

<비들과 테이텀의 붉은빵곰팡이 실험>

- 1유전자 1효소설

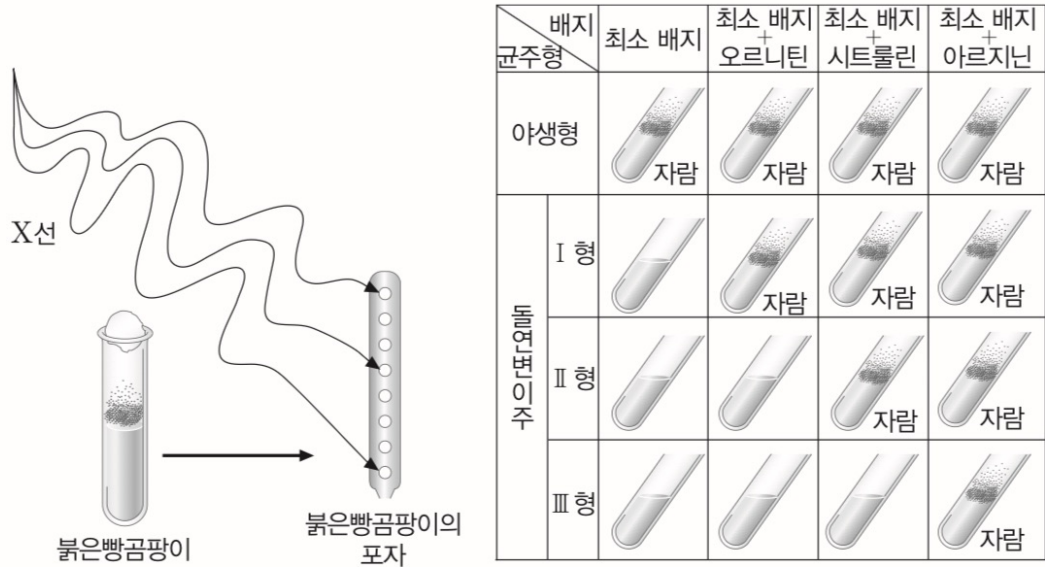
탐구자료 살펴보기

붉은빵곰팡이를 이용한 유전자와 효소 관계 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 X선을 쬔여 세 가지의 영양 요구성 돌연변이주 I ~Ⅲ형을 만들었다.
- (나) 최소 배지와 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌 중 하나를 첨가한 각각의 배지에서 붉은빵곰팡이 야생형 과 영양 요구성 돌연변이주 I, Ⅱ, Ⅲ형의 성장 여부를 확인하였다.



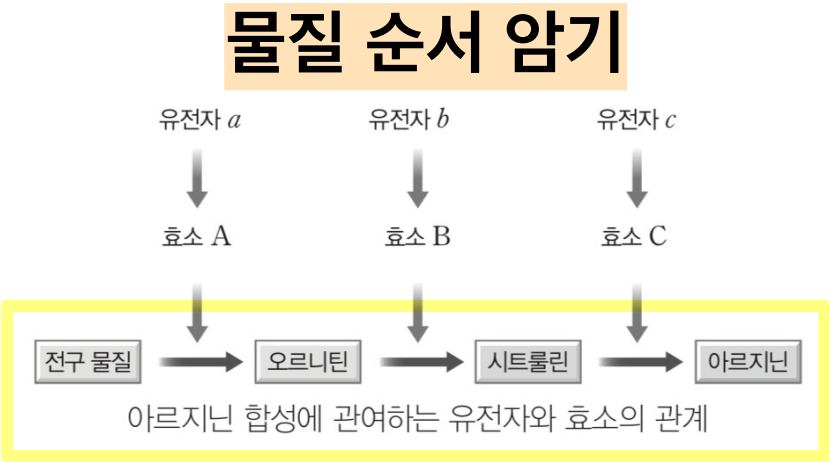
결과

- 야생형은 최소 배지, 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌이 각각 첨가된 배지에서 자랐다.
- 돌연변이주 I 형은 최소 배지에 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌이 각각 첨가된 배지에서 자랐다.
- 돌연변이주 Ⅱ 형은 최소 배지에 시트룰린, 아르지닌이 각각 첨가된 배지에서 자랐다.
- 돌연변이주 Ⅲ 형은 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 Ⅲ형은 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.



