

4.31.

* DNA 합성효소

- 앞에 3'-OH가 있어야 합성을 시작할 수 있음
- 항상 5'→3'으로 합성함

(i) DNA 합성효소 III : 긴 가닥 DNA 합성

5'→3' 합성효소 활성, 3'→5' 핵산말단가수분해효소 활성 지님

(ii) DNA 합성효소 I : 짧은 가닥 DNA 합성, 주로 DNA 수선에 관여

- 큰 소단위체(클레나우 절편): 5'→3' 합성효소 활성, 3'→5' 핵산말단가수분해효소 활성 지님
- 작은 소단위체: 5'→3' 핵산말단가수분해효소 활성 지님

(iii) DNA 합성효소 II : DNA 수선에 관여

5'→3' 합성효소 활성, 3'→5' 핵산말단가수분해효소 활성 지님

7.31.

* DNA 복제 과정

① 개시

- 대장균의 복제원점(oriC : A=T 염기쌍이 풍부)에 DnaA 단백질 결합
 - ATP를 가수분해 하면서 염기쌍 사이의 수소 결합을 끊어 부분적인 단일 가닥을 형성
- DnaC가 DnaB 단백질을 데려옴
 - DnaB(헬리케이스)가 외가닥 DNA에 붙어 5'→3'으로 이동하면서 복제분기점의 염기쌍들을 차례로 외가닥으로 벌림
- SSBP(Single-strand binding protein)가 벌어진 외가닥 DNA에 붙어서 상보 가닥과 다시 염기쌍을 형성하지 못하게 유지함
- 자이레이스(Gyrase)가 이중가닥 DNA를 외가닥으로 벌릴 때 발생하는 양성 초나선의 위상학적 긴장을 해소함

② 진행

(i) 선도가닥(Leading strand) 합성

- RNA 합성효소(리파피신 민감성)나 프라이메이스(DnaG, 리파피신 저항성)가 복제원점에서 10~60 뉴클레오타이드의 짧은 RNA 프라이머를 합성함
- DNA 합성효소 III가 RNA 프라이머의 3'-OH 말단에 붙어서 주형 가닥에 상보적인 염기들을 지속적으로 연결하며 복제를 진행함
 - dNTP의 인산 안하이드라이드 결합이 끊어져서 PP_i가 떨어져 나올 때 방출되는 에너지를 이용해서 염기들이 dNMP 형태로 3'-OH에 차례로 연결됨

(ii) 지연가닥(Lagging strand) 합성

- 프라이메이스(DnaG, 리파피신 저항성)가 적당한 간격으로 RNA 프라이머들을 합성함
 - 복제 기포가 새로 합성될 지연가닥 입장에서 3'→5'으로 벌어지기 때문
- DNA 합성효소 III가 RNA 프라이머 각각의 3'-OH 말단에 붙어서 주형 가닥에 상보적인 염기들을 연결하며 복제를 진행함
 - 5'→3'으로 합성하다가 앞에 있던 RNA 프라이머를 장애물로 만나면 복제를 멈추고 이탈함
 - 오카자키 절편들이 생김

(iii) 오카자키 절편의 연결

- DNA 합성효소 I이 오카자키 절편의 3'-OH 말단에 결합함
 - 앞에 있던 RNA 프라이머 장애물을 5'→3' 핵산말단가수분해효소 활성으로 분해하고, 동시에 5'→3' 합성효소 활성으로 DNA 가닥을 연장함
- RNA 프라이머가 모두 DNA 가닥으로 바뀌면서 노출된 3'-OH 말단과 그 앞에 있던 오카자키 절편의 5' 인산 말단을 리가아제가 서로 연결해 줌

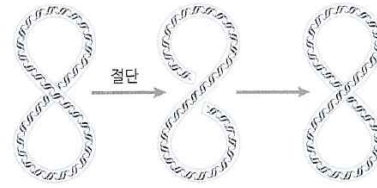
13.30.

