

[수리 추론형]

Mind 3 직접(A) vs 여사건(A^c)

어떤 값을 도출할 때 직접 구할 수도, 전체-여사건으로 구하는 것이 유리할 때도 있다.

[예시 ①]

다음은 이중 가닥 DNA X와 X 위에 있는 유전자 x에 대한 자료이다.

○ 가닥 ㉠과 ㉡으로 구성된 X의 염기 서열은 다음과 같다.



○ x에 포함된 염기 중 A의 비율은 0.25이고, x에서 염기 사이의 수소 결합 총개수는 60개이다.

[구하는 것] x에서 ㉠ 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는?

[교과 개념]

1. DNA의 염기에는 아데닌(A), 타이민(T), 구아닌(G), 사이토신(C)이 있다.
2. 아데닌(A)은 타이민(T)과 2개의 수소 결합을, 구아닌(G)은 사이토신(C)과 3개의 수소 결합을 한다.
3. 유전 정보를 암호화하는 DNA의 특정 염기 서열을 유전자라고 한다.

교과 개념과 주어진 자료를 활용하여 각각의 조각의 염기 개수를 구해본 후 다음 페이지로 넘어가자.

Mind setting

좌위
유전자가 위치하는 자리

[해제]

2중 가닥 DNA에서 A의 비율이 0.25이므로
모든 염기의 비율이 동일하다.

$$\therefore \text{AT 염기쌍 수} = \text{GC 염기쌍 수}$$

유전자 x 부분에서 염기 사이의 수소 결합 총개수는 60개이므로
 $2 \times (\text{AT 염기쌍 수}) + 3 \times (\text{GC 염기쌍 수}) = 60$ 개 이다.

따라서 x 부분의 AT 염기쌍 수와 GC 염기쌍 수는 12쌍이다.

$$\therefore x \text{의 염기쌍 수} = 24 \text{쌍}$$

x 의 좌위를 알아내기 위해 AT 염기 또는 GC 염기를 Counting해보자.

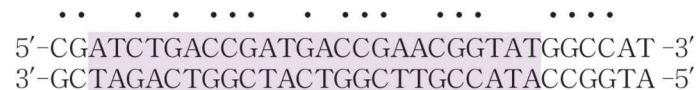


5쌍씩 끊어세면 DNA X의 총 염기쌍 개수는 32쌍이고
한 가닥의 G+C 염기 개수를 세면 18개인 것을 알 수 있다.

따라서 DNA X는 AT 염기쌍 14쌍, GC 염기쌍 18쌍으로 구성된다.

AT 염기쌍 12쌍, GC 염기쌍 12쌍인 부분이 등장하려면
양쪽 말단에서 AT 염기쌍 2쌍과 GC 염기쌍 6쌍이 빠져야 한다.

따라서 유전자 x 의 좌위는 다음과 같다.



$\therefore x$ 에서 ㉠ 기준 3' 말단으로부터 7번째 뉴클레오타이드의 염기는 아데닌(A)이다.

AT 염기쌍 12쌍, GC 염기쌍 12쌍을 직접 세는 것보다는
AT 염기쌍 2쌍, GC 염기쌍 6쌍을 파악하여 제외하는 게 더 유리함을 한 눈에 알 수 있다.

[예시 ②]



∴ 절단 위치

[구하는 것] 31개의 염기쌍으로 구성된 이중 가닥 DNA x를 제한 효소 EcoR I 가 절단할 때 생성되는 3조각의 염기 개수를 각각 구하시오.

[교과 개념]

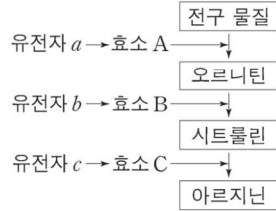
1. DNA의 염기에는 아데닌(A), 타이민(T), 구아닌(G), 사이토신(C)이 있다.
2. 제한 효소는 특정 염기 서열을 인식하여 DNA를 선택적으로 절단한다.
3. DNA x는 제한 효소 EcoR I 에 의해 다음과 같이 절단된다.



교과 개념과 주어진 자료를 활용하여 각각의 조각의 염기 개수를 구해본 후 다음 페이지로 넘어가자.

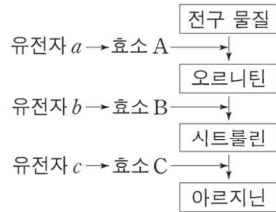
4. 전구 물질로부터 어떤 물질이 합성될 때 특정 유전자가 관여한다.

예를 들어 전구 물질로부터 오르니틴이 합성될 때 유전자 a가 관여하고
오르니틴으로부터 시트룰린을 합성될 때 유전자 b가 관여한다.



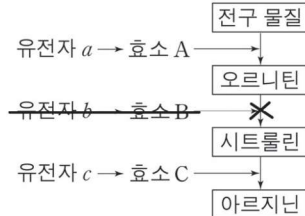
5. 조절 유전자로부터 합성된 효소에 의해 특정 물질의 합성이 일어난다.

예를 들어 유전자 a로부터 효소 A가 합성되고, 효소 A에 의해 전구 물질로부터 오르니틴이 합성
된다.



6. 특정 유전자가 결실된 돌연변이는 전구 물질로부터 어떤 물질을 합성하지 못한다.

예를 들어 유전자 b가 결실된 돌연변이는 오르니틴으로부터 시트룰린을 합성하지 못한다.



7. 특정 유전자가 결실된 돌연변이라도 어떤 물질을 첨가하면 다른 물질을 합성할 수도 있다.

예를 들어 유전자 b가 결실된 돌연변이는 최소 배지에서 오르니틴을 합성할 수 있고,
최소 배지에 시트룰린이 첨가된다면 아르지닌을 합성하여 성장할 수 있다.

구분	최소 배지, 시트룰린	
	생장	아르지닌 합성
야생형	+	○
유전자 b 결실 돌연변이	+	○

전구 물질

1. 초기 물질
2. 이전 물질

① 유전자와 단백질의 관계

유전자 발현

유전자로부터 유전 형질이 나타나기까지의 과정

코드

트리플렛 코드(3염기 조합) = 코드 로 서술된다.

