



# Contents

## Theme 0 Mind setting

개념과 문항의 간극을 잇는 Bridge와 Mind 수록

- 문항 분류 008
- 수리 추론형 **Bridge 1** 정량값, 상댓값 012
  - Bridge 2** 비율 013
  - Bridge 3** 조건부확률 015
  - Bridge 4** 내분 018
- 수리 추론형 **Mind 1** 비율 → 정량값 020
  - Mind 2** 자연수의 활용 023
  - Mind 3** 직접 vs 여사건 025
- 자료 해석형 **Bridge 1** 표 030
  - Bridge 2** 그래프 034
  - Bridge 3** 약어 037
- 자료 해석형 **Mind 1** 결정된 것(Fixed) 우선 040
  - Mind 2** 실험군과 대조군의 비교-대조 044
  - Mind 3** 직접 vs 여사건 048

## Theme 2 유전자 발현과 조절

- 출제 경향 & 서술 방향 054

## Theme 2 ① 유전자와 단백질의 관계

- 단원 목표 055
- 유전 정보와 유전 부호 056
- 유전 부호의 해독 실험 059
- 붉은빵곰팡이 실험 070
- 1유전자 1효소설의 발전 072
- **Common Sense** : 1유전자 1폴리펩타이드설의 예외 073
- 붉은빵곰팡이 실험 **Schema 1** 앞돌뒤물 076
  - Schema 2** 아르지닌 083
  - Schema 3** 선후 관계 085
  - Schema 4** 돌연변이 095

## Theme 2 ② 유전자 발현 과정

- 단원 목표	119
- 유전자 발현 / <b>Common Sense</b> 아미노산의 종류와 순서	120
- 유전 정보의 중심 원리	121
- 전사	122
- 복제와 전사의 비교-대조	123
- RNA의 종류	124
- 원핵세포에서의 유전자 발현 과정	126
- 진핵세포에서의 유전자 발현 과정	129
- mRNA 가공(스플라이싱)	130
- 리보솜의 구조	135
- <b>Common Sense</b> : 번역 과정에서 사용되는 tRNA의 종류	137
- 번역	138
- 진핵세포에서의 폴리솜 형성	142
- 항생제와 번역	150
- 복제, 전사, 번역의 통합적 이해	158

## Theme 2 ③ 원핵생물의 유전자 발현 조절

- 단원 목표	163
- 유전자 발현 조절의 중요성 / 원핵생물의 유전자 발현의 조절	164
- 오페론의 구성 요소 / 조절 유전자	165
- 대장균의 증식 / 젓당 오페론	166
- 젓당 오페론 자료 정리	168
- 구조 유전자와 조절 유전자의 전사와 번역	169
- 젓당 오페론 돌연변이	173
- 젓당 오페론 돌연변이 <b>Schema 1</b> 조절 유전자	174
- 젓당 오페론 돌연변이 <b>Schema 2</b> 단정적 조건	185
- 젓당 오페론 돌연변이 <b>Schema 3</b> 기타 돌연변이	190
- <b>Common Sense</b> : 트립토판 오페론	202
- 젓당 분해 효소 유전자의 활용 - 유전자 재조합	205
- <b>Common Sense</b> : 부분 이배체 균주	217





# Mind setting

※ 해당 Theme 0에는 교과 개념의 해제를 돕는 Mind와 Bridge가 수록되어 있습니다.  
교과 개념이 잡혀있지 않다면 다소 어려울 수 있으니 교과 개념을 우선 공부하고  
싶으신 분들은 Theme 2의 공부가 끝나신 후 돌아오시는 걸 권장합니다.

# Mind setting

기본 문항은 어느 정도 공부를 한다면 빠르고 정확하게 풀어낼 수 있으나

킬러 문항은 어느 정도 공부를 하더라도

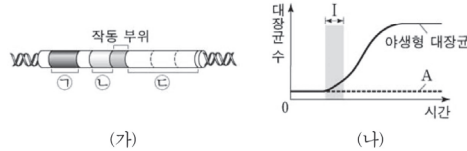
①충분한 시간, ②적절한 Schema, ③풀이 논리가 필요하다.

난이도를 기준으로 생명과학2 문항을 분류하면 다음과 같다.

## 문항 분류

### 기본 문항

20. 그림 (가)는 야생형 대장균의 젓당 오페론과 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자를, (나)는 야생형 대장균과 돌연변이 대장균 A를 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 각각 배양한 결과를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 젓당 오페론의 구조 유전자, 젓당 오페론의 프로모터, 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자를 순서 없이 나타낸 것이며, A는 ㉠과 ㉢ 중 하나가 결실된 돌연변이이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않으며, 야생형 대장균과 A의 배양 조건은 동일하다.)

- <보 기>
- ㉠. 젓당 분해 효소의 아미노산 서열은 ㉠에 암호화되어 있다.
  - ㉡. A는 ㉢이 결실된 돌연변이이다.
  - ㉢. 구간 I에서 야생형 대장균은 젓당 오페론을 조절하는 억제 단백질을 생성한다.

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

20 수능

5. 그림은 수정란으로부터 근육 세포와 모근 세포로 분화되는 과정과 분화된 각 세포에서 발현되는 특정 유전자를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㉠. 마이오신 유전자와 케라틴 유전자의 염기 서열은 동일하다.
  - ㉡. 수정란에는 마이오신 유전자와 케라틴 유전자가 모두 있다.
  - ㉢. 모근 세포에는 케라틴 유전자의 전사에 관여하는 전사 인자가 있다.

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

19 수능

문항 분류

킬러 문항

18. 다음은 어떤 진핵생물의 유전자 x와, x에서 돌연변이가 일어난 유전자 y, z의 발현에 대한 자료이다.

○ x, y, z로부터 각각 폴리펩타이드 X, Y, Z가 합성된다.

○ ㉔ x의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥으로부터 합성된 X의 아미노산 서열은 다음과 같다.

메싸이오닌-글루탐산-트레오닌-타이로신-아르자닌-알라닌-아이스류신-아스파르트산

○ y는 ㉔에서 ㉑ 퓨린 계열에 속하는 연속된 2개의 동일한 염기가 1회 결실되고, ㉒ 1개의 염기가 사이토신(C)으로 치환되며, ㉓ 1개의 염기가 구아닌(G)으로 치환된 것이다. ㉔에서 ㉑~㉓의 위치는 서로 다르다.

○ Y는 6개의 아미노산으로 구성되고, 1개의 트립토판, 1개의 프롤린, 2개의 트레오닌을 가진다. Y의 3번째 아미노산은 트레오닌이다.

○ z는 ㉔에서 퓨린 계열에 속하는 1개의 염기가 삽입된 것이다.

○ Z는 6종류의 아미노산으로 구성되고, 2개의 아스파르트산을 가진다.

○ X, Y, Z의 합성은 개시 코돈 AUG에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나며, 표는 유전 부호를 나타낸 것이다.

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

Schema와 논리 과정, 충분한 시간이 필요하며 상위권 학생을 변별하는 문항

[예시]

Theme 2 - ⑤ 코돈 추론형

Theme 3 - ① 생명 공학

21 수능

17. 다음은 어떤 진핵생물의 유전자 x와, x에서 돌연변이가 일어난 유전자 y, z의 발현에 대한 자료이다.

○ x, y, z로부터 각각 폴리펩타이드 X, Y, Z가 합성되고, X, Y, Z의 합성은 모두 개시 코돈에서 시작하여 종결 코돈에서 끝난다. 개시 코돈은 AUG이다.

○ X는 9개의 아미노산으로 구성되며, 아미노산 서열이 ㉑-(가)-(나)-(다) 순서로 연결된 폴리펩타이드이다. 표의 ㉑~㉓은 (가)~(다)를 순서 없이 나타낸 것이다.

○ y는 x의 전사 주형 가닥에서 연속된 2개의 염기가 1회 결실되고, 다른 위치에서 ㉔ 연속된 2개의 염기가 1회 삽입된 것이다. y의 DNA 2중 가닥 중 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-GACTCACAAGCCATTGAACCAACTCGTTGCCATGCG-3'

○ z는 x의 전사 주형 가닥에서 1개의 사이토신(C)이 결실된 것이다. Z는 6종류의 아미노산으로 구성되고, 4번째 아미노산은 트립토판이다.

○ 표는 유전 암호를 나타낸 것이다.

구분	아미노산 서열
㉑	류신-발린
㉒	발린-글루타민-트립토판
㉓	라이신-류신
㉔	메싸이오닌-알라닌

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

20 수능

## 문항 분류

### 준킬러 문항

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 ㉑이 첨가된 배지, 최소 배지에 물질 ㉒이 첨가된 배지에서 배양하였을 때, 생장 여부와 물질 ㉒의 합성 여부는 표와 같다. ㉑~㉒은 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌을 순서 없이 나타낸 것이다.

