

IV

유전자의 발현과 조절

L 유전 물질

- 1 원핵세포와 진핵세포의 유전체와 유전자
- 2 유전 물질의 확인
- 3 DNA의 구조

1등급 대비 M DNA 복제

- 1 DNA의 복제 모델
 - 2 DNA의 복제 과정
- ★ 1등급 대비 문제 특강

1등급 대비 N 유전자 발현

- 1 유전자와 단백질
 - 2 유전 정보의 흐름과 유전부호
 - 3 전사와 번역
- ★ 1등급 대비 문제 특강

고난도 대비 O 유전자 발현 조절

- 1 원핵생물의 유전자 발현 조절
- 2 진핵생물의 유전자 발현 조절
- 3 세포 분화와 발생에서의 유전자 발현 조절





유전자 발현

1등급 대비 단원

★ 2025 수능 출제 분석

- **유전부호**: 진핵생물의 유전자와 이 유전자에서 돌연변이가 일어난 유전자에 대한 자료를 파악하는 문제가 어렵게 출제되었다.
- **전사**: 이중 가닥에 대한 자료를 통해 퓨린 계열의 염기의 개수의 비를 이용하는 문제가 어렵게 출제되었다.

대비년도	출제 개념	난이도
2025 수능	유전부호/전사	***/**
2025 9월	유전자 발현과 돌연변이(2문항)	***
2025 6월	유전자 발현과 돌연변이(2문항)	***
2024 수능	유전자 발현과 돌연변이	***

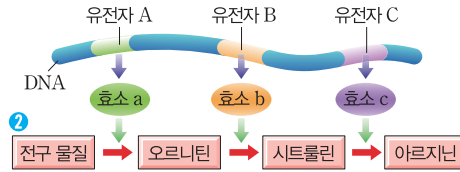
1 유전자와 단백질

1. **유전자 발현**: 유전자에 저장된 정보에 따라 단백질이 만들어지는 과정 → 대부분의 유전자는 단백질 합성에 필요한 정보를 저장하고 있고, 단백질이 합성되면 이 단백질이 특정 기능을 수행함으로써 형질이 나타남

2. 유전자와 단백질에 대한 가설

(1) **1유전자 1효소설**: 비틀과 테이텀은

다양한 붉은빵곰팡이¹ 돌연변이 균주의 대사 과정을 연구한 끝에 하나의 유전자에 생기는 돌연변이가 특정한 대사 과정에 영향을 준다는 것을 알아냄
→ 이를 토대로 하나의 유전자는 특정한 대사 과정에 관여하는 한 가지 효소에 대한 정보를 가진다는 1유전자 1효소설을 주장함



▲ 아르지닌 합성에 관여하는 유전자와 효소 관계

(2) **1유전자 1단백질설**: 유전자가 효소뿐만 아니라 다른 단백질 합성에도 관여하는 것으로 알려져, 한 가지 특정 유전자는 한 가지 특정 단백질 합성에 관여한다는 1유전자 1단백질설로 발전함

(3) **1유전자 1폴리펩타이드설**: 2종류 이상의 폴리펩타이드로 구성된 단백질이 발견되면서, 한 가지 특정 유전자는 한 가지 폴리펩타이드 합성에 관여한다는 1유전자 1폴리펩타이드설로 발전함

2 유전 정보의 흐름과 유전부호

1. **유전 정보의 중심 원리**: DNA에 있는 유전 정보가 RNA로 전달되고, RNA의 유전 정보가 세포질에서 단백질 합성에 관여하는 유전 정보의 흐름을 중심 원리라고³ 함

2. **유전부호**⁴: 단백질을 만드는 유전 정보는

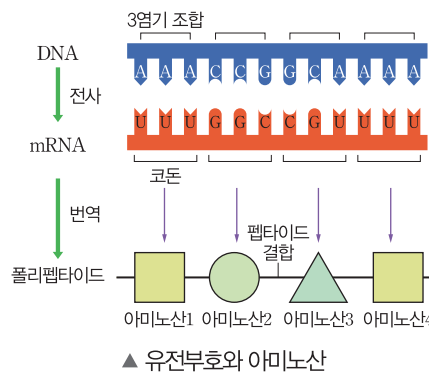
DNA에 저장되어 있음 → 생물체 내에서 단백질을 구성하는 아미노산의 종류는 약 20종류인데 DNA는 4개의 염기(A, G, C, T)로만 구성되며, 3개의 조합으로 유전부호를 만들면 총 64개의 부호가 생성됨

(1) **3염기 조합**: 연속된 3개의 염기로 이루어진 DNA의 유전부호

(2) **코돈**: mRNA의 연속된 3개의 염기로

이루어진 유전부호 → RNA의 염기인 A, G, C, U 중 3개가 조합된 것으로, 64종류가 있음

① 64종류 중 61종류는 아미노산을 지정하고, 3종류는 종결 코돈으로 사용됨



▲ 유전부호와 아미노산

1 붉은빵곰팡이

자낭에서 포자를 만드는 자낭균류의 한 종류이다. 붉은빵곰팡이의 야생형은 무기염류, 포도당, 비타민 등의 최소한의 영양분만 포함된 최소 배지에서 생장에 필요한 다른 영양분을 합성할 수 있다.

2 전구 물질

생체 내에서 생성되는 어떤 대사 산물에 대하여 그것이 도달하기 전의 물질로, 일반적으로 전 단계의 물질을 말한다.

3 중심 원리

- **전사**: DNA의 유전 정보가 RNA로 전달되는 과정. 진핵세포는 핵 속에서 일어난다.
- **번역**: RNA의 유전 정보에 따라 단백질이 합성되는 과정. 세포질의 리보솜에서 일어난다.

4 유전부호

DNA의 유전부호는 3염기 조합이며, RNA의 유전부호는 코돈이다.

