다. [23029-0212]

동물	학명
A	㉠ <i>Sylvilagus aquaticus</i>
B	<i>Bunolagus monticularis</i>
C	<i>Sylvilagus varynaensis</i>

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 종소명이다.
- ㄴ. A와 B는 같은 강에 속한다.
- ㄷ. A와 B의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

**02** 다음은 *Equus* 속에 속하는 말과 당나귀에 대한 자료이다. [23029-0213]

• 말과 당나귀는 생김새가 비슷하다.



말



당나귀

- 수컷 말과 암컷 말 사이에서 ㉠이 태어난다.
- 수컷 말과 암컷 당나귀 사이에서 ㉡이 태어난다.
- ㉠은 생식 능력이 있지만, ㉡은 생식 능력이 없다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

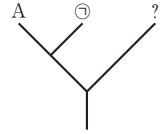
보기

- ㄱ. 수컷 말과 암컷 말의 학명은 같다.
- ㄴ. 말과 당나귀는 같은 생물학적 종이다.
- ㄷ. ㉠과 당나귀는 같은 목에 속한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 표는 장미목(Rosales)에 속하는 3종의 식물 A~C의 학명과 과명을, 그림은 표를 토대로 작성한 A~C의 계통수를 나타낸 것이다. ㉠은 B와 C 중 하나이다. [23029-0214]

식물	학명	과명
A	<i>Malus pumila</i>	장미과
B	<i>Malus baccata</i>	?
C	<i>Ulmus pumila</i>	느릅나무과



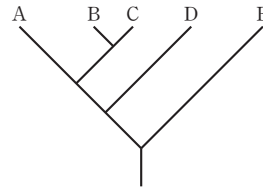
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A의 학명은 이명법으로 나타내었다.
- ㄴ. ㉠은 장미과에 속한다.
- ㄷ. B와 C는 같은 문에 속한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림은 2개의 과, 3개의 속으로 분류되는 서로 다른 생물 종 A~E의 계통수를 나타낸 것이다. [23029-0215]



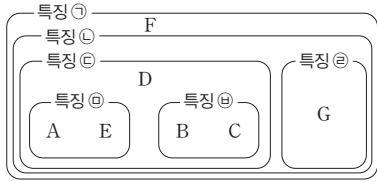
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

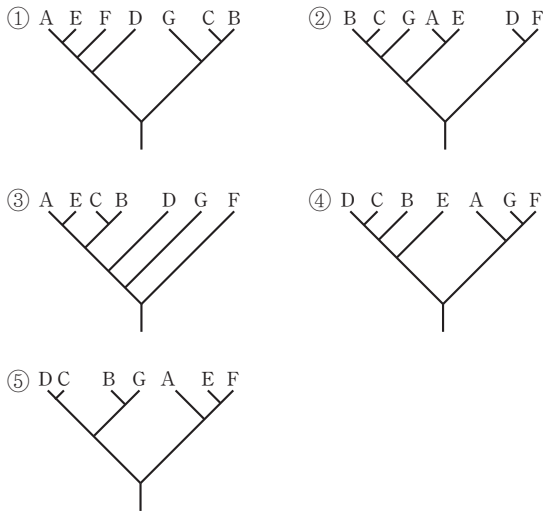
- ㄱ. A와 C는 같은 속에 속한다.
- ㄴ. B와 D는 같은 강에 속한다.
- ㄷ. C와 D의 유연관계는 D와 E의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

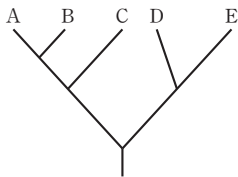
05 그림은 생물 A~G를 분류 특징 ㉠~㉣에 따라 분류한 것을 나타낸 것이다. [23029-0216]



이를 바탕으로 작성한 계통수로 가장 적절한 것은?



06 그림은 2개의 과로 분류되는 서로 다른 생물종 A~E의 계통수를 나타낸 것이다. [23029-0217]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. C와 D는 같은 속에 속한다.
- ㄴ. A와 B의 분화는 D와 E의 분화보다 먼저 일어났다.
- ㄷ. A와 B의 유연관계는 A와 E의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

07 표는 5종의 식물 A~E의 학명과 과명을 나타낸 것이다. [23029-0218]

식물	학명	과명
A	<i>Berberis koreana</i>	?
B	<i>Sorbus amurensis</i>	장미과
C	<i>Potentilla discolor</i>	장미과
D	<i>Berberis amurensis</i>	매자나무과
E	<i>Potentilla amurensis</i>	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 D는 같은 목에 속한다.
- ㄴ. B와 E는 같은 종이다.
- ㄷ. D와 E의 유연관계는 B와 E의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

08 그림은 5계 분류 체계와 3역 6계 분류 체계를 비교하여 나타낸 것이다. [23029-0219]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 진핵생물역이다.
- ㄴ. ㉠에는 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가지는 생물이 있다.
- ㄷ. 메테인 생성균은 ㉠에 속한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ





**13** 다음은 동물 A~D에 대한 자료이다. A~D는 가재, 달팽이, 지렁이, 불가사리를 순서 없이 나타낸 것이다. [23029-0224]

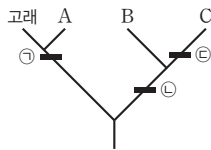
- A와 B에는 체절이 있다.
- B와 C는 촉수담륜동물에 속한다.
- D는 [가]을/를 가지며, 원구가 항문이 된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A와 D의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 가깝다.
  - ㄴ. C의 몸의 대칭성은 방사 대칭성이다.
  - ㄷ. 수관계는 (가)에 해당한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**14** 그림은 생물 A~C, 고래의 계통수를 나타낸 것이다. A~C는 나비, 오징어, 창고기를 순서 없이 나타낸 것이고, 특징 ㉠~㉣은 '원구가 입이 된다.', '척삭을 갖는 시기가 있다.', '탈피를 한다.'를 순서 없이 나타낸 것이다. [23029-0225]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 척삭동물에 속한다.
  - ㄴ. B는 오징어이다.
  - ㄷ. ㉣은 '탈피를 한다.'이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**15** 표는 4가지 동물을 분류 기준 (가)에 따라 I 과 II로 분류하여 나타낸 것이다. [23029-0226]

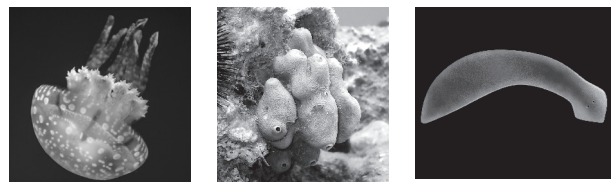
I	II
㉠해파리, 목욕해면	잠자리, 예쁜꼬마선충

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠에는 자세포가 있다.
  - ㄴ. '배엽 형성 여부'는 (가)에 해당한다.
  - ㄷ. II에 속하는 동물은 모두 탈피를 한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**16** 그림 (가)~(다)는 각각 해파리, 해면, 플라나리아를 나타낸 것이다. [23029-0227]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 배엽의 수는 (가)가 (나)보다 많다.
  - ㄴ. (나)는 기관이 분화되어 있다.
  - ㄷ. (다)에서 원구는 항문이 된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

01 표는 포유강(Mammalia)에 속하는 동물 A~E의 학명을 나타낸 것이고, 자료는 A~E의 분류 단계 ㉠~㉥에 대한 설명이다. ㉠~㉥은 과, 목, 문을 순서 없이 나타낸 것이다.

동물	학명
A	<i>Panthera tigris</i>
B	<i>Ochotona argentata</i>
C	<i>Lepus coreanus</i>
D	<i>Panthera leo</i>
E	<i>Lepus arcticus</i>

- A, B, E는 모두 서로 다른 ㉠에 속한다.
- C와 D는 같은 ㉡에 속한다.
- A와 C는 다른 ㉢에 속하고, B와 E는 같은 ㉣에 속한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

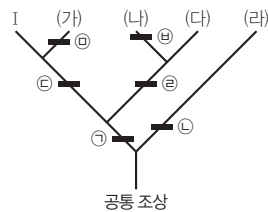
ㄱ. ㉠은 과이다.  
 ㄴ. B와 D는 같은 ㉡에 속한다.  
 ㄷ. A와 B의 유연관계는 B와 C의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

생물은 종, 속, 과, 목, 강, 문, 계, 역과 같은 8개의 분류 단계로 배정할 수 있다. 종에서 역으로 갈수록 넓은 범위의 생물종이 포함되는 상위 분류 단계이다.

02 표는 3개의 속으로 분류되는 생물종 I~V의 유연관계를 파악할 수 있는 어떤 유전자의 뉴클레오타이드 자리 1~6의 염기 정보이고, 그림은 1~6에서 일어난 염기 치환 ㉠~㉥을 기준으로 작성한 계통수이다. (가)~(라)는 각각 II~V 중 하나이고, 염기 치환은 각 뉴클레오타이드 자리에서 1회씩만 일어났다.

종	뉴클레오타이드 자리					
	1	2	3	4	5	6
I	C	G	C	C	A	T
II	C	G	C	T	G	T
III	C	C	C	C	A	T
IV	C	G	G	C	G	C
V	T	G	C	T	G	T
공통 조상	C	G	C	C	G	C



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

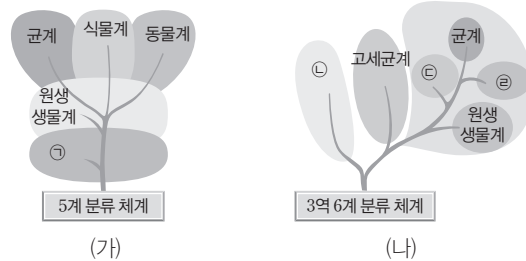
ㄱ. (가)는 III이다.  
 ㄴ. II와 V는 같은 속에 속한다.  
 ㄷ. ㉠, ㉢, ㉤ 모두에서 타이민(T)으로의 염기 치환이 일어났다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

계통수에서 같은 가지에서 분기된 종 사이의 유연관계는 서로 다른 가지에서 분기된 종 사이의 유연관계보다 가깝다.

3역 6계 분류 체계에서 특정 rRNA의 염기 서열을 이용하여 작성한 계통수를 근거로 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역과 진정세균계, 고세균계, 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계의 6계로 분류하였다.

**03** 그림 (가)는 5계 분류 체계를, (나)는 3역 6계 분류 체계를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 각각 동물계, 식물계, 원핵생물계, 진정세균계 중 하나이다. [23029-0230]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠에 속하는 생물은 모두 ㉡에 속한다.  
 ㄴ. ㉢에는 셀룰로스 성분의 세포벽을 갖는 생물이 있다.  
 ㄷ. ㉡과 ㉢은 모두 진핵생물역에 속한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

3역 6계의 분류 체계에서 버섯은 균계, 산호는 동물계, 고사리는 식물계, 남세균은 진정세균계에 속한다.

**04** 표 (가)는 생물의 3가지 특징을, (나)는 (가)의 특징 중 생물 A~C와 산호가 가지는 특징의 개수를 나타낸 것이다. A~C는 버섯, 고사리, 남세균을 순서 없이 나타낸 것이다. [23029-0231]

특징	생물	생물이 가지는 특징의 개수
• 체관이 있다. • 광합성을 한다. • 세포벽이 있다.	산호	㉠
	A	1
	B	2
	C	?

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 1이다.  
 ㄴ. A는 균계에 속한다.  
 ㄷ. B와 C는 모두 진핵생물역에 속한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 표 (가)는 식물 A~D에서 특징 ㉠~㉡의 유무를, (나)는 ㉠~㉡을 순서 없이 나타낸 것이다. A~D는 석송, 무궁화, 우산이끼, 은행나무를 순서 없이 나타낸 것이다.

특징 식물	㉠	㉡	㉢	㉣
A	×	○	×	?
B	○	○	○	○
C	×	○	?	×
D	?	○	○	×

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징(㉠~㉡)
• 씨방이 있다.
• 관다발이 있다.
• 종자로 번식한다.
• 앞에 큐티클층이 있다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

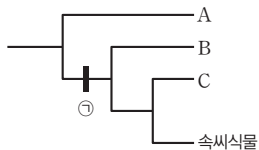
보기

- ㄱ. A는 우산이끼이다.
- ㄴ. ㉡은 '앞에 큐티클층이 있다.'이다.
- ㄷ. A~D 중 ㉣을 가지는 식물에는 모두 형성층이 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

식물계에 속하는 식물은 관다발의 유무, 번식 방법, 씨방의 유무로 분류할 수 있다.

**06** 그림은 식물의 유연관계에 따른 계통수를, 표는 식물 I~Ⅲ에서 관다발과 종자의 유무를 나타낸 것이다. A~C는 겉씨식물, 선태식물, 양치식물을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠은 분류의 기준이 되는 특징이며, ㉡와 ㉢는 각각 '○'와 '×' 중 하나이다. I~Ⅲ은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.



특징 식물	관다발	종자
I	㉡	㉢
Ⅱ	㉡	㉢
Ⅲ	㉢	㉢

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

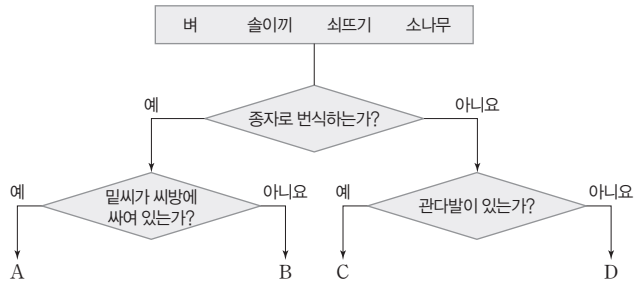
- ㄱ. ㉡는 '○'이다.
- ㄴ. Ⅱ는 C이다.
- ㄷ. '포자로 번식한다.'는 ㉠에 해당한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

식물계에서 선태식물은 비관다발 식물, 양치식물은 비종자 관다발 식물, 겉씨식물과 속씨식물은 종자식물에 해당한다.

벼는 속씨식물, 솔이끼는 선 태식물, 쇠뜨기는 양치식물, 소나무는 겉씨식물에 속한다.

**07** 그림은 벼, 솔이끼, 쇠뜨기, 소나무를 구분하는 과정을 나타낸 것이다. A~D는 각각 벼, 솔이끼, 쇠뜨기, 소나무 중 하나이다. [23029-0234]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 벼이다.  
 ㄴ. B와 C에는 모두 헛물관이 있다.  
 ㄷ. D는 양치식물에 속한다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

새우는 절지동물, 오징어는 연체동물, 창고기는 척삭동물, 해파리는 자포동물에 속한다.

**08** 표 (가)는 4종의 동물 A~D에서 특징 ㉠~㉣의 유무를 나타낸 것이고, (나)는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다. A~D는 새우, 창고기, 오징어, 해파리를 순서 없이 나타낸 것이다. [23029-0235]

동물 \ 특징	㉠	㉡	㉢
A	○	?	○
B	○	○	×
C	×	○	?
D	?	×	×

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징(㉠~㉣)

- 탈피를 한다.
- 원구가 입이 된다.
- 몸의 대칭성이 좌우 대칭성이다.

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

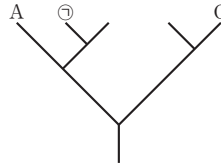
ㄱ. A와 C의 유연관계는 A와 B의 유연관계보다 가깝다.  
 ㄴ. C는 척추를 가진다.  
 ㄷ. D에는 자세포가 있다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0236]

09 표는 7종의 동물 A~G의 학명과 분류 단계를, 그림은 A~G 중 5종의 유연관계를 계통수로 나타낸 것이다. ㉠은 B, C, D, E 중 하나이고, A~G는 2개의 목, 3개의 과, 4개의 속으로 분류된다.

동물	학명	과명	목명
A	<i>Panthera pardus</i>	?	?
B	<i>Canis lupus</i>	개과	?
C	?	?	?
D	<i>Puma concolor</i>	고양잇과	?
E	<i>Canis aureus</i>	?	식육목
F	<i>Panthera onca</i>	고양잇과	?
G	<i>Castor fiber</i>	?	쥐목



두 생물종이 같은 속에 속하면 상위 분류 단계인 과와 목도 같은 과와 같은 목에 속한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

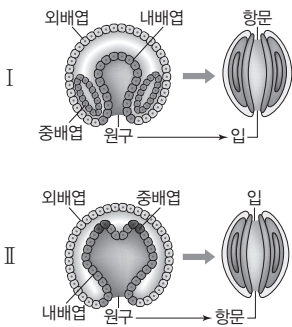
보기

- ㄱ. ㉠은 고양이잇과에 속한다.
- ㄴ. C와 G는 같은 속에 속한다.
- ㄷ. A와 D의 유연관계는 D와 E의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0237]

10 그림은 배아의 초기 발생 과정 I과 II의 일부를, 표는 생물의 4가지 특징과 생물 A~D 중 각 특징을 가지는 생물을 나타낸 것이다. A~D는 가재, 달팽이, 해파리, 불가사리를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 I과 II를 순서 없이 나타낸 것이다.



특징	특징을 가지는 생물
촉수담륜동물에 속한다.	A
㉠의 발생 과정을 거친다.	B
㉡의 발생 과정을 거친다.	?
중배엽을 갖는다.	A, B, D

동물 발생 과정에서 원구가 향문이 생기면 선구동물이며, 원구가 향문이 되고, 원구의 반대쪽에 입이 생기면 후구동물이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 II이다.
- ㄴ. A와 C는 모두 ㉡의 발생 과정을 거친다.
- ㄷ. D의 몸은 외투막으로 둘러싸여 있다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### 개념 체크

- **화석:** 오래전에 살았던 생물의 뼈나 껍데기와 같은 단단한 부위, 생물의 흔적 등이 지층 속에서 암석화된 것이다.
- **상동 형질(상동 기관):** 생김새와 기능은 다르지만 해부학적 구조와 발생 기원이 같은 형질이다.
- **상사 형질(상사 기관):** 발생 기원은 다르지만 생김새와 기능이 비슷한 형질이다.