* 초나선(Supercoil)

- DNA의 이중나선 코일이 한 번 더 꼬인 구조
 - 일반적으로 세포 속의 DNA들은 꼬이고 뒤틀리면서 응축된 초나선 구조로 발견됨
 - 단위 길이 당 이중나선이 덜 꼬일 경우 → 음성 초나선 발생
 - 단위 길이 당 이중나선이 과하게 꼬일 경우 → 양성 초나선 발생

타입 II 위상이성질화 효소

- 이중가닥 DNA의 두 가닥을 모두 끊었다가 다시 연결해서 L_k를 ±Δ2씩 바꿈
 - ATP 사용
- 위상이성질화 효소 II, IV, 자이레이스



이중가닥을 끊음. 끊어진 다음 가닥을 반대로 넘김. 다시 연결

- 복제가 끝났을 때 두 개의 원형 DNA의 고리가 서로 걸려 있기 때문에 위상이성질화 효소 IV가 두 고리를 떼어 줌

34.37.

* helicase

- 외가닥 DNA에 붙어 한 방향으로 이동하면서 앞에 있는 염기쌍들을 차례로 외가닥으로 벌림
- ATP 사용
 - 대장균에는 5'→3', 3'→5' 헬리케이스가 모두 있음(DnaB : 5'→3' 헬리케이스)

1.

- ㄱ. RNA를 주형으로 cDNA를 합성하는 역전사 효소가 존재한다.
 ㄴ. 인플루엔자 바이러스
 : 숙주세포의 핵에서 바이러스의 RNA replicase를 이용하여 RNA로부터 RNA를 복제한다.

5.

- ① 개시 코돈은 AUG이다. 개시 코돈은 원핵생물에서는 fMet을 지정하고, 진핵생물에서는 Met을 지정한다.
 ③ 유전 암호는 대부분의 생물에서 공통이다. 하지만 모든 생물에서 공통인 것은 아니다. 예를 들면, UAA와 UAG는 대부분의 생물에서 stop codon이지만 질신벌레에서는 Gln을 암호화 한다.

25.

* RNA polymerase

<p>RNA 합성효소 II</p> <ul style="list-style-type: none"> mRNA, miRNA, 스플라이스좀을 이루는 snRNA, rRNA 가공에 관여하는 snoRNA 등을 전사함 진핵생물에서 대부분의 유전자 전사에 관여함
<p>RNA 합성효소 I</p> <ul style="list-style-type: none"> 인에서 전구 rRNA(preribosomal RNA)를 전사함 전구 rRNA는 인에서 가공되어 리보솜을 구성하는 28S, 18S, 5.8S rRNA가 됨
<p>RNA 합성효소 III</p> <ul style="list-style-type: none"> 5S rRNA, tRNA, 스플라이스좀을 이루는 U6 snRNA, SRP를 이루는 7S RNA, 짧은 다양한 RNA들을 전사함 RNA 합성효소 III의 일부 프로모터 서열은 유전자의 암호화 부위 내에 있음
<p>RNA 합성효소 IV & V</p> <ul style="list-style-type: none"> 식물에서 발견되며 siRNA 합성에 관여함

36.42.

	저해제	진정세균	진핵생물
전사	리파마이신(Rifamycin)	○	×
	액티노마이신 D(Actinomycin D)	○	○
	α-아마니틴(α-Amanitin)	×	○
번역	스트렙토마이신(Streptomycin)	○	×
	테트라사이클린(Tetracyclin)	○	×
	클로람페니콜(Chloramphenicol)	○	×
	아니소마이신(Anisomycin)	×	○
	에리트로마이신(Erythromycin)	○	×
	사이클로헥사마이드(Cycloheximide)	×	○
	퓨로마이신(Puromycin)	○	○

40.

- ② 원핵세포에는 5 종류의 DNA 중합 효소(I~V)가 존재한다.
 진핵세포에는 9 종류의 DNA 중합 효소가 존재한다.