실험 요약:

- 전구 물질에서 출발하여 **아르지닌까지 도달해야 성장**할 수 있음.
- 총 **3단계**인데, 각 단계에 촉매 작용하는 **효소 A, B, C** 중 어떤 것 하나라도 **고장나면** 아르지닌에 도달할 수 없다(성장할 수 없다).
- 전구 물질에 **중간 물질을 다르게 첨가**하여 **여러 시험관을 준비**하고, **성장 여부(아르지닌 존재 여부)로 효소의 고장 여부를 확인**, **어떤 유전자에 돌연변이가 일어났는지를 확인**함.

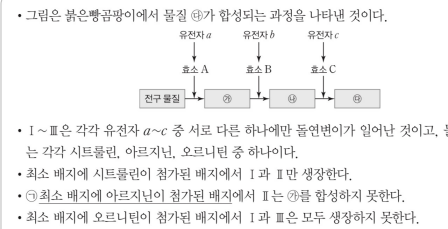
02 그림은 붉은빵곰팡이에서 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 붉은빵곰팡이의 야생형과 돌연변이주 I ~Ⅲ을 최소 배지 X와 X에 시트룰린, 아르지닌, 오르니틴이 각각 첨가된 배지에서 배양하였을 때 생장이 일어나는 균주를 나타낸 것이다. I ~Ⅲ은 각각 유전자 $a \sim c$ 중 하나에만 돌연변이가 일어난 것이며, ㉠~㉢은 각각 시트룰린, 아르지닌, 오르니틴 중 하나이다.

유전자	배지	생장이 일어나는 균주
유전자 a	최소 배지	아생형
유전자 b	최소 배지 + 시트룰린	I, II, 아생형
유전자 c	최소 배지 + 아르지닌	II, 아생형
	최소 배지 + 오르니틴	I, II, III, 아생형

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

- (보기)
- ㉠은 오르니틴이다.
 - ㉡는 b 에 돌연변이가 일어난 것이다.
 - 'X + ㉢' 배지의 Ⅲ에서 ㉢이 합성된다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 다음은 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I ~Ⅲ의 성장에 대한 자료이다.



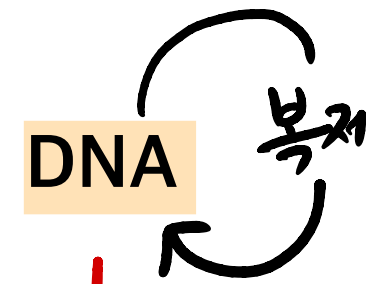
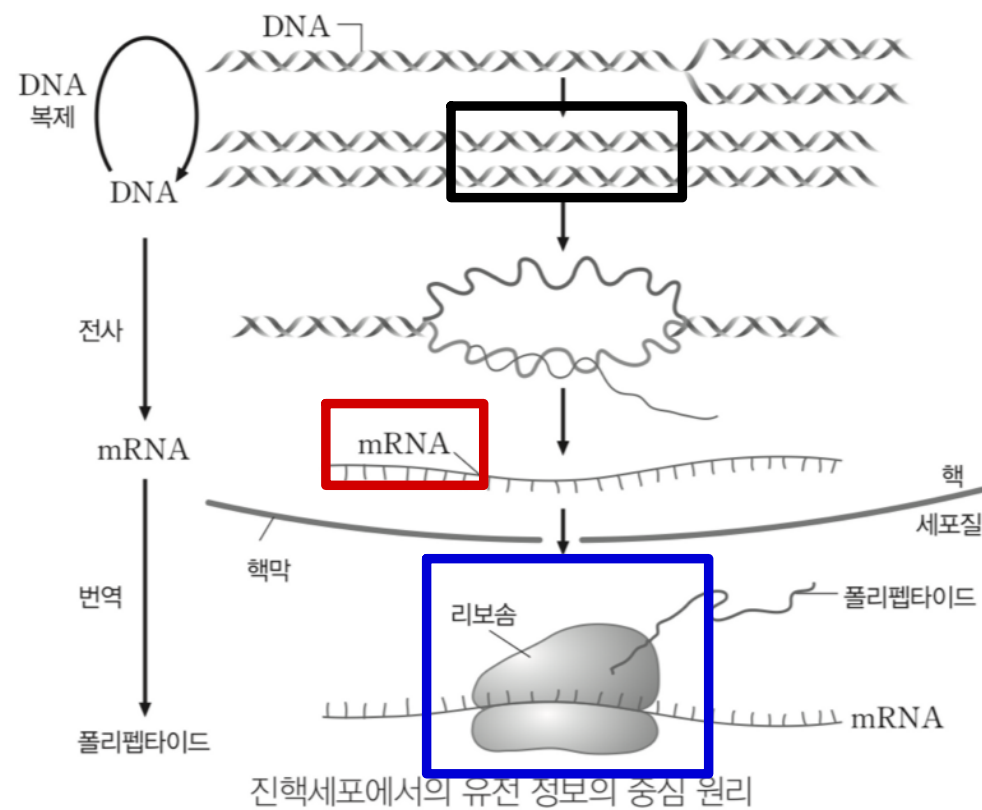
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 돌연변이 이외의 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- (보기)
- ㉠은 오르니틴이다.
 - ㉡에서 Ⅱ는 성장한다.
 - Ⅲ에서 효소 B가 합성된다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