출제 2025 대비 수능 18번

★ 수능에는 유전자 발현에 대한 자료를 파악하는 문제가 어렵게 출제되었다.



0 유전자 발현 조절

고난도 대비 단원

★ 2025 수능 출제 분석

• 진핵생물의 유전자 발현 조절: 다섯 개의 동물 세포의 유전자의 전사 조절에 대한 자료를 통해 전사 인자가 어떤 전사 인자 결합 부위에 결합하는지 추론하는 문제가 보통으로 출제되었다.

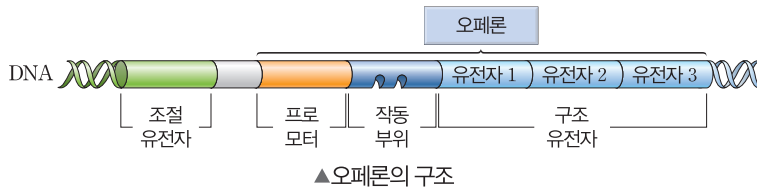
대비년도	출제 개념	난이도
2025 수능	진핵생물의 유전자 발현	**
2025 9월	진핵생물의 유전자 발현	**
2025 6월	원핵생물 / 진핵생물의 유전자 발현	**/**
2024 수능	진핵생물의 유전자 발현	**

1 원핵생물의 유전자 발현 조절

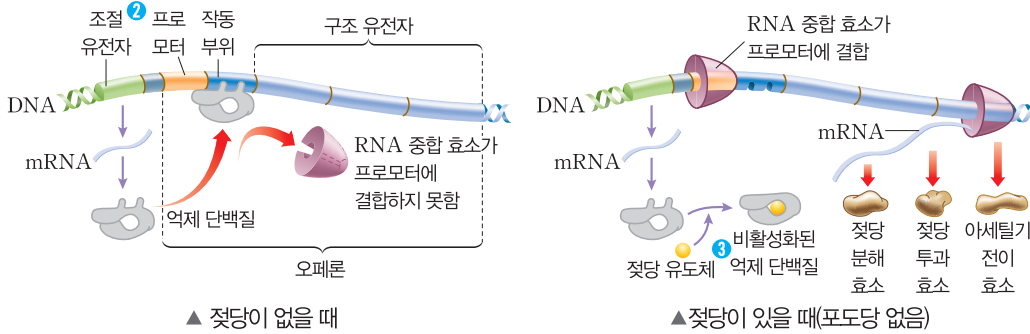
1. **오페론**: 하나의 프로모터와 여러 개의 유전자를 포함하는 유전자 발현의 조절 단위
→ **프로모터, 작동 부위, 구조 유전자로** 구성

꼭 외워!

프로모터	RNA 중합 효소가 결합하는 특정 DNA 영역
작동 부위	억제 단백질이 결합하는 부위
구조 유전자	특정 기능을 수행하는 데 필요한 단백질에 대한 유전 정보를 가진 유전자 집단



2. **젓당 오페론**: 대장균은 포도당이 있는 환경에서는 포도당을, 포도당이 없고 젓당만 있는 환경에서는 흡수한 젓당을 에너지원으로 사용 → 젓당의 유무에 따라 유전자 발현 조절



1 구조 유전자

하나의 물질대사 경로에 필요한 여러 효소를 암호화하는 다수의 유전자로 구성된다.

2 조절 유전자

젓당 오페론의 작동에 관여하는 억제 단백질의 유전자로, 항상 발현된다.

3 젓당 유도체

젓당이 세포 내부로 들어갈 때 만들어지는 젓당의 변형 물질

출제 2024 대비 6월 모평 20번

★ 6월 모평에는 원핵생물의 유전자 발현 조절에 대한 문제가 출제되었다.

2 진핵생물의 유전자 발현 조절

1. 진핵생물의 유전자 구조

- (1) **엑손**: 유전자에서 폴리펩타이드의 아미노산으로 번역되는 염기 서열
- (2) **인트론**: 유전자에서 mRNA로 전사되지만 번역되지 않는 염기 서열

2. 진핵생물의 유전자 발현 조절

- (1) **전사 전 조절(염색질 구조 조절)**: 염색질의 구조를 변화(염색질의 응축 정도를 변화)시켜 유전자 발현을 조절
- (2) **전사 조절**: 진핵생물의 RNA 중합 효소는 단독으로 프로모터에 결합하지 못하며, 전사 인자들과 함께 전사 개시 복합체를 형성해 전사 시작 가능

출제

2025 대비 수능 15번
2025 대비 9월 모평 19번
2025 대비 6월 모평 11번

★ 6월, 9월 모평, 수능 모두 진핵생물의 유전자 발현 조절에 대한 문제가 출제되었다.

4 전사 인자

조절 부위에 결합하거나 전사 개시 복합체 구성에 관여하는 단백질이며, 전사 촉진 인자와 전사 억제 인자가 있다.

5 전사 개시 복합체

프로모터에 전사 인자와 RNA 중합 효소가 순차적으로 결합해서 이룬 복합체이다.



1 유전자와 단백질

01 다음은 비둘기와 테이텀의 붉은빵곰팡이 실험 과정과 결과이다.

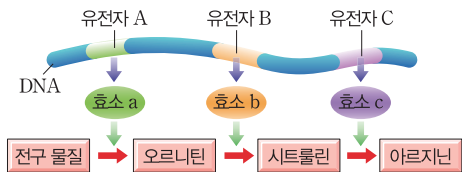
<과정>

- (가) 붉은빵곰팡이의 포자에 X선을 쬐어 3가지의 영양 요 구성 돌연변이주 I ~ III형을 만든다.
- (나) 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 중 하나를 첨가하여 각각의 배지에서 야생형과 영양 요구성 돌연변이주의 성장 여부를 확인한다.