진핵생물의 복제

① 복제 가구

DNA 합성효소 α : 프라이메이스와 중합체를 이뤄 RNA-DNA 프라이머 합성

DNA 합성효소 δ : 선도가닥, 지연가닥 DNA 합성, 3'→5' 핵산말단가수분해 효소 활성 지님

DNA 합성효소 ε : 선도가닥 DNA 합성, 3'→5' 핵산말단가수분해 효소 활성 지님

DNA 합성효소 γ : 미토콘드리아 DNA 합성, 3'→5' 핵산말단가수분해 효소 활성 지님

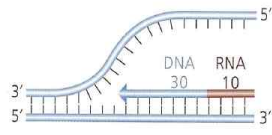
DNA 합성효소 β : 염기 절제 수선에 관여

DNA 합성효소 ζ : DNA의 느슨한 수선

DNA 합성효소 η : Y-형 DNA 합성효소, 티민 이량체의 느슨한 수선

DNA 합성효소 ι : Y-형 DNA 합성효소, 감수 분열 시 수선

DNA 합성효소 κ : Y-형 DNA 합성효소, 손상 부위에 특정 염기를 삽입해 수선

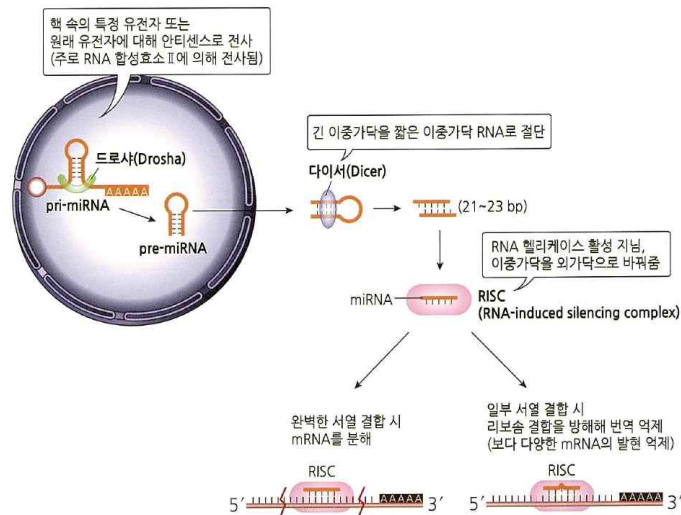


- ③ 원핵세포에서는 미토콘드리아가 없어 해당 과정과 TCA cycle이 모두 세포질에서 일어난다. 따라서 해당 과정에서 생긴 NADH가 glycerol-3-phosphate 셔틀을 이용할 필요가 없기 때문에 38 ATP가 생성된다.

41.

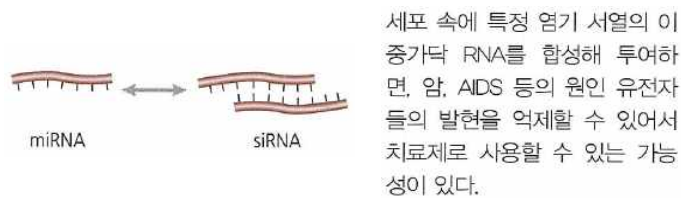
* miRNA

- 진핵세포에서 발견되는 약 22 염기 서열의 짧은 외가닥 RNA
 - 핵에서 RNA 합성효소 II가 특정 유전자를 전사해 여러 개의 머리핀(Hairpin) 구조를 가진 1차-마이크로 RNA(pri-miRNA)를 합성함
 - 드로sha(Drosha) 단백질이 머리핀 구조를 잘라 전구-마이크로 RNA(pre-miRNA)로 가공함
 - 전구-마이크로 RNA가 세포질로 나오면, 다이서(Dicer)가 짧은 이중가닥 RNA로 절단함
 - 잘린 이중가닥 RNA를 외가닥으로 벌려서 RISC에 장착함
 - 마이크로 RNA가 특정 mRNA에 완전히 상보적으로 결합 → 표적 mRNA를 분해함
 - 마이크로 RNA가 특정 mRNA에 대충 상보적으로 결합 → 리보솜 결합을 막아 번역을 억제함