구분	최소 배지		최소 배지, ㉑		최소 배지, ㉒	
	생장	㉒ 합성	생장	㉒ 합성	생장	㉒ 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I	-	?	+	○	-	○
II	-	×	+	×	-	×

(+: 생장함, -: 생장 못함, ○: 합성됨, ×: 합성 안 됨)

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

<보 기>

ㄱ. ㉑은 시트룰린이다.  
 ㄴ. ㉒은 효소 B의 기질이다.  
 ㄷ. I은 최소 배지에 ㉒을 첨가하여 배양하였을 때 생장한다.

21 9평

13. 다음은 어떤 동물의 세포 I에서 유전자 x, y, z의 전사 조절에 대한 자료이다.

○ x, y, z는 각각 전사 인자 X, 전사 인자 Y, 효소 Z를 암호화하며, x~z가 전사되면 X~Z가 합성된다.

○ 유전자 (가), (나), z의 프로모터

[A]	[B]	[C]	프로모터 유전자 (가)
[A]	[C]	프로모터 유전자 (나)	
[B]	[D]	프로모터 유전자 z	

C, D는 그림과 같다.

○ (가)와 (나)는 각각 x와 y 중 하나이다. x~z의 전사에 관여하는 전사 인자는 X, Y, ㉑, ㉒이다. X는 B와 D 중 어느 하나에만 결합하고, Y는 그 나머지 하나에만 결합한다. ㉑은 A와 C 중 어느 하나에만 결합하고, ㉒은 그 나머지 하나에만 결합한다.

○ (가)의 전사는 전사 인자가 A~C 중 적어도 두 부위에 결합해야 촉진되고, (나)와 z의 전사는 전사 인자가 A~D 중 하나에만 결합해도 촉진된다.

○ 세포 I에서는 X~Z가 모두 발현되고, ㉑과 ㉒ 중 ㉑만 발현된다.

○ 세포 I에서 A~D의 제거 여부에 따른 x~z의 전사 결과는 표와 같다.

유전자	제거된 부위			
	A	B	C	D
x	○	○	?	○
y	○	×	×	○
z	○	×	×	㉓

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전사 인자 결합 부위의 제거 이외의 다른 요인은 전사 인자의 작용에 영향을 주지 않는다.) [3점]

<보 기>

ㄱ. ㉓는 '○'이다.  
 ㄴ. 유전자 (나)는 y이다.  
 ㄷ. 전사 인자 Y는 B에 결합한다.

21 수능

킬러 문항에 비해 복잡한 논리를 요하지 않고, Schema와 태도(Mind)를 이용하여 빠르게 해결해낼 수 있는 유형

Killer 유형을 해결하는 데 있어 시간 확보에 핵심으로 작용하는 문항이다.

### [예시]

Theme 2 - ① 붉은빵곰팡이 실험

Theme 2 - ③ 젓당 오페론

Theme 2 - ④ 전사 인자 추론



고난도 문항의 성격에 따라 유형을 분류하면 크게 **수리 추론형**과 **자료 해석형**으로 나뉜다.

교과 개념과 **Schema**를 공부하기 전

출제되는 문항과 개념의 간극을 이어주는 지식인 **Bridge**와

**수리 추론형** 문항과 **자료 해석형** 문항에 대한 생각 방식인 **Mind**에 대해 정리해보자.

2

Theme

# 유전자 발현과 조절

## Theme 2 유전자 발현과 조절

### [출제 경향]

20학년도 수능		21학년도 9월 평가원		21학년도 수능	
15번	발생 중 세포 분화	14번	붉은빵곰팡이 실험	13번	전사 인자 추론
17번	코돈 추론형	18번	코돈 추론형	18번	코돈 추론형
20번	젓당 오페론				

### [출제 문항 예시]

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

- $x$ ,  $y$ ,  $z$ 로부터 각각 폴리펩타이드 X, Y, Z가 합성된다.
- $x$ 의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥으로부터 합성된 X의 아미노산 서열은 다음과 같다.  
메싸이오닌-글루탐산-트레오닌-타이로신-아르지닌-알라닌-아사스류산-아스파르산
- $y$ 는 ②에서 ① 퓨린 계열에 속하는 연속된 2개의 동일한 염기가 1회 결실되고, ③ 1개의 염기가 사이토신(C)으로 치환되며, ④ 1개의 염기가 구아닌(G)으로 치환된 것이다. ②에서 ①~④의 위치는 서로 다르다.
- Y는 6개의 아미노산으로 구성되고, 1개의 트립토판, 1개의 프롤린, 2개의 트레오닌을 가진다. Y의 3번째 아미노산은 트레오닌이다.
- $z$ 는 ②에서 퓨린 계열에 속하는 1개의 염기가 삽입된 것이다.
- Z는 6 종류의 아미노산으로 구성되고, 2개의 아스파르산을 가진다.
- X, Y, Z의 합성은 개시 코돈 AUG에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나며, 표는 유전부호를 나타낸 것이다.

UUU	페닐알라닌	UCU	티로신	UUA	타이로신	UGU	시스테인
UUC	페닐알라닌	UCC	세린	UAC	시스테인	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	아르기닌
CUC	류신	CCC	프롤린	CAC	히스티딘	CGC	아르기닌
CUA	류신	CCA	프롤린	CAG	글루타민	CGG	아르기닌
CUG	류신	CCG	프롤린	CAG	글루타민	CGG	아르기닌
AUU	아우로신	AAU	아스파라긴	AAU	아스파라긴	AGU	세린
AUC	아우로신	ACC	프롤린	AAC	아스파라긴	AGC	세린
AUA	아우로신	ACA	트레오닌	AAA	리이신	AGA	아르기닌
AUG	메싸이오닌	ACG	트레오닌	AAG	리이신	AGG	아르기닌
GUU	발린	GCU	알라닌	GAU	아스파라긴	GGU	글리신
GUC	발린	GCC	알라닌	GAC	아스파라긴	GGC	글리신
GUA	발린	GCA	알라닌	GAA	글루탐산	GGG	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>

- ㉠. ③은 구아닌(G)이다.
- ㉡. Z의 4번째 아미노산은 류신이다.
- ㉢. X의 아르지닌을 암호화하는 코돈의 3' 말단 염기는 유라실(U)이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

21학년도 수능

### [소단원 정리]

- ① 유전자와 단백질의 관계
- ② 유전자 발현 과정
- ③ 원핵생물의 유전자 발현 조절
- ④ 진핵생물의 유전자 발현 조절
- ⑤ 유전자 돌연변이 (코돈 추론형)

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, 생장 여부와 물질 ㉡의 합성 여부는 표와 같다. ㉠~㉡은 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌을 순서 없이 나타낸 것이다.

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

(+: 생장됨, -: 생장 못함, ○: 합성됨, ×: 합성 안 됨)

21학년도 9평

13. 다음은 어떤 동물의 세포 I에서 유전자  $x$ ,  $y$ ,  $z$ 의 전사 조절에 대한 자료이다.

○  $x$ ,  $y$ ,  $z$ 는 각각 전사 인자 X, 전사 인자 Y, 효소 Z를 암호화하며,  $x$ ~ $z$ 가 전사되면 X~Z가 합성된다.

○ 유전자 (가), (나),  $z$ 의 프로모터

[A]	[B]	[C]	프로모터 유전자 (가)
[A]	[C]	프로모터 유전자 (나)	
[B]	[D]	프로모터 유전자 $z$	

○ (가)와 (나)는 각각  $x$ 와  $y$  중 하나이다.  $x$ ~ $z$ 의 전사에 관여하는 전사 인자는 X, Y, ㉠, ㉡이다. X는 B와 D 중 어느 하나에만 결합하고, Y는 그 나머지 하나에만 결합한다. ㉠은 A와 C 중 어느 하나에만 결합하고, ㉡은 그 나머지 하나에만 결합한다.

○ (가)의 전사는 전사 인자가 A~C 중 적어도 두 부위에 결합해야 촉진되고, (나)와  $z$ 의 전사는 전사 인자가 A~D 중 하나에만 결합해도 촉진된다.

유전자	제거된 부위			
	A	B	C	D
$x$	○	○	?	○
$y$	○	×	×	○
$z$	○	×	×	㉢

○ 세포 I에서는 X~Z가 모두 발현되고, ㉠과 ㉡ 중 ㉠만 발현된다.

○ 세포 I에서 A~D의 제거 여부에 따른  $x$ ~ $z$ 의 전사 결과는 표와 같다.

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

21학년도 수능

# 2

## Theme

### ① 유전자와 단백질의 관계

#### [단원 목표]

유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.