<결과>

배지 균주형	최소 배지	최소 배지+ 오르니틴	최소 배지+ 시트룰린	최소 배지+ 아르지닌
	야생형			
돌연변이주	I형			
	II형			
	III형			

아르지닌 합성에 관여하는 유전자와 효소의 관계가 그림과 같다.



위 그림을 참고로 하여 돌연변이주 I ~ III형에서 돌연변이가 일어난 유전자를 각각 쓰시오.

(1)

2 유전 정보의 흐름과 유전부호

02 다음은 유전부호에 대한 설명이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

(1) 유전부호

- 단백질을 만드는 유전 정보는 (2)에 저장
- 아미노산의 종류는 약 20종류인데 DNA는 4개의 염기 (A, G, C, T)로만 구성 → 3개의 조합으로 유전부호를 만들면 총 64개의 부호 생성

(2) (3) : 연속된 3개의 염기로 이루어진 DNA의 유전부호

(3) 코돈: (4)의 연속된 3개의 염기로 이루어진 유전부호

- A, G, C, U 중 3개가 조합된 것으로, 64종류 존재
- 64종류 중 61종류는 아미노산을 지정하고, 3종류는 (5)으로 사용
- AUG는 메싸이오닌을 지정하는 동시에 단백질 합성을 시작하게 하는 (6)이며, UAA, UAG, UGA는 단백질 합성을 끝나게 하는 종결 코돈

(4) 안티코돈: mRNA의 특정 코돈과 상보적으로 결합할 수 있는 (7)의 염기 3개의 조합

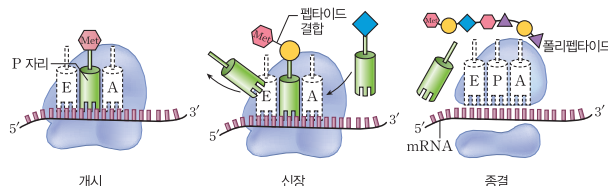
3 전사와 번역

03 다음은 전사에 대한 설명이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

- (1) 개시: DNA의 (8)에 RNA 중합 효소 결합 → DNA를 두 가닥으로 분리 → DNA 염기 서열을 주형으로 하여 상보적인 mRNA 가닥 합성 시작
- (2) 신장: mRNA 가닥의 신장: (9)가 주형 가닥의 3' → 5' 방향으로 이동하면서 RNA 합성 → RNA는 합성되는 가닥의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드가 첨가되면서 5' → 3' 방향으로 신장
- (3) 종결: RNA 중합 효소가 DNA의 종결 자리에 도달하면 분리되어 전사 종결 → T 대신 U이 존재하고 디옥시리보스 대신 (10)로 구성된 mRNA 생성

04 다음은 번역에 대한 설명이다. 빈칸에 알맞은 말을 쓰시오.

- (1) 개시: mRNA가 리보솜 (11)에 결합 → 개시 tRNA가 개시 코돈과 결합 → 리보솜 (12) 결합 → 폴리펩타이드 합성 시작
- (2) 신장: 새로운 tRNA가 (13) 자리에 아미노산 공급 → 리보솜이 기존 폴리펩타이드 사슬에 새로운 아미노산 연결
- (3) 종결: A 자리에 (14) 코돈이 오면 폴리펩타이드 합성 완료



정답

1 I형: 유전자 A, II형: 유전자 B, III형: 유전자 C 2 DNA 3 3염기 조합 4 mRNA 5 종결 코돈 6 개시 코돈 7 tRNA 8 프로모터 9 RNA 중합 효소 10 리보스 11 소단위체 12 대단위체 13 A 14 종결



유전자 발현 문제

1등급 대비 문제 특강

- 이 유형은 유전자 발현 과정에서 결실된 염기의 개수를 통해 염기나 아미노산을 구하는 형태로 주로 출제된다.

다음은 어떤 진핵생물의 유전자 x 와 돌연변이 유전자 y, z 의 발현에 대한 자료이다.

- x, y, z 로부터 각각 폴리펩타이드 X, Y, Z가 합성된다.
- x 의 DNA 이중 가닥 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.
 - ㉠ ~ ㉣은 A, C, G, T를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉤은 퓨린 계열 염기이다. ㉥과 ㉦는 각각 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.
- ㉠-TCGAGTACACG㉤㉥㉦㉧㉨㉩㉪㉫㉬㉭㉮㉯㉰㉱㉲㉳㉴㉵㉶㉷㉸㉹㉺㉻㉼㉽㉾㉿CTCTGGACTTGCATTGAT-㉿
- X의 세 번째 아미노산과 네 번째 아미노산은 같다.
- y 는 x 의 전사 주형 가닥에서 ㉡ 연속된 6개의 염기가 1회 결실된 것이며, X와 Y의 아미노산 서열은 동일하다.
- z 는 y 의 전사 주형 가닥에서 피리미딘 계열에 속하는 연속된 3개의 동일한 염기가 1회 결실된 것이고, Z는 7개의 아미노산으로 구성된다.
- X, Y, Z의 합성은 개시 코돈 AUG에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나며, 표는 유전부호를 나타낸 것이다.