1. ( )은 지층이 형성될 당시의 생물 다양성과 환경의 특성을 보여주는 것으로 환경 변화와 생물의 진화를 보여주는 가장 직접적인 생물 진화의 증거이다.

2. 다양한 생물의 해부학적 특성을 비교하여 이들의 진화를 알 수 있는 것은 진화의 증거 중 ( ) 증거에 해당한다.

※ ○ 또는 ×

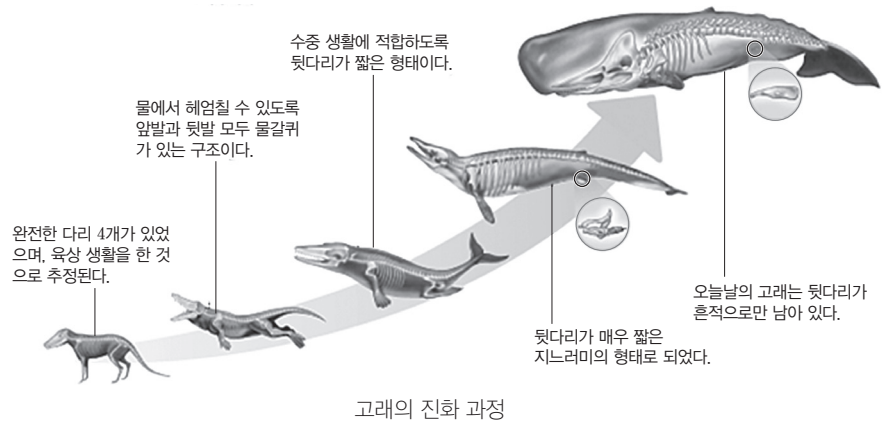
3. 고래의 화석을 통해 육상 생활을 하던 포유류가 고래로 진화하였음을 알 수 있는 것은 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다. ( )

4. 새의 날개와 곤충의 날개는 생물들이 비슷한 환경에 적응하면서 유사한 형질을 갖도록 진화하였음을 보여주는 진화의 증거에 해당한다. ( )

#### 1 생물 진화의 증거

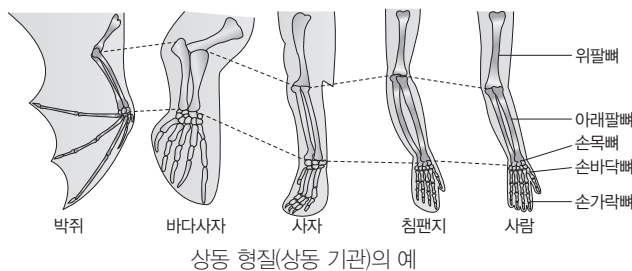
(1) **화석상의 증거:** 화석을 연구하면 지층이 형성될 당시의 생물 다양성과 환경의 특성을 알 수 있으므로 화석은 환경 변화와 생물의 진화를 보여주는 가장 직접적인 증거이다.

① **고래 화석:** 현생 고래는 뒷다리가 흔적으로만 남아 있지만 고래 조상 종의 화석에서는 온전한 뒷다리가 발견된다. 이는 육상 생활을 하던 포유류의 일부가 고래로 진화하였음을 보여준다.



(2) **비교해부학적 증거:** 현존하는 여러 생물의 해부학적 특징을 비교해 보면 이들이 공통 조상을 갖는지, 서로 다른 조상으로부터 진화했는지를 알 수 있다.

① **상동 형질(상동 기관):** 공통 조상으로부터 물려받은 형태적 특징이다. 척추동물은 척추를 공통적으로 가지며, 척추동물의 앞다리는 생김새와 기능은 다르지만 해부학적 구조와 발생 기원이 같다. 이를 통해 척추동물은 공통 조상에서 다양하게 진화하였다는 것을 알 수 있다.



② **상사 형질(상사 기관):** 공통 조상으로부터 물려받지 않았지만 서로 형태적으로 유사해진 특징이다. 새의 날개와 곤충의 날개는 발생 기원은 다르지만 생김새와 기능이 비슷하다. 이를 통해 공통 조상을 갖지 않은 생물들이 비슷한 환경에 적응하면서 유사한 형질을 갖도록 진화하였음을 알 수 있다.



③ **흔적 기관:** 사람의 꼬리뼈와 같이 현재에는 과거의 기능을 더 이상 수행하지 않고 흔적으로만 남은 기관으로, 생물 사이의 유연관계를 밝히는 단서가 된다.

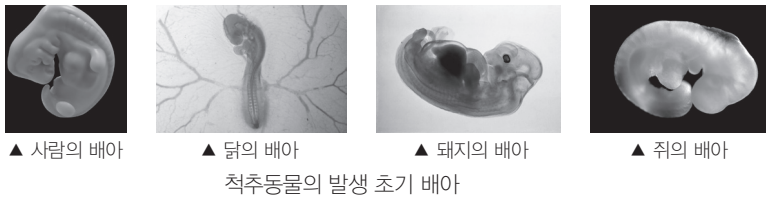
상사 형질(상사 기관)의 예

정답

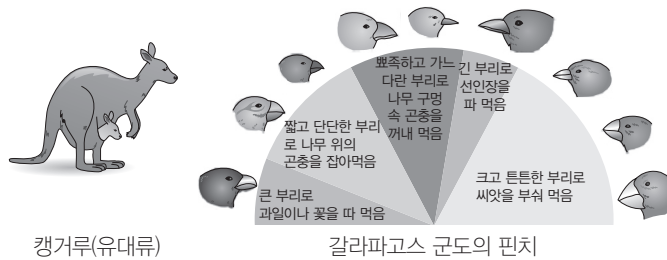
1. 화석
2. 비교해부학적
3. ○
4. ○



**(3) 진화발생학적 증거:** 유연관계가 가까운 생물들은 발생 초기 단계에서 성체에서는 보이지 않는 유사한 특징이 나타난다. 척추동물의 발생 초기 배아는 형태가 매우 유사하고 아가미 틈이 관찰된다. 이를 통해 이들이 공통 조상으로부터 진화해 왔다는 것을 알 수 있다.

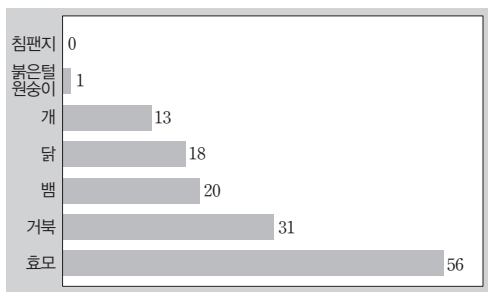


**(4) 생물지리학적 증거:** 생물의 분포는 각 지역마다 독특하게 나타나는데, 이는 같은 종의 생물이 지리적으로 격리된 후 오랜 세월 동안 독자적인 진화 과정을 거쳤기 때문이다. 캥거루와 같은 유대류는 오스트레일리아와 남미 대륙에 대부분 분포하며, 갈라파고스 군도에는 섬마다 부리 모양이 조금씩 다른 여러 종의 핀치가 살고 있다.

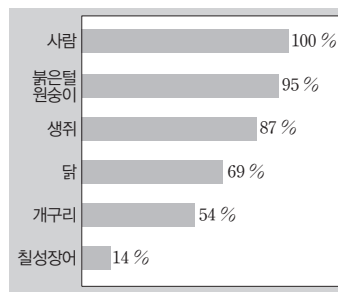


**(5) 분자진화학적 증거:** DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열과 같은 분자생물학적 특징을 비교해 보면 생물 간의 진화적 유연관계를 알 수 있다. 공통 조상에서 물려받은 동일한 DNA 염기 서열은 생물종들이 진화하면서 서로 달라지므로 DNA 염기 서열의 차이가 클수록 상대적으로 오래전에 공통 조상에서 분화한 것이다.

- ① 미토콘드리아에 있는 단백질인 사이토크롬 c의 아미노산 서열 비교: 침팬지와 사람의 사이토크롬 c의 아미노산 서열은 같고, 효모는 사람과 큰 차이를 나타낸다. 이는 침팬지의 단백질이 사람의 단백질과 유사하며, 침팬지와 사람이 최근에 분화하였음을 뜻한다.
- ② 척추동물에서 글로빈 단백질의 아미노산 서열 비교: 글로빈 단백질의 아미노산 서열을 비교해 보면 사람과 붉은털원숭이는 작은 차이를 보이고, 사람과 칠성장어는 큰 차이를 보인다. 따라서 사람과 붉은털원숭이의 유연관계가 사람과 칠성장어의 유연관계보다 가깝다.



사람 사이토크롬 c 단백질의 아미노산 서열과 차이 나는 아미노산의 수



사람 글로빈 단백질의 아미노산 서열과의 유사성

**개념 체크**

- **유대류:** 배아 상태로 태어나 몸체의 바깥쪽에 있는 주머니에서 발생을 완료하는 동물 무리이다.
- **글로빈 단백질:** 척추동물에 공통으로 있는 단백질로, 헤모글로빈 형성에 관여한다.

1. 여러 생물종에서 사람의 특정 단백질의 아미노산 서열과 차이 나는 아미노산 수를 비교해 보면 생물 사이의 진화적 ( )를 알 수 있다.
2. 캥거루와 같은 유대류가 호주와 남미 대륙에 대부분 분포하는 것은 진화의 증거 중 ( ) 증거에 해당한다.
3. 글로빈 단백질의 아미노산 서열의 유사성이 사람과 붉은털원숭이에서 95% 이고, 사람과 생쥐에서 87%이다. 이것은 사람과 ( )의 유연관계가 사람과 ( )의 유연관계보다 가깝다는 것을 의미한다.

※ ○ 또는 ×

4. 돼지의 배아와 쥐의 배아에서 초기 배아의 형태가 유사하고 아가미 틈이 발견되는 것은 돼지와 쥐가 공통 조상으로부터 진화해 왔다는 주장의 증거에 해당한다. ( )

**정답**

1. 유연관계
2. 생물지리학적
3. 붉은털원숭이, 생쥐
4. ○

개념 체크

- **개체군**: 같은 지역에서 같은 종에 속하는 개체들의 모임이다.
- **대립유전자 빈도**: 한 개체군 내에서 개체들이 가지고 있는 대립유전자 전체 중 특정 대립유전자가 차지하는 비율이다.
- **유전적 평형**: 어떤 집단에서 대립유전자의 구성과 대립유전자 빈도가 오랜 기간 동안 변하지 않는 상태이다.

1. 개체군 내 개체 사이에서 특정 형질에 대한 표현형이 다른 ( )가 존재한다.
2. 다윈은 개체들 사이에는 생존 경쟁이 일어나고, 세대가 거듭되면서 생존에 유리한 변이를 가진 개체가 ( )된다고 주장하였다.
3. 집단에서의 진화는 한 개체군 내 모든 개체가 가지고 있는 대립유전자 전체인 ( )의 변화를 의미한다.
4. 집단에서의 진화는 유전자 풀을 구성하는 ( ) 빈도가 변하는 것을 의미한다.

※ ○ 또는 ×

5. 유전적 평형이 유지되는 집단에서는 대립유전자 빈도와 유전자형 빈도가 시간이 지나도 변하지 않는다. ( )
6. 멘델 집단에서는 세대를 거듭하는 동안 자연 선택과 돌연변이가 일어난다. ( )

정답

1. 변이
2. 자연 선택
3. 유전자 풀
4. 대립유전자
5. ○ 6. ×

2 개체군 진화의 원리

(1) **변이와 자연 선택**: 생물은 주어진 환경에서 살아남을 수 있는 개체 수보다 더 많은 수의 자손을 생산하며, 집단 내에는 개체 간 변이가 존재한다. 개체들 사이에는 생존 경쟁이 일어나고, 세대가 거듭되면서 생존에 유리한 변이를 가진 개체가 자연 선택된다.



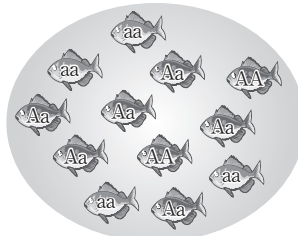
과학 돋보기 | 낮 모양 적혈구와 자연 선택

- 아프리카 남부 지역의 인류 집단에는 정상적인 둥근 모양의 적혈구와 비정상적인 낮 모양 적혈구를 가진 사람들이 존재하며, 이러한 적혈구의 형태 차이는 유전자의 변이 때문에 나타난다. 낮 모양 적혈구를 가진 사람은 비정상 헤모글로빈 대립유전자를 가지고 있다.
- 비정상 헤모글로빈 대립유전자를 가진 사람은 말라리아에 걸릴 확률이 낮다.
- 아프리카 남부 지역은 말라리아 발병률이 가장 높은 지역이면서 다른 지역보다 비정상 헤모글로빈 대립유전자를 가진 사람의 비율이 상대적으로 높다. 이는 자연 선택이 작용한 결과로 자연 선택은 집단이 변화하는 환경에 적응하도록 해 준다.

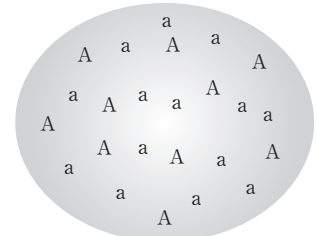


(2) 유전자풀과 대립유전자 빈도

① **유전자풀**: 한 개체군 내 모든 개체가 가지고 있는 대립유전자 전체로, 집단의 유전적 특성을 결정한다. 집단에서의 진화는 유전자풀의 변화를 뜻한다.



▲ 개체들의 유전자형



▲ 개체군의 유전자 풀

유전자형과 유전자 풀

② **대립유전자 빈도**: 유전자풀은 대립유전자의 상대적 빈도인 대립유전자 빈도로 표현된다. 예를 들어 털 색을 결정하는 대립유전자 B와 b를 가지고 있는 어떤 고양이 집단에서 유전자형에 따른 개체 수로부터 대립유전자 B의 빈도( $p$ )와 b의 빈도( $q$ )를 다음과 같이 계산할 수 있으며,  $p+q$ 는 1이다.

	유전자형	대립유전자 B의 수	대립유전자 b의 수
표현형	BB	$2 \times 36 = 72$	0
	Bb	$1 \times 48 = 48$	$1 \times 48 = 48$
	bb	0	$2 \times 16 = 32$
유전자형	BB	Bb	bb
개체 수	36	48	16
합계		120	80

대립유전자 빈도

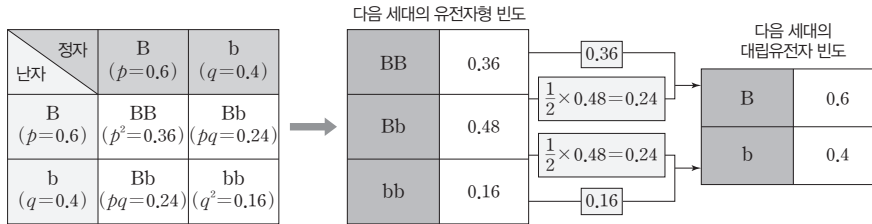
$$\bullet B(p) = \frac{120}{200} = 0.6$$

$$\bullet b(q) = \frac{80}{200} = 0.4$$

(3) 하디 · 바인베르크 법칙과 유전적 평형

- ① **하디 · 바인베르크 법칙**: 특정 조건을 만족하는 집단에서는 시간이 흘러도 대립유전자 빈도와 유전자형 빈도가 변하지 않는다.
- ② **유전적 평형**: 하디 · 바인베르크 법칙을 따르는 집단의 상태이다.
- ③ **멘델 집단**: 하디 · 바인베르크 법칙이 성립하는 유전적 평형 상태의 집단이다.
  - 멘델 집단의 조건: 집단이 충분히 커야 하며, 집단의 개체 사이에서 무작위 교배가 일어나야 하고, 돌연변이나 집단 사이의 유전자 흐름, 자연 선택이 없어야 한다. 또 개체들의 생존력과 생식력이 같아야 한다.

- ④ 멘델 집단에서 대립유전자 빈도: 어떤 멘델 집단에서 대립유전자 B의 빈도  $p$ 는 0.6, 대립유전자 b의 빈도  $q$ 는 0.4일 때, 자손 세대에서 유전자형 BB의 빈도는  $p^2$ , Bb의 빈도는  $2pq$ , bb의 빈도는  $q^2$ 으로 계산할 수 있다. 자손 세대의 유전자형 빈도로부터 대립유전자 빈도를 계산하면 대립유전자 B의 빈도  $p$ 는 0.6, b의 빈도  $q$ 는 0.4로 부모 세대와 같다.



멘델 집단에서는 세대를 거듭해도 대립유전자 빈도가 변하지 않으므로 진화가 일어나지 않는다.

- ⑤ 멘델 집단은 매우 드물며 실제 생물 집단에서는 여러 가지 요인에 의해 유전자풀이 변하여 진화가 일어난다.

**개념 체크**

● 멘델 집단과 진화: 멘델 집단에 서는 세대를 거듭하여도 유전자풀이 변하지 않고 유전적 평형이 유지되므로 진화가 일어나지 않는다.

- 어떤 멘델 집단의 부모 세대에서 특정 형질을 결정하는 대립유전자가 A와 a일 때, 다음 세대에서 A의 빈도와 a의 빈도를 더한 값은 ( )이다.
- 유전적 평형이 유지되는 집단에서 한 쌍에 의해 결정되는 특정 형질에 대한 대립유전자 A의 빈도가 0.7, a의 빈도가 0.3일 때, 다음 세대에서 나타나는 유전자형 Aa의 빈도는 ( )이다.