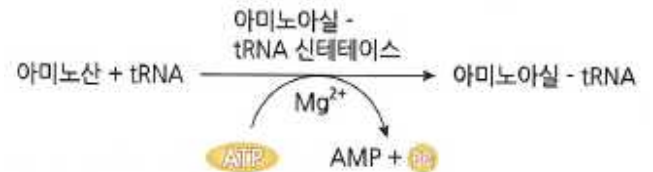
작은 간섭(small interfering, si) RNA

- 약 21 염기 서열의 이중가닥과 양 끝에 2~3 염기 서열의 외가닥 부분을 지닌 RNA
 - 세포 밖에서 유입되거나 세포질에서 우연히 긴 이중가닥 RNA가 생김
 - 다이서(Dicer)가 짧은 이중가닥 RNA로 절단해서 작은 간섭 RNA가 됨
 - 작은 간섭 RNA를 외가닥으로 벌려 RISC에 장착하면 마이크로 RNA처럼 표적 mRNA들의 발현을 억제할 수 있음



46.

- ③ aminoacyl tRNA synthetase는 ATP를 소모한다.
- ④ aminoacyl tRNA synthetase는 하나의 아미노산과 이에 대응하는 tRNA를 기질로 삼아 둘 사이에 에스테르 결합을 형성하는데, 각 아미노산마다 작용하는 aminoacyl tRNA synthetase가 따로 존재하기 때문에 세포 내에는 일반적으로 20개의 aminoacyl tRNA synthetase가 존재한다.



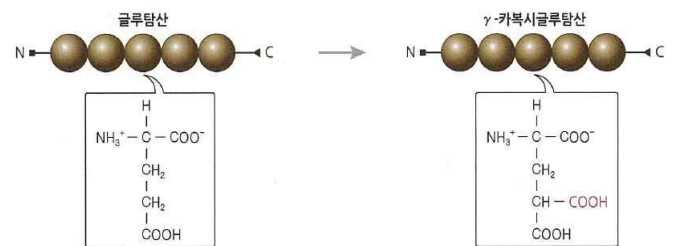
- 특정 아미노산과 이에 대응하는 안티코돈을 가진 tRNA를 서로 에스테르 결합으로 연결함

리보솜은 tRNA가 가져오는 아미노산을 직접 인식하지 못하기 때문에, 아미노아실-tRNA 신테테이스가 에너지를 소모하면서 아미노산과 tRNA를 정확히 연결해야 함

48.

비타민 K

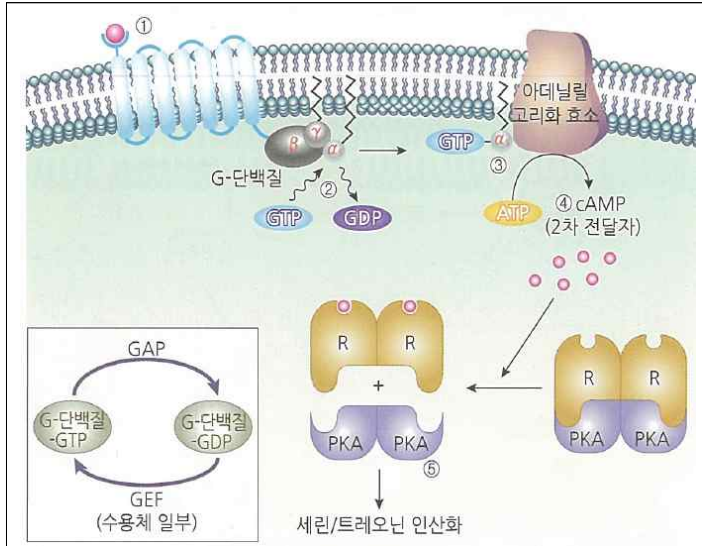
- 인자 VII, IX, X, 프로트롬빈 등의 혈액 응고 인자들 내 글루탐산을 γ-카복시글루탐산으로 변형하는데 관여
- 식품 섭취를 통해서 또는 장내 기생 세균이 합성한 것을 얻음
 - 영아는 장내 세균이 적어 비타민 K 공급 부족으로 혈액 응고가 잘 안되기도 함



52.

- 번역 중인 폴리펩티드의 신호 서열에 따라 리보솜의 세포 내 위치가 정해짐
- 자유 리보솜 : 세포질, 핵, 미토콘드리아, 엽록체, 퍼옥시좀으로 갈 단백질들 번역, 세포질에 그대로 위치함
- 결합 리보솜 : 세포 밖 분비, 세포막 관통, 리소좀, 골지체, 소포체로 갈 단백질들 번역, 조면 소포체 막에 부착

① Gs



- ② 퍼옥시좀의 효소들은 자유 리보솜에서 합성된 후 퍼옥시좀으로 수송된다.
- ④ 리소좀의 가수분해 효소
- ⑤ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump

55.