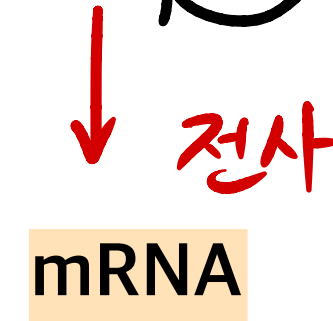
<생물의 중심원리>

(2) 중심 원리

- ① 유전 물질인 DNA는 복제되며, 형질이 발현될 때 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되고, 이 mRNA가 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.



- 헬리케이스
- RNA 프라이머
- DNA 중합 효소
- DNA 연결 효소



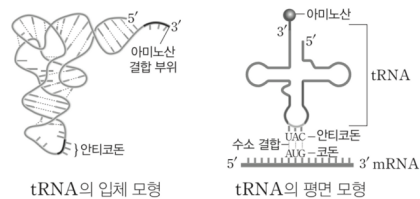
- 프로모터(=부위)
- RNA 중합 효소
- 종결 '부위'

- 리보솜
- 개시 '코돈'
- 종결 '코돈'
- 방출 인자

단백질
(폴리펩타이드)

(2) 폴리펩타이드 합성 기구

- ① mRNA: 폴리펩타이드 합성 시 리보솜과 결합하여 mRNA-리보솜 복합체를 형성한다. 3개의 염기로 된 코돈은 하나의 아미노산을 지정하며, 종결 코돈은 아미노산을 지정하지 않는다.
- ② tRNA: 3개의 염기로 된 안티코돈이 있어 mRNA의 코돈과 서로 상보적으로 대응하고, 안티코돈에 따라 특정 아미노산이 3' 말단의 아미노산 결합 부위에 결합된다.



③ 리보솜

- rRNA(리보솜 RNA)와 단백질로 이루어져 있으며, mRNA에 저장되어 있는 유전 정보에 따라 폴리펩타이드를 합성한다.
- 진핵생물의 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.