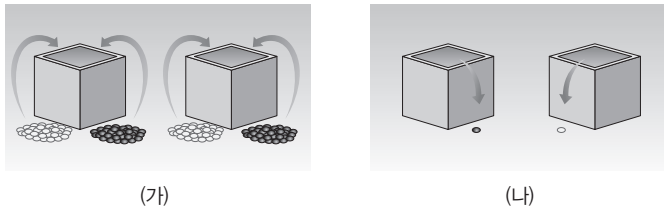
※ ○ 또는 ×

- 멘델 집단에서는 세대를 거듭하면 대립유전자의 빈도가 변한다. ( )
- 어떤 멘델 집단에서 유전 형질 ①은 A와 a에 의해 결정된다. A의 빈도를  $p$ , a의 빈도를  $q$ 라고 할 때 이 집단에서 ①의 유전자형 AA의 빈도는  $p^2$ , Aa의 빈도는  $2pq$ , aa의 빈도는  $q^2$ 이다. ( )

**탐구자로 살펴보기** 하디 · 바인베르크 법칙 모의 실험하기

**과정**

- 두 개의 상자에 각각 흰색 바둑알(대립유전자 A) 50개와 검은색 바둑알(대립유전자 a) 50개를 모두 넣고 잘 섞는다.
- 각 상자에서 무작위로 1개씩의 바둑알을 꺼낸다. 한 쌍의 바둑알은 다음 세대의 한 개체에 해당하며, 이 개체의 유전자형을 기록한다. 꺼낸 바둑알은 원래의 상자에 다시 넣는다.
- 과정 (나)를 20회 반복한다.



**결과**

- 과정 (가)의 상자 안 유전자풀에서 대립유전자 A의 빈도는 0.5, a의 빈도는 0.5이다.
- 과정 (나)와 (다)의 결과로부터 얻은 유전자형 빈도, A의 빈도, a의 빈도는 다음과 같다.

유전자형	출현 수	유전자형 빈도 ( 해당 유전자형의 출현 수 / 전체 유전자형의 출현 수 합 )
AA	5	0.25
Aa	10	0.5
aa	5	0.25
합계	20	1

대립유전자 A의 빈도: 0.5  
대립유전자 a의 빈도: 0.5

**point**

• 과정 (가)에서 구한 부모 세대의 대립유전자 빈도와 과정 (나)와 (다)의 결과에서 구한 대립유전자 빈도는 같다.  
→ 이 집단은 하디 · 바인베르크 법칙을 만족하므로 유전적 평형을 이루고 있다.

**정답**

- 1
- 0.42
- ×
-

개념 체크

● **유전적 부동**: 한 집단에서 부모 세대의 배우자(정자, 난자) 중 일부만이 무작위로 선택되고, 선택된 배우자가 가진 대립유전자가 자손 세대에 전달되기 때문에 대립유전자 빈도가 예측할 수 없는 방향으로 변하는 현상이다.

1. ( )는 DNA 염기 서열에 변화가 생기는 것으로 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.

2. ( )는 지진, 화재, 홍수 등에 의해 집단의 크기가 급격히 작아지는 현상이다.

3. ( )는 원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.

※ ○ 또는 ×

4. 유전적 부동은 부모 세대와 자손 세대 사이에 대립유전자 빈도가 예측할 수 있는 방향으로 변화하는 현상이다. ( )

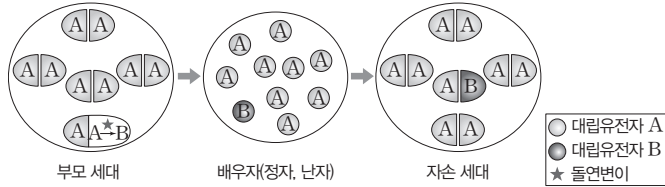
5. 북방코끼리바다표범은 남획으로 집단의 크기가 크게 감소하여 대립유전자 구성과 빈도가 변화되었다. 이와 같은 변화는 유전자풀의 변화 요인 중 돌연변이에 해당한다. ( )

정답

1. 돌연변이
2. 병목 효과
3. 창시자 효과
4. ×
5. ×

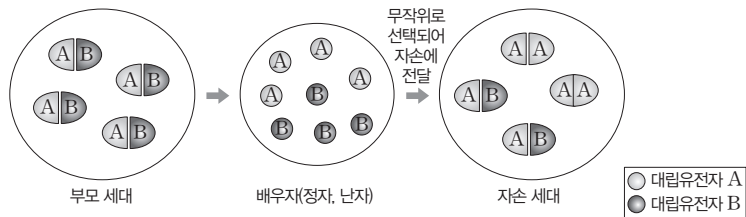
(4) **유전자풀의 변화 요인**: 집단의 유전자풀이 변하여 유전적 평형이 깨지면 진화가 일어나며, 유전자풀의 변화 요인으로는 돌연변이, 유전적 부동, 자연 선택, 유전자 흐름이 있다.

① **돌연변이**: 방사선, 화학 물질, 바이러스 등으로 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나는 현상이다. 돌연변이는 집단 내에 존재하는 모든 유전적 변이의 원천이다.



• 돌연변이에 의해 생겨난 대립유전자는 집단 내에서 매우 낮은 빈도로 존재하므로 돌연변이 그 자체로는 집단의 진화에 미치는 영향이 크지 않다. 그러나 환경 변화로 돌연변이가 일어난 개체의 생존율과 생식률이 높아지면 유전자풀이 변화하여 생물의 진화가 일어난다.

② **유전적 부동**: 집단을 구성하는 개체는 자손에게 자신이 가지고 있는 대립유전자 중 하나를 무작위로 전달하게 된다. 유전적 부동은 대립유전자가 자손에게 무작위로 전달되기 때문에 부모 세대와 자손 세대 사이에서 대립유전자 빈도가 예측할 수 없는 방향으로 변화하는 현상이다.



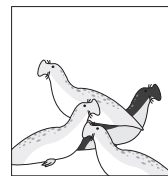
• 유전적 부동은 병목 효과나 창시자 효과를 겪은 집단에서 잘 나타난다.

과학 돋보기 | 병목 효과와 창시자 효과

• **병목 효과**는 지진, 화재, 홍수, 질병 등에 의해 집단의 크기가 급격히 작아지는 현상이다. 예를 들어 북방코끼리바다표범은 남획으로 집단의 크기가 크게 감소하여 대립유전자의 구성과 빈도가 변화했다.



▲ 처음 집단의 대립유전자 빈도

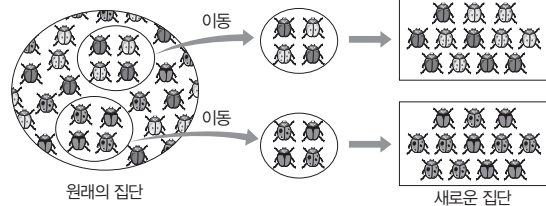


▲ 포획으로 인한 집단의 크기 감소

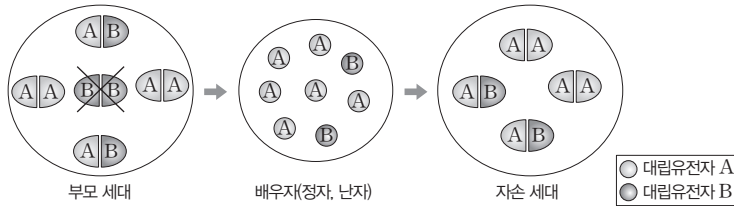


▲ 현재 집단의 대립유전자 빈도가 처음과 달라짐

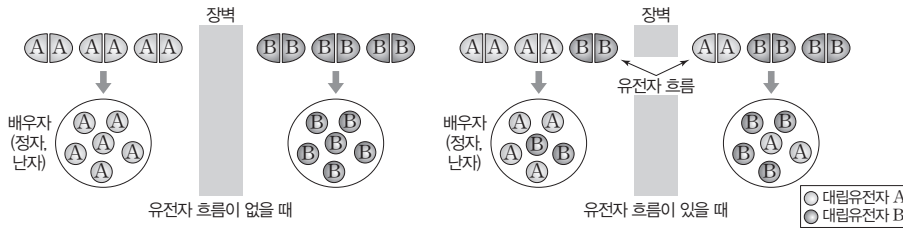
• **창시자 효과**는 원래의 집단에서 일부 개체들이 모여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다. 예를 들어 다양한 형질이 있는 딱정벌레 집단에서 일부 개체들이 떨어져 나와 새로운 집단을 형성하였을 때, 새로운 집단의 대립유전자 빈도는 원래의 집단과 달라진다.



③ **자연 선택:** 생존율과 번식률을 높이는 데 유리한 어떤 형질을 가진 개체가 다른 개체보다 이 형질에 대한 대립유전자를 더 많이 다음 세대에 남겨 집단의 유전자풀이 변하게 되는 현상이다. 자연 선택이 일어나면 시간이 지남에 따라 환경의 변화에 가장 적합한 대립유전자를 가진 개체들의 비율이 증가한 집단이 구성된다.



④ **유전자 흐름:** 두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동으로 두 집단의 유전자풀이 달라지는 현상이다. 유전자 흐름은 집단에 없던 새로운 대립유전자를 도입시킬 수 있으며, 유전자 흐름이 일어난 두 집단 사이의 유전자풀 차이를 줄여 준다.



**과학 돋보기 | 생태 통로와 유전자 흐름**

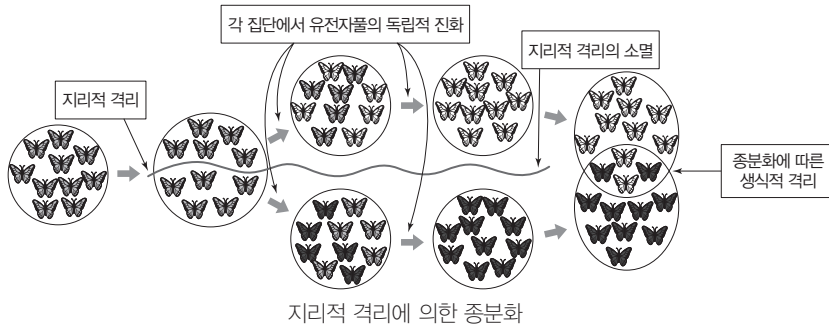
- 생태 통로는 도로에 의해 단편화된 서식지를 연결해 주므로 유전자 흐름을 증가시킨다.
- 도로, 철도 등에 의해 격리된 집단이 생태 통로에 의해 연결되면 유전자 흐름이 일어나 하나의 큰 집단이 되며, 큰 집단은 유전적 부동의 영향을 적게 받게 된다.



**3 종분화**

(1) **종분화:** 한 종에 속하였던 두 집단 사이에서 생식적 격리가 일어나 기존의 생물종에서 새로운 종이 생겨나는 과정이다.

① 종분화는 대부분 지리적 격리로 일어난다. 한 집단이 강, 산맥과 같은 지리적 장벽에 의해 격리되어 두 집단으로 분리되면 서로 유전자 교류가 없어지게 되고, 각 집단은 독자적인 돌연변이, 유전적 부동, 자연 선택 등의 진화 과정을 겪게 되면서 자신만의 유전자풀을 가지게 된다. 오랜 시간 후 지리적 장벽이 제거되어도 생식적으로 격리되어 서로 다른 종으로 분화된다.



**개념 체크**

- **자연 선택:** 한 집단에서 생존율과 번식률을 높이는 데 유리한 형질을 가진 개체가 더 많은 자손을 남기면, 세대가 거듭될수록 이 대립유전자의 빈도가 높아진다.
- **종분화:** 한 종에 속하였던 두 집단 사이에 생식적 격리가 새롭게 발생하여 두 집단이 서로 다른 종으로 나뉘는 현상이다.

1. 같은 종으로 구성된 모기 집단에서 돌연변이 없이 살충제 살포 전과 후에 특정 형질에 대한 개체 수 비율 변화로 집단의 유전자풀이 변화되는 요인은 ( )이다.

2. 한 종에 속하였던 두 집단 사이에서 생식적 격리가 일어나 새로운 종이 생겨나는 과정을 ( )라고 한다.

※ ○ 또는 ×  
3. 두 집단 사이에 개체의 이주에 의한 유전자 흐름은 집단에 없던 새로운 대립유전자를 도입시킬 수 있다. ( )

4. 한 집단이 강, 산맥과 같은 지리적 장벽에 의해 격리되면 종분화가 일어날 수 있다. ( )

**정답**

1. 자연 선택
2. 종분화
3. ○
4. ○

개념 체크

● **고리종:** 지리적 분포가 고리 형태를 띠며, 인접한 집단 사이에는 교배가 일어나지만, 고리의 양쪽 끝 지역에 있는 두 집단 사이에는 교배가 불가능한 현상이 나타나는 집단들의 모임이다.

1. 그랜드 캐니언의 영양다람쥐 종분화 과정에서 큰 협곡에 의해 ( ) 격리가 일어나고, 이후 두 종의 다람쥐 사이에서 서로 교배가 불가능해지는 ( ) 격리가 일어났다.

2. 원래 한 집단이었지만 지리적 거리에 의해 두 집단으로 분리되면 ( ) 흐름이 차단되어 유전자 풀을 공유할 수 없게 된다.

3. 같은 종으로 이루어진 여러 집단이 고리 모양으로 분포하면서 인접한 집단 사이에서는 유전자 흐름이 일어나고 고리의 양쪽 끝에 있는 두 집단은 생식적으로 격리되어 있어 교배가 불가능한 현상이 나타나는 이웃 집단들의 모임을 ( )이라고 한다.

※ ○ 또는 ×

4. 고리종은 종분화를 위한 생식적 격리가 연속적이고, 점진적으로 일어나고 있음을 보여주는 사례에 해당한다. ( )

(2) 지리적 거리에 의한 종분화 사례

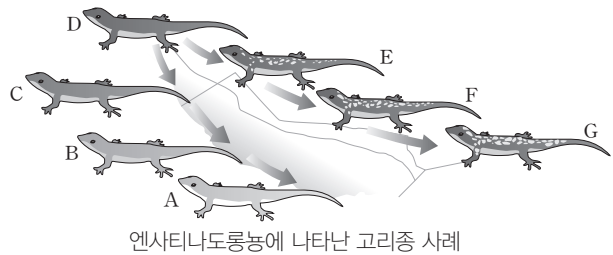
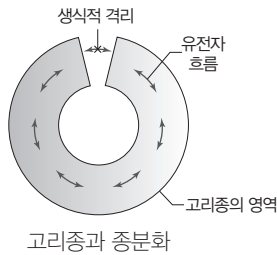
① **그랜드 캐니언에서의 영양다람쥐:** 해리스영양다람쥐와 흰꼬리 영양다람쥐는 큰 협곡이 생기기 전에는 같은 종이었지만, 큰 협곡의 생성으로 지리적 격리가 일어나 두 집단으로 분리된 후 오랜 시간이 지난 지금은 서로 교배가 불가능한 두 종으로 분화하였다.



영양다람쥐의 종분화

② **고리종:** 어느 한 종으로 이루어진 여러 집단들이 고리 모양으로 분포하고 있는 상황에서 지리적으로 인접한 집단 사이에서는 생식적 격리가 없어 교배를 통한 유전자 흐름이 일어난다. 그러나 고리의 양쪽 끝에 위치한 두 집단은 서로 인접해 있지만 생식적 격리가 일어나 교배하지 않는다. 이러한 현상이 나타나는 이웃 집단들의 모임을 고리종이라고 한다. 고리종은 종분화를 위한 생식적 격리가 연속적이며 점진적으로 일어나고 있음을 보여 준다.

• **캘리포니아의 엔사티나도롱뇽:** 캘리포니아 중앙 계곡의 가장자리를 따라 고리 형태로 분포하는 엔사티나도롱뇽은 인접한 집단 간에는 교배가 일어난다. 그러나 고리 양쪽 끝의 두 집단 A와 G는 지리적으로 가깝지만 생식적으로 격리되어 있다.



탐구자료 살펴보기 고리종의 사례

자료

다음은 북극 주변에 서식하는 재갈매기 집단에 관한 자료이다.

- 재갈매기 7개의 집단(A~G)은 고리 모양으로 분포하고 있다.
- 재갈매기 7개의 집단에서 인접한 두 집단 사이에서는 교배가 일어날 수 있지만, 고리 양쪽 끝의 두 집단 A와 G 사이에서는 교배를 통해 자손을 얻을 수 없다.



분석

- ① 재갈매기 집단 A와 B는 지리적으로 인접해 있으므로 교배가 일어나지만, 집단 A와 C는 지리적으로 인접해 있지 않으므로 교배가 일어나지 않는다.
- ② 지리적으로 인접해 있는 집단 A와 G는 고리종 진화 과정의 반대편에 있으므로 생식적 격리를 나타낸다.

point

- 인접한 집단 간에는 생식적 격리 없이 유전자 흐름이 일어나지만, 고리의 양쪽 끝에 있는 두 집단은 생식적으로 격리되어 있다. → 재갈매기 집단들은 고리종이다.
- 고리종은 점진적인 변이의 축적으로 종분화가 일어날 수 있다는 것을 보여 준다.

정답

1. 지리적, 생식적
2. 유전자
3. 고리종
4. ○

## 01 다음은 척추동물의 진화 과정에 대한 자료이다. [23029-0238]

- 약 3억 8500만 년 전의 지층까지는 ㉠어류의 화석만이 발견되고 약 3억 6500만 년 전의 지층부터 ㉡양서류의 화석이 다량 발견된다.
- ㉢약 3억 7500만 년 전의 지층을 조사한 결과 어류와 양서류의 특징을 모두 가지는 ㉣틱타알릭 화석을 발견하였다.