전사

DNA에 저장되어 있던 유전 정보가 RNA로 옮겨지는 과정

번역

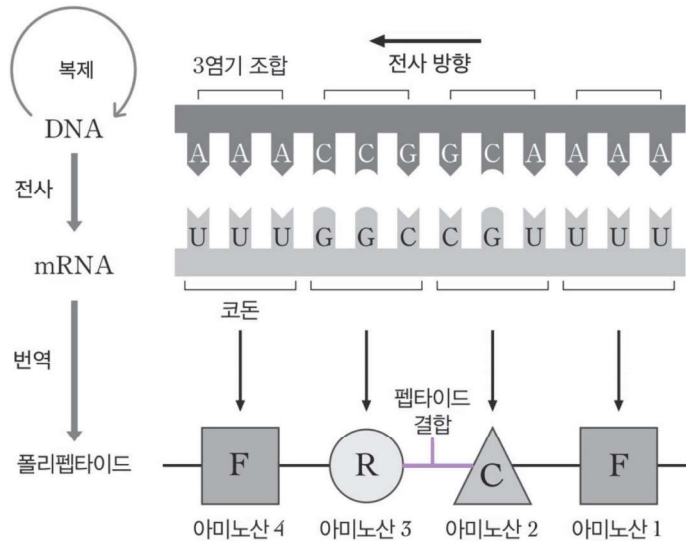
mRNA의 유전 정보에 따라 리보솜에서 폴리펩타이드가 합성되는 과정

이 과정에서 리보솜, mRNA, rRNA, tRNA가 사용된다.

1. 유전 정보와 유전 부호

DNA를 구성하는 염기, 당, 인산 중 뉴클레오타이드 간 종류가 다른 것은 염기뿐이다. 따라서 DNA 내에서 유전 정보의 역할을 할 수 있는 물질은 '염기'이다.

DNA에서 유전 부호의 역할을 하는, 연속된 3개의 염기를 **3염기 조합(트리플렛 코드)**라고 하고, 이에 상보적인 mRNA의 유전 부호를 **코돈**이라고 한다.



[근거]

유전 부호가 3개 이상의 연속된 염기로 이루어져야 하는 근거는 다음과 같다.

DNA의 염기는 4종류인데 반해, 아미노산의 종류는 20가지가 존재한다.

각각의 아미노산을 암호화하는 데 염기가 1개씩 사용된다면 A, T, G, C로 최대 4종류의 유전 암호만 가능하고, 그에 따른 아미노산도 최대 4종류만 암호화할 수 있다.

마찬가지로 각각의 아미노산을 암호화하는 데 염기가 2개씩 사용된다면 AA, AT, AG, AC, TA, ..., CC로 최대 16종류의 유전 암호만 가능하여 아미노산도 최대 16종류만 암호화할 수 있다. 즉, **1개나 2개의 염기가 한 종류의 아미노산을 지정한다면 모든 아미노산을 지정할 수 없다.**

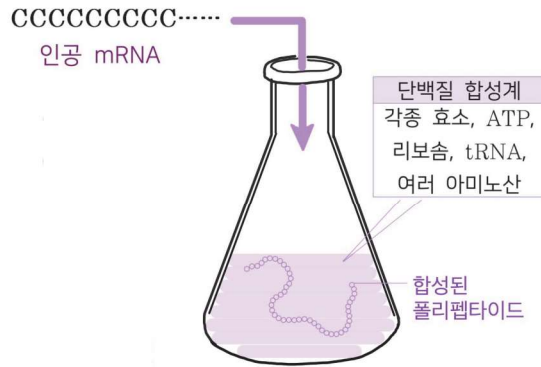
반면 염기가 3개씩 사용된다면 AAA, AAT, AAG, AAC, ATA, ..., CCC같은 유전 부호를 만들면 모두 $64(= 4^3)$ 종류의 암호가 가능해 20종류의 아미노산을 지정하기에 충분하다.

그리고 이에 대한 실험을 진행한 결과, 실제로 3개의 염기가 한 조가 되어 암호 단위를 형성하여 20종류의 아미노산에 대한 정보를 암호화하는 것이 밝혀졌다.

2. 유전 부호의 해독 실험

[실험 과정 1]

1. 대장균으로부터 mRNA 이외에 단백질 합성에 필요한 물질(단백질 합성계)을 추출한다.
2. 단백질 합성계에 각각 아데닌(A), 유라실(U), 사이토신(C), 구아닌(G)으로만 이루어진 인공 mRNA A를 넣고, 합성되는 폴리펩타이드를 조사한다.



[실험 결과 1]

염기 서열이 5'-UUUUU...-3'인 mRNA를 넣었을 때는 페닐알라닌으로만, 염기 서열이 5'-AAAAA...-3'인 mRNA를 넣었을 때는 라이신으로만 염기 서열이 5'-CCCCC...-3'인 mRNA를 넣었을 때는 프롤린으로만 염기 서열이 5'-GGGGG...-3'인 mRNA를 넣었을 때는 글리신으로만 이루어진 폴리펩타이드가 나타났다.

[결과 1 해석]

단백질 합성계에 주입한 뉴클레오타이드의 개수는 합성된 폴리펩타이드의 아미노산 개수의 3배였다. 이를 통해 3개의 염기가 하나의 아미노산을 지정한다는 것을 알 수 있다.

UUU는 페닐알라닌, AAA는 라이신, CCC는 프롤린, GGG는 글리신을 지정한다.

개시 코돈은 고려하지 않는다.
유전 부호의 해독 실험에서, 개시 코돈(AUG)은 고려하지 않고 특정 염기부터 단계적으로 해석한다고 가정한다.

Reading Frame

5'...CAACAACAACAA...3'

위 서열은 다음과 같이 세 가지 틀로 번역될 수 있다.

Frame 1

5'.../CAA/CAA/CAA/CAA/...3'

Frame 2

5'...C/AAC/AAC/AAC/AA...3'

Frame 3

5'...CA/ACA/ACA/ACA/A...3'

Frame 4 = Frame 1

5'...CAA/CAA/CAA/CAA/...3'

어느 염기부터 번역을 시작하느냐에 따라 생성되는 폴리펩타이드의 아미노산 조성이 달라진다.

① 유전자와 단백질의 관계

핵상이 n 이다.
사람이나 초파리와 같은 생물의 핵상은 $2n$ 이다.

효소
물질대사를 촉진하는 생체 촉매로 주성분이 단백질로 구성된다.

야생형(Wild Type)
돌연변이가 일어나지 않아 최소 배지에서 성장할 수 있는 종

3. 붉은빵곰팡이 실험

[common sense - 붉은빵곰팡이 실험 배경]

① 붉은빵곰팡이의 핵상은 단상(n)이어서 돌연변이가 일어났을 때 그에 따른 결과를 관찰하기 용이하다.

⇒ 핵상이 $2n$ 인 생물은 상동 염색체를 가져 유전자가 파괴되었을 때 그 결과가 형질의 변화로 나타나지 않을 수 있다.