*RNA의 3종류

1. mRNA: messenger = 전사된 결과물. 유전 정보를 지닌 RNA. 코돈

2. tRNA: transfer = 번역 과정에서 아미노산을 유전 정보(암호)에 맞게 운반하는 RNA. 안티코돈

3. rRNA: ribosome = 리보솜 본체를 구성하는 RNA

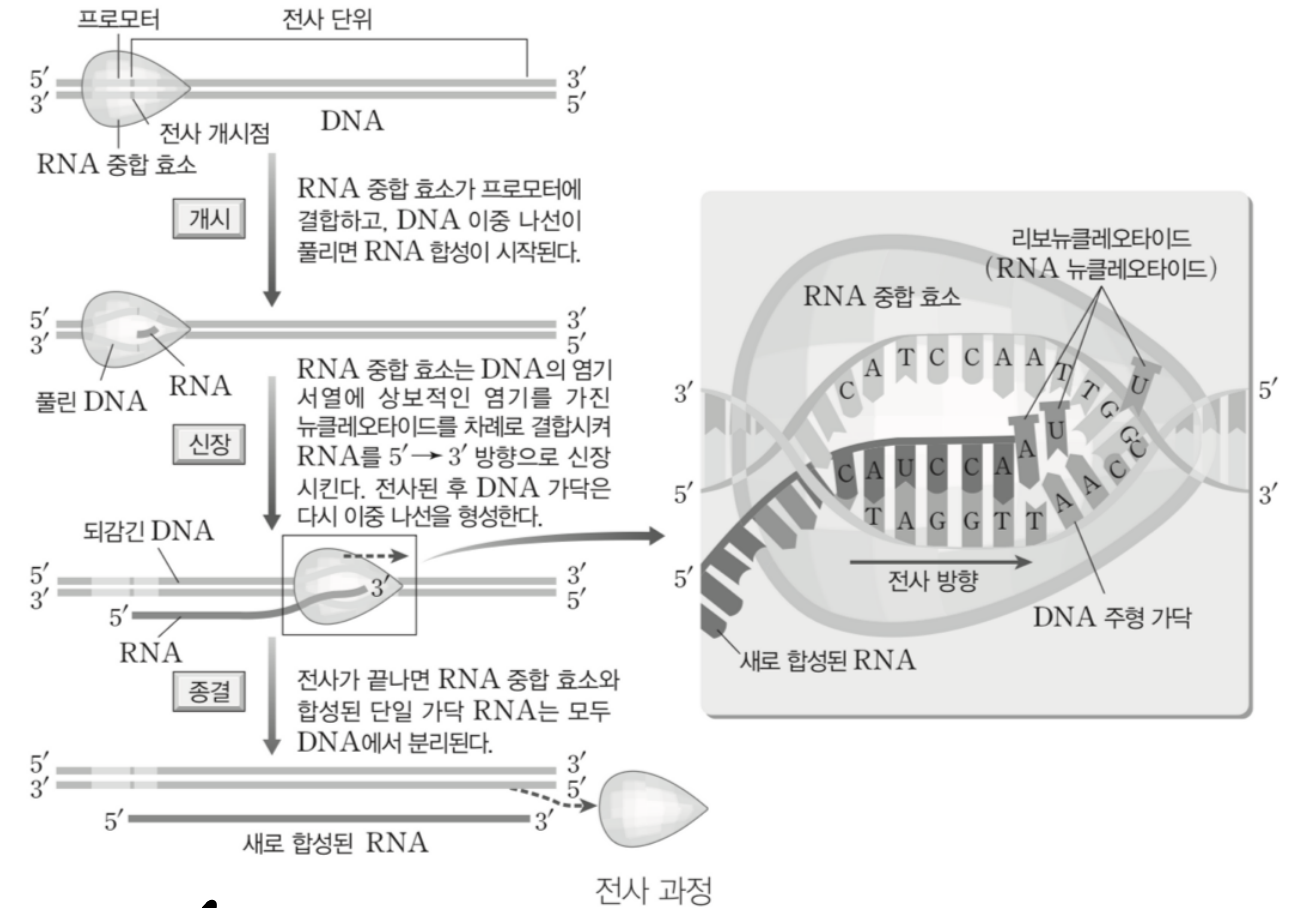
<전사>

3 전사

(1) **유전 정보의 전사**: 유전자 발현의 첫 단계로 DNA에 저장되어 있던 유전 정보가 RNA로 옮겨지는 과정이다.