▲ 틱타알릭 화석

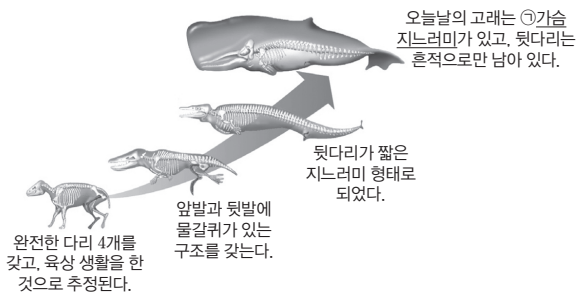
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. 최초의 ㉠이 생성된 이후에 최초의 ㉡이 생성되었다.
- ㄴ. ㉢에서만 스트로마톨라이트가 발견된다.
- ㄷ. ㉣은 생물 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 02 그림은 고래 조상 종과 고래의 화석을 통해 알 수 있는 고래의 진화 과정을 나타낸 것이다. [23029-0239]



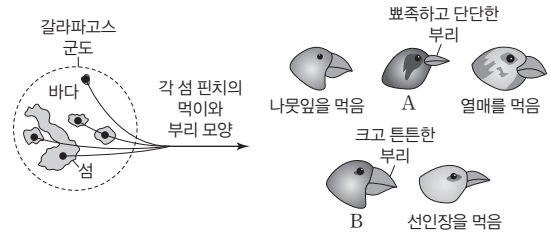
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. ㉠은 흔적 기관이다.
- ㄴ. 고래의 진화 과정에서 뒷다리가 짧아졌다.
- ㄷ. 생물 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

## 03 그림은 갈라파고스 군도의 각 섬에 서식하는 핀치의 먹이와 부리 모양 일부를 나타낸 것이다. 핀치 A와 B 중 하나는 나무 구멍 속 곤충을 잡아먹고, 다른 하나는 단단한 종자를 부수먹는다. [23029-0240]



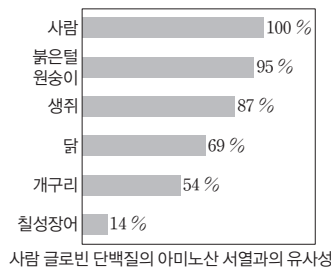
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. 생물 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다.
- ㄴ. 핀치 먹이의 종류는 핀치 부리 모양의 진화에 영향을 미쳤다.
- ㄷ. A는 나무 구멍 속 곤충을 잡아먹는다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 04 그림은 사람과 여러 동물 사이에서 사람 글로빈 단백질의 아미노산 서열과의 유사성을 나타낸 것이다. [23029-0241]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 종 사이의 유연관계는 제시된 자료만을 근거로 판단한다.)

【 보기 】

- ㄱ. 생물 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.
- ㄴ. 사람과 붉은털원숭이의 유연관계는 사람과 개구리의 유연관계보다 가깝다.
- ㄷ. 공통 조상에서 분화한 지 오래될수록 아미노산 서열 차이가 작아진다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 표는 생물 진화의 증거와 그 예를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 비교해부학적 증거, 생물지리학적 증거, 화석상의 증거를 순서 없이 나타낸 것이다.

진화의 증거	예
(가)	오스트레일리아에는 다른 지역에 서식하지 않는 유대류가 서식한다.
(나)	파충류와 조류의 특징을 모두 갖는 생물의 화석이 발견되었다.
(다)	㉠새의 날개와 곤충의 날개는 발생 기원이 다르지만, 형태와 기능이 유사하다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 비교해부학적 증거이다.
- ㄴ. '고래 조상 종의 화석에 뒷다리뼈가 있다.'는 (나)의 예에 해당한다.
- ㄷ. ㉠은 상동 형질(상동 기관)의 예에 해당한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

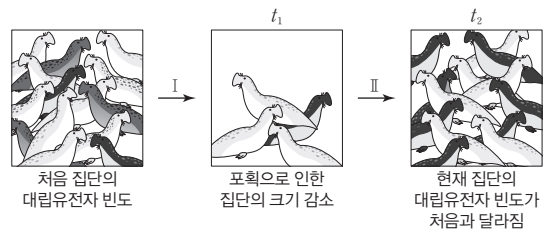
**06** 유전자풀의 변화 요인에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 창시자 효과는 유전적 부동의 한 현상이다.
- ㄴ. 자연 선택이 일어나면 환경에 적합한 형질을 가진 개체의 비율이 증가한다.
- ㄷ. 돌연변이는 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림은 어느 지역에서 북방코끼리바다표범 집단의 크기와 대립유전자 빈도가 달라지는 과정을 나타낸 것이다.



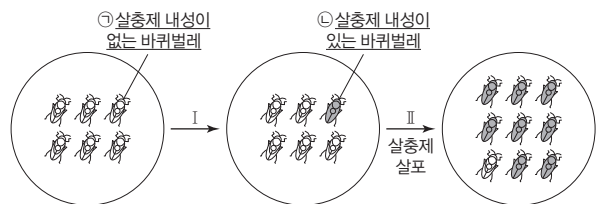
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 자료 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 과정 I에서 병목 효과가 일어났다.
- ㄴ. 과정 II에서 북방코끼리바다표범 집단의 크기가 증가하였다.
- ㄷ.  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 북방코끼리바다표범 집단의 유전자풀은 서로 다르다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 바퀴벌레 집단에서 살충제 내성 유무에 따른 개체 수 변화를 나타낸 것이다. 과정 I에서 새로운 대립유전자가 나타났다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 이입과 이출은 없다.)

보기

- ㄱ. 과정 I에서 돌연변이가 일어났다.
- ㄴ. 과정 II에서 자연 선택이 일어났다.
- ㄷ. 살충제 살포 환경에서는 ㉠이 ㉡보다 생존에 유리하다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



**09** [23029-0246] 그림은 유전자풀의 변화 요인 (가)의 유무에 따른 집단 I 과 II의 유전자풀을 나타낸 것이다. I과 II는 같은 종으로 구성되고, A는 B의 대립유전자이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 유전자 흐름은 (가)에 해당한다.
- ㄴ. (가)에 의해 I과 II 사이의 유전자풀 차이가 증가했다.
- ㄷ. 집단의 유전자풀에서  
 $\frac{\text{(가)가 없을 때 I에서 A의 빈도}}{\text{(가)가 있을 때 I에서 B의 빈도}} < 1$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [23029-0247] 그림은 종 A가 2회의 종분화 과정을 통해 종 B와 종 C로 분화하는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 서로 다른 생물학적 종이다.



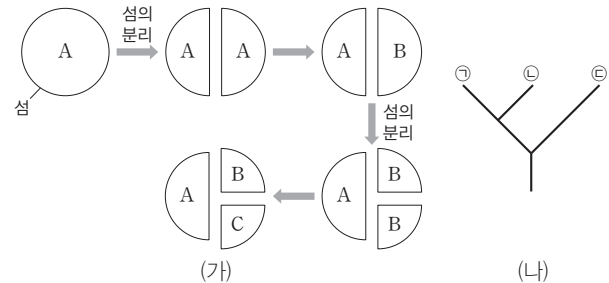
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 산맥 형성과 섬의 분리 이외의 지리적 격리는 없으며, 이입과 이출은 없다.)

보기

- ㄱ. A와 B는 생식적으로 격리되어 있다.
- ㄴ. 섬의 분리 이후에 A가 C로 분화하는 과정이 일어났다.
- ㄷ. B의 유전자풀과 C의 유전자풀은 같다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**11** [23029-0248] 그림 (가)는 종 A가 종 B로, 종 B가 종 C로 분화하는 과정을, (나)는 A~C의 계통수를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이고, A~C는 서로 다른 생물학적 종이다.



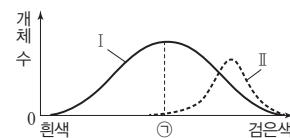
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 섬의 분리 이외의 지리적 격리는 없고, 이입과 이출은 없다.)

보기

- ㄱ. ㉢은 B이다.
- ㄴ. A와 B의 유연관계는 B와 C의 유연관계보다 가깝다.
- ㄷ. B가 C로 분화하는 과정에서 돌연변이가 발생하였다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**12** [23029-0249] 그림은 시기 I과 II에서 동일한 종으로 구성된 동물 집단 P의 털색에 따른 개체 수를 나타낸 것이다. I에서 II로 시간이 흐르는 동안 자연 선택을 통해 털색에 따른 개체 수가 변하였고, ㉠은 털색 표현형 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I에서 P의 개체 사이에 털색에 대한 변이가 있다.
- ㄴ. I과 II에서 P의 유전자풀은 서로 같다.
- ㄷ. 털색이 ㉠인 개체 수는 I에서 II에서보다 많다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**13** 다음은 동물 종 P로 구성되고, 하디·바인베르크 평형이 유지되는 여러 집단에 대한 자료이다. [23029-0250]

- P의 몸 색은 상염색체에 있는 검은색 몸 대립유전자 A와 회색 몸 대립유전자 A\*에 의해 결정되고, A와 A\* 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 각 집단의 개체 수는 10000이다.
- 그림은 각 집단 내 A의 빈도에 따른 검은색 몸 개체의 비율 또는 회색 몸 개체의 비율을 나타낸 것이다.

또는  
회색 몸 개체의 비율  
검은색 몸 개체의 비율

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 A\*에 대해 우성이다.
- ㄴ. A의 빈도가 0.5인 집단에서 검은색 몸을 갖는 개체 수는 2500이다.
- ㄷ. A의 빈도가 A\*의 빈도의 3배인 집단에서 유전자형이 A\*A인 개체의 빈도는  $\frac{3}{8}$ 이다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**14** 다음은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 동물 집단 I에서 유전 형질 ㉠에 대한 자료이다. [23029-0251]

- ㉠은 상염색체에 있는 정상 대립유전자 A와 ㉠ 발현 대립유전자 a에 의해 결정되고, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- I에서 유전자형이 AA인 개체와 Aa인 개체를 합쳐서 a의 빈도를 구하면  $\frac{1}{3}$ 이고, 암컷과 수컷의 개체 수는 같다.

I에서 임의의 정상 수컷과 ㉠ 발현 암컷이 교배하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>에게서 ㉠이 발현될 확률은?

- ①  $\frac{1}{4}$     ②  $\frac{1}{3}$     ③  $\frac{1}{2}$     ④  $\frac{2}{3}$     ⑤  $\frac{3}{4}$

**15** 표는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 동물 종 P로 구성된 집단 I에서 물갈퀴 표현형에 따른 유전자형과 개체 수를 나타낸 것이다. 물갈퀴 유무는 상염색체에 있는 대립유전자 A와 a에 의해 결정된다. [23029-0252]

표현형			
유전자형	AA	Aa	aa
개체 수	490	420	90

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I에서 A의 빈도는 0.7이다.
- ㄴ. I의 유전자풀에서 a의 수는 510이다.
- ㄷ. I에서 세대가 거듭될수록 물갈퀴를 가진 개체의 비율이 증가한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**16** 다음은 동물 종 P로 구성된 집단 I에 대한 자료이다. [23029-0253]

- P의 털 길이는 상염색체에 있는 긴 털 대립유전자 A와 짧은 털 대립유전자 A\*에 의해 결정되며, A와 A\* 사이의 우열 관계는 분명하다.
- I은 하디·바인베르크 평형이 유지된다.
- I에서  $\frac{\text{긴 털 대립유전자 수}}{\text{긴 털을 갖는 개체 수}} = \frac{8}{7}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I에서 A의 빈도는  $\frac{1}{4}$ 이다.
- ㄴ. 유전자형이 AA\*인 개체는 긴 털을 갖는다.
- ㄷ. I에서 세대가 거듭될수록 A\*의 빈도는 증가한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄴ, ㄷ

[23029-0254]

01 그림 (가)는 잠자리의 날개와 박쥐의 날개를, (나)는 지역 A에 서식하는 캥거루와 코알라를 나타낸 것이다. (나)에서 캥거루와 코알라는 태반이 발달하지 않은 포유류이고, 대부분 A에 서식한다.



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

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

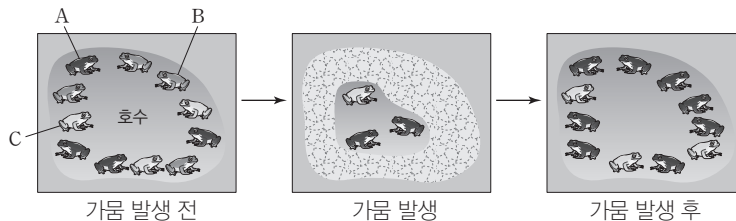
- ㄱ. (가)는 상사 형질(상사 기관)의 예에 해당한다.
- ㄴ. 캥거루와 코알라의 진화 과정에 각각 지리적 격리가 영향을 미쳤다.
- ㄷ. (가)와 (나)는 모두 생물 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

[23029-0255]

02 다음은 어떤 지역에서 같은 종으로 구성된 개구리 개체군의 피부색에 대한 자료이다.

- 가뭄 발생 전 개구리 개체군에는 피부색이 서로 다른 개구리 A, B, C가 있었다. 개구리의 피부색은 대립유전자의 차이에 의해 결정된다.
- ㉠가뭄으로 개체군의 크기가 급격히 줄어들어 개체군의 대립유전자 빈도가 변하였고, B가 사라졌다.
- 가뭄 후 개체군의 크기는 회복되었지만, A와 C만 남았다.
- 그림은 가뭄 발생 전후 호수에 사는 개구리를 모두 나타낸 것이다.



유전적 부동은 대립유전자가 자손에게 무작위적으로 전달 되기 때문에 부모 세대와 자손 세대 사이에서 대립유전자 빈도가 예측할 수 없는 방향으로 변화하는 현상이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 자료 이외는 고려하지 않으며, 이입과 이출은 없다.)

보기

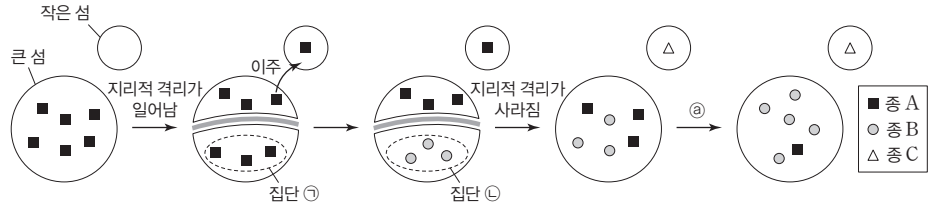
- ㄱ. ㉠는 병목 효과의 예에 해당한다.
- ㄴ.  $\frac{A \text{의 개체 수}}{\text{전체 개구리 개체 수}}$ 는 가뭄 발생 전일 때가 가뭄 발생 후일 때보다 크다.
- ㄷ. A와 C는 생식적으로 격리되어 있다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

가장 최근에 종분화가 일어난 종은 초기에 종분화가 일어난 종보다 유연관계가 가깝다.

[23029-0256]

03 그림은 종 A가 종 B와 종 C로 분화하는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 서로 다른 생물학적 종이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 1개의 도형은 1개체를 의미하고, A~C 이외의 종은 고려하지 않으며, 지리적 격리는 1회 일어났다.)

보기

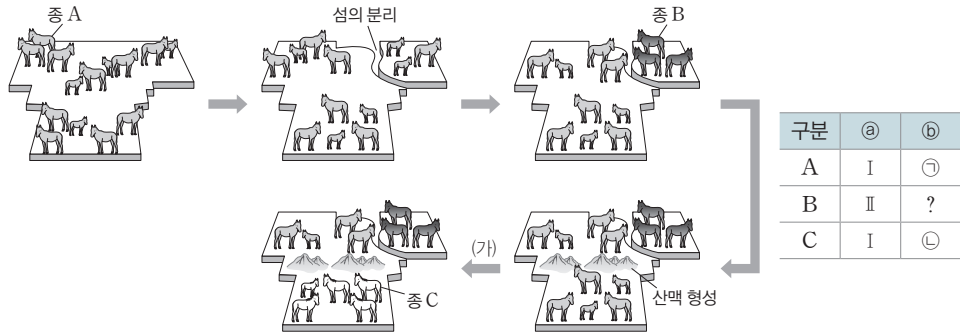
- ㄱ. ㉠과 ㉡을 구성하는 종의 수는 서로 다르다.
- ㄴ. 과정 ㉢에서 큰 섬의 전체 개체 수 중 B의 개체 수 비율이 증가했다.
- ㄷ. A와 C의 유연관계는 A와 B의 유연관계보다 가깝다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

종분화는 대부분 산맥 형성, 섬의 분리와 같은 지리적 격리에 의해 일어난다.

[23029-0257]

04 그림은 종 A가 2회의 종분화 과정을 통해 종 B와 종 C로 분화하는 과정을, 표는 A~C의 분류 단계를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉢는 각각 과와 속 중 하나이다. A~C는 서로 다른 생물학적 종이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 섬의 분리와 산맥 형성 이외의 지리적 격리는 없으며, 이입과 이출은 없다.)

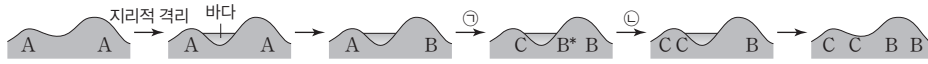
보기

- ㄱ. A와 C는 같은 속에 속한다.
- ㄴ. 과정 (가)에서 돌연변이가 일어났다.
- ㄷ. A로부터 B로의 분화가 A로부터 C로의 분화보다 먼저 일어났다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

**05** 그림은 종 A로부터 종 B와 종 C가 분화되는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 서로 다른 생물학적 종이고, B와 B\*는 같은 종으로 특정 형질에 대한 표현형이 다르며, ㉠과 ㉡은 자연 선택과 돌연변이를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23029-0258]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리적 격리는 1회 일어났고, 이입과 이출은 없다.)

보기

- ㄱ. 지리적 격리는 종분화가 일어나는 요인 중 하나이다.
- ㄴ. C의 출현 이후에 자연 선택이 일어났다.
- ㄷ. A와 B의 유전자풀은 서로 다르다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

종분화 과정에서 지리적 격리, 돌연변이, 자연 선택 등이 일어난다.

**06** 그림 (가)는 어떤 지역에서 고리종을 이루는 엔사티나도롱뇽 집단 A~E의 서식 분포를, (나)는 원래 한 집단이었던 다람쥐 집단이 협곡에 의해 두 집단으로 분리되어 각각 독자적인 진화 과정을 거쳐 종분화가 일어난 사례를 나타낸 것이다.

[23029-0259]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 B와 C 사이에서 유전자 흐름이 일어날 수 있다.
- ㄴ. (나)의 종분화 과정에서 지리적 격리는 없었다.
- ㄷ. (가)는 종분화가 점진적인 변화에 의해 일어날 수 있음을 보여주는 사례이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

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

하디·바인베르크 평형이 유지되는 멘델 집단에서는 세대를 거듭하여도 대립유전자의 빈도가 변하지 않는다.