### 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**

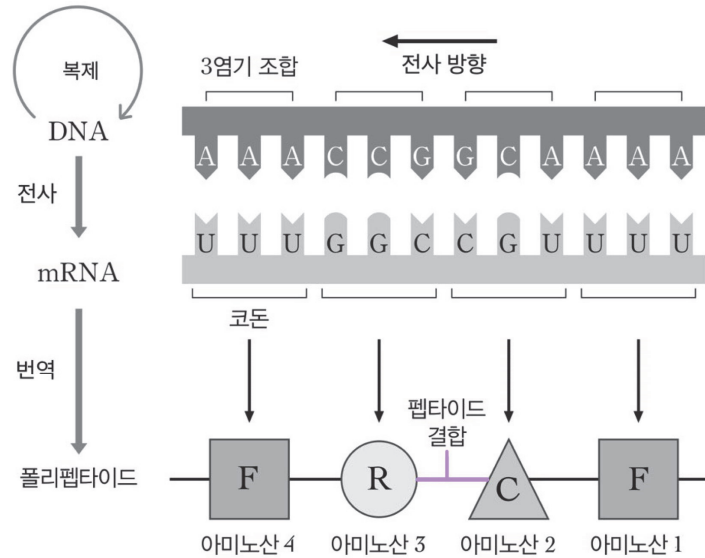
mRNA의 유전 정보에 따라 리보솜에서 폴리펩타이드가 합성되는 과정

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.**

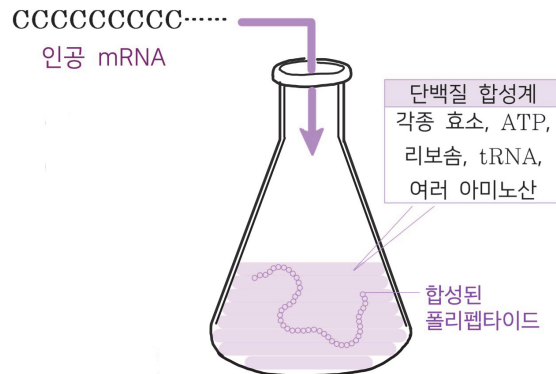
반면 염기가 3개씩 사용된다면 AAA, AAT, AAG, AAC, ATA, ..., CCC같은 유전 부호를 만들면 모두 64(= 4<sup>3</sup>)종류의 암호가 가능해 20종류의 아미노산을 지정하기에 충분하다.

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)를 추출한다.
2. 단백질 합성계에 각각 아데닌(A), 유라실(U), 사이토신(C), 구아닌(G)으로만 이루어진 인공 mRNA를 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

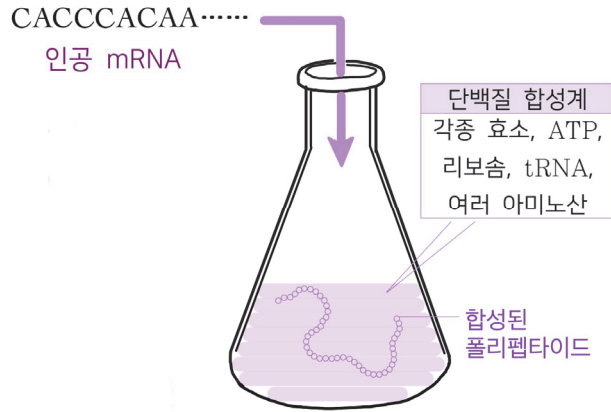
5'...CAA/CAA/CAA/CAA/...3'

어느 염기부터 번역을 시작하느냐에 따라 생성되는 폴리펩타이드의 아미노산 조성이 달라진다.

### ① 유전자와 단백질의 관계

#### [실험 과정 2]

1. 대장균으로부터 mRNA 이외에 단백질 합성에 필요한 물질(단백질 합성계)을 추출한다.
2. 단백질 합성계에 무작위로 아데닌(A)과 사이토신(C)이 섞인 인공 mRNA를 넣고, 합성되는 폴리펩타이드를 조사한다.



#### [실험 결과 2]

글루타민, 히스티딘, 아스파라진, 프롤린, 트레오닌, 라이신으로 구성된 폴리펩타이드가 합성되었다.

#### [결과 2 해석]

A와 C의 무작위 결합에 의해 6종류의 아미노산이 지정된 것으로 보아, 최소한 염기 3개가 하나의 유전 부호로 작용해야 하는 것을 알 수 있다.

#### [한계]

1종류 or 2종류의 염기를 조합하여 만드는 방식으로는 일부의 유전 부호를 해독할 수 있으나, 염기의 종류가 많아질수록 경우의 수가 복잡하게 나타나서 64종류의 유전부호를 모두 해독하기 어렵다.

#### [해결]

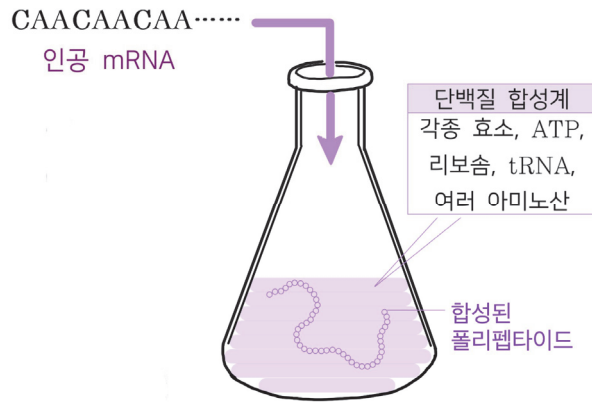
니런버그와 그의 동료들은 위의 한계를 극복하기 위해 3개의 뉴클레오타이드로 구성된 작은 mRNA를 합성하여 리보솜과 각종 효소, tRNA 등이 들어있는 단백질 합성계에 넣고 어떤 아미노산과 결합하는 tRNA가 mRNA와 결합하는지를 분석하여 30여종류의 유전 부호를 해독하였다.

**[Common Sense - RNA 합성 기술의 발달]**

- ① RNA 합성 기술이 발달함에 따라 다양한 염기 서열을 가진 mRNA를 합성할 수 있게 되었다.
- ② 그에 따라 규칙적인 염기 서열을 가진 mRNA로부터 합성되는 폴리펩타이드를 분석할 수 있게 되었다.

**[실험 과정 3]**

1. 대장균으로부터 mRNA 이외에 단백질 합성에 필요한 물질(단백질 합성계)를 추출한다.
2. 단백질 합성계에 각각 5'.....ACACAC.....3', 5'.....CAACAA.....3' 로 염기 서열이 규칙적인 인공 mRNA를 넣고, 합성되는 폴리펩타이드를 조사한다.



**[실험 결과 3]**

염기 서열이 5'.....ACACAC.....3' 인 mRNA를 넣었을 때는 트레오닌과 히스티딘이 반복적으로 나타나는 폴리펩타이드가 생성되었고

염기 서열이 5'.....CAACAA.....3' 인 mRNA를 넣었을 때는 실험에 따라 글루타민, 아스파라진, 트레오닌 중 1가지만 생성된다.

**[결과 3 해석]**

- ㉠ ... ACA or CAC = 트레오닌 or 히스티딘
- ㉡ ... ACA or CAA or AAC = 트레오닌 or 글루타민 or 아스파라진

㉠와 ㉡에서 겹치는 ACA는 트레오닌을 지정함을 알 수 있고 그에 따라 ㉠에서 CAC는 히스티딘을 지정한다는 것을 알 수 있다.

**[실험의 의의]**

이와 같은 방식으로 염기 서열이 단순하지 않은 코돈들을 아미노산과 대응시킬 수 있었고 이러한 방식을 반복하여 64종류의 유전 부호를 모두 해독하였다.

**코돈**

DNA의 3염기 조합에서 전사된 mRNA 상의 3개의 염기로 구성된 유전부호

**코돈의 특징**

세 번째 염기가 같은 퓨린 계열 염기(大)이거나 같은 피리미딘 계열의 염기(小)인 경우 지정하는 아미노산이 동일하다.

예를 들어, CAC와 CAU는 지정하는 아미노산이 히스티딘으로 동일하다.



# 2

Theme

## ② 유전자 발현 과정

### [단원 목표]

전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해하고, 모형을 이용하여 유전자 발현 과정을 설명할 수 있다.

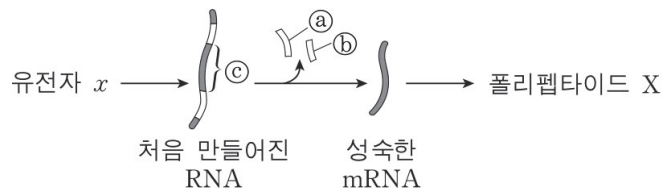
② 유전자 발현 과정

1. 유전자 발현

유전자에 저장된 정보로부터 단백질이 합성되는 과정  
 구성하는 **아미노산의 종류와 배열 순서**에 따라 고유한 입체 구조와 기능을 나타냄

[Common Sense - 아미노산의 종류와 순서]

아미노산의 종류와 순서가 DNA에 담긴 **유전 정보의 핵심**이며, 이러한 아미노산의 종류와 순서(**폴리 펩타이드의 구성**)을 추론하는 문항이 최근 고난도 문항으로 출제되고 있다.