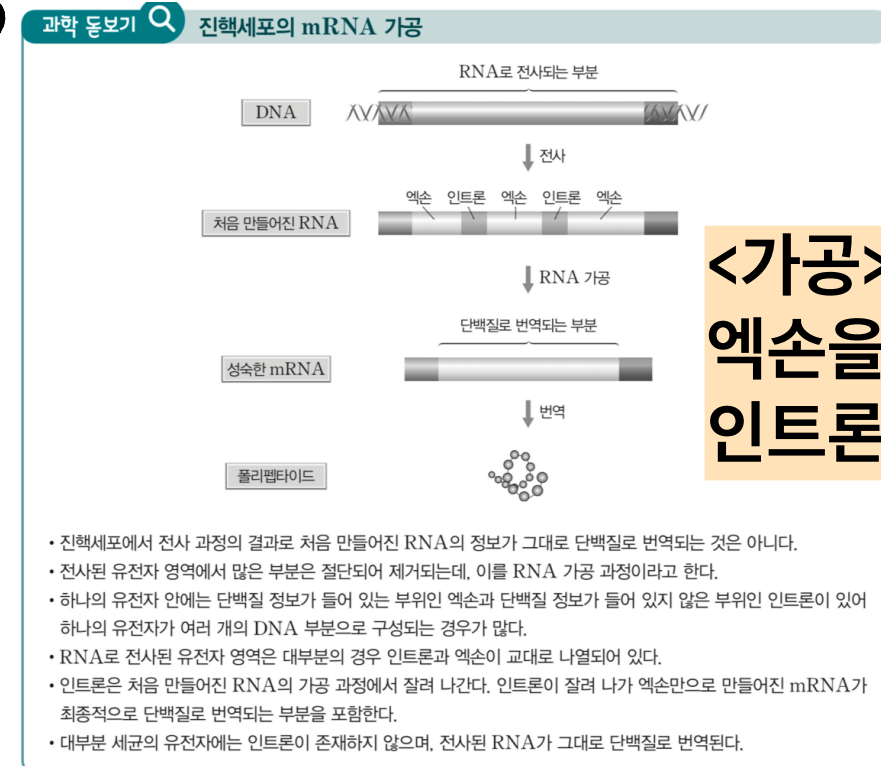
(2) **전사 과정** 복제와 다르게 **RNA 중합 효소가 모든 일을 다 해낸다.**

- ① **개시**: 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하고 DNA의 이중 나선이 풀리면, 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.



RNA 중합 효소가

1. 주형 DNA 가닥의 **프로모터**(시작 부위)에 **결합**하면
2. DNA를 풀어가며(복제에서는 헬리케이스의 역할)
3. 새로운 mRNA 가닥 기준 5' → 3' = 주형 DNA 가닥 기준 3' → 5' [역평행 구조]으로 **신장**(늘어남).
4. **종결 신호**(종결 부위)에 **도달**하면 전사 종결.



전사가 다 끝난 후,
불필요 부분(=인트론)을 잘라내는 <가공> 과정
= 스플라이싱, Splicing.

<반역>

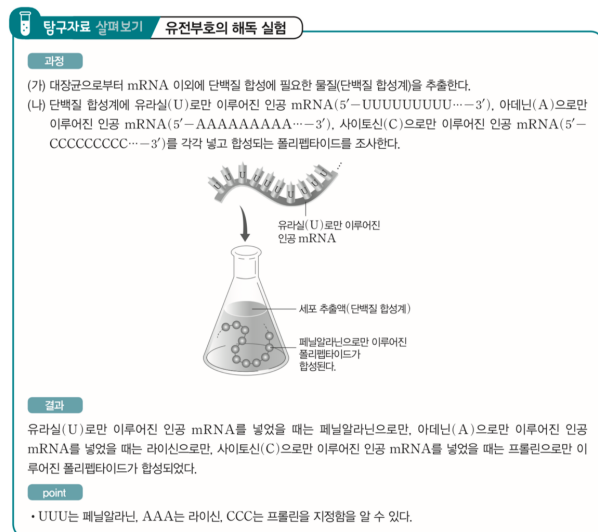
1. 니런버그의 실험

처음에는 염기 하나씩만 넣어보다가
두 개씩, 세 개씩
노가다 뛰었더니
코돈표가 완성되더라.