각 집단에서 A의 빈도와 A\*의 빈도의 합은 1이다.

[23029-0260]

07 다음은 동물 종 P로 구성된 집단 I과 II에 대한 자료이다.

- I과 II는 모두 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이며, 각 집단에서 암컷과 수컷의 개체 수는 같다.
- I과 II에서 P의 몸 색은 검은색 몸 대립유전자 A와 회색 몸 대립유전자 a에 의해 결정된다. A와 a는 상염색체에 있으며, A는 a에 대해 완전 우성이다.
- I에서 회색 몸 개체 수는 3200이다.
- I에서 유전자형이 Aa인 개체들과 aa인 개체들을 합쳐서 a의 빈도를 구하면  $\frac{5}{8}$ 이다.
- II에서 유전자형이 AA인 개체들과 Aa인 개체들을 합쳐서 a의 빈도를 구하면  $\frac{1}{6}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

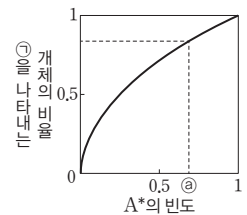
- ㄱ. I의 총 개체 수는 10000이다.
- ㄴ.  $\frac{I에서 A의 빈도}{II에서 a의 빈도} = 3$ 이다.
- ㄷ. II에서 임의의 검은색 몸 암컷이 임의의 회색 몸 수컷과 교배하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>이 회색 몸일 확률은  $\frac{4}{7}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

[23029-0261]

08 다음은 동물 종 P로 구성된 여러 집단에 대한 자료이다.

- 각 집단의 개체 수는 10000이고, 각각 하디·바인베르크 평형이 유지된다. 각 집단에서 암컷과 수컷의 개체 수는 같다.
- 유전 형질 ㉠은 상염색체에 있는 대립유전자 A와 A\*에 의해 결정되며, A와 A\* 사이의 우열 관계는 분명하다.
- 그림은 각 집단 내 A\*의 빈도에 따른 ㉠을 나타내는 개체의 비율을 나타낸 것이다.
- A\*의 빈도가 ㉡인 집단에서 ㉠을 나타내지 않는 개체 수는 900이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A\*는 A에 대해 우성이다.
- ㄴ. ㉡는 0.8이다.
- ㄷ. A\*의 빈도가 ㉡인 집단에서 ㉠을 나타내는 임의의 암컷이 ㉠을 나타내지 않는 임의의 수컷과 교배하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>이 ㉠을 나타내지 않을 확률은  $\frac{3}{13}$ 이다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0262]

09 다음은 동물 종 P로 구성된 집단 I에 대한 자료이다.

- I은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이며, I에서 암컷과 수컷의 개체 수는 같다.
- P의 몸 색과 날개 길이를 결정하는 유전자는 서로 다른 상염색체에 있다.
- 몸 색은 검은색 몸 대립유전자 A와 회색 몸 대립유전자 a에 의해 결정되고, 날개 길이는 긴 날개 대립유전자 B와 짧은 날개 대립유전자 b에 의해 결정된다. A는 a에 대해, B는 b에 대해 각각 완전 우성이다.
- A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 a의 빈도는  $\frac{1}{3}$ 이고,  $\frac{\text{검은색 몸 개체 수}}{\text{짧은 날개 개체 수}} = 3$ 이다.

하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단에서 A의 빈도와 a의 빈도의 합은 1이고, B의 빈도와 b의 빈도의 합도 1이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ.  $\frac{\text{A의 빈도}}{\text{b의 빈도}} = 1$ 이다.
- ㄴ. I에서 유전자형이 Aa인 개체의 빈도는 0.5이다.
- ㄷ.  $\frac{\text{회색 몸 개체 수}}{\text{긴 날개 개체 수}} = \frac{1}{3}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0263]

10 표 (가)는 각각 개체 수가 10000인 동물 집단 I~IV에서 유전자형 AA와 Aa의 빈도를, (나)는 집단 P의 특징을 나타낸 것이다. 날개 길이는 상염색체에 있는 긴 날개 대립유전자 A와 짧은 날개 대립유전자 a에 의해 결정되며, A는 a에 대해 완전 우성이다. I~IV는 모두 같은 종으로 구성되고, 이 중 하나는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단 P이다.

하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단은 A의 빈도(p)와 a의 빈도(q)의 합이 1이고, 유전자형 AA의 빈도는  $p^2$ , 유전자형 Aa의 빈도는  $2pq$ 이다.

		집단			
		I	II	III	IV
(가)	유전자형 AA	0.36	0.49	0.50	0.64
	Aa	0.28	0.40	0.20	0.32

(나)	P의 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 암컷과 수컷의 개체 수는 같다.</li> <li>• 몸 색은 상염색체에 있는 검은색 몸 대립유전자 B와 회색 몸 대립유전자 b에 의해 결정되고, B는 b에 대해 완전 우성이다.</li> <li>• 날개 길이와 몸색을 결정하는 유전자는 서로 다른 상염색체에 있다.</li> <li>• a를 갖는 수컷 개체 수 = <math>\frac{9}{8}</math> 회색 몸 개체 수</li> </ul>
-----	-------	--

P에서 임의의 긴 날개·검은색 몸 암컷과 임의의 긴 날개·회색 몸 수컷이 교배하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>이 짧은 날개·회색 몸일 확률은?

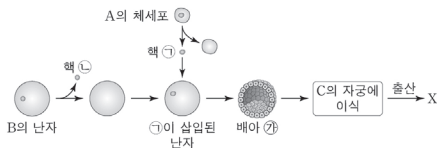
- ①  $\frac{1}{126}$       ②  $\frac{1}{36}$       ③  $\frac{1}{16}$       ④  $\frac{3}{16}$       ⑤  $\frac{3}{7}$



# 생명 공학 기술과 인간 생활

## 2023학년도 수능 5번

5. 그림은 생명 공학 기술을 이용하여 복제 동물 X를 얻는 과정을 나타낸 것이다. 동물 A, B, C는 같은 종이고, 유전적으로 서로 다른 개체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. 핵치환 기술이 사용되었다.
- ㄴ. ㉡의 세포에 있는 모든 유전자는 B의 체세포에 있는 모든 유전자와 염기 서열이 동일하다.
- ㄷ. X는 A를 복제한 동물이다.

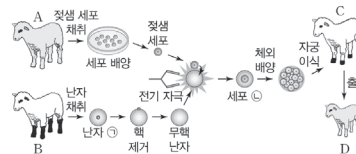
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 2023학년도 EBS 수능완성 105쪽 04번

### 04

▶22072-0218

그림은 생명 공학 기술을 이용하여 복제 양 D를 만드는 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

㉠ 보기

- ㄱ. ㉠과 ㉡의 핵상은 서로 같다.
- ㄴ. A와 D의 체세포 핵의 유전 정보는 서로 같다.
- ㄷ. D의 미토콘드리아는 C로부터 유래한 것이다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 연계 분석

2023학년도 수능 5번은 수능완성 105쪽 04번 문제와 연계하여 출제되었다. 수능에서는 복제 동물을 얻는 과정에서 사용된 생명 공학 기술을 판별하는 보기가 출제되었고, 수능완성에서는 난자의 핵상과 젖샘 세포의 핵을 이식하여 얻은 세포의 핵상을 비교하는 보기가 출제되었다는 점이 다르지만, 두 문제 모두 핵치환 기술을 사용하여 복제 동물을 얻는 과정을 그림으로 제시하였다는 점에서 동일하다. 또한, 체세포 핵을 제공한 개체, 난자를 제공한 개체, 핵을 제거한 난자에 체세포 핵을 이식하여 얻은 배아(또는 복제 동물)의 유전 정보를 비교하는 보기가 공통으로 출제되었고, 이를 토대로 복제 동물의 핵과 미토콘드리아의 유전체가 어떤 개체에서 유래한 것인지 판단하는 보기가 유사하게 출제되었다.

### 학습 대책

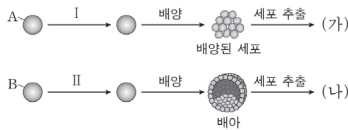
핵치환 기술의 개념을 정확히 이해하는 것이 중요하며, 복제 동물의 체세포 핵에 있는 DNA 염기 서열과 미토콘드리아의 DNA 염기 서열이 체세포 핵을 제공한 개체와 난자를 제공한 개체 중 어느 개체의 것과 동일한지 제시된 그림을 보고 판별하는 능력을 길러야 한다. 더 나아가 핵치환 과정에서 각 세포의 핵상과 핵치환 기술의 활용 방안 등에 대해서도 꼼꼼하게 학습하여 해당 기술에 대해 다각적으로 접근한다면 그림 자료나 보기가 변형되어 출제되어도 어려움 없이 문제를 해결할 수 있다.





2023학년도 9월 모의평가 11번

11. 그림은 동물의 줄기세포 (가)와 (나)를 만드는 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 유도 만능 줄기세포(역분화 줄기세포)와 배아 줄기세포를 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B 중 하나는 체세포이고, 나머지 하나는 핵이 제거된 난자이다. 과정 I과 II 중 하나는 핵 이식이고, 나머지 하나는 역분화를 일으키는 유전자 삽입이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. II는 핵 이식이다.
  - ㄴ. (가)는 분화가 완료된 세포이다.
  - ㄷ. 태블 혈액으로부터 (나)를 추출할 수 있다.

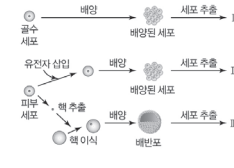
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄱ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 204쪽 05번

05 표 (가)는 줄기세포 A~C에서 특징 ㉠과 ㉡의 유무를, (나)는 ㉠과 ㉡을 순서 없이 나타낸 것이고, 그림은 줄기세포 I~III을 얻는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 배아 줄기세포, 성체 줄기세포, 유도 만능(역분화) 줄기세포를 순서 없이 나타낸 것이고, I~III은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	㉠	㉡	특징 (㉠, ㉡)
A	×	?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모든 세포로 분화할 수 있다.</li> <li>• 초기 배아에서 얻는다.</li> </ul>
B	○	?	
C	×	×	

(○: 있음, ×: 없음)



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. C는 II이다.
  - ㄴ. B를 얻는 과정에서 핵치환 기술이 사용되었다.
  - ㄷ. 생명 윤리 문제는 III에서가 A에서보다 적다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

연계 분석

2023학년도 9월 모의평가 11번은 수능특강 204쪽 05번 문제와 연계하여 출제되었다. 모의평가에서는 유도 만능(역분화) 줄기세포와 배아 줄기세포를 만드는 과정을 그림으로 제시하여 각 줄기세포의 특징을 토대로 두 가지 줄기세포를 구분할 수 있는지 묻고 있다. 수능특강에서는 성체 줄기세포를 만드는 과정과 세 가지 줄기세포의 특징에 관한 표 자료를 추가로 제시하였다. 점이 모의평가와는 다르지만 사용된 그림의 형태가 유사하며, 제시된 자료를 토대로 배아 줄기세포를 찾고 배아 줄기세포를 만드는 과정에서 핵이 제거된 난자에 체세포 핵을 이식하는 핵치환 기술이 사용되는지를 판별하는 보기도 유사하게 출제되었다.

학습 대책

배아 줄기세포, 성체 줄기세포, 유도 만능(역분화) 줄기세포를 만드는 과정과 각 줄기세포의 종류에 따른 특징을 알고 있어야 한다. 특히 줄기세포를 만드는 과정에 대한 그림이나 줄기세포의 특징을 다룬 표와 같은 자료를 해석하여 세 가지 줄기세포를 구분하는 문제가 지속적으로 출제되고 있으므로 줄기세포의 개념과 함께 줄기세포를 만드는 과정에서 사용된 생명 공학 기술, 각 줄기세포가 분화할 수 있는 세포 종류의 차이 등에 대해 꼼꼼하게 학습해야 한다. 연계 교재의 학습 과정에서 그림이나 표 자료가 일부 변형되어 출제되더라도 개념을 적용할 수 있는 능력을 키운다면 정답률을 높일 수 있다.

#### 개념 체크

- **유전자 재조합:** 어떤 생물의 유전체 DNA에서 잘라낸 특정 유전자가 포함된 DNA 조각을 운반체 DNA에 삽입하여 재조합 DNA를 만드는 것이다. 이렇게 얻은 재조합 DNA는 유전자의 기초 연구에 이용되거나 인슐린 같은 단백질을 생산하는 데 이용된다.
- **플라스미드:** 세균과 효모에서 자신의 염색체 외에 추가로 존재하는 복제 가능한 작은 원형 DNA이다. 세균에서 분리하여 조작하기 쉽고, 세포 내로 쉽게 들어갈 수 있어 유전자 재조합 기술에 많이 사용된다.

1. 유전자 재조합 기술에서는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르는 ( )와 잘린 DNA의 말단끼리 이어주는 ( )를 이용하여 재조합 DNA를 만든다.

2. ( )는 세균에서 자신의 염색체 이외에 추가로 존재하는 복제 가능한 작은 원형 DNA이다.

※ ○ 또는 ×

3. 유전자 재조합 기술을 활용하면 유용한 유전자를 복제하거나 유전자의 산물을 얻을 수 있다. ( )

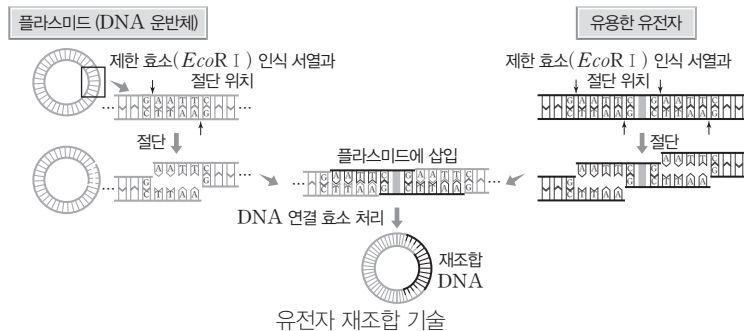
4. 재조합 플라스미드를 제작할 때 제한 효소보다 DNA 연결 효소를 먼저 처리한다. ( )

### 1 생명 공학 기술의 활용

(1) **유전자 재조합 기술:** DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르는 제한 효소와 잘린 DNA의 말단끼리 이어주는 DNA 연결 효소를 이용하여 재조합 DNA를 만들고, 이 재조합 DNA를 세포에 넣어 유용한 유전자를 증식하거나 유전자의 산물을 얻는 기술이다.

#### ① 유전자 재조합 기술을 이용한 유용한 물질 생산

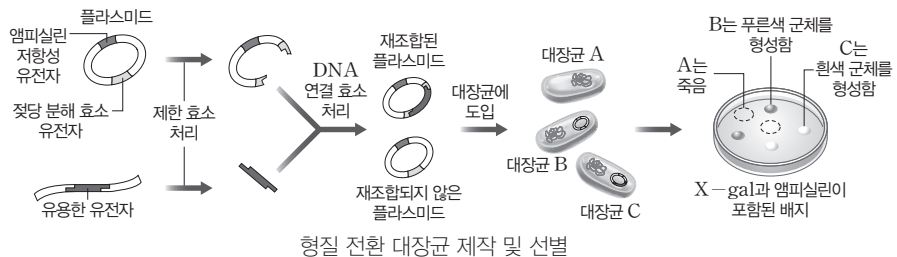
- 제한 효소로 DNA 절단: DNA 운반체(대장균에서 추출한 플라스미드)와 유용한 유전자가 들어 있는 DNA에 적합한 제한 효소를 처리하여 DNA를 자른다.
- DNA 연결 효소로 DNA 연결: DNA 연결 효소를 처리하여 제한 효소에 의해 잘린 DNA 운반체와 유용한 유전자가 들어 있는 DNA를 연결한다.



- 재조합 DNA의 숙주 세포 도입과 유용한 물질 생산: 재조합 DNA를 숙주 세포(주로 대장균) 배양액에 섞은 후, 자극을 가해 재조합 DNA가 숙주 세포에 도입되도록 하여 배양하면 유용한 물질을 얻을 수 있다.

#### ② 형질 전환된 대장균 선별

- 재조합 플라스미드 제작: 앰피실린 저항성 유전자와 젓당 분해 효소 유전자가 있는 플라스미드를 이용한다. 이 플라스미드가 도입된 대장균은 항생제인 앰피실린이 있는 배지에서 증식하여 균체를 형성한다. 제한 효소와 DNA 연결 효소를 이용하면 유용한 유전자가 젓당 분해 효소 유전자 부위에 삽입된 재조합 플라스미드가 생성되며, 이때 재조합되지 않은 플라스미드도 생성된다.
- 형질 전환된 대장균 제작 및 선별: 재조합 플라스미드를 대장균에 도입하는 과정에서 플라스미드가 도입되지 않은 대장균 A, 재조합되지 않은 플라스미드가 도입된 대장균 B, 재조합된 플라스미드가 도입된 대장균 C가 생긴다. 젓당 분해 효소에 의해 분해되면 푸른색으로 변하는 물질(X-gal)과 앰피실린이 들어 있는 배지에서 대장균 A~C를 배양하면 유용한 유전자를 가진 대장균 C를 선별할 수 있다.