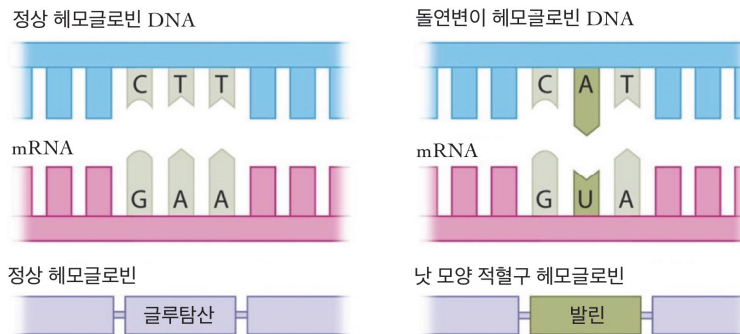
17 수능

- ㉠에는 (가)-아르지닌-(나)-아이소류신 의 아미노산 서열을 암호화하는 코돈이 포함된다.
- X에는 1개의 트레오닌이 있다.

폴리펩타이드 내의 아미노산의 종류와 순서 (단백질의 1차 구조)가 중요한 이유는 **단백질의 기능과 핵심적으로 연관**되어 있기 때문이다.

이를 다른 말로 하면 **“다른 기능을 가지고 있는 단백질은 항상 다른 아미노산 순서”**를 가진다는 것을 내포한다.

또한 단백질 서열에 있어서 하나의 아미노산이 바뀐다면 그에 따라 기능이 상실되거나 기능이 변화되어 **진화의 원동력**이 될 수도 있고, **유전병을 유발**할 수도 있다.

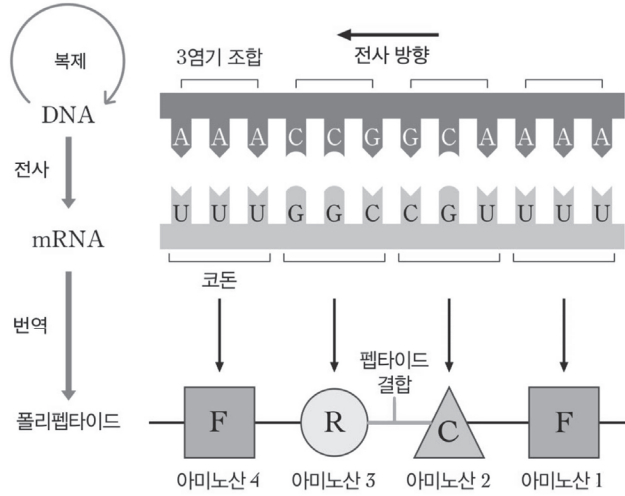


후자에서 나타나는 유전병은 대표적으로 **낮 모양 적혈구 빈혈증**이 있다.

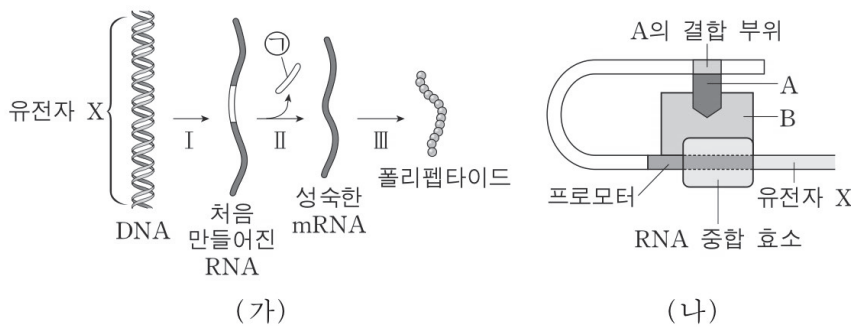
낮 모양 적혈구 빈혈증은 정상 헤모글로빈 유전자에서 1개의 염기쌍이 다른 염기쌍으로 치환되어 **아미노산 중 글루탐산이 발린으로 바뀐 유전병**이며 이러한 단 하나의 아미노산의 변환에 의해 단백질의 모양이 변형되어 그에 따라 나타나는 표현형이 달라질 수 있다는 것이다.

## 2. 유전 정보의 중심 원리

형질이 발현될 때 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되며 이 mRNA가 세포질에서 폴리펩타이드 합성에 관여한다는 **유전 정보의 흐름에 대한 이론**



이와 같은 **유전 정보의 중심원리**(Central dogma)는 다음과 같이 출제되었다.



16학년도 6월 평가원 자료

### [Common Sense] 중심 원리의 예외

#### ① 역전사

RNA로부터 DNA를 합성



이는 유전 물질로 RNA를 갖는 RNA 바이러스 중 일부에서 나타나며 우리 주변에 있는 RNA 바이러스로는 코로나19 바이러스가 있다.

#### ② 프라이온

정상 프라이온이 변형 프라이온과 접촉하게 되면 변형 프라이온이 되며, 이는 형질이 단백질에서 단백질로 전달되는 경우에 속한다.

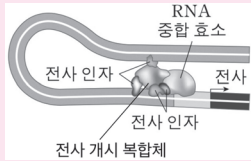


이렇게 생겨난 변형 프라이온에 의해 생겨나는 질병에는 광우병이 있다.

## ② 유전자 발현 과정

### 전사 개시 복합체

전사가 시작될 때, 전사 인자와 RNA 중합 효소가 합쳐진 전사 개시 복합체를 형성하여야 전사를 시작할 수 있다.



### 전사가 일어나는 장소

원핵생물에서는 세포질에서 진행생물에서는 핵 내부에서 일어난다.

### 전사에 사용되는 물질

- DNA 주형 가닥
- RNA 중합 효소
- NTP

### 전사의 방향성

합성되는 RNA 가닥 기준  
5' → 3' 방향

DNA 주형 단일 가닥 기준  
3' → 5' 방향

## 3. 전사

유전 정보의 전달 과정 중 첫 번째

DNA에 저장되어 있던 유전 정보가 RNA로 옮겨지는 과정을 의미한다.

### 1<sup>st</sup> 개시

RNA 중합 효소가 DNA의 특정 염기 서열인 프로모터와 결합해

2중 나선 DNA를 단일 가닥으로 분리한다.

이때, 프로모터에 이상이 있거나 결실되면 개시되지 않는다.

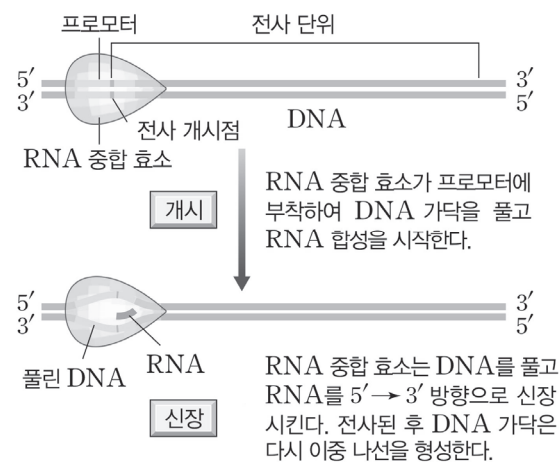
### 2<sup>nd</sup> 신장

RNA 중합 효소가 NTP를 기질로 사용하여 주형 가닥 서열에 상보적인 RNA를 합성한다.

DNA를 풀고 되감는 반응이 일어나며, DNA 복제와 마찬가지로 3'-OH에 리보뉴클레오타이드의 인산이 결합하기에 RNA 합성도 5' → 3' 방향으로 일어난다.

새로운 리보뉴클레오타이드가 들어오면 RNA의 염기와 DNA 주형 가닥의 염기가

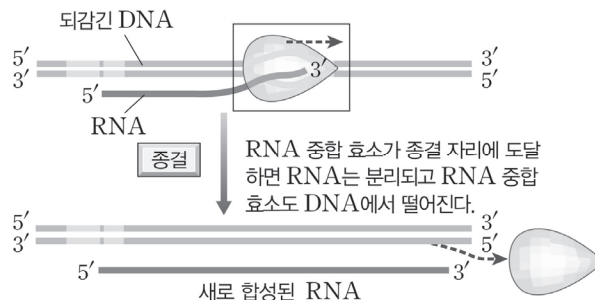
일시적으로 결합하여 염기쌍을 형성하지만, 얼마 지나지 않아 주형 가닥으로부터 분리된다.



### 3<sup>rd</sup> 종결

RNA 중합 효소가 주형 가닥 내 특정 염기 서열인 종결 신호(종결 자리)에 도달하면

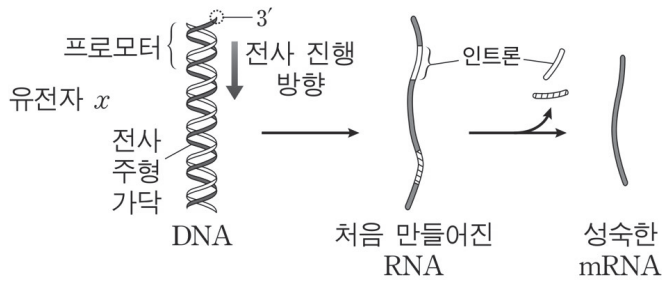
RNA는 분리되고 RNA 중합효소도 DNA에서 떨어진다.



#### 4. 복제와 전사의 비교 대조

##### ㉠ 주형 가닥

DNA 복제는 DNA 두 가닥이 모두 주형이고  
RNA 전사는 DNA 한 가닥이 주형으로 사용된다.