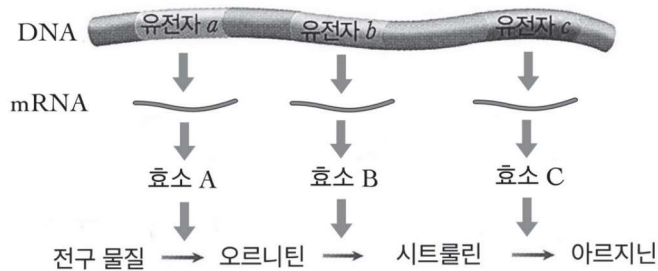
유전자형이 Aa인 개체는 우성 대립유전자 A와 열성 대립유전자 a를 모두 갖는다. 자외선이나 X선에 의해 열성 대립 유전자가 파괴되더라도 형질은 우성 대립 유전자 A에 의해 발현되기에 **유전자와 단백질에 의해 발현되는 형질의 직접적인 관계를 파악하기 어렵다.**



반면 핵상이 n 인 생물은 한 염색체에만 형질에 관여하는 대립 유전자가 존재하여 유전자의 파괴가 형질의 변화로 직결된다.

- ② 자외선이나 X선을 쬐어주면 유전자(DNA)를 파괴시킬 수 있다.
- ③ 세포 내 대사 과정은 효소에 의해 촉매된다.
- ④ 최소 배지(MM)는 한 생물체가 살아가는데 필요한 최소한의 영양 물질만 포함한 배지를 의미하며, 이러한 최소 배지에는 해당 생물체가 살아가는데 요구하는 영양물질이 최소 한 가지 이상 결핍되어 있다.
- ⑤ 붉은빵곰팡이의 야생형 균주는 최소 배지만 있으면 생장에 필요한 모든 아미노산을 합성할 수 있다.
- ⑥ 붉은빵곰팡이의 영양 요구주는 유전적 결함으로 생장에 필요한 아미노산을 합성하지 못해, 최소 배지에 특정 아미노산을 첨가해야 성장할 수 있다.

[아르지닌 합성 경로]



[실험 과정]

- ① 야생형 붉은빵곰팡이의 포자에 X선을 쬐어 최소 배지에서는 성장하지 못하고, 최소 배지에 아르지닌을 첨가하면 성장하는 영양 요구주 I 형~III 형을 얻었다.
- ② 최소 배지에 아르지닌 합성 경로의 중간 물질로 생각되는 오르니틴, 시트룰린, 그리고 최종 산물인 아르지닌 중 한 가지를 각각 첨가한 후 각 배지에서 붉은빵곰팡이 야생형과 영양 요구주 I 형~III 형의 성장을 관찰하였다.

[실험 결과]

구분	최소 배지	최소 배지 + 오르니틴(O)	최소 배지 + 시트룰린(C)	최소 배지 + 아르지닌(R)
야생형	○	○	○	○
I	×	○	○	○
II	×	×	○	○
III	×	×	×	○

(○ : 성장, × : 성장 못함)

∴ 하나의 유전자가 하나의 효소 합성에 관여한다.

⇒ 1유전자 1효소설

[Common sense - 단백질의 종류]

단백질의 종류에는 효소 뿐만 아니라 다양한 하위 체계가 존재한다.

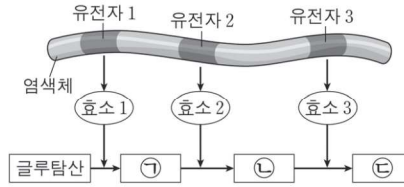
예를 들어 전사 인자와 같은 조절 단백질, 세포나 조직의 형태 유지나 케라틴과 같이 탄력성에 영향을 미치는 구조 단백질, 마이오신과 같은 운동 단백질, 호르몬과 같은 신호 단백질 등이 있다.



① 유전자와 단백질의 관계

붉은빵곰팡이 실험
Schema 1

앞돌뒤물



구분	최소 배지	최소 배지 + 아르지닌	최소 배지 + 시트룰린	최소 배지 + 오르니틴
야생형	○	○	○	○
I	×	○	○	○
II	×	○	×	×
III	×	○	○	×

(○ : 성장함, × : 성장 못 함)

(단, I~III은 각각 유전자 1~3 중 하나에만 돌연변이가 일어난 것이다.)

① 앞에 돌연변이가 일어날수록 돌연변이주들이 많이 성장

유전자 1 돌연변이주가 유전자 2 돌연변이주보다 더 많이 성장하고
유전자 2 돌연변이주가 유전자 3 돌연변이주보다 더 많이 성장한다.

∴ I 은 유전자 1 돌연변이주, III은 유전자 2 돌연변이주, II는 유전자 3 돌연변이주이다.

② 뒤의 물질을 공급할수록 돌연변이주들이 많이 성장

하나의 유전자에 돌연변이가 일어난 돌연변이주 세 종류에서
아르지닌을 넣으면 세 종류의 돌연변이주가 모두 성장하고
시트룰린을 넣으면 두 종류의 돌연변이주가 성장하며
오르니틴을 넣으면 한 종류의 돌연변이주가 성장한다.

∴ ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린, ㉢은 아르지닌이다.

한 개 이상의 유전자에 돌연변이가 일어나거나 일부 돌연변이만 주어지는 경우에도
앞돌뒤물 은 변하지 않는다.

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

(+ : 성장함, - : 성장 못함, ○ : 합성함, × : 합성 안 됨)

∴ ㉠이 ㉡의 선구 물질이다.

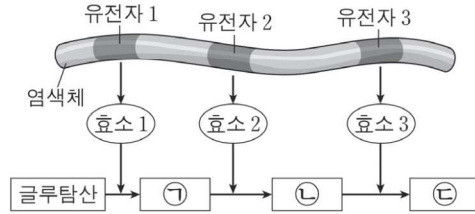
오페론

기능적으로 연관된 유전자들이 하나의 전사단위로 묶여 서로 이웃하여 존재하는 구조의 기능적 단위를 의미한다.

젓당 오페론의 경우 프로모터, 작동 유전자, 구조 유전자를 통틀어 말하며, 원핵생물의 유전자 발현 조절에서 나타난다.

[문제 6]

그림은 붉은빵곰팡이에서 물질 ㉔이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지와 최소 배지에 첨가된 물질에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I~III의 성장 여부를 나타낸 것이다. ㉑~㉔은 각각 오르니틴(O), 시트룰린(C), 아르지닌(R) 중 하나이다.



구분	최소 배지	최소 배지 + 아르지닌	최소 배지 + 시트룰린	최소 배지 + 오르니틴
야생형	○	○	○	○
I	×	○	○	○
II	×	○	×	×
III	×	○	○	×

(○ : 성장함, × : 성장 못 함)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.
(단, I~III은 각각 유전자 1~3 중 하나에만 돌연변이가 일어났다.)

< 보 기 >

- ㄱ. 시트룰린은 오르니틴의 전구 물질(선구 물질)이다.
- ㄴ. II는 유전자 3에 돌연변이가 일어난 것이다.
- ㄷ. 유전자 1~3은 ㉔ 오페론의 구조 유전자이다.