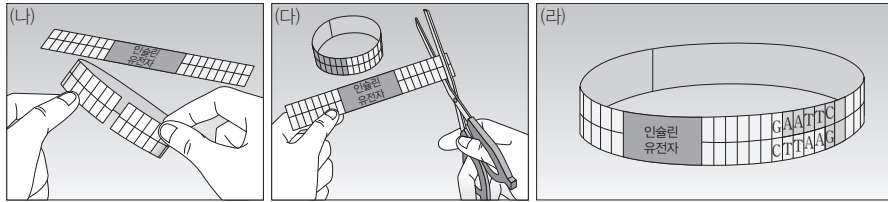
#### 정답

1. 제한 효소, DNA 연결 효소
2. 플라스미드
3. ○
4. ×

탐구자료 살펴보기 유전자 재조합 모의 실험하기

과정

- (가) 플라스미드 모형과 인슐린 유전자가 포함된 DNA 모형을 각각 자른다.
- (나) 플라스미드 모형의 양 끝을 붙여 고리 모양으로 만든다.
- (다) 플라스미드 모형과 인슐린 유전자가 포함된 DNA 모형에서 제한 효소 *EcoR*I의 제한 효소 자리를 찾아 각각 가위로 자른다.
- (라) 잘린 플라스미드 모형에 인슐린 유전자가 포함된 DNA 모형을 맞추어 넣고 셀로판테이프로 붙여 재조합 DNA를 만든다.



결과

플라스미드 모형과 인슐린 유전자가 포함된 DNA 모형을 자를 때 *EcoR*I의 제한 효소 자리를 찾아 잘라야 인슐린 유전자를 포함한 재조합 플라스미드가 만들어진다.

point

- 가위는 유전자 재조합 기술에서 제한 효소의 역할을, 셀로판테이프는 유전자 재조합 기술에서 DNA 연결 효소의 역할을 한다.
- 유전자 재조합 과정에서 제한 효소 *EcoR*I으로 잘린 플라스미드와 인슐린 유전자가 포함된 DNA의 양쪽 말단 부위에서 단일 가닥의 노출된 부위가 서로 상보적인 염기 서열을 가지므로, 이들 상보적인 염기 간에 수소 결합이 형성된다. 수소 결합을 통해 일시적으로 결합한 두 DNA의 말단을 DNA 연결 효소로 연결하면 재조합 DNA를 만들 수 있다.

개념 체크

● 핵치환: 한 세포에서 핵을 꺼내어 핵을 제거한 다른 세포에 이식하는 기술이다. 핵치환 기술은 복제 세포 또는 복제 동물을 만들 때 필요한 생명 공학 기술 중 하나이다.

1. 유전자 재조합 모의 실험에서 가위는 유전자 재조합 기술에서 ( )의 역할을, 셀로판테이프는 유전자 재조합 기술에서 ( )의 역할을 수행한다.

2. 핵치환 과정에서 핵을 제거한 ( )에 체세포의 핵을 이식하면 복제 동물을 만들 수 있다.

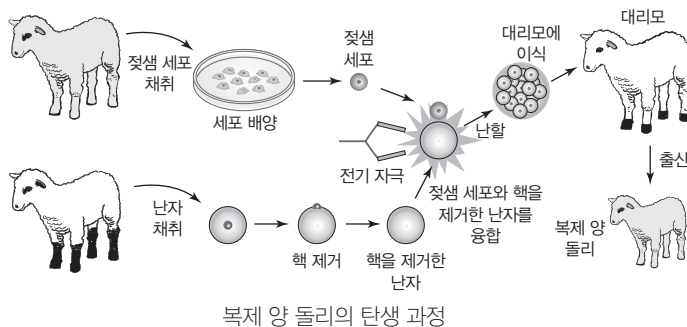
※ ○ 또는 ×

3. 복제 양 돌리 탄생 과정에서 돌리의 미토콘드리아 유전체는 대리모의 미토콘드리아 유전체와 동일하다. ( )

4. 인슐린 유전자가 도입된 형질 전환 세포를 핵치환에 이용하면 인슐린을 생산하는 형질 전환 복제 동물을 만들 수 있다. ( )

(2) 핵치환: 한 세포에서 핵을 꺼내어 핵을 제거한 난자에 이식하는 기술이다.

① 핵을 제거한 난자에 체세포의 핵을 이식하여 얻은 배아를 대리모 체내에서 발생시키면 핵을 제공한 개체와 유전적으로 같은 복제 동물을 만들 수 있다.



② 핵치환 기술은 멸종 위기 동물이나 우수한 형질을 가진 동물을 보존하는 데 활용되고 있다. 또한 유용한 유전자가 도입된 형질 전환 세포를 핵치환에 이용하여 형질 전환 복제 동물을 만들고, 이 동물로부터 의약품 등 유용한 물질을 생산할 수 있다.

정답

- 1. 제한 효소, DNA 연결 효소
- 2. 난자
- 3. ×
- 4. ○

개념 체크

● **조직 배양:** 생물 조직의 일부나 세포를 떼어 내어 인공적인 환경에서 증식시키는 기술로, 식물의 경우 하나의 세포에서 유전적으로 동일한 개체를 다량으로 얻을 수 있고 품질이 우수하지만 번식력이 약한 식물을 대량으로 생산할 수 있다.

● **캘러스:** 분열 조직에서 얻은 미분화된 세포 덩어리로, 다양한 기관으로 분화가 가능하다.

1. 캘러스는 ( ) 조직에서 얻은 미분화 세포 덩어리이다.

2. 식물의 세포나 조직을 배양액에서 증식시키는 ( ) 기술을 사용하면 동일한 형질을 가진 식물을 대량으로 생산할 수 있다.

3. ( )은 서로 다른 두 종류의 세포를 융합시켜 잡종 세포를 만드는 기술이다.

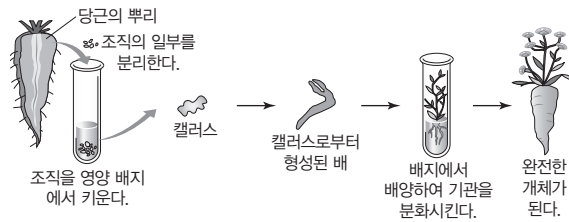
※ ○ 또는 ×

4. 중합 효소 연쇄 반응(PCR)에서는 온도 변화 없이 DNA를 짧은 시간 동안 증폭시킨다. ( )

5. 세포 융합 기술을 사용하여 단일 클론 항체를 생산할 수 있다. ( )

(3) **조직 배양:** 생물체에서 떼어 낸 세포나 조직을 배양액이나 영양 배지에서 증식시키는 기술이다.

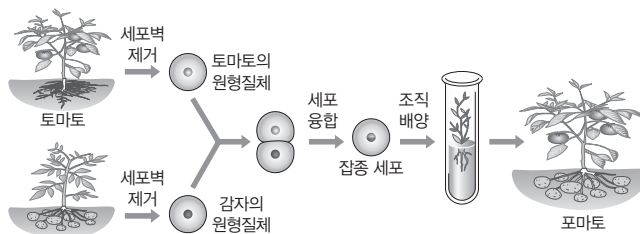
- ① 동물 세포의 조직 배양 기술은 동물 세포의 구조와 세포 소기관의 기능 등을 밝히는 생명 과학의 기초 연구에 활용되고, 호르몬이나 항체 생산에도 활용된다.
- ② 식물 세포의 조직 배양 기술을 활용하면 어버이와 똑같은 형질을 가지고 있는 식물체를 만들 수 있기 때문에 형질이 동일한 식물을 대량으로 생산할 수 있고 번식 능력이 약한 식물을 인공적으로 증식시킬 수 있다.



당근을 이용한 조직 배양

(4) **세포 융합:** 서로 다른 두 종류의 세포를 융합시켜 잡종 세포를 만드는 기술이다.

- ① 세포 융합을 활용하면 우리가 원하는 특성을 가진 잡종 세포를 만들 수 있고, 두 세포의 특성을 모두 가진 잡종 세포를 만들 수 있다.
- ② 세포 융합 기술은 식물의 품종 개량 및 단일 클론 항체의 생산, 질병 진단, 암 치료 등에 활용되고 있다.

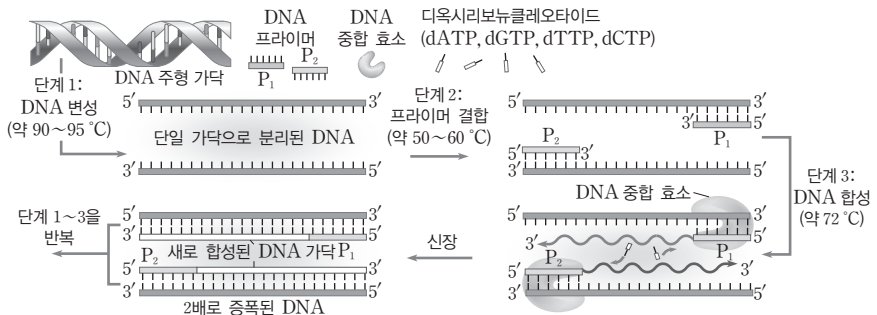


세포 융합 기술을 이용한 잡종 식물의 생산



과학 돋보기 | 중합 효소 연쇄 반응(PCR)

시험관 내에서 DNA를 반복적으로 복제하여 짧은 시간 동안에 증폭시키는 기술이다. 이중 가닥의 주형 DNA에 DNA 중합 효소, 2종류의 프라이머, 4종류의 디옥시리보뉴클레오타이드(dNTP)를 넣고 단계적으로 온도를 변화시켜 중합 반응을 연쇄적으로 일으킨다.



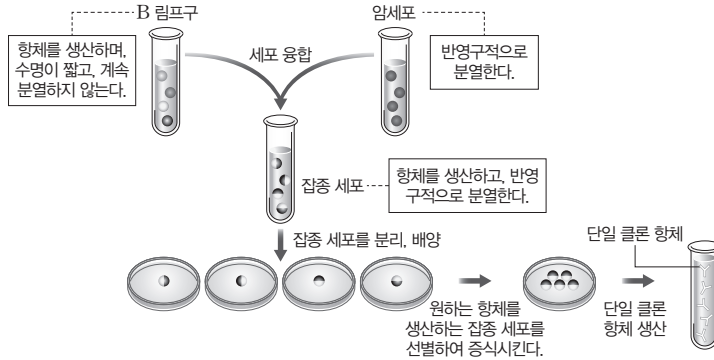
정답

- 1. 분열
- 2. 조직 배양
- 3. 세포 융합
- 4. ×
- 5. ○

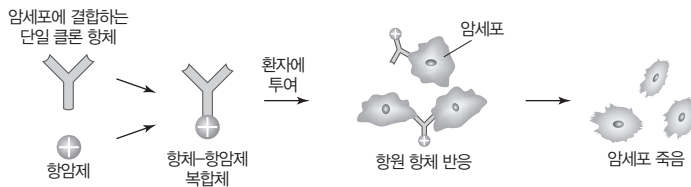
## 2 생명 공학 기술을 이용한 난치병 치료

### (1) 단일 클론 항체

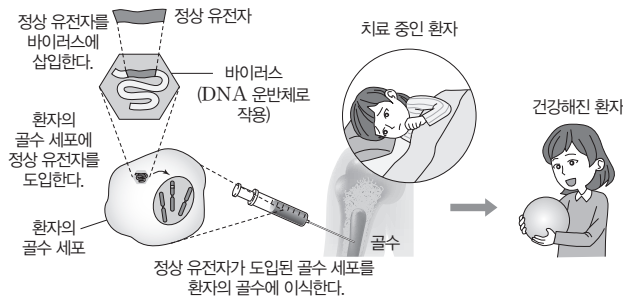
① 단일 클론 항체 생산 과정(B 림프구와 암세포 융합): 활성화된 B 림프구와 암세포를 융합하여 잡종 세포를 만든 후, B 림프구와 암세포가 융합된 잡종 세포만 선별해 주는 배지를 이용하여 한 종류의 항체만 생산해 내는 잡종 세포를 얻는다.



② 단일 클론 항체를 이용한 치료: 특정 암세포와 결합하는 단일 클론 항체에 항암제를 결합시킨 뒤 암 환자에게 투여하면 암세포를 선택적으로 제거하여 암을 치료할 수 있다.



(2) 유전자 치료: 유전적으로 결함이 있는 사람에게 정상 유전자를 넣어 이상이 있는 유전자를 대체하거나 정상 단백질이 합성되게 함으로써 질병을 치료하는 방법이다.



### (3) 줄기세포

#### ① 줄기세포의 종류

- 배아 줄기세포: 배아 줄기세포는 수정란에서 유래한 배아의 배반포의 내세포 덩어리에서 얻은 줄기세포이다. 배아 줄기세포는 신체를 이루는 모든 세포와 조직으로 분화할 수 있다. 특히 환자의 체세포 핵을 무핵 난자에 이식하여 만든 체세포 복제 배아 줄기세포를 환자에게 이식하면 면역 거부 반응이 일어나지 않아 맞춤형 줄기세포를 얻을 수 있다.
- 성체 줄기세포: 땀줄 혈액이나 성체의 골수 등에서 얻는 줄기세포로, 배아 줄기세포와는 달리 분화될 수 있는 세포의 종류가 한정되어 있다.

### 개념 체크

- **클론:** 모체와 유전적으로 동일한 세포, 생물체 또는 그들로 이루어진 집단이다.
- **유전자 치료:** DNA 운반체를 이용해 치료에 필요한 DNA를 환자의 몸 안에 직접 넣는 체내 유전자 치료 방법. 세포를 채취해 병을 일으키는 DNA를 수리한 후 이 세포를 환자에게 넣는 체외 유전자 치료 방법. 이상이 있는 DNA를 잘라 새로운 DNA로 교체하는 유전자 가위 방법이 있다.
- **배반포와 내세포 덩어리:** 배반포는 사람의 초기 발생 단계에서 형성되는 포배이며, 안쪽에 내세포 덩어리가 있다. 내세포 덩어리는 발생을 거쳐 개체가 된다.

1. 단일 클론 항체를 얻는 과정에서 ( )와 암세포를 융합하여 잡종 세포를 만든다.
2. ( ) 줄기세포는 땀줄 혈액이나 성체의 골수 등에서 얻을 수 있다.
3. 수정란에서 유래한 배아의 배반포의 내세포 덩어리에서 얻은 줄기세포는 ( )이다.

※ ○ 또는 ×

4. 유전자 치료 과정에서 DNA 운반체로 바이러스를 이용할 수 있다. ( )
5. 성체 줄기세포는 신체를 이루는 모든 세포와 조직으로 분화할 수 있다. ( )

#### 정답

1. B 림프구
2. 성체
3. 배아 줄기세포
4. ○
5. ×

개념 체크

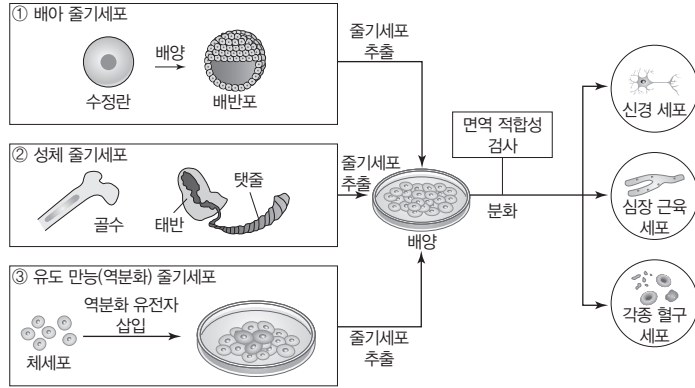
● LMO(Living Modified Organisms)와 GMO(Genetically Modified Organisms)의 비교: LMO는 유전자 변형 생물체로서 생식과 번식이 가능한 생물 그 자체를 말하고, GMO는 LMO뿐만 아니라 LMO로 만든 식품이나 가공물까지 모두 포함한다.

1. 유도 만능(역분화) 줄기세포는 성체의 ( )를 역분화시켜 다양한 세포로 분화될 수 있도록 만든 줄기세포이다.
2. 우유를 많이 생산하는 젖소나 빠르게 성장하는 슈퍼 연어의 개발은 인류의 ( ) 문제 해결에 긍정적인 영향을 주었다.

※ ○ 또는 ×

3. 생명 윤리에 대한 논란은 유도 만능(역분화) 줄기세포가 배아 줄기세포보다 크다. ( )
4. LMO는 생명 공학 기술을 이용하여 만들어진 새로운 조합의 유전 물질을 가진 생물체를 의미한다. ( )

- 유도 만능(역분화) 줄기세포: 분화가 끝난 성체의 체세포를 역분화시켜 배아 줄기세포처럼 다양한 세포로 분화될 수 있도록 한 줄기세포이다. 유도 만능 줄기세포는 자신의 세포로부터 유래하였으므로 면역 거부 반응이 없고 사람의 난자나 배아를 사용하지 않아 배아 줄기세포보다 생명 윤리 문제가 적다.
- ② 줄기세포를 이용한 치료: 줄기세포를 이용하면 훼손된 조직을 대체할 수 있는 세포나 조직을 다량으로 얻을 수 있으므로 난치병 치료에 유용하다.



줄기세포의 종류 및 이용 방법

3 생명 공학 기술의 발달과 문제점

(1) 유전자 변형 생물체(LMO): 생명 공학 기술을 이용하여 만들어진 새로운 조합의 유전 물질을 가진 생물체이다. LMO는 식량과 의약품의 생산 및 환경과 에너지 문제 해결에 활용될 수 있지만, 생태계와 인류에 미칠 영향의 불확실성 등이 해결 과제로 남아 있다.