##### ㉡ 프라이머

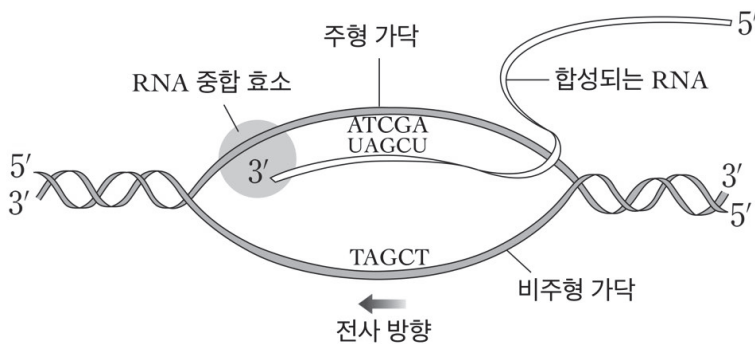
DNA 복제에는 프라이머가 사용되지만  
RNA 전사에는 프라이머가 사용되지 않고, DNA의 특정 염기 서열인 프로모터가 활용된다.

##### ㉢ 염기

DNA가 복제될 때 디옥시리보뉴클레오타이드에서 아데닌(A)과 상보적인 염기로는 타이민(T)이 사용되고 복제 과정에서 프라이머가 존재할 때는 유라실(U)이 프라이머에 존재할 수 있다.

RNA가 전사될 때 리보뉴클레오타이드에서 아데닌(A)과 상보적인 염기로는 염기 타이민(T) 대신 염기 유라실(U)이 사용된다.

즉, 전사가 일어날 때 DNA의 염기 A에 대해 RNA의 염기 U가 상보적으로 결합한다는 것을 의미한다.

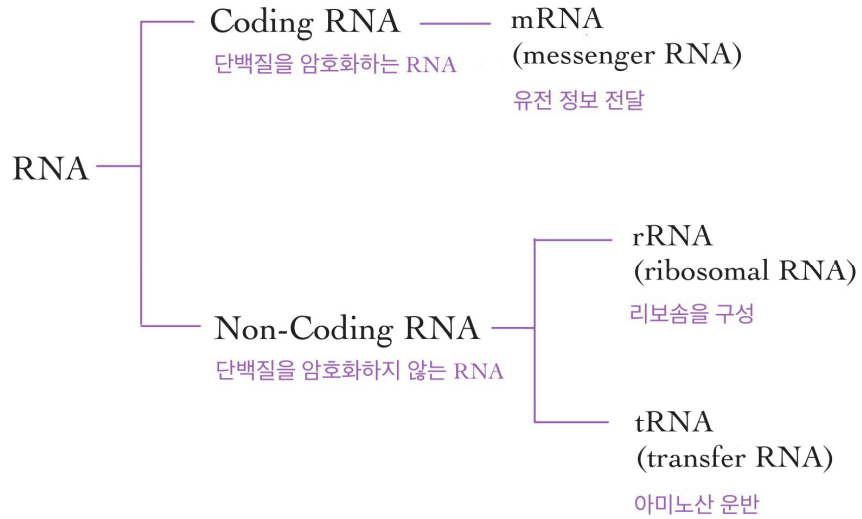


##### ㉣ 효소

DNA 복제에는 DNA 중합효소, 헬리케이스, DNA 연결 효소가 사용되고  
RNA 전사에는 RNA 중합 효소가 사용된다.

② 유전자 발현 과정

5. RNA의 종류



리보솜의 구성

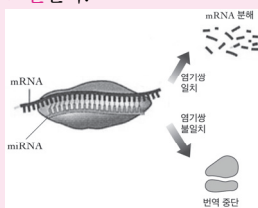
비막 구조(=인지질 2중층 세포막으로 구성되지 않은)의 세포 소기관으로, 단백질과 rRNA로 구성된다.



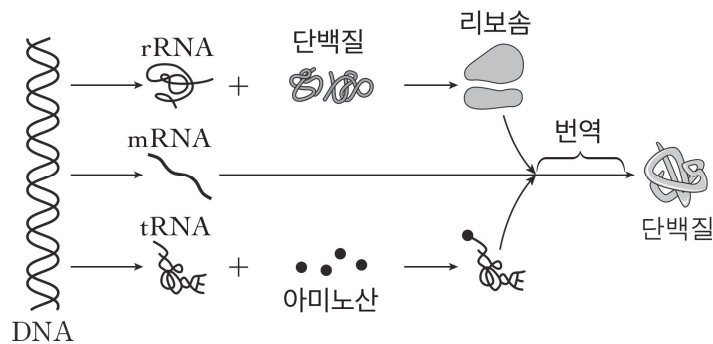
[Common Sense]

소형 RNA

단백질과 결합하여 복합체를 형성할 수 있고 mRNA를 분해하거나 mRNA의 번역을 중단시켜 단백질 합성을 억제하는 등 유전자의 발현을 조절한다.



RNA에는 생명과학2 범위에서 다음과 같이 세 종류의 RNA가 있으며, 추가적으로 유전자 발현 조절에 사용되는 소형 RNA가 있다.



㉠ mRNA(messenger RNA)

DNA의 유전 정보를 세포질 안의 리보솜에 전달하는 RNA이다. 폴리펩타이드 합성 시 리보솜과 결합하여 mRNA-리보솜 복합체를 형성한다. mRNA의 특정 3개 염기로 구성된 코돈은 하나의 아미노산을 지정하기 때문에 단백질을 암호화할 수 있고, 그에 따라 Coding RNA로 분류된다.

㉡ rRNA(ribosomal RNA)

세포 전체 RNA의 대부분을 차지하며, 이름에서 알 수 있듯이 리보솜을 구성하는 RNA이다. 이는 대부분 핵 속의 인에서 전사되며, 단백질과 결합하여 리보솜의 각 단위체(소단위체와 대단위체)가 만들어진 후 세포질로 이동한다.

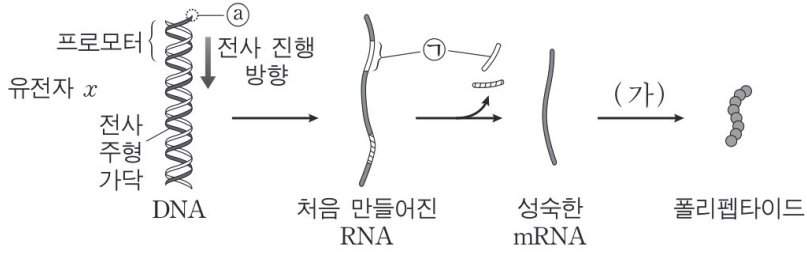
㉢ tRNA(transfer RNA)

mRNA와 상보적인 안티코돈을 가지고 있어 mRNA의 코돈에 대응하는 특정 아미노산을 운반하는 RNA이다. 3개의 염기로 된 안티코돈이 있어 mRNA의 코돈과 서로 상보적으로 대응한다. 3' 말단에 아미노산 결합 부위가 존재한다.

위 세 RNA는 모두 DNA에서 전사되며, 번역 과정에서 모두 사용된다.

[문제 21]

그림은 진핵 세포에서 유전자  $x$ 가 발현되는 과정을 나타낸 것이다. ㉠은 전사 주형 가닥의 5' 말단과 3' 말단 중 하나이다.



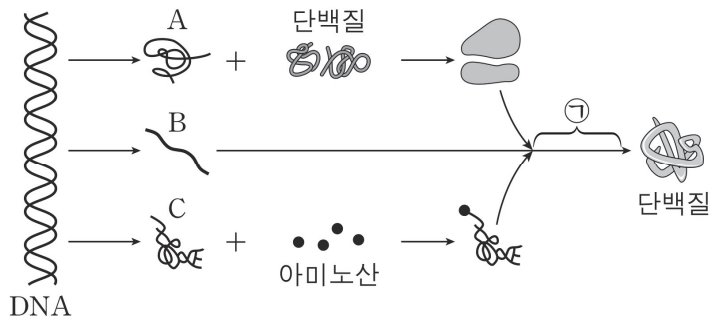
이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

< 보 기 >

- ㄱ. ㉠은 전사 주형 가닥의 3' 말단이다.
- ㄴ. ㉡은 폴리펩타이드로 번역된다.
- ㄷ. 과정 (가)에 리보솜과 tRNA가 모두 필요하다.

[문제 22]

그림은 유전자가 발현되는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 각각 tRNA, rRNA, mRNA 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오.

< 보 기 >

- ㄱ. A는 tRNA이다.
- ㄴ. B는 단백질 합성 정보를 전달한다.
- ㄷ. C의 5' 말단에 아미노산 결합 부위가 존재한다.
- ㄹ. ㉠은 번역 단계이다.