[문제 7]

그림은 붉은빵곰팡이의 아르지닌 합성 과정을, 표는 최소 배지에 첨가된 물질 ㉑~㉔에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I~III의 성장 여부를 나타낸 것이다. ㉑~㉔은 각각 오르니틴(O), 시트룰린(C), 아르지닌(R) 중 하나이다.



(+ : 성장함 - : 성장 못 함)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.
(단, I~III은 각각 유전자 1~3 중 하나에만 돌연변이가 일어났다.)

< 보 기 >

- ㄱ. ㉑은 오르니틴이다.
- ㄴ. I은 최소 배지에 ㉑과 ㉒이 첨가된 배지에서 성장한다.
- ㄷ. III에서 효소 B의 기능은 정상이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 6] 정답. ㄴ

[해설]

구분	최소 배지	최소 배지 + 아르지닌	최소 배지 + 시트룰린	최소 배지 + 오르니틴
야생형	○	○	○	○
I	×	○	○	○
II	×	○	×	×
III	×	○	○	×

(○ : 생장함, × : 생장 못 함)

앞돌뒤물에 의해 ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린, ㉢은 아르지닌

I 은 유전자 1 돌연변이주, III은 유전자 2 돌연변이주, II는 유전자 3 돌연변이주이다.

< 보 기 >

ㄱ. 시트룰린은 오르니틴의 전구 물질(선구 물질)이다. (X)

오르니틴이 시트룰린의 전구 물질이다.

ㄴ. II는 유전자 3에 돌연변이가 일어난 것이다. (O)

ㄷ. 유전자 1~3은 ㉢ 오페론의 구조 유전자이다. (X)

오페론은 원핵생물의 유전자 발현 조절 단위이다. 붉은빵곰팡이는 진핵생물이다.

[문제 7] 정답. ㄱ

[해설]

구분	야생형	I	II	III
최소 배지	+	-	-	-
최소 배지+㉠	+	-	+	-
최소 배지+㉡	+	-	+	+
최소 배지+㉢	+	+	+	+

(+ : 생장함 - : 생장 못 함)

앞돌뒤물에 의해 ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린, ㉢은 아르지닌

II는 유전자 a 돌연변이주, III은 유전자 b 돌연변이주, I 은 유전자 c 돌연변이주이다.

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠은 오르니틴이다. (O)

ㄴ. I은 최소 배지에 ㉠과 ㉡이 첨가된 배지에서 생장한다. (X)

유전자 c 돌연변이주는 ㉠과 ㉡이 첨가된 배지에서 생장하지 못한다.

ㄷ. III에서 효소 B의 기능은 정상이다. (X)

유전자 b 돌연변이주이므로 효소 B의 기능이 정상적이지 못하다.

[문제 8]

다음은 붉은빵곰팡이를 이용한 실험이다.

- 야생형 붉은빵곰팡이가 선구 물질로부터 물질 A를 합성하는 과정에서 중간 산물 ㉠~㉤이 만들어진다.
- 야생형 붉은빵곰팡이에 X선을 처리하여 돌연변이주 I~V를 얻었다.
- 표는 최소 배지에 ㉠~㉤을 각각 첨가했을 때 얻은 붉은빵곰팡이의 성장 결과를 나타낸 것이다. I~V는 각각 붉은빵곰팡이가 선구 물질로부터 물질 A를 합성하는 과정에 필요한 5종류의 효소 유전자 중 하나에만 돌연변이가 일어난 것이다. 효소 유전자에 돌연변이가 일어나면 효소를 합성하지 못한다.

구분	최소 배지	첨가물				
		㉠	㉡	㉢	㉣	A
야생형	+	+	+	+	+	+
I	-	-	+	+	+	+
II	-	-	+	+	-	+
III	-	+	+	+	+	+
IV	-	-	-	-	-	+
V	-	-	+	-	-	+

(+ : 성장함, - : 성장하지 못함)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. II는 ㉢을 ㉡으로 전환시키는 효소를 합성하지 못한다.
- ㄴ. I은 최소 배지에 ㉣을 첨가한 배지에서 ㉡을 합성할 수 있다.
- ㄷ. 물질 A의 합성 과정은 선구 물질 → ㉠ → ㉡ → ㉢ → ㉣ → A 순이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 8] 정답. 나, 다

[해설]

구분	최소 배지	첨가물				
		㉠	㉡	㉢	㉣	A
야생형	+	+	+	+	+	+
I	-	-	+	+	+	+
II	-	-	+	+	-	+
III	-	+	+	+	+	+
IV	-	-	-	-	-	+
V	-	-	+	-	-	+

(+ : 성장함, - : 성장하지 못함)

앞돌뒤물에 의해 물질의 합성 순서는 다음과 같다.

‘선구 물질 → ㉠ → ㉣ → ㉢ → ㉡ → A’

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. II는 ㉢을 ㉡으로 전환시키는 효소를 합성하지 못한다. (X)

㉢은 ㉡의 선구 물질이고 III은 ㉢을 첨가했을 때 성장하므로 ㉢을 합성한다.
따라서 ㉢을 ㉡으로 전환시키는 효소를 합성할 수 있다.

ㄴ. I은 최소 배지에 ㉣을 첨가한 배지에서 ㉡을 합성할 수 있다. (O)

㉣은 ㉡의 선구 물질이고 I은 ㉣을 첨가했을 때 성장하므로 ㉡을 합성한다.

ㄷ. 물질 A의 합성 과정은 선구 물질 → ㉠ → ㉣ → ㉢ → ㉡ → A 순이다. (O)

[Comment]

돌연변이주의 정체성은 선지에서 필요할 때만 알아내도 무방하다.

[문제 9]

그림은 붉은빵곰팡이의 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지에 첨가된 물질 ㉠~㉣에 따른 붉은빵곰팡이 아생형과 돌연변이주 I~IV의 성장 여부를 나타낸 것이다. I~III은 각각 유전자 a~c 중 하나에만, IV는 중 유전자 a~c 중 두 개의 유전자에 돌연변이가 일어난 것이다. ㉠~㉣은 각각 오르니틴(O), 시트룰린(C), 아르지닌(R) 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. 효소 B의 기질은 ㉠이다.
- ㄴ. ㉢은 아르지닌이다.
- ㄷ. IV는 a와 b 모두에 돌연변이가 일어난 것이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 9] 정답. ㄴ, ㄷ

[해설]

구분	야생형	I	II	III	IV
최소 배지	+	-	-	-	-
최소 배지+㉠	+	-	+	+	+
최소 배지+㉡	+	-	+	-	-
최소 배지+㉢	+	+	+	+	+

(+ : 성장함 - : 성장 못함)

앞돌뒤물에 의해 물질의 합성 순서는 다음과 같다.