①

- 번역 개시
- 30S 리보솜 소단위체가 개시 인자 IF-1, IF-3와 결합한 채 샤인-달가노 서열을 인식함
- 30S 소단위체 내 16S rRNA의 3' 말단 서열이 샤인-달가노 서열과 상보쌍을 이룸
- AUG 서열이 리보솜의 P 자리에 위치하면, GTP가 결합한 IF-2와 fMet-tRNA^{Met}가 와서 붙음
- 50S 리보솜 소단위체가 결합하고, IF-2에 붙어 있던 GTP가 GDP와 P_i로 가수분해 되어 방출되면서 IF-2도 떨어져

- ② 진핵세포의 개시 코돈은 메티오닌을 암호화한다.
- ③ 진핵세포의 개시코돈 AUG를 인식하여 Met를 운반하는 tRNA와 암호화 서열 중간의 AUG를 인식하여 Met을 운반하는 tRNA는 서로 다르다.
- ④ 진핵세포에서 40S 리보솜이 결합하는 자리는 5'-cap 이다.

- mRNA의 5'와 3' 말단에 결합 단백질들이 붙어 복합체를 이루면서 mRNA를 루프 형태로 만들
- 40S 리보솜 소단위체가 Met-tRNA^{Met}과 결합한 채로 5' 모자에 붙음
- 40S 리보솜 소단위체가 mRNA 위를 스캐닝하며 이동하다가 (gcc)gccRccAUGG의 코작 서열을 만나면 이곳에서 80S 리보솜을 형성함

- ⑤ 일반적으로 하나의 세포에는 20개의 아미노아실-tRNA 합성 효소(synthetase)가 있다.

57.

- ㄱ. 솔염색체의 loop 구조는 전사가 활발하게 일어나는 부분이다.
- ㄴ. 초파리 침샘염색체의 puff 구조는 전사가 활발하게 일어나는 부분이다.
- ㄷ. 초파리의 침샘염색체는 DNA 복제가 반복적으로 일어났지만 핵분열과 세포질 분열이 일어나지 않은 것이다.

① 다사 염색체(Polytene chromosome) : 발비아니(1881년)

- 깔따구 침샘에서 처음 발견됨
- 유전자가 발현되는 곳에서 부분 모양의 퍼프가 관찰됨

② 솔염색체(Lampbrush chromosome) : 플레밍(1882년)

- 제노푸스 난자에서 처음 발견됨
- 제1 감수분열 전기의 염색체에서 유전자가 발현되는 부위들이 루프 모양으로 보임

58.

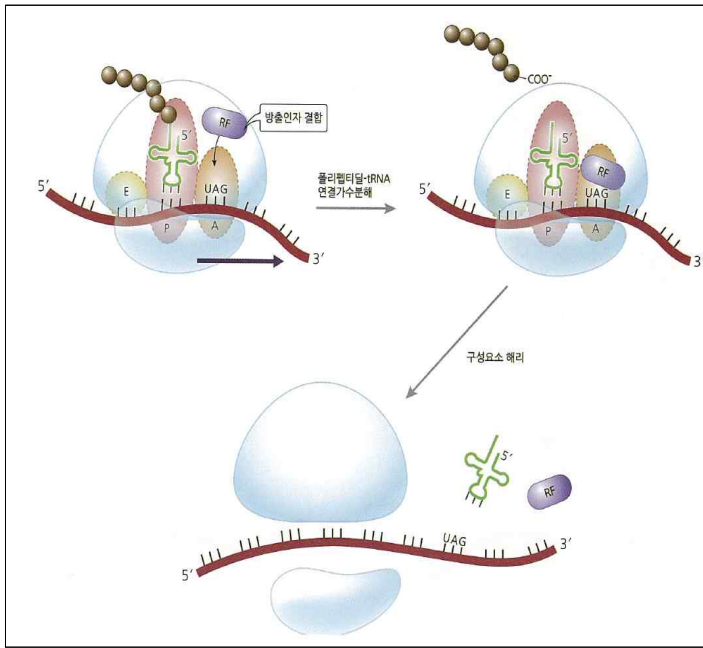
- ㄱ. 아미노산은 tRNA에 공유결합으로 부착된다.
- ㄴ. (가)에 아미노산이 부착될 때 aminoacyl-tRNA synthetase가 작용한다.