② 유전자 발현 과정

[문제 21] 답. ㄱ, ㄷ

[해설]

- ㄱ. 전사 진행 방향을 통해, ㉠가 전사 주형 가닥의 3' 말단을 파악할 수 있다. (O)
- ㄴ. ㉡은 인트론으로 폴리펩타이드로 번역되지 않는다. (X)
- ㄷ. (가)와 같은 번역 과정에는 리보솜과 mRNA, tRNA, rRNA가 사용된다. (O)

[문제 22] 답. ㄴ, ㄹ

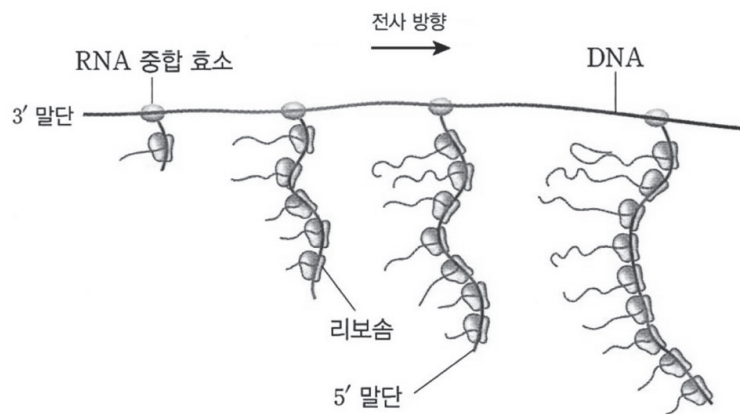
[해설]

A는 rRNA, B는 mRNA, C는 tRNA이다.

[선지 해제]

- ㄱ. 리보솜을 구성하는 RNA는 rRNA이다. (X)
- ㄴ. B는 단백질 합성 정보를 전달하는 mRNA이다. (O)
- ㄷ. tRNA의 3' 말단에 아미노산 결합 부위가 존재한다. (X)
- ㄹ. mRNA, tRNA, rRNA를 이용하여 폴리펩타이드를 합성하는 과정은 번역이다. (O)

6. 원핵세포에서의 유전자 발현 과정



진핵세포에서는 전사가 핵 내부에서 일어난 후 핵공을 통해 빠져나온 RNA를 이용해 세포질에서 번역이 일어나는 반면 원핵세포에서는 mRNA가 주형 가닥으로부터 떨어져 나오는 순간부터 번역이 진행된다.

즉, 진핵세포에서는 전사와 번역이 일어나는 장소가 이중막(핵막)에 의해 명확히 구분되지만 원핵세포에서는 전사와 번역이 일어나는 장소가 세포질로 동일하다.



# 2

## Theme

### ④ 진핵생물의 유전자 발현 조절

#### [단원 목표]

진핵생물의 발생과 세포 분화에서 유전자 발현 조절 과정을 설명할 수 있다.

④ 진핵생물의 유전자 발현 조절

1. 진핵생물의 유전자 발현 조절

진핵생물에서는 원핵생물에 비해 유전체 크기도 크고 유전자 수가 상대적으로 많다. 또한 유전자마다 발현되는 정도가 세포의 종류나 발현 시기 등에 따라 다양하여 원핵생물에 비해 **정교하고 복잡한 유전자 발현 조절 과정**을 거친다.

진핵생물의 유전자 발현 전 과정을 한 그림으로 나타내면 다음과 같다.

**전사 후 조절**

1차적으로 합성된 RNA를 가공하여 유전자 발현을 조절한다.

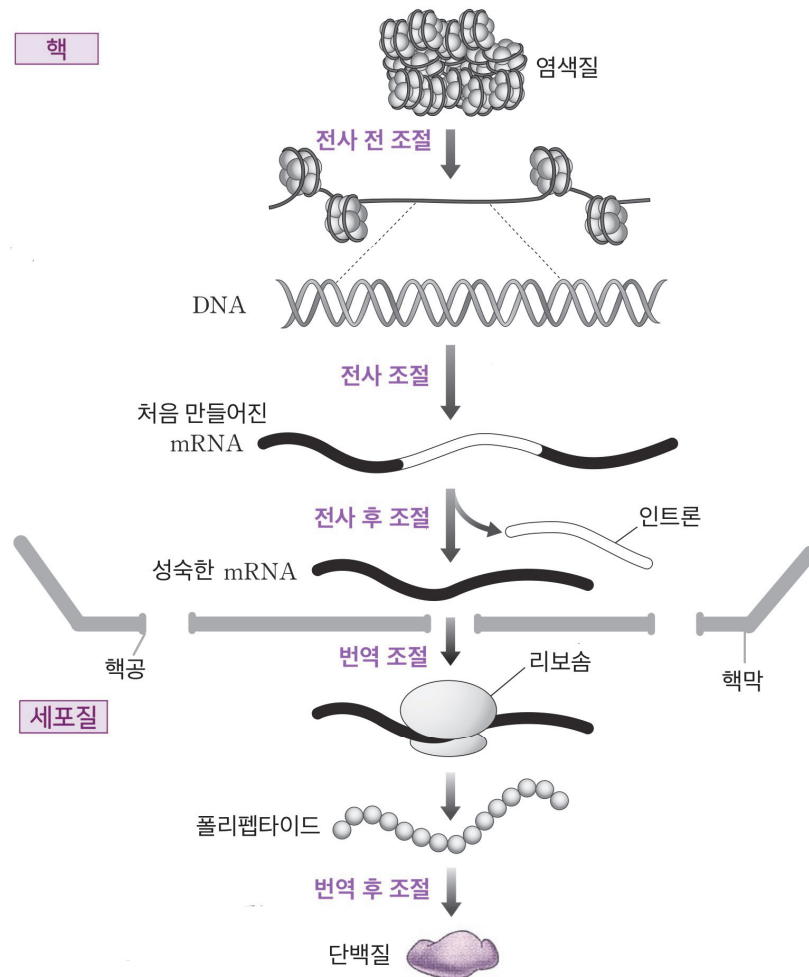
전사 후 조절까지는 핵 내부에서 일어나는 것에 유의하자.

**번역 조절**

mRNA의 분해 속도를 조절하거나 번역의 개시 단계를 조절하여 촉진하거나 억제한다.

**번역 후 조절**

단백질 1차 구조(폴리펩타이드)가 접혀 입체 구조가 되는 과정을 조절하여 형질을 발현시키거나 필요하지 않은 상황에서 단백질을 분해시킨다.

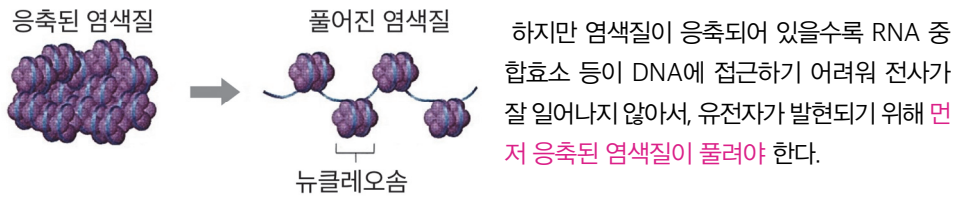


## 2. 전사 전 조절

염색질의 응축 정도를 변화시켜 유전자 발현을 조절한다.

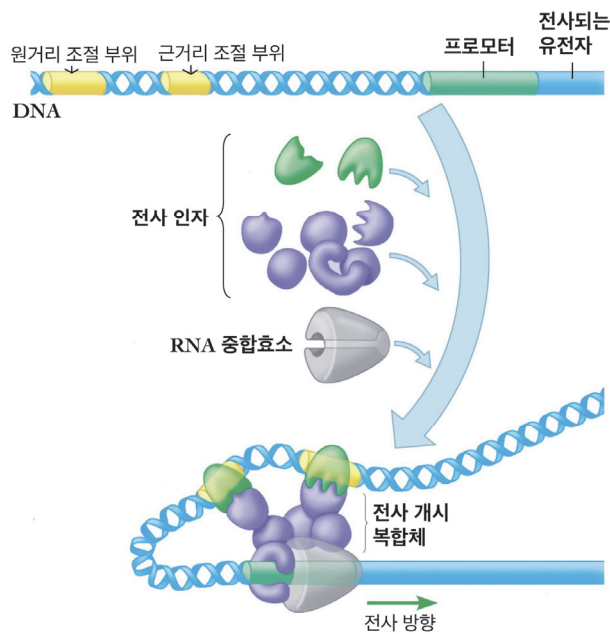
진핵생물의 핵 속에서 DNA는 굉장히 길고 유전자 수가 많아 히스톤 단백질을 감아 뉴클레오솜 상태로 있으며, 유전자의 발현이 일어나지 않는 정상시에는 **수많은 뉴클레오솜이 응축되어 있는 염색질 상태로 존재한다.**

유전자가 발현되기 위해서는 **DNA의 프로모터에 RNA 중합효소, 여러 전사 인자, 보조하는 단백질로 구성된 전사 개시 복합체가 결합해야 한다.**



## 3. 전사 조절

다양한 전사 인자가 **RNA 중합 효소의 전사 개시의 촉진, 전사 개시의 억제, 전사 속도 등에 영향을 미친다.** 여러 유전자가 집단으로 존재하는 원핵생물의 오페론과 달리 진핵생물의 DNA에는 전사되는 유전자마다 독자적인 프로모터가 존재한다. 다만 원핵생물은 독자적으로 RNA 중합효소가 프로모터에 결합하지만, 진핵생물은 다양한 전사 인자의 도움을 받아 프로모터에 결합한다.