UUU 페닐알라닌	UCU 세린	UAU 타이로신	UGU 시스테인
UUC 류신	UCC 세린	UAC 타이로신	UGC 시스테인
UUA 류신	UCA 세린	UAA 종결 코돈	UGA 종결 코돈
UUG 류신	UCG 세린	UAG 종결 코돈	UGG 트립토판
CUU 류신	CCU 프롤린	CAU 히스티딘	CGU 아르지닌
CUC 류신	CCC 프롤린	CAC 히스티딘	CGC 아르지닌
CUA 류신	CCA 프롤린	CAA 글루탐산	CGA 아르지닌
CUG 류신	CCG 프롤린	CAG 글루탐산	CGG 아르지닌
AUU 아이소류신	ACU 트레오닌	AAU 아스파라진	AGU 세린
AUC 아이소류신	ACC 트레오닌	AAC 아스파라진	AGC 세린
AUA 아이소류신	ACA 트레오닌	AAA 라이신	AGA 아르지닌
AUG 메싸이오닌	ACG 트레오닌	AAG 라이신	AGG 아르지닌
GUU 발린	GCU 알라닌	GAU 아스파르트산	GGU 글리신
GUC 발린	GCC 알라닌	GAC 아스파르트산	GGC 글리신
GUA 발린	GCA 알라닌	GAA 글루탐산	GGA 글리신
GUG 발린	GCG 알라닌	GAG 글루탐산	GGG 글리신

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 핵산 염기 서열 변화는 고려하지 않는다.) [3점]

2025 대비 9월 모평 19

[보기]

- ㄱ. ㉤은 구아닌(G)이다.
- ㄴ. ㉡에는 타이민(T)이 2개 있다.
- ㄷ. Z는 글루탐산을 가진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

단서+발상

- 단서** y 에서 z 가 되는 과정에 결실된 염기의 개수가 제시되어 있다.
- 발상** Z의 아미노산 개수를 고려하여 개시 코돈의 위치를 추론할 수 있다.

| 문제 해결 과정 |

step 1 ㉠과 ㉡ 구분하기

- X와 Y의 아미노산 서열이 동일하므로 y 의 개시 코돈을 지정하는 TAC는 ㉡가 결실되어 새롭게 만들어진 경우(i)와 x 의 개시 코돈을 지정하는 염기 서열과 동일한 경우(ii)가 있다.
- Z는 7개의 아미노산으로 구성되므로 z 로부터 전사된 mRNA에서 개시 코돈 AUG부터 종결 코돈까지의 염기 서열은 총 24개의 염기로 이루어져 있다.

- z 는 y 의 전사 주형 가닥에서 연속된 3개의 동일한 염기가 1회 결실된 것이므로 제시된 가닥의 말단으로부터 28번째 염기 이후에 ① 또는 ATG가 존재해야 한다.
- ㉡가 5' 말단인 경우, 28번째 염기 이후에 5'-CAT-3'이 있으므로 제시된 가닥은 전사 주형 가닥이다. (ii)만 성립하므로 5'-CAT-3'은 X와 Y의 개시 코돈에 상보적인 염기 서열이다. 이 경우, X의 세 번째 아미노산과 네 번째 아미노산이 다르므로 조건이 성립하지 않는다.
- 따라서 ㉤은 3' 말단, ㉥은 5' 말단이다.

step 2 ㉠ ~ ㉣ 구분하기

- 5' 말단으로부터 28번째 염기 이후에 3'-TAC-5'이 있으므로 제시된 가닥은 전사 주형 가닥이며, (ii)만 성립하므로 3'-TAC-5'은 X와 Y의 개시 코돈에 상보적인 염기 서열이다.
- X에서 세 번째 아미노산과 네 번째 아미노산이 같으므로 ㉤㉥㉦에 상보적인 코돈과 ㉧㉨㉩에 상보적인 코돈이 같은 아미노산을 지정해야 한다. 따라서 세 번째 아미노산과 네 번째 아미노산은 ②이며, ㉤은 퓨린 계열 염기이므로 ㉧이 T, ㉨이 C, ㉩이 A, ㉪이 ③이다.

step 3 ㉡ 찾기

- x 에서 피리미딘 계열에 속하는 연속된 2개의 동일한 염기는 3'-TT-5' 뿐이므로 y 의 전사 주형 가닥에 있는 피리미딘 계열에 속하는 연속된 3개의 동일한 염기는 3'-④-5'이다.
- 따라서 ㉡는 3'-CTGGAC-5'이고, y 와 z 의 전사 주형 가닥은 다음과 같다.

y	3'-TCGAGTACACGAGATCGAGCAGGCTTTCATTGAT-5'
z	3'-TCGAGTACACGAGATCGAGCAGGCGATTGAT-5'
코돈 (mRNA)	5'-AUG UGC UCU AGC UCG UCC GCG UAA-3'
Z	메싸이오닌-시스테인-세린-세린-세린-알라닌

| 보기 분석 |

- ㄱ. ㉤은 구아닌(G)이다. (○)
- ㉤이 퓨린 계열 염기이고, ㉤㉥㉦에 상보적인 염기가 세린을 지정하므로 ㉤이 ⑤, ㉥이 구아닌(G)이다.
- ㄴ. ㉡에는 타이민(T)이 2개 있다. (×)
- ㉡는 3'-CTGGAC-5'이다. 따라서 ㉡에는 타이민(T)이 ⑥개 있다.
- ㄷ. Z는 글루탐산을 가진다. (×)
- Z의 아미노산 서열은 '메싸이오닌-시스테인-세린-세린-세린-알라닌'이다. 따라서 Z는 글루탐산을 갖지 않는다.

∴ 정답은 ① ㄱ이다.



이 유형을 대비하기 위해서는 ㉤을 구아닌(G)으로 판단했다면, ㉤㉥의 양쪽 염기 서열에서 연속된 6개의 염기가 결실되어 GGG가 만들어지는 경우가 없음을 찾아 ㄴ이 옳지 않다고 판단할 수 있어야 한다.

19 (A) 데미오 5 TTT 7 9 5 데미 8 CVL 1 [문답]

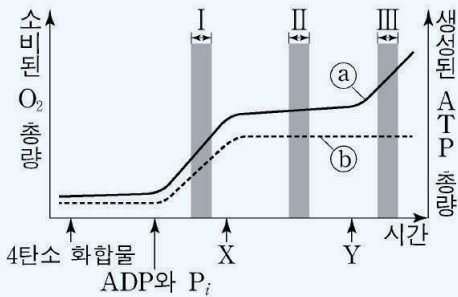


산화적 인산화 문제

고난도 대비 문제 특강

- 이 유형은 X와 Y의 저해 작용에 따라 O₂ 소비량의 변화를 추론하는 형태로 주로 출제된다.