‘선구 물질 → ㉡ → ㉠ → ㉢’

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. 효소 B의 기질은 ㉠이다. (X)

㉠은 시트룰린이고, B의 기질은 오르니틴이다.

ㄴ. ㉢은 아르지닌이다. (O)

ㄷ. IV는 a와 b 모두에 돌연변이가 일어난 것이다. (O)

중간 산물인 ㉡을 넣어도 성장하므로 IV는 c에 돌연변이가 일어나지 않았다.
따라서 a와 b 모두에 돌연변이가 일어난 것이다.

붉은빵곰팡이 실험
Schema 2

아르지닌(R)

아르지닌이 있어야 **생장**한다,
즉, 표에서 해석할 때 **아르지닌 유무 = 생장 여부**이다.

다른 물질(오르니틴, 시트룰린)은 중간 산물이지만
아르지닌은 **최종 물질**이므로 물질 중 **먼저 생각하면 유리**하다.

⇒ 아르지닌이 합성되거나 직접 넣어주어야 생장할 수 있다.

구분	최소 배지, ㉠	
	생장	㉡ 합성
I	-	○

⇒ 역으로 ㉠을 첨가하고 ㉡이 합성된 배지에서 돌연변이주가 생장하지 못한다면, 남은 물질 ㉡이 아르지닌이다.

① 생장 조건

1. R을 첨가해준 붉은빵곰팡이는 모두 생장한다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉠		최소 배지, ㉡	
	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	+	×
II	-	○	-	○	+	○

(+: 생장함, -: 생장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

∴ 붉은빵곰팡이는 아르지닌이 첨가되면 생장.

2. 최소 배지에서 생장 여부는 아르지닌 합성 여부와 동일한 조건이다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉠		최소 배지, ㉡	
	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	-	×
II	-	×	+	○	+	○

(+: 생장함, -: 생장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

∴ 붉은빵곰팡이는 아르지닌이 합성되어야 생장.

3. 미지의 두 물질이 있지만 생장하지 않는다면 나머지 물질이 아르지닌(R)이다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉠		최소 배지, ㉡	
	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	+	×
II	-	○	-	○	+	○

(+: 생장함, -: 생장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

∴ 붉은빵곰팡이는 아르지닌이 합성되지 않으면 생장하지 못함.

① 유전자와 단백질의 관계

붉은빵곰팡이 실험
Schema 2

아르지닌(R)

② 합성 여부 조건

1. 아르지닌(R)이 첨가된 배지와 최소 배지에서 특정 물질 합성 조건은 정확하게 일치한다.

구분	최소 배지		최소 배지, ⊕		최소 배지, ⊖	
	생장	⊖ 합성	생장	⊖ 합성	생장	⊖ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	+	×
II	-	○	-	○	+	○

(+: 생장함, -: 생장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

∴ 아르지닌은 다른 전구 물질의 합성에 영향을 미치지 않음.

③ 기질 사용 여부 조건

1. 아르지닌(R)이 첨가된 배지와 최소 배지에서 특정 물질 사용 조건은 정확하게 일치한다.

구분	최소 배지		최소 배지, ⊕		최소 배지, ⊖	
	생장	⊖ 사용	생장	⊖ 사용	생장	⊖ 사용
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	+	×
II	-	×	-	×	+	×

(+: 생장함, -: 생장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

∴ 아르지닌은 다른 전구 물질의 기질로 사용되지 않음.

붉은빵곰팡이 실험
Schema 3

선후 관계

생장 여부 조건과 합성 여부 조건을 통해, 물질들의 선후 관계를 파악할 수 있다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉠		최소배지, ㉡	
	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	+	×
II	-	○	-	○	+	○

(+: 성장함, -: 성장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

㉡을 첨가했을 때 ㉠을 첨가했을 때보다 돌연변이주들이 많이 성장하므로 ㉠이 ㉡의 선구 물질이다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉠		최소배지, ㉡	
	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성	생장	㉡ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	×	+	○	+	×
II	-	○	-	○	+	○

(+: 성장함, -: 성장 못함, ○: 합성함, ×: 합성 안 됨)

최소 배지의 합성 여부 열보다 어떤 물질을 첨가한 배지에서 합성 여부 열이 더 많이 생성되면 ㉠이 ㉡의 선구 물질이다.

[증명]

㉡이 ㉠의 선구 물질이라면, ㉠은 ㉡의 합성에 영향을 미칠 수 없다.

따라서 MM(대조군)과 모든 돌연변이주의 열을 비교-대조할 때 ㉡ 합성 여부가 동일해야한다.

하지만, 돌연변이주 I을 보았을 때,

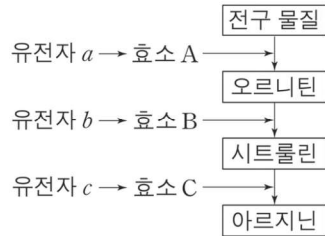
㉠이 ㉡의 합성에 영향을 미쳤음을 알 수 있고 ㉠이 ㉡의 선구 물질임을 알 수 있다.

대조군과 실험군의 비교-대조
실험 해석 문항 - Mind 2

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 10]

그림은 붉은빵곰팡이의 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지에 첨가된 물질 ㉠ 또는 ㉡의 첨가에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I 과 II의 생장 여부와 물질 ㉢의 합성 여부를 나타낸 것이다. I은 유전자 a~c 중 어느 하나에 돌연변이가 일어나고, II는 그 나머지 유전자 중 하나에 돌연변이가 일어난 것이다. ㉠~㉢은 각각 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 중 하나이다.



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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. II는 b에서 돌연변이가 일어난 것이다.
- ㄴ. ㉠을 합성하는 효소는 A이다.
- ㄷ. ㉢은 아르지닌이다.

[문제 11]

그림은 붉은빵곰팡이의 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지에 첨가된 물질 ㉠의 첨가에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I~III의 생장 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.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

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

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 10] 정답. ㄴ

[해설]

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

(+ : 성장함 - : 성장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

㉠이 첨가되고 ㉡이 합성되었는데 성장하지 않으므로 ㉡이 아르지닌이다.

∴ II는 아르지닌이 합성되지 않으므로 c에 돌연변이가 일어났다.

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

(+ : 성장함 - : 성장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

㉠이 첨가된 배지에서 최소 배지와 ㉡ 합성 여부가 달라지므로

㉠이 ㉡의 선구 물질이다.

따라서 ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린이다.

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. II는 b에서 돌연변이가 일어난 것이다. (X)

II는 c에 돌연변이가 일어났다.