④ 진핵생물의 유전자 발현 조절

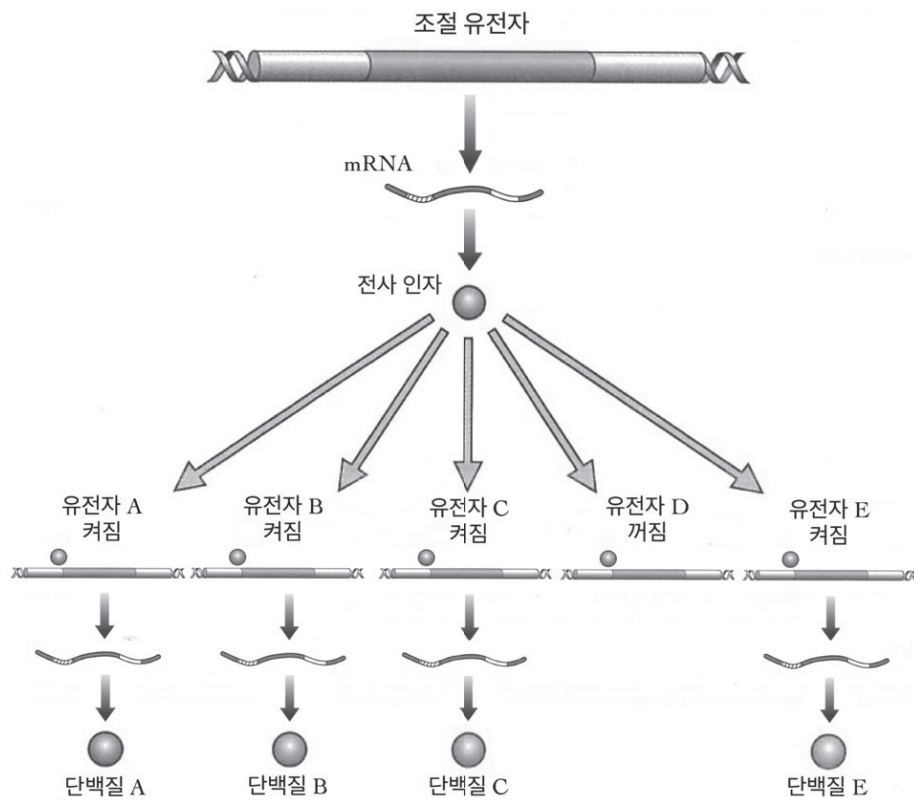
① 전사 인자 결합 부위(전사 인자 결합 부위)

전사 인자가 결합하는 DNA의 특정 부위이며, 프로모터와의 상대적 거리에 따라 근거리 전사 인자 결합 부위와 원거리 전사 인자 결합 부위로 나뉜다.

② 전사 인자

조절 부위에 결합하여 전사 개시 복합체 형성에 관여하는 단백질이다.

크게 RNA 중합효소의 결합이나 활성을 자극하여 전사 개시를 촉진하는 전사 촉진 인자와 전사 촉진 인자 혹은 RNA 중합 효소의 결합을 방해하여 전사를 억제하는 전사 억제 인자가 있다.



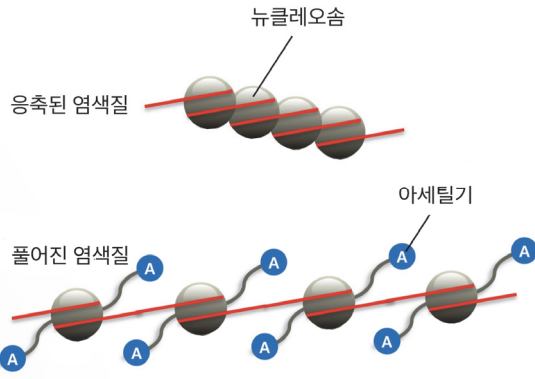
[Common Sense - 염색질의 구조 변화 조절]

① 아세틸레이션

전사 전 조절은 진핵생물에서 일어나는 유전자 발현 조절의 첫 시작이다.

이는 특정 유전자의 발현이 필요할 때, 염색질의 구조가 벌어지게 하고 유전자의 발현이 충분히 일어나면, 다시 염색질이 응축되게 하는 스위치가 존재한다는 것이다.

유전자 발현의 스위치를 켜는 역할 즉, 응축된 염색질을 푸는 건 아세틸기에 의해 일어난다. 우리 몸의 DNA는 인산-당 골격을 가져서 자체적으로 음극을 띤다. 평소에는 히스톤을 구성하는 아미노산 중 양전하를 띠는 아미노산과 DNA사이의 정전기적 인력에 의해 강



하게 결합해 있지만 특정 히스톤 단백질에 아세틸기(-COCH<sub>3</sub>)가 결합하면 양전하가 중화되고, 그에 따라 위 그림과 같이 히스톤 단백질과 DNA 사이의 인력이 약해지며 염색질이 느슨해진다.

이렇게 히스톤 단백질에 아세틸기가 결합하는 것을 히스톤 아세틸레이션이라고 한다.

반대로 히스톤 단백질에서 아세틸기가 떨어져 나가는 것을 히스톤 디아세틸레이션이라고 하는데 아세틸레이션이 일어나면 염색질이 풀려 유전자의 발현이 일어날 수 있게 되며, 디아세틸레이션이 일어나면 스위치가 꺼지고 염색질이 다시 응축된다.

② 메틸레이션

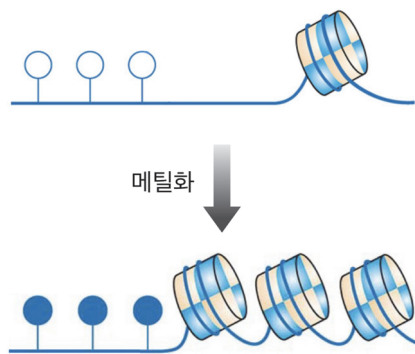
DNA와 메틸기(-CH<sub>3</sub>)가 결합하면 DNA 메틸레이션

히스톤 단백질과 메틸기(-CH<sub>3</sub>)가 결합하면 히스톤 메틸레이션이라고 한다.

두 경우 모두 유전자 발현을 조절할 수 있다. 앞의 표현으로 하면 모두 스위치를 끌 수 있다는 것이다.

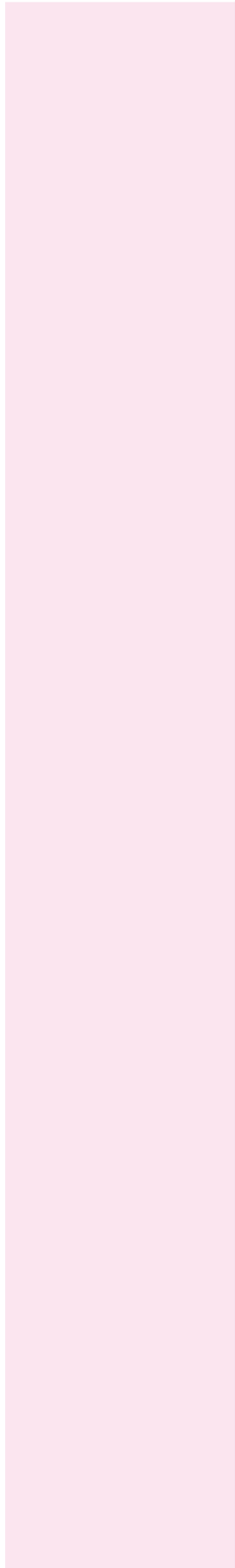
대표적인 예로는 바소체가 있다.

포유류의 암컷은 2개의 X 염색체를 가지고 수컷은 1개의 X 염색체를 가진다. 만약 X염색체에 관련된 유전자가 모두 활성을 나타낸다면, 그에 따른 유전자 발현량이 여성이 남성에 비해 2배로 나타날 것이고, 이는 생명에 치명적인 영향을 끼칠 수 있다.



따라서 포유류의 X염색체 중 하나는 영구적으로 불활성화되어 있는데, 이렇게 고도로 메틸화되어 응축됨에 따라 불활성화를 나타내는 X염색체를 바소체라고 한다.

④ 진핵생물의 유전자 발현 조절



**N**제

---

Re:view

1 다음은 특정 아미노산을 암호화하는 코돈을 알아보기 위한 실험이다.

**[실험 과정]**

- (가) 12개의 뉴클레오타이드로 구성된 mRNA를 합성한다. 이 mRNA의 염기 서열은 5'-ACAACAACAACA-3'이다.
- (나) 단백질 합성에 필요한 성분들이 포함된 단백질 합성계에 (가)의 mRNA를 넣고 폴리펩타이드 I~III을 합성한다.
- (다) 합성된 폴리펩타이드 I~III의 아미노산 서열을 각각 분석한다.