그림은 미토콘드리아에 4탄소 화합물, ADP와 P_i, 물질 X, Y를 순차적으로 첨가하면서 소비된 O₂의 총량과 생성된 ATP의 총량을 시간에 따라 나타낸 것이다. X는 ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동을 차단하고, Y는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺을 새어 나가게 한다. ㉓와 ㉔는 ATP와 O₂를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 4탄소 화합물, ADP, P_i는 충분히 첨가되었다.) [3점] 2025 대비 6월 모평 10

[보기]

- ㉓. ㉓는 O₂이다.
- ㉔. 단위 시간당 세포 호흡에 의해 생성되는 H₂O 분자 수는 구간 I에서 구간 II에서보다 많다.
- ㉕. 미토콘드리아 기질의 pH는 구간 II에서 구간 III에서보다 낮다.

① ㉓ ② ㉔ ③ ㉓, ㉔ ④ ㉔, ㉕ ⑤ ㉓, ㉔, ㉕

단서+발상

- 단서** 소비된 O₂ 총량이 제시되어 있다.
- 발상** X와 Y의 저해 작용에 따라 O₂ 소비량의 변화를 추론할 수 있다.
- 적용** Y의 저해 작용을 적용해서 Y를 처리한 후 O₂ 소비가 증가하는 것을 구하는 것부터 문제 풀이를 시작해야 한다.

문제 해결 과정

step 1 X와 Y의 저해 작용 구분하기

- 미토콘드리아에서 전자 전달계에 의해 H⁺이 기질에서 막 사이 공간으로 **1** 되며, 미토콘드리아 내막을 기준으로 생긴 H⁺의 농도 기울기에 따라 H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 기질로 **2** 한다.
- X를 처리하여 ATP 합성 효소를 통한 H⁺ 이동을 차단하면 H⁺의 능동 수송으로 인해 막 사이 공간에서 H⁺의 농도는 높아지고 pH는 낮아지며, 기질에서 H⁺의 농도는 낮아지고 pH는 높아진다. 합정

- Y를 처리하여 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺을 새어 나가게 하면 미토콘드리아 내막을 기준으로 H⁺의 농도 기울기가 형성되지 않아 막 사이 공간에서 H⁺의 농도는 낮아지고 pH는 높아지며, 기질에서 H⁺의 농도는 높아지고 pH는 **3** 아진다.

step 2 ㉓와 ㉔ 구분하기

- X를 처리하면 H⁺의 능동 수송이 어려워지면서 전자 전달계가 전자를 전달하는 속도가 낮아지고, O₂의 소비가 **4** 하며 ATP는 생성되지 않는다.
- Y를 처리하면 미토콘드리아 내막을 기준으로 H⁺의 농도 기울기를 형성하기 위해 전자 전달계를 통한 H⁺의 능동 수송이 활발해지며, O₂의 소비가 **5** 한다.
- X를 처리한 상태에서 Y를 처리하면 ㉓가 증가하고 ㉔는 일정하므로 ㉓가 **6**, ㉔가 **7** 이다.

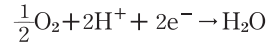
| 보기 분석 |

㉓. ㉓는 O₂이다. (○)

- Y를 처리하면 O₂의 소비량은 증가하고, ATP는 생성되지 않는다.
- ㉓는 증가하고, ㉔는 변하지 않으므로 ㉓가 O₂, ㉔가 ATP이다.

㉔. 단위 시간당 세포 호흡에 의해 생성되는 H₂O 분자 수는 구간 I에서 구간 II에서보다 많다. (○)

- 고에너지 전자가 전자 전달계를 통해 차례로 전달되고, 최종적으로 세포 호흡의 최종 전자 수용체인 O₂로 전달된다.



- O₂가 전자와 H⁺을 받아 H₂O이 생성되므로 O₂의 소비량과 H₂O의 생성량은 비례한다.
- 단위 시간당 세포 호흡 과정에서 소비되는 O₂의 분자 수는 I에서 구간 II에서보다 많으므로 단위 시간당 세포 호흡에 의해 생성되는 H₂O의 분자 수도 I에서 구간 II에서보다 많다.

㉕. 미토콘드리아 기질의 pH는 구간 II에서 구간 III에서보다 낮다. (×)

- X를 처리하면 H⁺의 능동 수송이 일어나고 H⁺의 촉진 확산은 일어나지 않으므로 막 사이 공간의 H⁺ 농도는 높아지고 pH가 낮아지며, 기질의 H⁺ 농도는 낮아지고 pH가 높아진다.
- X를 처리한 후 Y를 처리하면 막 사이 공간에 있는 H⁺이 기질로 새어 나가게 되므로 기질의 H⁺ 농도는 높아지고 pH가 낮아진다. 따라서 미토콘드리아 기질의 pH는 Y를 처리하기 전인 II에서 구간 III에서보다 높다.

∴ 정답은 ③ ㉓, ㉔이다.



이 유형을 대비하기 위해서는 H⁺ 농도와 pH는 반대 방향성을 보이므로 기질의 pH는 II에서 구간 III에서보다 높다고 판단할 수 있어야 한다.

dLV L 09 450 5 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 [모음]



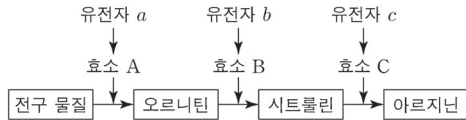
1 유전자와 단백질

N01 *** 2021 대비 9월 모평 14



다음은 붉은빵곰팡이의 유전자 발현에 대한 자료이다.

• 야생형에서 아르지닌이 합성되는 과정은 그림과 같다.