LMO의 긍정적 영향	LMO의 부정적 영향
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식량 문제 해결 및 영양 성분 강화 생물 생산                             <ul style="list-style-type: none"> <li>예 해충 저항성 및 제초제 내성 식물(옥수수, 대두, 면화 등), 황금 쌀, 갈변 방지 사과, 우유를 많이 생산하는 젖소, 빠르게 성장하는 슈퍼 연어 등</li> </ul> </li> <li>• 다양한 의약품 생산 및 난치병 치료                             <ul style="list-style-type: none"> <li>예 장기 이식용 돼지, 사람의 인슐린이나 성장 호르몬을 생산하는 세균, 사람의 혈액 응고 단백질을 젖으로 분비하는 염소 등</li> </ul> </li> <li>• 화석 연료를 대체할 수 있는 바이오 연료 생산                             <ul style="list-style-type: none"> <li>예 사막이나 오염된 지역에서도 자랄 수 있는 바이오 에탄올용 고구마, 당을 에탄올로 바꾸는 데 필요한 효소를 대량 생산하는 미생물 등</li> </ul> </li> <li>• 환경 오염 문제 해결                             <ul style="list-style-type: none"> <li>예 중금속을 흡수하는 식물, 기름이나 독성 유기 화합물을 분해하는 세균 등</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유전자 변형 생물의 이용으로 사람이나 가축에 대한 안전성 문제가 지속적으로 제기</li> <li>• 난치병 환자 치료를 위해 배아 줄기세포를 이용하는 과정에서 생명 경시에 대한 우려 제기</li> <li>• 슈퍼 잡초 생성 등 조작된 다른 종의 유전자가 생태계로 유입됐을 때 생태계에 미칠 영향 예측 불가</li> <li>• 유전자나 LMO가 특허 대상이 되면서 이에 대한 권리를 소수 기업이 독점하여 질병 치료나 식량 구입에 막대한 비용을 지불해야 하는 문제 발생 가능성 제기</li> <li>• 단일 품종 LMO의 재배가 생물 다양성을 감소시킬 가능성 제기</li> </ul>

(2) 생명 윤리: 생명 공학의 발달 과정에서 생명 윤리 문제가 나타나고 있어 생명 공학 기술의 안전성과 생명 윤리에 관한 사회 구성원들의 합의가 필요하다.

(3) 생명 공학이 미래 사회에 미칠 영향: 생명 공학 기술의 개발과 활용 시 나타나는 생명 윤리를 비롯한 여러 문제를 인식하고 올바르게 대처하도록 노력한다면, 생명 공학은 의약품의 생산, 질환의 진단·예방·치료, 식량 문제 해결, 인간의 수명 연장, 환경 분야, 산업 분야 등 인류의 미래를 위해 많은 성과를 낼 것이다.

정답

1. 체세포
2. 식량
3. ×
4. ○

**01** 표는 생명 공학 기술 (가)와 (나)의 특징을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 세포 융합 기술과 유전자 재조합 기술을 순서 없이 나타낸 것이다.

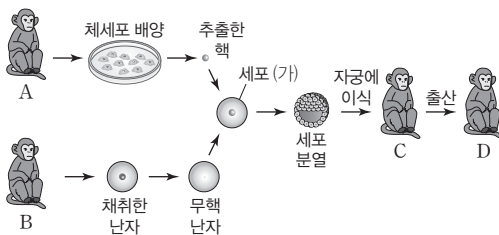
구분	특징
(가)	③ 제한 효소와 DNA 연결 효소를 이용하여 유용한 유전자를 증식하거나 유전자의 산물을 얻는다.
(나)	⑥ 서로 다른 두 종류의 세포를 융합시켜 잡종 세포를 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. ③은 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 절단한다.
  - ㄴ. (나)를 활용한 단일 클론 항체의 생산 과정에서 ⑥ 중 한 종류로 B 림프구를 이용한다.
  - ㄷ. (가)를 활용하여 형질 전환 농작물을 개발할 수 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 생명 공학 기술을 이용하여 복제 원숭이 D를 만드는 과정을 나타낸 것이다. 원숭이 A는 수컷이고, 원숭이 B와 C는 서로 다른 암컷이다.

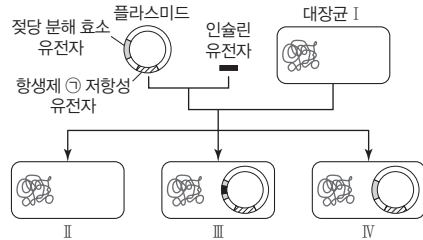


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기**
- ㄱ. (가)를 만드는 과정에서 핵치환 기술이 사용되었다.
  - ㄴ. D는 암컷이다.
  - ㄷ. 멸종 위기 동물을 보존하는 과정에 그림에 제시된 생명 공학 기술이 활용될 수 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 그림은 유전자 재조합 기술을 이용하여 대장균 I로부터 대장균 II~IV를 얻는 과정을 나타낸 것이다. 젓당 분해 효소는 물질 X를 분해하여 대장균 군체를 흰색에서 푸른색으로 변화시킨다.

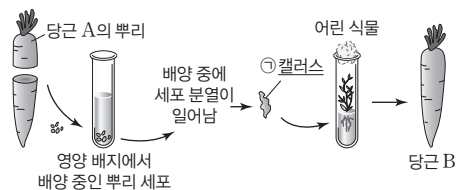


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, 대장균 I에는 인슐린 유전자, 젓당 분해 효소 유전자, 항생제 1 저항성 유전자가 없다.)

- 보기**
- ㄱ. III를 배양하여 인슐린을 생산할 수 있다.
  - ㄴ. X가 포함된 배지에서 II를 배양하면 푸른색 군체가 형성된다.
  - ㄷ. II~IV를 항생제 1이 포함된 배지에서 배양하면 III과 IV만 군체를 형성한다.

- ① ㄴ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄱ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림은 당근의 분열 조직을 이용하여 조직 배양하는 과정을 나타낸 것이다.

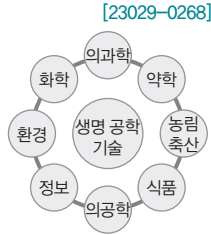


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- 보기**
- ㄱ. 1은 미분화 상태의 세포 덩어리이다.
  - ㄴ. A와 B는 유전적으로 동일하다.
  - ㄷ. 이 과정에서 사용된 조직 배양 기술을 활용하면 번식 능력이 약한 식물을 인공적으로 증식시킬 수 있다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 그림은 생명 공학 기술의 다양한 활용 분야를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



**보기**

ㄱ. 생명 공학 기술의 발달은 생물학뿐만 아니라 사회의 여러 분야에 영향을 미친다.  
 ㄴ. 의약품 개발 과정에 생명 공학 기술이 활용된다.  
 ㄷ. 생명 공학 기술을 환경 분야에 활용한 예에 바이오에탄올용 감자의 개발이 있다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 다음은 어떤 식물 P의 핵에 있는 DNA의 조각을 플라스미드 Q에 재조합하는 실험이다.

[23029-0269]

• 그림은 제한 효소 ㉠~㉢이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.

5'-GTCGAC-3'    5'-GAATTC-3'    5'-CTCGAG-3'  
 3'-CAGCTG-5'    3'-CTTAAG-5'    3'-GAGCTC-5'

㉠                      ㉡                      ㉢

⋮ 절단 위치

• P의 DNA에는 ㉠과 ㉡의 인식 서열이 각각 한 군데씩, Q에는 ㉢과 ㉢의 인식 서열이 각각 한 군데씩 있다.

[실험 과정 및 결과]

(가) 유전자 x가 포함된 P의 DNA를 제한 효소 ㉠과 ㉡으로 절단하여 ㉠ 조각의 DNA를, Q를 제한 효소 ㉢과 ㉢으로 절단하여 ㉢ 조각의 DNA를 얻었다. ㉠과 ㉢은 조각의 수이며 2와 3을 순서 없이 나타낸 것이다.

(나) (가)에서 절단된 DNA 조각에 DNA 연결 효소를 처리하여 x가 포함된 재조합 플라스미드를 얻는다.

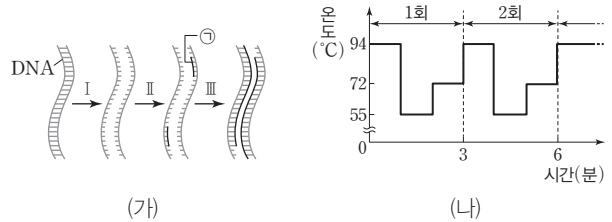
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

**보기**

ㄱ. x에는 ㉠과 ㉡의 인식 서열이 없다.  
 ㄴ. ㉠은 2이다.  
 ㄷ. (나)에 사용된 DNA 연결 효소는 제한 효소에 의해 절단된 DNA 조각 사이의 결합을 촉매한다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**07** 그림 (가)는 중합 효소 연쇄 반응(PCR)에서 DNA가 복제되는 과정을, (나)는 (가)를 반복적으로 실시할 때 시간에 따른 온도 처리 조건을 나타낸 것이다. ㉠은 프라이머이다.



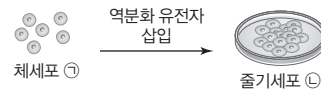
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

ㄱ. 과정 I은 과정 II보다 높은 온도에서 일어난다.  
 ㄴ. 과정 III에서 DNA 중합 효소는 ㉠의 5' 말단에 새로운 뉴클레오타이드를 첨가한다.  
 ㄷ. 30분 동안 PCR를 진행하면 1분자의 이중 가닥 DNA로부터 2<sup>n</sup>분자의 이중 가닥 DNA가 생성된다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 어떤 사람의 체세포 ㉠을 이용하여 줄기세포 ㉡을 얻는 과정을 나타낸 것이고, 표는 학생 A~C의 발표 내용이다.



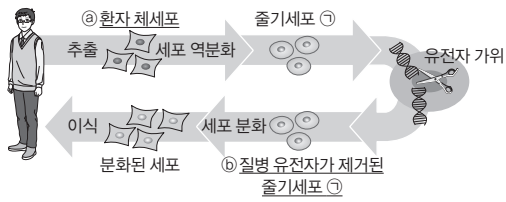
학생	발표 내용
A	㉠은 분화가 일어나지 않은 세포이다.
B	㉡은 유도 만능(역분화) 줄기세포이다.
C	㉡을 분화시켜 근육 세포를 얻을 수 있다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② B    ③ A, C    ④ B, C    ⑤ A, B, C



**09** [23029-0272] 그림은 유전자 가위로 질병 유전자를 제거하여 환자의 난치병을 치료하는 방법을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 성체 줄기세포이다.
- ㄴ. 유전자 가위 기술은 난치병 치료에 사용할 수 있다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡의 전체 DNA의 염기 서열은 동일하다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** [23029-0273] 표는 토마토와 감자의 세포를 융합하여 생산한 포마토에 대한 학생 A~C의 발표 내용이다.

학생 A	세포를 융합하기 전 토마토 세포와 감자 세포의 세포벽을 제거했습니다.
학생 B	세포 융합 기술을 품종 개량에 활용한 사례에 해당합니다.
학생 C	잡종 세포의 배양 과정에서 조직 배양 기술이 사용됩니다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② B    ③ A, C    ④ B, C    ⑤ A, B, C

**11** [23029-0274] 그림은 유전자 변형 생물체(LMO) (가)와 (나)를 각각 나타낸 것이다. (가)와 (나)를 만드는 과정에서 유전자 재조합 기술과 핵치환 기술 중 한 가지 기술이 공통적으로 사용되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

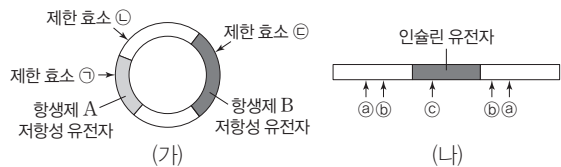
보기

- ㄱ. (가)와 (나)를 만드는 과정에서 모두 제한 효소가 이용된다.
- ㄴ. (가)는 환경 오염 문제를 해결하기 위해 활용될 수 있다.
- ㄷ. 단일 품종의 (나)를 재배하여 생물 다양성이 감소하는 것은 LMO의 부정적 영향을 보여주는 사례에 해당한다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**12** [23029-0275] 다음은 인슐린 유전자가 재조합된 플라스미드를 가진 대장균을 선별하는 과정에 대한 자료이다.

- 그림 (가)는 유전자 재조합에 사용하는 플라스미드와 제한 효소 ㉠~㉢에 의한 절단 위치를, (나)는 인슐린 유전자가 포함된 DNA를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 ㉠~㉢에 의해 절단되는 위치를 순서 없이 나타낸 것이다.



- (가)의 플라스미드와 (나)의 DNA에 ㉠~㉢ 중 동일한 1가지 제한 효소를 처리하여 완전히 자른 후, DNA 연결 효소로 연결시켜 인슐린 유전자가 포함된 재조합 플라스미드 P와 Q를 얻었다.
- 항생제 A와 B의 처리 조건을 다르게 한 배지에서 P가 도입된 대장균 I과 Q가 도입된 대장균 II를 배양한 결과는 표와 같다.

항생제	균체를 형성한 대장균
A만 첨가	I
B만 첨가	I, II

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, 플라스미드 도입 전 대장균에는 인슐린 유전자, 항생제 A 저항성 유전자, 항생제 B 저항성 유전자가 없다.)

보기

- ㄱ. P는 ㉢을 처리하여 만든 재조합 플라스미드이다.
- ㄴ. ㉢은 ㉡의 염기 서열을 인식하여 절단한다.
- ㄷ. II에서는 항생제 A 저항성 단백질이 생성된다.

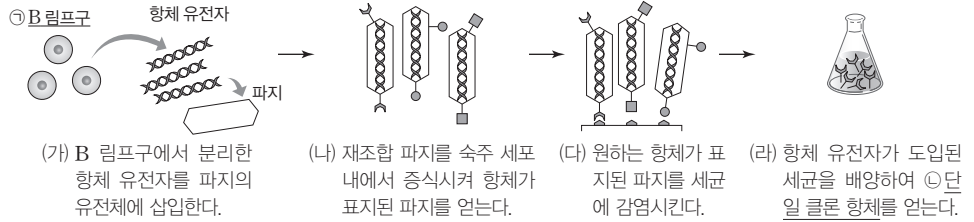
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하나의 B 림프구는 특정 항원에 결합할 수 있는 한 종류의 항체를 생산할 수 있다. 파지는 B 림프구에서 분리한 항체 유전자를 세균에 전달하기 위한 용도로 사용된다.

제한 효소에 의해 잘린 두 DNA 조각이 서로 결합하기 위해서는 노출된 단일 가닥 부위의 염기 서열이 서로 상보적이어야 한다.

[23029-0276]

01 그림은 생명 공학 기술을 이용하여 단일 클론 항체를 생산하는 과정을 나타낸 것이다. 그림에서 파지의 유전체는 나타내지 않았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

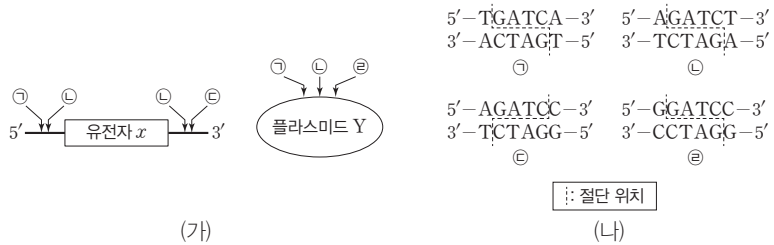
ㄱ. 과정 (가)에서 핵치환 기술이 사용된다.  
 ㄴ. 하나의 ㉠은 여러 종류의 항체를 생산할 수 있다.  
 ㄷ. ㉠에는 특정 항원과 결합하는 항원 결합 부위가 있다.

- ① ㄴ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0277]

02 다음은 유전자 재조합 기술에 대한 자료이다.

• 그림 (가)는 유전자  $x$ 를 포함하는 선형 DNA X와 유전자 재조합에 사용하는 플라스미드 Y에 존재하는 제한 효소 ㉠~㉢의 절단 위치를, (나)는 ㉠~㉢의 인식 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



- (가)의 X에는 제한 효소 ㉠과 ㉢, Y에는 제한 효소 ㉠과 ㉡를 처리하여 완전히 자른 후 DNA 연결 효소를 처리하여  $x$ 가 포함된 재조합 플라스미드 P를 얻었다. ㉡는 ㉢과 ㉣ 중 하나이고, ㉢는 ㉠과 ㉡ 중 하나이며, ㉡와 ㉢는 서로 다르다.
- Y에 ㉠과 ㉡를 처리하여 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각 수는 2이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. ㉡는 ㉣이다.  
 ㄴ. (가)의 X에 ㉢만 처리하여 완전히 잘랐을 때 생성되는 DNA 조각의 수는 3이다.  
 ㄷ. P에는 ㉢의 인식 서열이 없다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 03 다음은 유전자 재조합 기술에 대한 자료이다.

[23029-0278]

- 그림은 인슐린 유전자가 재조합된 플라스미드를 갖는 대장균을 선별하는 과정을, 표는 제한 효소 X~Z의 인식 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다. 제한 효소 ㉠와 ㉡는 각각 X~Z 중 서로 다른 하나이다.

The diagram shows the process of creating recombinant plasmids. It starts with a plasmid containing a *gfp* gene, a resistance gene (항생제 ㉠), and a restriction site (제한 효소 ㉠). An insulin gene (인슐린 유전자) is inserted at the restriction site (제한 효소 ㉡ 처리). The resulting recombinant plasmid is then introduced into E. coli cells (도입). After selection with the resistance gene (항생제 ㉠ 첨가 배지), two types of colonies are observed: Colony I (녹색 형광을 띠지 않는 군체 I) and Colony II (녹색 형광을 띠는 군체 II). Colony II is the one where insulin is produced and the *gfp* gene is expressed.

제한 효소	인식 서열과 절단 위치
X	5'-TGATCA-3' 3'-ACTAGT-5'
Y	5'-GGATCC-3' 3'-CCTAGG-5'
Z	5'-GGATCC-3' 3'-CCTAGG-5'

:: 절단 위치

- 대장균 군체 I 과 II 중 한 군체에서만 인슐린이 생성되고, *gfp* 유전자의 발현 산물을 가진 대장균 군체에 자외선을 비추면 녹색 형광을 띤다.