- 23S rRNA가 리보솜의 A 자리와 P 자리에 들어 있는 아미노산들 사이에 펩티드 결합을 형성함
- P 자리의 아미노산이 A 자리의 아미노산에 연결되면서 A 자리로 넘어가고, P 자리에는 아미노산이 없는 tRNA^{Met}만 남게 됨

- ㄷ. 개시 아미노아실-tRNA는 리보솜의 P 자리에서 mRNA의 코돈과 결합한다.

번역 종결

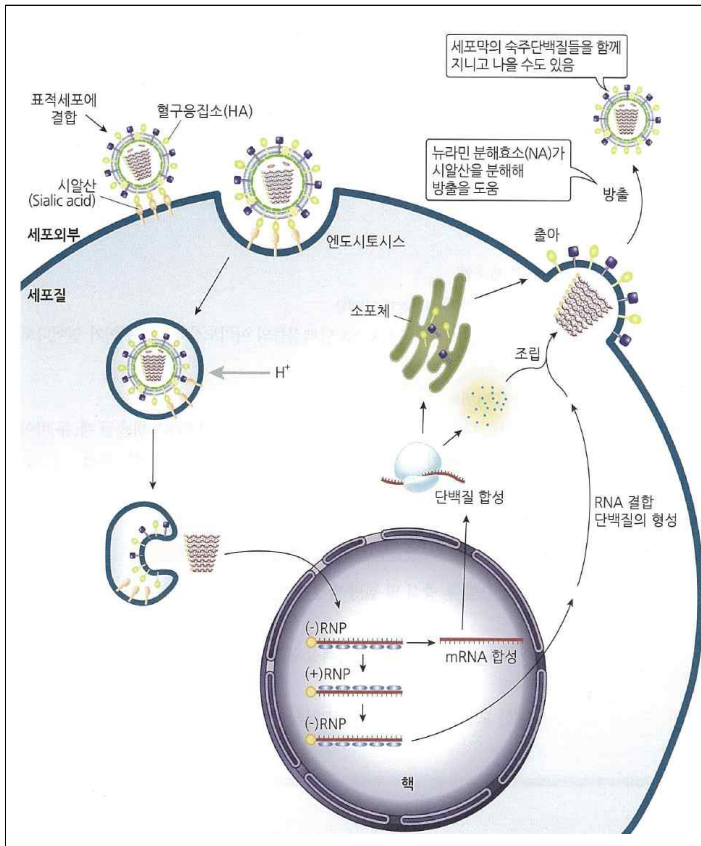
- 리보솜이 mRNA 위를 이동하다가 A 자리에 UAG, UAA, UGA 등의 종결 코돈이 위치하게 됨
- 방출인자(Releasing factor)가 A 자리로 들어오면, 펩티드-tRNA의 결합을 가수분해 해서 폴리펩티드를 방출시킴
- 아미노산이 없는 tRNA가 P 자리에서 이탈하고 70S 리보솜이 해체됨



19.

① repressor는 operator 서열에 결합하여 전사를 억제한다.
이 문제에서는 operator가 promoter에 포함되는 것으로 본다.

28.40.

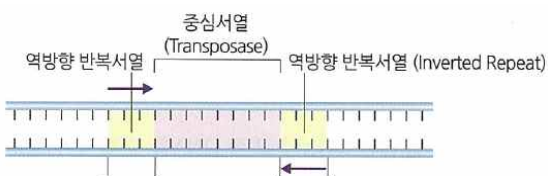


29.