- 돌연변이주 I은 유전자 a~c 중 어느 하나에, II는 그 나머지 유전자 중 하나에만 돌연변이가 일어난 것이다.
- 야생형, I, II를 각각 최소 배지, 최소 배지에 물질 ㉠이 첨가된 배지, 최소 배지에 물질 ㉡이 첨가된 배지에서 배양하였을 때, 성장 여부와 물질 ㉢의 합성 여부는 표와 같다. ㉠~㉢은 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌을 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉠		최소 배지, ㉡	
	성장	㉢ 합성	성장	㉢ 합성	성장	㉢ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	?	+	○	-	○
II	-	×	+	×	-	×

(+: 성장함, -: 성장 못함, ○: 합성됨, ×: 합성 안 됨)

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

[보기]

- ㄱ. ㉠은 시트룰린이다.
- ㄴ. ㉡은 효소 B의 기질이다.
- ㄷ. I은 최소 배지에 ㉢을 첨가하여 배양하였을 때 성장한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

N02 *** 2020 대비 6월 모평 11

그림은 붉은빵곰팡이에서 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지에 물질 ㉠의 첨가에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I~III의 성장 여부와 물질 ㉡과 ㉢의 합성 여부를 나타낸 것이다. I은 유전자 a~c 중 어느 하나에, II는 나머지 두 유전자 중 어느 하나에만, III은 그 나머지 하나에 돌연변이가 일어난 것이다. ㉠~㉢은 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌을 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	최소 배지			최소 배지, ㉠		
	성장	㉡ 합성	㉢ 합성	성장	㉡ 합성	㉢ 합성
야생형	+	○	○	+	○	○
I	-	×	○	-	×	○
II	-	×	(가)	+	○	○
III	-	×	×	+	○	×

(+: 성장함, -: 성장 못함, ○: 합성됨, ×: 합성 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. (가)는 '×'이다.
- ㄴ. I은 c에 돌연변이가 일어난 것이다.
- ㄷ. ㉡은 오르니틴이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ



1등급 대비 기출 문제

FOR THE FIRST CLASS LEVEL

N20 ★ 1등급 대비 2025 대비 수능 18



다음은 어떤 진핵생물의 유전자 x 와, x 에서 돌연변이가 일어난 유전자 y 의 발현에 대한 자료이다.

- x 와 y 로부터 각각 폴리펩타이드 X와 Y가 합성된다.
- x 의 DNA 이중 가닥 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. ㉠~㉣은 A, C, G, T를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉣은 모두 퓨린 계열의 염기이다.

5'-CGACTATGCAT㉠㉡㉢㉣㉤㉥㉦㉧㉨㉩㉪㉫㉬㉭㉮㉯㉰㉱㉲㉳㉴㉵㉶㉷㉸㉹㉺㉻㉼㉽㉾㉿GCATGACGT-3'

- y 는 x 의 전사 주형 가닥에서 연속된 2개의 동일한 염기가 1회 결실되고, 다른 위치에서 1개의 피리미딘 계열 염기가 다른 염기로 치환된 것이다. X의 아미노산 ㉠은 Y에서 아이소류신으로 바뀐다.
- X는 8개의 아미노산으로 구성되고, Y는 5개의 아미노산으로 구성된다.
- X와 Y의 합성은 개시 코돈 AUG에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나며, 표는 유전부호를 나타낸 것이다.

UUU 페닐알라닌	UCU 세린	UAU 타이로신	UGU 시스테인
UUC 페닐알라닌	UCC 세린	UAC 타이로신	UGC 시스테인
UUA 류신	UCA 세린	UAA 종결 코돈	UGA 종결 코돈
UUG 류신	UCG 세린	UAG 종결 코돈	UGG 트립토판
CUU 류신	CCU 프롤린	CAU 히스티딘	CGU 아르지닌
CUC 류신	CCC 프롤린	CAC 히스티딘	CGC 아르지닌
CUA 류신	CCA 프롤린	CAA 글루타민	CGA 아르지닌
CUG 류신	CCG 프롤린	CAG 글루타민	CGG 아르지닌
AUU 아이소류신	ACU 트레오닌	AAU 아스파라진	AGU 세린
AUC 아이소류신	ACC 트레오닌	AAC 아스파라진	AGC 세린
AUA 아이소류신	ACA 트레오닌	AAA 라이신	AGA 아르지닌
AUG 메싸이오닌	ACG 트레오닌	AAG 라이신	AGG 아르지닌
GUU 발린	GCU 알라닌	GAU 아스파르트산	GGU 글리신
GUC 발린	GCC 알라닌	GAC 아스파르트산	GGC 글리신
GUA 발린	GCA 알라닌	GAA 글루탐산	GGA 글리신
GUG 발린	GCG 알라닌	GAG 글루탐산	GGG 글리신

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 핵산 염기 서열 변화는 고려하지 않는다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. ㉣은 사이토신(C)이다.
- ㄴ. ㉠은 아르지닌이다.
- ㄷ. X와 Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

N21 ★ 1등급 대비 2024 실시 5월 학명 17

다음은 어떤 진핵생물의 유전자 x 와, x 에서 돌연변이가 일어난 유전자 y 의 발현에 대한 자료이다.

- x 와 y 로부터 각각 폴리펩타이드 X와 Y가 합성된다.
- x 의 DNA 이중 가닥 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. ㉠은 연속된 3개의 동일한 염기로 구성된다.

5'-TTACATGTTAAGA ㉠ AAGTTAGCATAGTA-3'

- X는 7개의 아미노산으로 구성된다.
- y 는 x 의 전사 주형 가닥에서 ㉠ 1개의 염기가 1회 결실된 것이다. Y는 5개의 아미노산으로 구성되고, Y의 아미노산 서열은 다음과 같다.