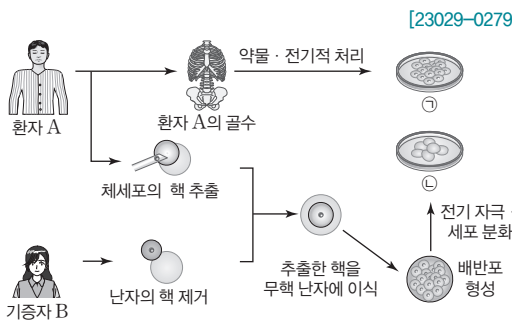
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, 플라스미드 도입 전 대장균에는 인슐린 유전자, 항생제 ㉠ 저항성 유전자, *gfp* 유전자가 없다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠와 ㉡ 중 하나는 Y이다.
  - ㄴ. I 에서는 *gfp* 유전자가 발현되었다.
  - ㄷ. II 는 인슐린 유전자가 포함된 재조합 플라스미드가 도입된 대장균 군체이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

### 04 그림은 두 종류의 줄기세포를 얻는 과정을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 배아 줄기세포와 성체 줄기세포 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



[23029-0279]

배아 줄기세포와 유도 만능 (역분화) 줄기세포는 모든 세포로 분화할 수 있고, 성체 줄기세포는 분화할 수 있는 세포의 종류가 한정적이다.

- 보기
- ㄱ. ㉠은 신체를 구성하는 모든 종류의 세포로 분화될 수 있다.
  - ㄴ. ㉡은 성체 줄기세포이다.
  - ㄷ. ㉡을 얻는 과정에서 핵치환 기술이 사용되었다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23029-0280]

핵치환 기술을 활용하여 복제 동물을 만드는 과정에서 복제 동물 세포의 핵 유전체는 핵을 제공한 개체의 유전체와 동일하고, 복제 동물의 미토콘드리아 유전체는 무핵 난자를 제공한 개체의 미토콘드리아 유전체와 동일하다.

05 다음은 복제 동물에 대한 자료이다.

- ㉠ 수컷 양 A의 체세포 핵을 암컷 양 B의 무핵 난자에 이식하여 배아를 얻은 후 이를 대리 모 양의 자궁에 이식하여 새끼 양 C를 얻었다.
- 표는 양 ㉠~㉢의 체세포에 있는 1번 염색체 DNA와 미토콘드리아 DNA에 각각 제한 효소 X를 처리하여 얻은 절단된 DNA 조각의 크기를 나타낸 것이다. 동물 A~C는 같은 종이며, ㉠~㉢은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다. 표에서 같은 크기의 DNA 조각은 염기 서열이 동일하다.

구분	DNA 조각의 크기(상댓값)	
	1번 염색체 DNA	미토콘드리아 DNA
㉠	300, 450, 750	50, 100, 250
㉡	300, 450, 750	15, 250, 300
㉢	200, 250, 450, 600	50, 100, 250

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

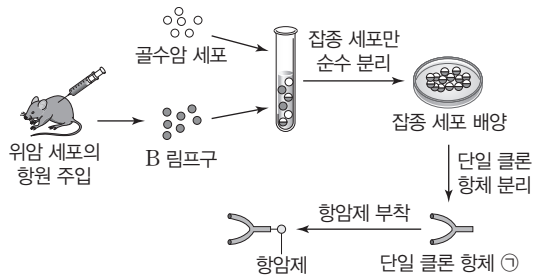
- ㉠ 보기
- ㉠. ㉡은 C이다.
  - ㉡. ㉠에 사용된 핵치환 기술은 단일 클론 항체의 생산 과정에 사용된다.
  - ㉢. ㉠과 B의 체세포에 있는 미토콘드리아 DNA는 유전적으로 동일하다.

- ① ㉠      ② ㉢      ③ ㉠, ㉡      ④ ㉡, ㉢      ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[23029-0281]

06 표는 생명 공학 기술을 이용하여 만든 1세대~3세대 항암제에 대한 자료를, 그림은 암 치료를 위한 단일 클론 항체를 만드는 과정을 나타낸 것이다.

항암제	특징
1세대 세포 독성 항암제	암세포와 골수의 조혈모세포와 같이 빠르게 분화하는 세포를 직접 공격한다.
2세대 표적 항암제	암세포를 표적으로 공격하며, 특정 단백질이나 돌연변이가 생긴 특정 유전자에 작용하여 암세포의 분열을 억제한다.
3세대 면역 항암제	면역 체계를 활성화시켜 암세포가 생성하는 면역 억제 물질의 작용을 저해하고, 면역 세포가 암세포를 더 잘 인식하여 공격하도록 한다.



특정 암세포와 결합하는 단일 클론 항체에 항암제를 결합시켜 암 환자에게 투여하면 암 세포를 선택적으로 제거하여 암을 치료할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

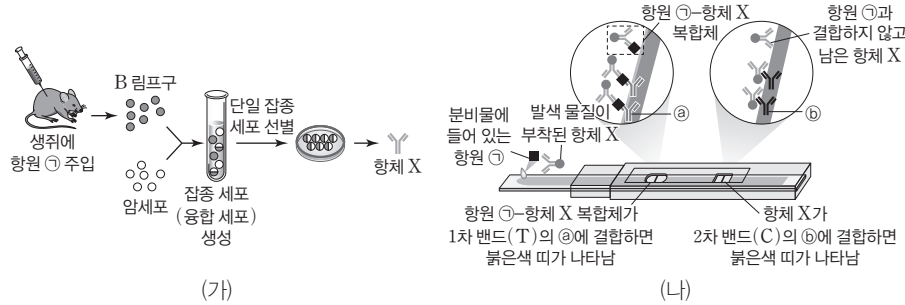
- ㉠ 보기
- ㉠. 1세대 세포 독성 항암제는 암세포 이외에 정상 세포까지 공격하므로 부작용이 나타날 수 있다.
  - ㉡. ㉠은 위암 세포를 표적으로 치료하는 데 사용된다.
  - ㉢. 1~3세대 항암제 중 면역 체계에 회피 기능이 있는 암세포를 제거하는 데 가장 효과적인 것은 3세대 면역 항암제이다.

- ① ㉠      ② ㉡      ③ ㉠, ㉢      ④ ㉡, ㉢      ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

**07** 다음은 질병 ㉔의 감염 여부를 확인하기 위한 자가 진단 키트에 대한 자료이다.

[23029-0282]

- ㉔의 병원체에는 항원 ㉑이 있다.
- 그림 (가)는 항체 X의 생성 과정을, (나)는 ㉔를 일으키는 병원체의 감염 여부를 확인하기 위한 자가 진단 키트의 결과를 나타낸 것이다.



단일 클론 항체를 이용하면 생체 또는 세포에 미량으로 존재하는 물질을 검출할 수 있어 감염성 질병의 진단이나 임신 진단에 사용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

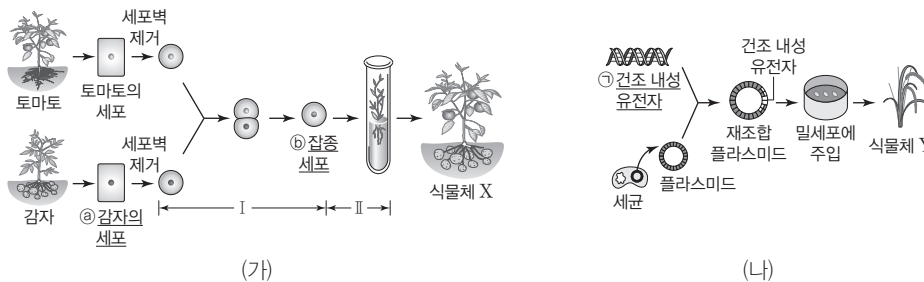
보기

- ㄱ. (나)의 자가 진단 키트에는 단일 클론 항체가 사용되었다.
- ㄴ. 검사가 정상적으로 수행되었을 때 ㉔의 병원체에 감염되지 않은 사람이 자가 진단 키트로 검사하면 2차 밴드(C)에만 붉은색 띠가 나타난다.
- ㄷ. X는 ㉑에 특이적으로 결합한다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림 (가)와 (나)는 생명 공학 기술을 활용한 농작물의 품종 개량을 나타낸 것이다.

[23029-0283]



서로 다른 두 종류의 세포를 융합시켜 잡종 세포를 만드는 과정에는 세포 융합 기술이, 세포를 배지와 배양액에서 증식하는 과정에는 조직 배양 기술이, 재조합 플라스미드를 만드는 과정에는 유전자 재조합 기술이 사용된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 과정 I에는 세포 융합 기술이, 과정 II에는 조직 배양 기술이 사용되었다.
- ㄴ. ㉑와 ㉒의 전체 DNA 염기 서열은 동일하다.
- ㄷ. ㉑이 발현된 Y는 ㉑을 갖지 않는 품종 개량 이전의 밀보다 건조한 기후에서 잘 자란다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

생명 공학의 발달 과정에서 생명 윤리 문제를 포함하여 여러 문제가 발생할 수 있으며, 생명 공학 기술의 안전성과 생명 윤리에 관한 사회 구성원의 합의가 필요하다.

제한 효소는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 절단하며, 인식하는 서열이 같더라도 제한 효소의 종류에 따라 절단되는 위치가 다르다.

[23029-0284]

09 다음은 카르타헤나 의정서(바이오 안전성 의정서)와 우리나라의 관련 법률에 대한 자료이다.

- 카르타헤나 의정서는 유전자 변형 생물체(LMO)의 국가 간 이동, 취급 및 사용에 있어서 ㉠ 환경 또는 인체에 미칠 수 있는 잠재적 위해성에 대해 안전성을 확보하기 위해 채택된 의정서이다.
- 우리나라의 「유전자 변형 생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률」에서는 유전자 변형 생물체를 다음과 같이 정의한다.

제2조(정의)

2. “유전자 변형 생물체”란 다음 각 목의 현대 생명 공학 기술을 이용하여 새롭게 조합된 유전 물질을 포함하고 있는 생물체를 말한다.
  - 가. 인위적으로 유전자를 재조합하거나 유전자를 구성하는 핵산을 세포 또는 세포 내 소기관으로 직접 주입하는 기술

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. LMO는 변형된 유전자를 가진 DNA를 복제할 수 있다.
- ㄴ. 재조합 플라스미드를 주입한 대장균은 LMO에 해당한다.
- ㄷ. 제초제 저항성이 있는 슈퍼 잡초에 의한 생태계 파괴는 ㉠의 예에 해당한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

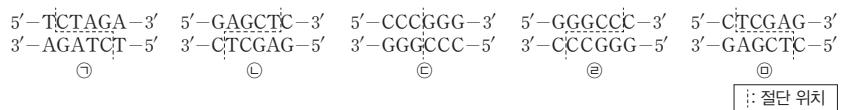
[23029-0285]

10 다음은 이중 가닥 DNA x를 이용한 실험이다.

- x는 30개의 염기쌍으로 이루어져 있고, x 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. ㉠와 ㉡는 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.

㉠-TTAGCAGATCTAGACCCGGGTGAGCTCCCT-㉡

- 그림은 제한 효소 ㉢~㉥의 인식 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



- 표는 x에 제한 효소 I~V 중 일부를 처리하여 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각의 염기 수를 나타낸 것이다. I~V는 ㉢~㉥을 순서 없이 나타낸 것이다.

제한 효소	I, II	I, IV, V	II, III	I, III, V
생성된 DNA 조각의 염기 수	16, 44	12, 48	16, 18, 26	12, 14, 34

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

보기

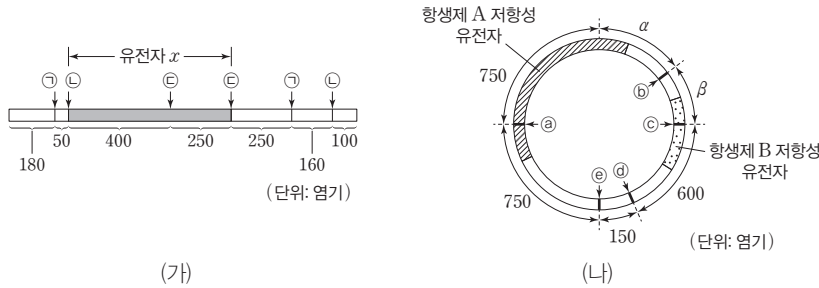
- ㄱ. ㉠은 3' 말단이다.
- ㄴ. III은 ㉡이다.
- ㄷ. x에 ㉣과 V를 함께 처리하여 완전히 자르면 염기 수가 26인 DNA 조각이 생성된다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 유전자 재조합 기술에 대한 자료이다.

[23029-0286]

- 그림 (가)는 650개의 염기로 이루어진 유전자  $x$ 가 포함된 DNA X와 제한 효소 ㉠~㉣의 작용 부위를, (나)는 3000개의 염기로 이루어진 플라스미드 P에 작용하는 ㉠~㉣의 작용 부위 ㉠~㉣과 항생제 A 저항성 유전자, 항생제 B 저항성 유전자의 위치를 나타낸 것이다.  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 염기 수이고,  $\beta$ 는 200보다 크다.



플라스미드 P에 DNA 조각을 삽입하여 재조합 플라스미드를 만들면, 재조합 플라스미드의 염기 수는 절단된 P의 염기 수와 DNA 조각의 염기 수를 더한 값과 같다.

- P에서 ㉠~㉣의 작용 부위는 서로 다르며, ㉠은 P의 한 부위에, ㉡과 ㉢은 각각 P의 두 부위에 작용한다. ㉣이 P에 작용하여 생성된 DNA 조각의 크기는 서로 같다.
- X에 ㉠~㉣ 중 1가지씩을 각각 처리하여 완전히 자르고, 이 결과 생성된 DNA 조각을 동일한 제한 효소를 처리한 P에 삽입하여 재조합 플라스미드  $P_1, P_2, P_3$ 을 만든다. 표는 재조합 플라스미드  $P_1 \sim P_3$ 의 염기 수를, 그림은 대장균 I~III을 혼합하여 항생제 첨가 조건이 서로 다른 배지에서 배양한 결과를 나타낸 것이다. I~III은  $P_1 \sim P_3$  중 서로 다른 하나가 도입된 대장균을 순서 없이 나타낸 것이고, 동일한 대장균은 각 배지에서 동일한 위치에 존재한다.

재조합 플라스미드	염기 수
$P_1$	2560
$P_2$	3950
$P_3$	1150

대장균 I, II, III의 배양 결과:

- 대장균 I: 항생제 A, B를 모두 첨가하지 않은 배지. 균체 형성 (●).
- 대장균 II: 항생제 A를 첨가한 배지. 균체 형성 (●).
- 대장균 III: 항생제 B를 첨가한 배지. 균체 형성 못함 (○).

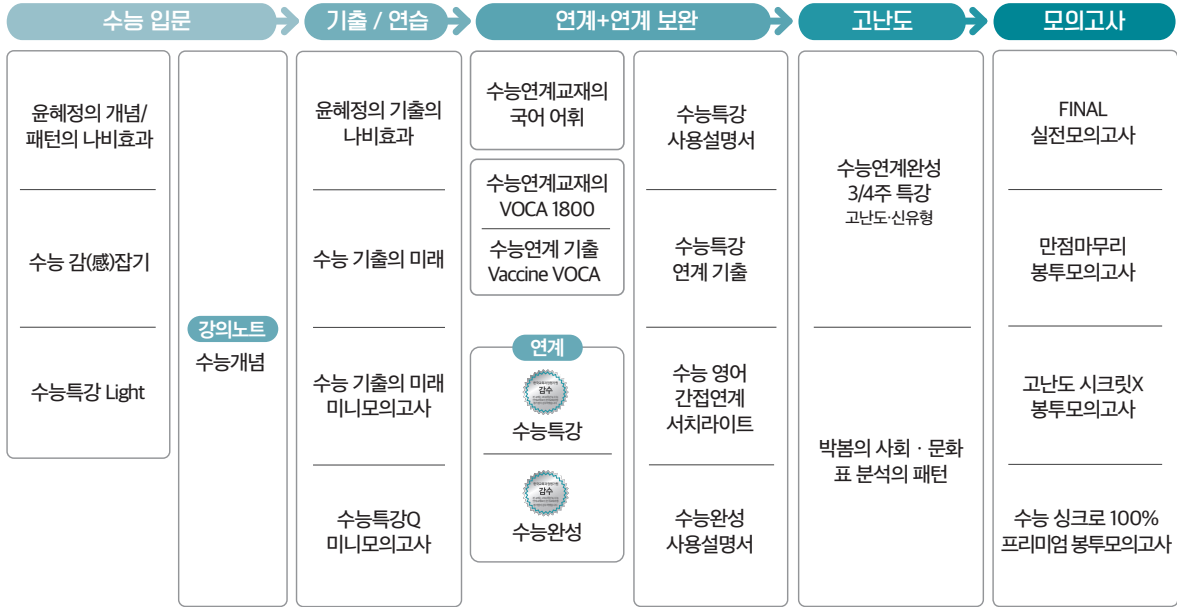
●: 균체 형성, ○: 균체 형성 못함

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며,  $P_1, P_2, P_3$  도입 전 대장균에는 유전자  $x$ , 항생제 A 저항성 유전자, 항생제 B 저항성 유전자가 없다.)

- 보기
- ㄱ.  $\alpha$ 는 450이다.
  - ㄴ. P에서 ㉠이 인식하여 절단하는 부위는 ㉢이다.
  - ㄷ. II에 도입된 재조합 플라스미드에는  $x$ 가 없다.

- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

# 고2~N수 수능 집중 로드맵



구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	윤희정의 개념/패턴의 나비효과	윤희정 선생님과 함께하는 수능 국어 개념/패턴 학습	●	국어
	수능 감(感)잡기	동일 소재·유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
기출/연습	수능개념	EBSI 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
	윤희정의 기출의 나비효과	윤희정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담없는 실전 훈련, 고품질 기출 미니모의고사	●	국/수/영
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고품격 미니모의고사	●	전 영역
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문·자료·문항 분석	●	국/영
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품·지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능 영어 간접연계 서치라이트	출제 가능성이 높은 핵심만 모아 구성된 간접연계 대비 교재	●	영어
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
수능연계 기출 Vaccine VOCA	수능-EBS 연계 및 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	●	영어	
고난도	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 훈련 모의고사	●	전 영역
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 최고난도 모의고사	●	국/수/영
	수능 싱크로 100% 프리미엄 봉투모의고사	수능 직전에 만나는, 수능과 가장 가까운 고품격 프리미엄 모의고사	●	국/수/영