ㄴ. ㉠을 합성하는 효소는 A이다. (O)

ㄷ. ㉡은 아르지닌이다. (X)

㉡은 시트룰린이다.

[문제 11] 정답. L

[해설]

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

모든 돌연변이주에서 (최소 배지) 생장 여부와 합성 여부가 동일하다.

∴ ㉡은 아르지닌이다.

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

모든 돌연변이주 중 (최소 배지) 두 개의 돌연변이주가 성장한다.

따라서 앞돌뒤물에 의해 ㉠은 시트룰린이다.

∴ ㉢은 오르니틴이다.

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

(+ : 성장함, - : 성장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

㉡이 ㉠의 선구 물질이므로 ㉠은 ㉡의 합성에 영향을 주지 못한다.

따라서 (가)는 '○' 이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. (가)는 ‘×’이다. (X)

(가)는 ‘○’이다.

ㄴ. I은 c에 돌연변이가 일어난 것이다. (O)

구분	최소 배지			최소 배지, ㉠		
	생장	Ⓞ 합성	Ⓞ 합성	생장	Ⓞ 합성	Ⓞ 합성
야생형	+	○	○	+	○	○
I	-	×	○	-	×	○
II	-	×	(가)	+	○	○
III	-	×	×	+	○	×

돌연변이주 중 I만 생장하지 못하므로 가장 나중 유전자에 돌연변이가 일어나야 한다. 따라서 c에 돌연변이가 일어났다

ㄷ. Ⓞ은 오르니틴이다. (X)

Ⓞ은 아르지닌이다.

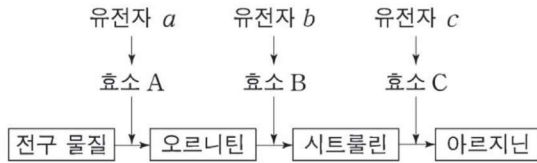
[Comment]

전체가 주어지고, 구성 셀이 모두 결정되어 있으면 특수한 사실을 바로 적용할 수 있다.

[문제 12]

다음은 붉은빵곰팡이의 유전자 발현에 대한 자료이다.

- 야생형에서 아르지닌이 합성되는 과정은 그림과 같다.



- 돌연변이주 I과 II는 각각 유전자 a와 b 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 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. ㉡은 시트룰린이다.
- ㄴ. 효소 B의 기질은 ㉢이다.
- ㄷ. II는 a에서 돌연변이가 일어난 것이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 12] 정답. ㄷ

[해설]

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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

㉠을 첨가했을 때 최소 배지와 ㉢ 합성 여부가 다르므로 ㉠은 아르지닌이 아니다.
 마찬가지로 ㉡도 아르지닌이 아니므로 ㉢이 아르지닌이다.

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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

㉢이 첨가된 배지에서 ㉡이 첨가된 배지보다 많이 생장하므로
 ㉡이 ㉠의 선구 물질이다.

따라서 ㉠은 시트룰린, ㉡은 오르니틴이다.

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠은 시트룰린이다. (X)

시트룰린은 ㉠이다.

ㄴ. 효소 B의 기질은 ㉡이다. (X)

효소 B의 기질은 오르니틴이므로 ㉡이다.
 아르지닌은 다른 중간 물질의 기질로 사용되지 않는다.

ㄷ. II는 a에서 돌연변이가 일어난 것이다. (O)

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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

II는 I 보다 많은 배지에서 생장했으므로 앞에 돌연변이가 일어났다.
 따라서 a와 b 중 a에서 돌연변이가 일어난 것이다.

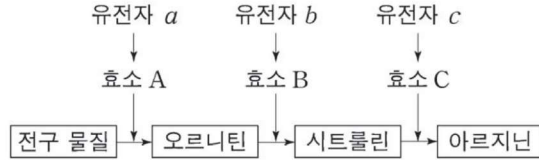
[Comment]

제한된 전체 집합 파악
 물질 우선(뒤물), 돌연변이 나중(앞물)

[문제 13 - 21학년도 9월 평가원]

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	-	(가)	+	○	-	○
II	-	×	+	×	-	×

(+ : 성장함 - : 성장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. ㉠은 시트룰린이다.
- ㄴ. ㉡은 효소 B의 기질이다.
- ㄷ. I은 최소 배지에 ㉢을 첨가하여 배양하였을 때 성장한다.
- ㄹ. (가)는 '×'이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 13] 정답. L

[해설]

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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

㉠이 첨가되고 ㉡이 합성되었는데 생장하지 않으므로 ㉠이 아르지닌이다.

∴ I 은 아르지닌이 합성되지 않으므로 c에 돌연변이가 일어났다.

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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

아르지닌을 첨가한 배지의 물질 합성 여부는
최소 배지의 물질 합성 여부와 동일하므로 (가)는 '○'이다.

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

(+ : 생장함 - : 생장 못함, ○ : 합성됨 × : 합성 안 됨)

세 종류의 돌연변이주 중 한 돌연변이주만 생장한다.

∴ ㉠은 오르니틴이다. ⇒ ㉡은 시트룰린이다.

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠은 시트룰린이다. (X)

㉠은 아르지닌이다.

ㄴ. ㉡은 효소 B의 기질이다. (O)

효소 B의 기질은 오르니틴이므로 ㉡이다.

ㄷ. I은 최소 배지에 ㉢을 첨가하여 배양하였을 때 생장한다. (X)

I (c 돌연변이주)은 시트룰린을 첨가하여 배양하여도 생장하지 않는다.

ㄹ. (가)는 '×'이다. (X)

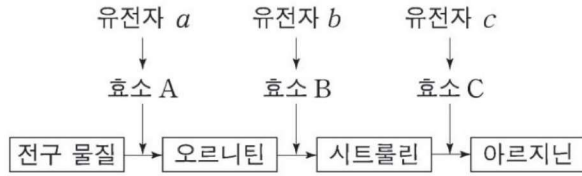
(가)는 '○'이다.

[Comment]

대조군과 실험군의 비교-대조, 전체(세 종류 돌연변이주 기준), A와 A^C 파악
암기한 연역적 사실은 적극 활용 (- , ○ , 앞돌뒤물)

붉은빵곰팡이 실험
Schema 4

돌연변이



붉은빵곰팡이 실험 문항에서 제시될 수 있는 돌연변이는 다음과 같다.

① 유전자 $a \sim c$ 중 하나에 돌연변이가 일어난 것

[20 6평] I은 유전자 $a \sim c$ 중 어느 하나에, II는 나머지 두 유전자 중 어느 하나에만, III은 그 나머지 하나에 돌연변이가 일어난 것이다.