메싸이오닌 - 류신 - 아스파르트산 - 류신 - (가)

- X와 Y의 합성은 개시 코돈 AUG에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나며, 표는 유전부호를 나타낸 것이다.

UUU 페닐알라닌	UCU 세린	UAU 타이로신	UGU 시스테인
UUC 페닐알라닌	UCC 세린	UAC 타이로신	UGC 시스테인
UUA 류신	UCA 세린	UAA 종결 코돈	UGA 종결 코돈
UUG 류신	UCG 세린	UAG 종결 코돈	UGG 트립토판
CUU 류신	CCU 프롤린	CAU 히스티딘	CGU 아르지닌
CUC 류신	CCC 프롤린	CAC 히스티딘	CGC 아르지닌
CUA 류신	CCA 프롤린	CAA 글루타민	CGA 아르지닌
CUG 류신	CCG 프롤린	CAG 글루타민	CGG 아르지닌
AUU 아이소류신	ACU 트레오닌	AAU 아스파라진	AGU 세린
AUC 아이소류신	ACC 트레오닌	AAC 아스파라진	AGC 세린
AUA 아이소류신	ACA 트레오닌	AAA 라이신	AGA 아르지닌
AUG 메싸이오닌	ACG 트레오닌	AAG 라이신	AGG 아르지닌
GUU 발린	GCU 알라닌	GAU 아스파르트산	GGU 글리신
GUC 발린	GCC 알라닌	GAC 아스파르트산	GGC 글리신
GUA 발린	GCA 알라닌	GAA 글루탐산	GGA 글리신
GUG 발린	GCG 알라닌	GAG 글루탐산	GGG 글리신

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 핵산 염기 서열 변화는 고려하지 않는다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. ㉠은 타이민(T)이다.
- ㄴ. X의 4번째 아미노산은 라이신이다.
- ㄷ. Y에서 (가)를 암호화하는 코돈의 5' 말단 염기는 유라실(U)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



T13 ★ 고난도 2025 대비 수능 20

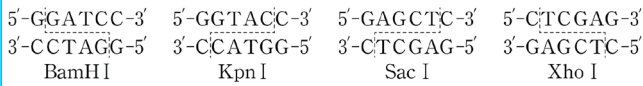


다음은 이중 가닥 DNA x 와 제한 효소에 대한 자료이다.

- x 는 38개의 염기쌍으로 이루어져 있고, x 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. (가)와 (나)는 각각 12개의 염기로 구성되어 있다.



- 그림은 제한 효소 BamH I, Kpn I, Sac I, Xho I 이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



∴ 절단 위치

- x 를 시험관 I ~ V에 넣고 제한 효소를 첨가하여 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각 수와 각 DNA 조각의 염기 수는 표와 같다.

시험관	I	II	III	IV	V
첨가한 제한 효소	BamH I	Kpn I	Sac I	Xho I	BamH I, Sac I
생성된 DNA 조각 수	2	2	3	3	4
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	32, 44	?	14, 20, 42	14, 20, 42	14, 18, 20, 24

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. (가)의 3' 말단 염기는 타이민(T)이다.
- ㄴ. II에서 염기 개수가 32개인 DNA 조각이 생성된다.
- ㄷ. V에서 생성된 DNA 조각 중 염기 개수가 18개인 조각에서 아데닌(A)의 개수는 3개이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

T14 ★ 고난도 2025 대비 9월 모평 11

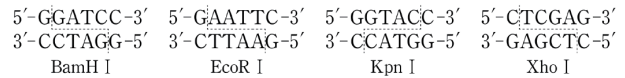


다음은 이중 가닥 DNA x 와 제한 효소에 대한 자료이다.

- x 는 35개의 염기쌍으로 이루어져 있고, x 중 한 가닥의 염기 서열은 다음과 같다. ㉠ ~ ㉣은 A, C, G, T를 순서 없이 나타낸 것이다.



- 그림은 제한 효소 BamH I, EcoR I, Kpn I, Xho I 이 인식하는 염기 서열과 절단 위치를 나타낸 것이다.



∴ 절단 위치

- x 를 시험관 I ~ V에 넣고 제한 효소를 첨가하여 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각 수와 각 DNA 조각의 염기 수는 표와 같다. ㉠ ~ ㉣은 BamH I, EcoR I, Kpn I, Xho I 을 순서없이 나타낸 것이고, V에 첨가한 제한 효소는 ㉠ ~ ㉣ 중 2가지이다.

시험관	I	II	III	IV	V
첨가한 제한 효소	㉠	㉡	㉢	㉣	?
생성된 DNA 조각 수	2	3	2	2	4
생성된 각 DNA 조각의 염기 수	22, 48	?	10, 60	?	10, 14, 22, 24

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[3점]

[보기]

- ㄱ. ㉢은 Kpn I 이다.
- ㄴ. II에서 염기 개수가 38개인 DNA 조각이 생성된다.
- ㄷ. V에서 생성된 DNA 조각 중 염기 개수가 22개인 조각에서 아데닌(A)의 개수는 3개이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

★ 생명과학 II 등급컷

❖ 컷 구분 원점수는 실제 점수와 약간의 차이가 있을 수 있습니다.