2. 리보솜의 구조

(번역[=단백질 합성]은 by 리보솜)

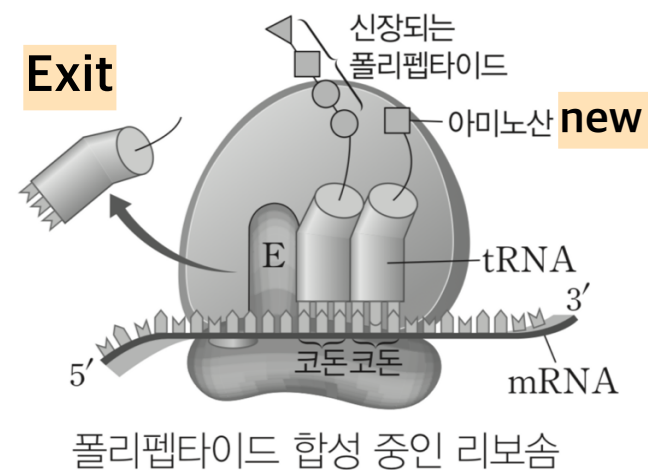
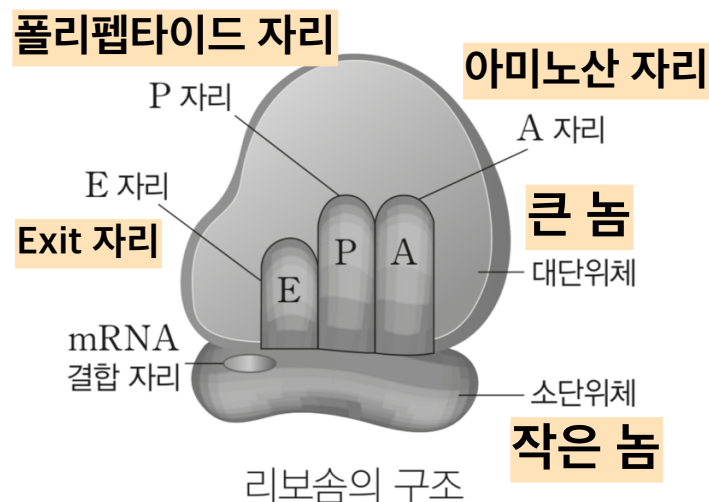
리보솜은
mRNA의
5' -> 3' 방향으로 이동
하면서 번역 진행



과락 동보기 코돈표

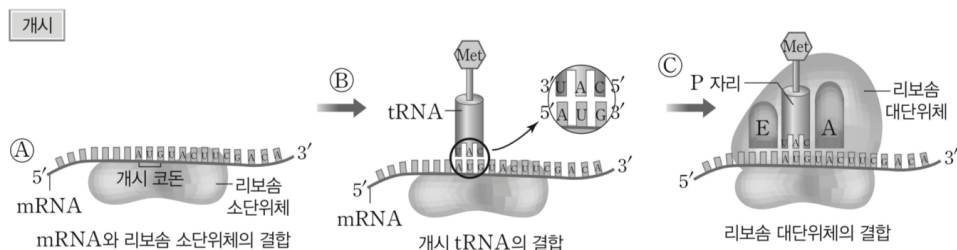
		두 번째 염기													
		U			C			A			G				
첫 번째 염기	U	UUU UUC	페닐알라닌	UCU UCC UCA UCG	세린	UAU UAC	타이로신	UGU UGC	시스테인	UUA UAA	중결 코돈	UGA UGG	중결 코돈	U C A G	
	C	CUU CUC CUA CUG	류신	CCU CCC CCA CCG	프롤린	CAU CAC CAA CAG	히스티딘	CGU CGC CGA CGG	아르기닌	UAU AUA	중결 코돈	AGU AGC AGA AGG	세린	U C A G	세 번째 염기
	A	AUU AUC AUA AUG	아이소류신	ACU ACC ACA ACG	트레오닌	AAU AAC AAA AAG	아사파라긴	AGU AGC AGA AGG	아르기닌	GUU GUC GUA GUG	발린	GCU GCC GCA GCG	알라닌	U C A G	
	G													U C A G	

• 유전부호는 세로에서 위에서 아래까지 자기의 상의 거의 모든 생체에서 동일하게 사용된다.