**[실험 결과]**

- 글루타민을 암호화하는 코돈은 CAA이다.
- I~III의 아미노산 서열은 다음과 같다.

폴리펩타이드	아미노산 서열
I	트레오닌-트레오닌-트레오닌-트레오닌
II	글루타민-글루타민-글루타민
III	아스파라진-아스파라진-아스파라진

III에서 아스파라진을 암호화하는 코돈은? (단, 개시 코돈과 종결 코돈은 고려하지 않는다.)

<Schema 복습>

2 다음은 인공 mRNA I~IV와 이를 시험관에서 번역시켜 얻은 폴리펩타이드를 구성하는 아미노산을 나타낸 것이다.

	인공 mRNA	합성된 폴리펩타이드를 구성하는 아미노산
I	5'-A-3'가 반복되는 mRNA	라이신
II	5'-AU-3'가 반복되는 mRNA	㉠, 아이소류신
III	5'-AUA-3'가 반복되는 mRNA	아스파라진, 아이소류신
IV	5'-AUAA-3'가 반복되는 mRNA	라이신, 아스파라진, ㉡

아미노산 ㉠과 ㉡을 지정하는 코돈을 각각 구하시오. (단, 문제에서 제시한 코돈만 고려하며 개시 코돈은 고려하지 않는다.)

<Schema 복습>



3 표 (가)는 폴리펩타이드 I~IV의 아미노산 서열을, (나)는 아미노산의 코돈 중 일부를 나타낸 것이다. (나)에 제시된 코돈의 염기 서열을 이용하여, I~IV를 암호화하는 12개의 뉴클레오타이드로 구성된 모든 mRNA를 합성한다.

폴리펩타이드	아미노산 서열
I	글루탐산-글루탐산-글루탐산
II	아르지닌-아르지닌-아르지닌
III	라이신-라이신-라이신-라이신
IV	아르지닌-글루탐산-아르지닌-글루탐산

(가)

아미노산	코돈
글루탐산	GAA, GAG
아르지닌	AGA, AGG
라이신	AAA, AAG

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 문제에서 제시한 코돈만 고려하며 개시 코돈과 종결 코돈은 고려하지 않는다.)

<보기>

- ㄱ. 5'-AAGAAGAAGAAG-3'의 염기 서열을 갖는 mRNA로부터 I~III이 모두 합성된다.
- ㄴ. 합성된 mRNA 중에서 IV를 암호화할 수 있는 mRNA는 모두 16개이다.
- ㄷ. 폴리펩타이드 I~IV를 암호화하는 mRNA의 주형 가닥의 염기는 모두 퓨린 계열 염기이다.

<Schema 복습>

4 다음은 유전 부호를 알아내기 위한 실험의 일부이다.

[실험 과정 및 결과]

(가) RNA 합성에 사용되는 뉴클레오타이드 중 염기가 유라실(U)과 사이토신(C)인 뉴클레오타이드만을 시험관 I~III에 표와 같은 구성비로 넣은 후 충분히 많은 양의 RNA를 인공적으로 합성한다. RNA가 합성될 때 U와 C는 무작위로 추가된다.

시험관	구성비 (U : C)
I	1 : 1
II	① : 3
III	② : 1

(나) RNA로부터 번역을 가능하게 하는 용액을 I~III에 첨가하여 충분한 시간 동안 폴리펩타이드를 합성시킨다.

(다) (나)에서 생성된 폴리펩타이드를 구성하는 아미노산 수의 상대적인 비는 다음과 같다.

시험관	아미노산	류신	프롤린	페닐알라닌	세린
I		1	1	1	1
II		6	9	4	③
III		6	1	④	6

○ 표는 (나)에서 생성된 폴리펩타이드에 포함된 아미노산을 지정하는 유전부호를 나타낸 것이다. ①과 ②는 각각 페닐알라닌과 세린 중 하나이다.

아미노산	류신	프롤린	①	②
코돈	CUU, CUC	CCU, CCC	UCU, UCC	UUU, UUC

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 개시 코돈과 종결 코돈은 고려하지 않는다.)

<보기>

- ㄱ. (가)에서 ①+②=8 이다.
- ㄴ. (나)의 용액에는 리보솜, mRNA, 아미노산이 포함된다.
- ㄷ. (다)에서 ③+④=42이다.
- ㄹ. 표에서 ①은 페닐알라닌이다.

<Schema 복습>

5 다음은 유전 부호를 알아내기 위한 실험의 일부이다.

[실험 과정 및 결과]

시험관	구성비 (A : C)
I	3 : 1
II	㉠ : 2

(가) RNA 합성에 사용되는 뉴클레오타이드 중 염기가 아데닌(A)과 사이토신(C)인 뉴클레오타이드만을 시험관 I~II에 표와 같은 구성비로 넣은 후 충분히 많은 양의 RNA를 인공적으로 합성한다. RNA가 합성될 때 A와 C는 무작위로 추가된다.

(나) RNA로부터 번역을 가능하게 하는 용액을 I~II에 첨가하여 충분한 시간 동안 폴리펩타이드를 합성시킨다.

(다) (나)에서 생성된 폴리펩타이드를 구성하는 아미노산 수의 상대적인 비는 다음과 같다.

아미노산 시험관	히스티딘	라이신	아스파라진	글루타민	트레오닌	프롤린
I	3	27	9	9	㉡	4
II	4	1	2	2	㉢	㉣

○ 표는 (나)에서 생성된 폴리펩타이드에 포함된 아미노산을 지정하는 유전암호를 나타낸 것이다.

아미노산	글루타민	아스파라진	트레오닌	라이신	㉤	㉥
코돈	CAA	?	ACC ACA	?	CAC	CCC CCA

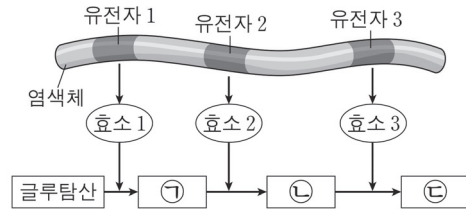
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르시오. (단, 개시 코돈과 종결 코돈은 고려하지 않는다.)

<보기>

- ㄱ. ㉠+㉡+㉢+㉣=30 이다.
- ㄴ. ㉥는 프롤린이다.
- ㄷ. (나)에서 아스파라진을 지정하는 코돈은 AAC이다.

<Schema 복습>

6 그림은 붉은빵곰팡이에서 물질 ㉦이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지와 최소 배지에 첨가된 물질에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I~III의 성장 여부를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 각각 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 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 일어난 것이다.)

<보기>

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

<Schema 복습>

---

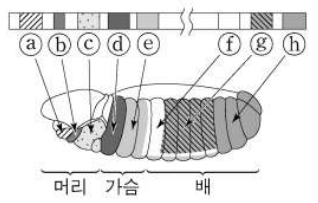
**Theme +**  
진핵생물의 유전자 발현 조절 [New Trend]

# 1.

## 혹스 유전자

다음은 초파리의 혹스(호미오) 유전자에 대한 자료이다.

- 그림은 초파리의 3번 염색체에 있는 혹스 유전자 ①~⑧와 초파리 배아에서 각 유전자의 발현 부위를 나타낸 것이다.



염색체에 있는 혹스 유전자

배아에서의 혹스 유전자 발현 부위

- ⑤는 *Antp* 유전자이고, *Antp* 단백질을 암호화한다. ⑤는 초파리 배아의 머리 체절에서는 발현되지 않고 가슴 체절에서는 발현된다.

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

<보 기>

- ㄱ. *Antp* 단백질은 전사 인자이다.
- ㄴ. 초파리 배아에서 머리 체절 부위의 세포에는 ⑤가 있다.
- ㄷ. 혹스 유전자는 각 체절에서 만들어질 기관을 결정하는 데 관여한다.

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

**[Comment 1] 흑스 유전자**

발생 그리고 흑스 유전자에 대한 심층적인 개념을 질문하는 문항이 출제될 수 있다. 이때 흑스 유전자에 대한 교과 개념은 5종 교과서 모두에 있어 기본적으로 알고 있어야 한다.

① 전사 인자

흑스 유전자로부터 발현되는 단백질은 전사 인자이다.

② 형태 형성

흑스 유전자는 각 체절에 만들어질 기관을 결정하는 핵심 조절 유전자로 작용한다

③ 염색체와 유전자의 관계

흑스 유전자들은 모두 하나의 염색체에 연관되어 있다.

**[Comment 2] 선지 판단**

- ㄱ. 흑스 유전자가 암호화하는 단백질은 전사 인자이다. (○)
- ㄴ. 초파리 배아의 각 체절을 구성하는 세포는 유전자 구성이 같으므로 초파리 배아에서 머리 체절 부위의 세포에는 ⑤가 있다. (○)
- ㄷ. 흑스 유전자는 각 체절에서 형성되는 기관을 결정하는 데 관여한다. (○)

답은 ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.