1회 [2024년 실시 5월 학평]

등급	원점수	표준점수
1	38	75
2	26	62
3	18	54
4	13	48
5	11	46
6	8	43
7	6	41
8	4	39

6회 [2025년 대비 9월 모평]

등급	원점수	표준점수
1	45	69
2	40	65
3	32	59
4	21	50
5	14	45
6	10	42
7	6	39
8	5	38

2회 [2024년 대비 6월 모평]

등급	원점수	표준점수
1	37	75
2	25	61
3	19	54
4	15	50
5	12	46
6	9	43
7	7	41
8	5	38

7회 [2023년 실시 10월 학평]

등급	원점수	표준점수
1	39	74
2	29	64
3	20	54
4	15	49
5	11	45
6	9	43
7	7	41
8	5	39

3회 [2025년 대비 6월 모평]

등급	원점수	표준점수
1	47	73
2	40	67
3	24	54
4	18	49
5	14	45
6	11	43
7	9	41
8	5	38

8회 [2024년 실시 10월 학평]

등급	원점수	표준점수
1	43	74
2	34	66
3	22	55
4	15	49
5	9	44
6	8	43
7	7	42
8	4	39

4회 [2024년 실시 7월 학평]

등급	원점수	표준점수
1	39	75
2	27	63
3	19	54
4	14	49
5	11	46
6	9	44
7	6	41
8	3	38

9회 [2024년 대비 수능]

등급	원점수	표준점수
1	45	69
2	40	65
3	33	59
4	25	52
5	17	45
6	14	42
7	9	38
8	8	37

5회 [2024년 대비 9월 모평]

등급	원점수	표준점수
1	44	72
2	36	66
3	24	56
4	16	49
5	11	45
6	6	41
8	4	39

10회 [2025년 대비 수능]

등급	원점수	표준점수
1	44	69
2	39	65
3	32	59
4	22	51
5	15	45
6	10	41
7	7	39
8	5	37



★ 최신 연도별 모의고사 10회

[제한시간: 30분]

- 01회 2024 실시 5월 학력평가
- 02회 2024 대비 6월 모의평가
- 03회 2025 대비 6월 모의평가
- 04회 2024 실시 7월 학력평가
- 05회 2024 대비 9월 모의평가
- 06회 2025 대비 9월 모의평가
- 07회 2023 실시 10월 학력평가
- 08회 2024 실시 10월 학력평가
- 09회 2024 대비 대학수학능력시험
- 10회 2025 대비 대학수학능력시험



제1회

과학탐구 영역(생명과학 II)

1. 다음은 생명 과학자들의 주요 성과 (가)와 (나)의 내용이다. ㉠과 ㉡은 린네와 모건을 순서 없이 나타낸 것이다.

(가) ㉠은 동식물을 체계적으로 분류하는 방법을 제안하였다.
(나) ㉡은 ㉢ 유전 실험을 통해 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재하는 것을 밝혀냈다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉠은 모건이다.
ㄴ. ㉢에 초파리가 이용되었다.
ㄷ. (나)는 (가)보다 먼저 이룬 성과이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2. 표는 식물의 구성 단계 일부와 예를, 그림은 식물 잎의 단면을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 조직과 조직계를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 각각 관다발 조직계와 울타리 조직 중 하나이다.

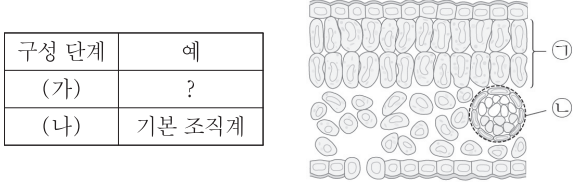


Table with 2 columns: 구성 단계, 예. (가) has '?', (나) has '기본 조직계'.

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

<보기>

- ㄱ. ㉠은 (가)의 예이다.
ㄴ. ㉡에 통도 조직이 있다.
ㄷ. (나)는 동물의 구성 단계에도 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

3. 표 (가)는 생명체에 있는 물질의 특징을, (나)는 (가)의 특징 중 물질 A~C가 갖는 특징의 개수를 나타낸 것이다. A~C는 단백질, 셀룰로스, 인지질을 순서 없이 나타낸 것이다.

Table (가) with 2 columns: 특징, ㉠. Table (나) with 3 columns: 물질, 특징의 개수.

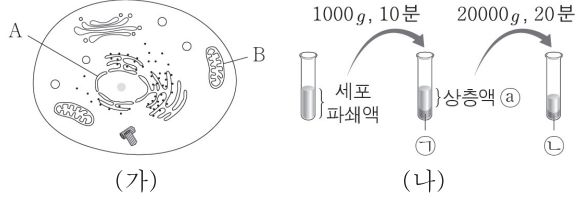
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. A는 셀룰로스이다.
ㄴ. C에는 펩타이드 결합이 있다.
ㄷ. '지질에 속한다.'는 ㉠에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

4. 그림 (가)는 동물 세포의 구조를, (나)는 원심 분리기를 이용하여 동물 세포 파쇄액으로부터 세포 소기관 ㉠과 ㉡을 분리하는 과정을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 미토콘드리아와 핵 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 A와 B를 순서 없이 나타낸 것이다.



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

<보기>

- ㄱ. ㉠은 A이다.
ㄴ. B는 크리스타 구조를 갖는다.
ㄷ. ㉡에 미토콘드리아가 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

5. 표는 세포막을 통한 물질의 이동 방식 (가)~(다)의 예를 나타낸 것이다. (가)~(다)는 단순 확산, 세포내 섭취, 촉진 확산을 순서 없이 나타낸 것이다.

Table with 2 columns: 이동 방식, 예. (가) is Na+ transport, (나) is '?', (다) is endocytosis.

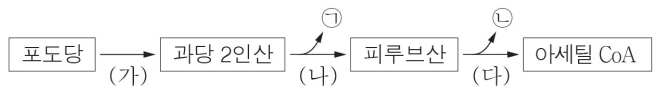
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. (가)는 촉진 확산이다.
ㄴ. 폐포에서 모세 혈관으로의 O2 이동은 (나)의 예이다.
ㄷ. (다)에서 에너지가 사용된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

6. 그림은 진핵세포에서 일어나는 세포 호흡 과정의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 ATP와 CO2를 순서 없이 나타낸 것이다.



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

<보기>

- ㄱ. ㉠은 CO2이다.
ㄴ. 세포질에서 과정 (가)가 일어난다.
ㄷ. 과정 (나)와 (다)에서 모두 탈수소 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