· 트랜스포존의 종류

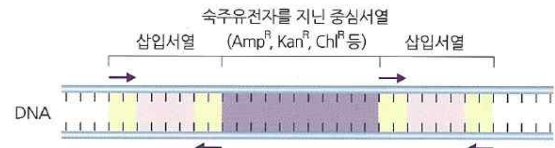
(i) 삽입서열(Insertion sequence)

- * 약 750~1600bp의 작은 크기
 - 중심에 전위효소(Transposase) 유전자만 지니고 있음
 - 양 끝에 15~25 염기 서열의 역반복 서열(Inverted repeat, IR)이 있음
 - 전위효소가 발현되면 양 끝의 IR 서열을 인식해서 트랜스포존을 다른 자리로 옮겨줌



(ii)복합 전이인자(Composite transposon)

- 중심에 전위에 필요한 유전자들과 항생제 내성 유전자 같은 여분의 유전자들이 있음
양 끝에 똑같거나 유사한 삽입서열(Insertion sequence)이 있음



전위효소

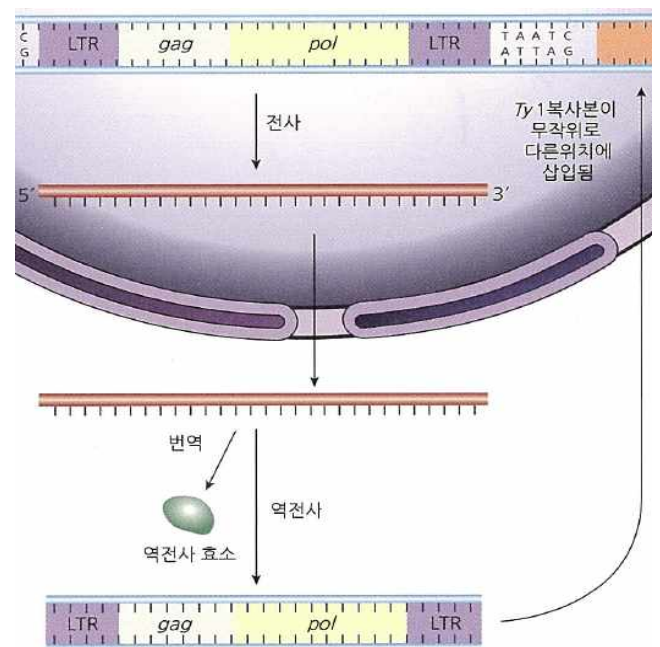
- 전이인자 절단
- 표적 DNA 절단
- 표적 DNA와 전이인자의 연결

레트로트랜스포존(Retrotransposon)

- DNA가 스스로 전위되는 트랜스포존과 달리, DNA에서 전사와 역전사가 일어나서 생긴 cDNA가 전위를 함

① LTR 레트로트랜스포존

- RNA 합성효소 II가 레트로트랜스포존을 전사함
- 역전사 효소가 mRNA를 cDNA로 역전사 한 뒤, 숙주 염색체에 무작위로 삽입함



비-LTR 레트로트랜스포존

(i) LINE(Long interspersed nuclear element)

- RNA 합성효소 II가 전사함
- 역전사 효소와 핵산내부가수분해효소의 유전 정보들을 지니고 있음

(ii) SINE(Short interspersed nuclear element)

- RNA 합성효소 III가 전사함
- 역전사 효소의 유전 정보가 없어서 다른 전이인자의 도움을 받아야 전위할 수 있음
- 대표적으로 영장류의 Alu가 있음

37.

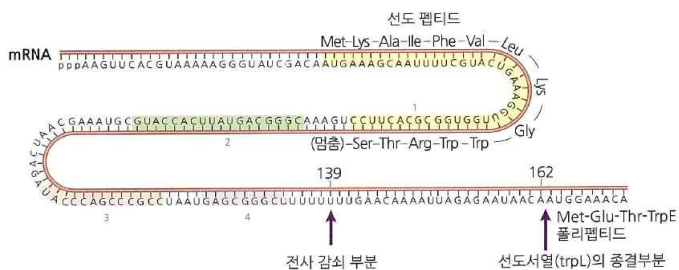
- ① P⁻ 돌연변이체로부터는 오직 repressor만 만들어질 수 있다.
- ② Oc lac Y⁻ 이중 돌연변이체는 Oc이기 때문에 repressor가 붙을 수 없어 전사는 일어나지만, Y 유전자가 돌연변이라서 permease가 기능을 하지 못하기 때문에 젓당을 효율적으로 분해할 수 없다.
- ③ Lac I⁻ 돌연변이체는 repressor를 합성하지 못하기 때문에 젓당의 유무와 상관없이 전사가 일어나 β-galactosidase를 합성한다.
- ④ Lac I⁻ Oc 에서도 repressor가 합성되지 않는다.