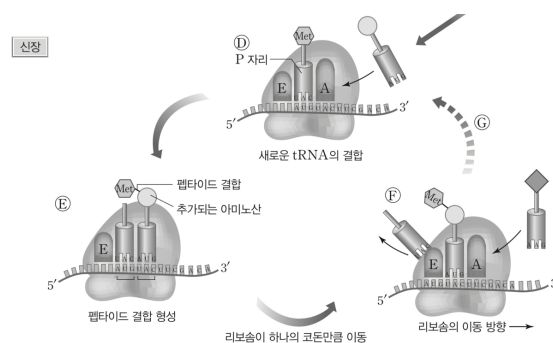


3. 번역 과정

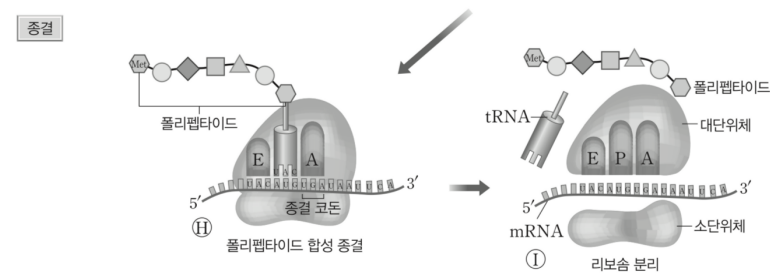
- ① 개시
- Ⓐ mRNA와 리보솜 소단위체가 결합한다.
 - Ⓑ 개시 tRNA의 결합: mRNA의 개시 코돈(AUG)에 메싸이오닌(Met)이 붙어 있는 개시 tRNA가 결합한다.
 - Ⓒ 리보솜 대단위체 결합: 리보솜 대단위체가 결합하여 완전한 리보솜을 만든다. 이때 개시 tRNA는 리보솜 대단위체의 P 자리에 위치한다.



- 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.
 - ㉣ ㉠~㉢ 과정이 반복되면서 폴리펩타이드 사슬의 길이가 길어진다.



- ### ③ 종결
- ④ 폴리펩타이드 합성 종결: 리보솜의 A 자리가 mRNA의 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)에 이르면 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA가 없어 폴리펩타이드 합성이 종결된다.
- ① 리보솜 분리: 폴리펩타이드 합성이 종결되면 리보솜은 각각의 단위체로 분리되고, mRNA, tRNA도 분리되면서 만들어진 폴리펩타이드 사슬이 방출된다.



1. 소단위체에
2. mRNA가 결합
3. 개시 tRNA가 첫 아미노산인 메싸이오닌을 **개시 코돈** 위치를 찾아서 데려옴. 그리고 동시에 리보솜의 **P 자리**로 위치 조정.
4. 대단위체 뚜껑 닫기

1. A 자리에 새로운 아미노산 진입 by tRNA
2. <기존 폴리펩타이드>와 <새로운 아미노산> 사이에 **폴리펩타이드 결합** 형성.
3. <기존 폴리펩타이드>의 tRNA는 역할을 다했으니 내보내기 위해, <아미노산이 방금 하나 더 추가된 폴리펩타이드>와 <P 자리의 tRNA> **분리**.
4. **코돈 한 칸 이동**. P 자리(머리 잘린) tRNA는 E 자리로 이동되어 방출.
5. [1.]부터 반복. 폴리펩타이드를 신장함(늘어나게 함).

1. **종결 코돈**에 도달. 새로운 아미노산이 올 수 없음.
2. 번역 종결. 리보솜 단위체 **분리**.
3. 만들어진 폴리펩타이드 **분리, 방출**.