② 유전자 $a \sim c$ 중 둘에 돌연변이가 일어난 것

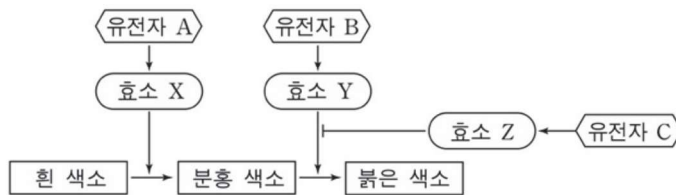
[18 9평] IV는 유전자 $a \sim c$ 중 두 개의 유전자에 돌연변이가 일어난 것이다.

③ 유전자 $a \sim c$ 중 셋에 돌연변이가 일어난 것

돌연변이를 추론할 여지 없이, $a \sim c$ 가 모두 돌연변이가 일어난 경우로 출제될 가능성이 적다. 오직 아르지닌을 추가로 넣어줄 때에만 생존할 수 있다.

④ 유전자에 돌연변이가 일어나야 최종 물질이 합성되는 경우

유전자 A와 B는 돌연변이가 일어나지 않고, 유전자 C에 돌연변이가 일어나야 최종 물질이 합성되는 경우가 출제된 바 있다.



(단, 효소 Z는 효소 Y의 작용을 억제한다.)

① 유전자와 단백질의 관계

붉은빵곰팡이 실험
Schema 4

돌연변이

① 유전자 a~c 중 하나에 돌연변이가 일어난 것

도출되면 구하되 “물질 추론 우선”

출제된 붉은빵곰팡이 실험의 돌연변이 관련 선지를 보자.

[15 9평] 나. II는 유전자 3에 돌연변이가 일어난 것이다.

[17 수능] 가. II는 b에 돌연변이가 일어난 것이다.

[18 9평] 다. IV는 a, b 모두에 돌연변이가 일어난 것이다.

[19 수능] 다. II는 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

[20 6평] 나. I은 c에 돌연변이가 일어난 것이다.

[21 9평] 다. I은 최소 배지에 ㉠을 첨가하여 배양하였을 때 생장한다.

돌연변이에 관한 선지는 한 개만 등장했으며

I~III 중 하나의 돌연변이주에 대해서만 질문한 바 있다.

이는 돌연변이를 굳이 추론하고 선지로 가지 않더라도

선지를 통해 정오 판정만 빠르게 하고 다음 문항으로 넘어갈 수 있다는 것을 의미한다.

붉은빵곰팡이 실험
Schema 4

돌연변이

[Case 1 - 최소 배지의 성장 조건]

돌연변이주는 성장하지 못한다.

[Case 2 - 최소 배지에 특정 물질 첨가]

= 앞돌뒤물

구분	최소 배지 + 아르지닌	최소 배지 + 시트룰린	최소 배지 + 오르니틴
야생형	○	○	○
I	○	○	○
II	○	×	×
III	○	○	×

(○ : 성장함, × : 성장 못 함)

(단, I~III은 각각 유전자 1~3 중 하나에만 돌연변이가 일어난 것이다.)

① 앞에 돌연변이가 일어날수록 돌연변이주들이 많이 성장

유전자 1 돌연변이주가 유전자 2 돌연변이주보다 더 많이 성장하고
유전자 2 돌연변이주가 유전자 3 돌연변이주보다 더 많이 성장한다.

∴ I 은 유전자 1 돌연변이주, III은 유전자 2 돌연변이주, II는 유전자 3 돌연변이주이다.

② 뒤의 물질을 공급할수록 돌연변이주들이 많이 성장

하나의 유전자에 돌연변이가 일어난 돌연변이주 세 종류에서
아르지닌을 넣으면 세 종류의 돌연변이주가 모두 성장하고
시트룰린을 넣으면 두 종류의 돌연변이주가 성장하며
오르니틴을 넣으면 한 종류의 돌연변이주가 성장한다.

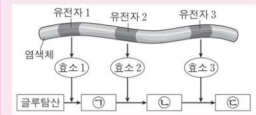
∴ ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린, ㉢은 아르지닌이다.

이를 두 돌연변이주만 주어진 상황으로 일반화하면 다음과 같다.

“최소 배지에서 물질 첨가 조건이 주어지고, 두 칸이 모두 결정되어 있을 때
+가 1개면 오르니틴(O) or 시트룰린(C), +가 0개면 확정적으로 오르니틴이다.”

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

∴ ㉠은 오르니틴(O)



결정된 상태

? 없이 성장 유무가 결정되어 있는 상태

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

① 유전자와 단백질의 관계

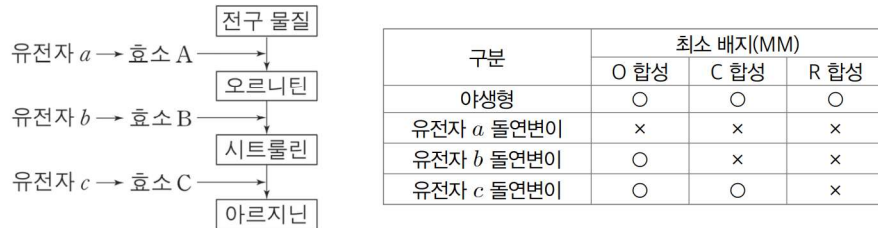
붉은빵곰팡이 실험
Schema 4

돌연변이

[Case 3]

최소 배지의 합성 조건

유전자 a~c 중 하나에 돌연변이가 일어난 세 돌연변이주가 각각 모두 존재하면 다음과 같은 표가 성립한다.



한 유전자에 돌연변이가 일어난 세 돌연변이주에서

- ㉓ 최소 배지에서 오르니틴은 두 돌연변이주에서 합성된다.
- ㉔ 최소 배지에서 시트룰린은 한 돌연변이주에서 합성된다.
- ★㉕ 최소 배지에서 아르지닌은 합성되지 않는다.

이를 일부 돌연변이주만 주어진 상황으로 일반화하면 다음과 같다.

“최소 배지에서 물질 첨가 조건이 주어지고, 두 칸이 모두 결정되어 있을 때 ○이 1개면 오르니틴(O) or 시트룰린(C) ○이 2개면 확정적으로 오르니틴이다.

결정된 상태

? 없이 합성 여부가 결정되어 있는 상태

구분	최소 배지		
	생장	㉓ 합성	㉔ 합성
야생형	+	○	○
I	-	×	○
II	-	×	○

구분	최소 배지		
	생장	㉓ 합성	㉔ 합성
야생형	+	○	○
I	-	×	○
II	-	×	○

∴ ㉓은 오르니틴(O)

돌연변이

[Case 4]

최소 배지에서 기질 사용 여부 조건

기질 사용 여부에 대한 최소 배지에서의 표를 그리면 다음과 같다.