38.

- ④ erythropoietin(EPO)은 glycosylation이 정상적으로 일어나야만 기능을 할 수 있는 단백질이 된다. 대장균에서는 glycosylation이 일어나지 않기 때문에 대장균에서 발현시킨 erythropoietin은 기능을 하지 못한다.

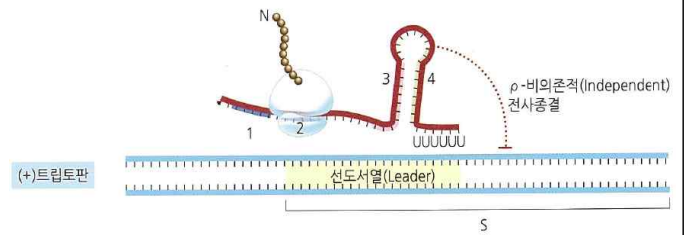
42.

감쇠자(Attenuator)



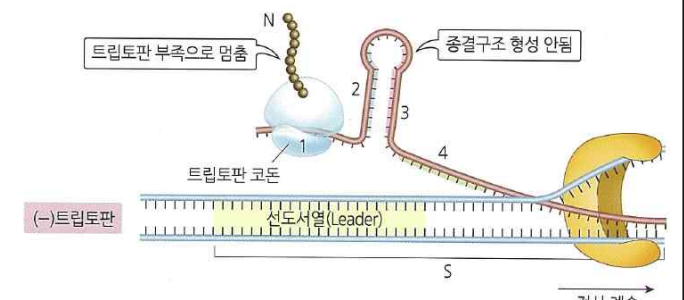
• 배지에 트립토판 풍부

- 트립토판 + 억제자 복합체가 작동자 서열에서 잠시 떨어졌을 때, RNA 합성효소가 프로모터에 붙어서 전사를 개시할 수 있음
- 구조 유전자들 중 5' 말단의 리커 서열부터 차례로 전사가 진행됨
- 전사 중인 리더 mRNA 서열에 리보솜이 붙어 동시에 번역을 진행할 때 리더 mRNA의 서열 2 부분을 가리기 때문에, 리더 mRNA의 서열 2와 서열 3 부분은 서로 상보적으로 결합해서 줄기-고리 구조를 형성할 수 없음
- 리더 mRNA의 서열 3과 서열 4 부분이 전사되면, 두 서열이 서로 상보적으로 결합해서 줄기-고리 구조를 형성함
- 서열 3과 서열 4 부분의 줄기-고리 구조는 ρ-비의존적 종결 신호로 작용해서 전사를 멈추기 때문에, 리더 서열 뒤의 구조 유전자들은 전사가 일어나지 않음



• 배지에 트립토판 부족

- RNA 합성효소가 활발히 전사하고 있는 리더 mRNA 서열에 리보솜이 붙어서 동시에 번역을 진행함
- 리더 mRNA의 서열 1 부분에 두 개의 트립토판 코돈이 있어서, 리보솜이 번역을 진행하다가 트립토판 코돈에서 Trp-tRNA^{Trp}가 들어오기를 기다리며 멈춤
- 계속 전사가 일어나면서 리더 mRNA의 서열 2와 서열 3 부분이 줄기-고리 구조를 형성함
- 서열 3과 서열 4 부분은 서로 상보적으로 결합하지 못하기 때문에 RNA 합성효소가 멈추지 않고 리더 서열 뒤의 나머지 구조 유전자들까지 모두 전사를 진행함



- ③ attenuator를 이용한 조절은 His, Phe, Thr 오페론에도 존재한다.

- ④ 작용 부위는 leader 서열이다.

49.