”최소 배지에서 기질로 사용되는 물질이 존재한다.“

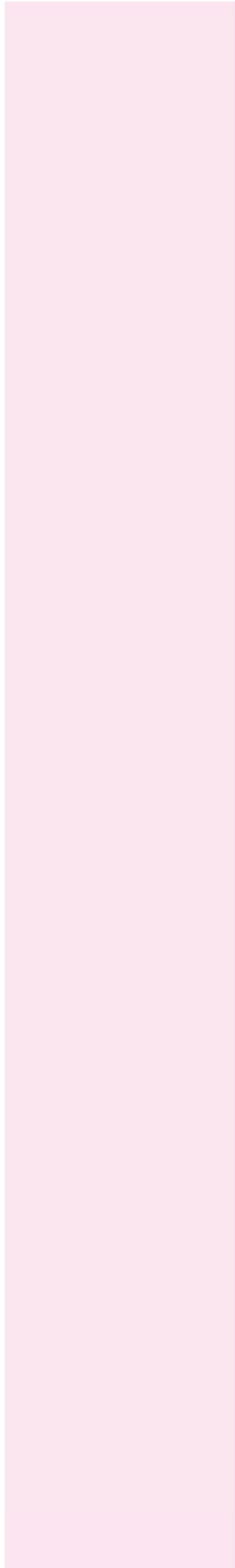
1. 이는 어떤 물질이 아르지닌 합성 경로를 거쳤다는 것을 의미하고
2. 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 중 최소배지의 돌연변이주에서 기질로 사용될 수 있는 물질은 오르니틴 뿐이다.
= 단정적으로 물질은 오르니틴이고 돌연변이는 유전자 c 돌연변이이다

★“아르지닌은 야생형에서도 기질로 사용되지 않는다.”

[아르지닌 정리]

1. 아르지닌은 다른 물질의 기질로 사용되지 않는다.
(∵ Schema 2 아르지닌)
2. 따라서 아르지닌을 첨가했을 때, 특정 물질 합성 여부 조건에서 대조군(최소 배지)의 합성 여부 조건과 동일하게 나타난다.
(∵ Schema 3 선후 관계)
3. 아르지닌이 첨가되거나 합성되어야 생장한다.

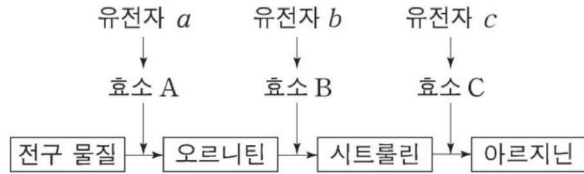
① 유전자와 단백질의 관계



[문제 14]

다음은 붉은빵곰팡이의 유전자 발현에 대한 자료이다.

- 붉은빵곰팡이에서 아르지닌이 합성되는 과정은 다음과 같다.



- 돌연변이주 I~III은 각각 유전자 a~c 중 서로 다른 하나에만 돌연변이가 일어난 것이다.
- 야생형과 I~III을 각각 최소 배지, 최소 배지에 물질 ㉠이 첨가된 배지, 최소 배지에 물질 ㉡이 첨가된 배지에서 배양하였을 때, ㉠과 ㉡을 기질로 사용하는지의 여부는 표와 같다. ㉠과 ㉡은 각각 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 중 하나이다.

구분	최소 배지		최소 배지 + ㉠		최소 배지 + ㉡	
	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용
야생형	○	○	○	○	○	○
I	×	㉠	×	○	×	○
II	×	×	○	×	㉡	×
III	×	×	○	×	○	○

(○ : 사용함, × : 사용하지 않음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

(단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

- ㄱ. ㉠은 시트룰린이다.
- ㄴ. II는 유전자 b에 돌연변이가 일어난 것이다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.

① 유전자와 단백질의 관계

[문제 14] 답. ㄱ, ㄴ

[해설]

구분	최소 배지		최소 배지 + ㉠		최소 배지 + ㉡	
	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용
야생형	○	○	○	○	○	○
I	×	㉡	×	○	×	○
II	×	×	○	×	㉡	×
III	×	×	○	×	○	○

(○ : 사용함, × : 사용하지 않음)

아르지닌은 오르니틴과 시트룰린의 기질로 사용되지 않는다.
따라서 ㉠과 ㉡은 각각 오르니틴과 시트룰린 중 하나이다.

구분	최소 배지		최소 배지 + ㉠		최소 배지 + ㉡	
	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용
야생형	○	○	○	○	○	○
I	×	㉡	×	○	×	○
II	×	×	○	×	㉡	×
III	×	×	○	×	○	○

(○ : 사용함, × : 사용하지 않음)

돌연변이주 III에서 최소 배지와 ㉡ 첨가 배지를 대조하면
㉡은 ㉠의 사용 여부에 영향을 미치는 것을 알 수 있다

따라서 ㉡은 ㉠의 선구 물질이고, III은 유전자 a 돌연변이주이다.
∴ ㉡은 오르니틴, ㉠은 시트룰린이다.

[선지 해제]

< 보 기 >

ㄱ. ㉠은 시트룰린이다. (O)

ㄴ. II는 유전자 *b*에 돌연변이가 일어난 것이다. (O)

최소 배지에서 오르니틴은 유전자 *c* 돌연변이주에서 사용된다.

구분	최소 배지		최소 배지 + ㉠		최소 배지 + ㉡	
	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용
야생형	○	○	○	○	○	○
I	×	㉠	×	○	×	○
II	×	×	○	×	㉡	×
III	×	×	○	×	○	○

(○ : 사용함, × : 사용하지 않음)

따라서 ㉠은 '○'이고, I은 유전자 *c* 돌연변이주이다.

구분	최소 배지		최소 배지 + ㉠		최소 배지 + ㉡	
	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용	㉠ 사용	㉡ 사용
야생형	○	○	○	○	○	○
I	×	㉠	×	○	×	○
II	×	×	○	×	㉡	×
III	×	×	○	×	○	○

(○ : 사용함, × : 사용하지 않음)

㉠과 ㉡를 모두 사용할 수 있으므로 유전자 *b*와 유전자 *c*에는 돌연변이가 일어나지 않았다.

따라서 III은 유전자 *a* 돌연변이주이다.

∴ II는 유전자 *b* 돌연변이주이다

ㄷ. ㉠과 ㉡는 모두 '○'이다. (X)

유전자 *b* 돌연변이주는 오르니틴이 시트룰린으로 전환되지 못한다.

따라서 시트룰린을 기질로 사용할 수 없다.

따라서 ㉠은 '×'이다.

[Comment]

아르지닌은 중간 물질의 기질로 사용되지 않는다.

오르니틴은 최소 배지에서 야생형 대장균과 유전자 *c* 돌연변이주에서만 사용된다.