



<2014학년도 고려대 수시 생명과학논술 A>

▣ 다음 제시문을 읽고 각 논제에 답하시오.

(가)

K군과 U양은 생태계 조사를 위해 각각 숲과 바다로 떠났다. K군은 조사지에서 식물 군집이 지표면으로부터 몇 개의 수직적인 층으로 구성되어 있는 것을 발견했다(그림 1). 맨 위의 교목층에는 100%에 가까운 태양 빛이 도달했으나 가장 아래의 초본층에는 거의 빛이 도달하지 않았다. 따라서 K군은 가장 아래층에는 음지식물이 우점종일 것이라고 판단했다. 한편 U양이 해양 생태계를 조사해보니 해조류가 수심에 따라서 수직적인 분포를 하고 있는 것을 발견했다. 해수면에 가장 가까운 곳에서부터 깊은 곳의 순서대로 녹조류, 갈조류, 홍조류가 주로 분포하고 있었다(그림 2).

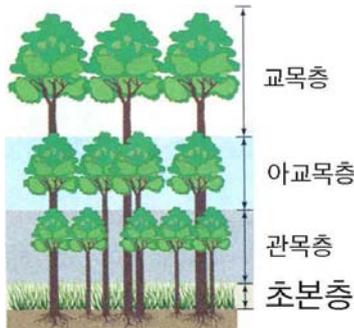


그림 1. 식물 군집의 층상구조 (EBS 교재에서 인용)

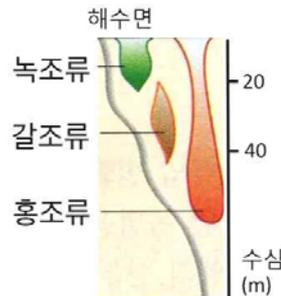


그림 2. 수심에 따른 해조류의 분포 (EBS 교재에서 인용)

(나)

생태계를 구성하는 환경 요인은 생물적 요인과 비생물적 요인으로 나눌 수 있다. 생물적 요인이란 생태계 내에 존재하는 동물, 식물, 미생물 등의 생물이며, 이들의 영양 단계에 따라서 생산자부터 3차 소비자까지 나눌 수 있다. 각 단계에 속하는 생물의 개체 수, 생체량, 에너지량을 하위 영양단계에서부터 상위 영양단계의 순서대로 쌓아 올린 것을 생태 피라미드라고 한다. 이 생태 피라미드의 모양은 환경에 따라 다양하게 나타난다.

(다)

식물 세포의 세포 소기관인 엽록체는 태양의 빛 에너지를 화학 에너지로 전환하는 과정(광합성)을 담당한다. 광합성은 빛이 있을 때 일어나는 과정(명반응)과 빛이 없을 때 일어나는 과정(암반응)으로 나눌 수 있다. 명반응에서는 물이 광분해 되어 산소가 발생되고, 빛을 받은 색소로부터 고에너지 전자가 방출된다. 암반응에서는 명반응에서 만들어진 산물을 이용하여 탄소를 고정한다. 엽록체는 생태계에 공급되는 빛 에너지를 유기물로 바꾸어 생태계를 유지하는 역할을 한다.

(라)

사람을 둘러싼 환경 요인은 지속적으로 변한다. 그래서 사람은 몸의 외부 혹은 내부의 변화에 대해 내부 환경을 일정하게 유지하려는 성질(항상성)을 갖는다. 항상성의 조절은 신경계와 호르몬의 작용에 의해 일어난다. 신경계는 일정한 방향으로 자극을 전달하는 특성을 갖고 있다. 호르몬은 특정한 조절 중추에서 만들어지



고 표적 기관에 작용한다. 신경계는 비교적 신속하게 근육과 내분비샘에 신호를 전달하지만, 호르몬은 이보다 느리게 표적기관에 신호를 전달한다.

(마)

수정란으로부터 개체가 발생하는 과정에서 구조와 기능이 특수화된 세포들이 만들어지는 과정을 분화라고 한다. 사람의 경우 난자와 정자가 만나서 형성된 수정란은 세포 분열을 거듭하면서 단순히 세포 개수만 늘어나는 것이 아니라 특수한 기능을 수행하는 다양한 세포와 기관이 형성된다.

[문제 1] 제시문 (가)의 K군이 발견한 식물 군집에서 음지 식물은 양지식물에 비해 약한 빛에서도 효율적인 광합성을 한다. 이를 위해 어떤 차별화된 전략을 사용할 것인지 설명하시오(단, 양엽, 음엽의 구조적 차이는 제외하시오). 또한 U양이 발견한 생태계에서 수심에 따라 해조류 우점종이 달라지는 이유가 무엇인지 설명하시오.

[문제 2] 제시문 (가)와 (나)를 참조하여 U양이 연구한 해양 생태계의 생태 피라미드 모양은 삼림 생태계의 생태 피라미드 모양과 비교했을 때 생체량(g/m^2)에서 어떤 차이점이 있는지 설명하시오.

[문제 3] 제시문 (다)에 설명되어 있는 광합성의 두 반응은 서로 밀접하게 연결되어 있다. 암반응이 이용하는 산물은 명반응내의 '비순환적 전자 흐름'과 '순환적 전자 흐름'을 거치면서 만들어진다. '비순환적 전자 흐름'에서 만들어지는 산물 중 암반응이 이용하는 산물에 대해서 설명하시오. 또한 '순환적 전자 흐름'에서 방출된 전자는 어떤 경로를 거쳐서 순환되는지 그림을 그려 간단히 설명하시오.

[문제 4] 사람의 체온이 일정하게 유지되는 현상은 제시문 (라)에서 언급한 항상성 유지의 사례이다. 추울 때 체온을 올리기 위한 우리 몸의 호르몬 조절기작 가운데 갑상샘이 관여하는 경로에 대해서 설명하시오.

[문제 5] 제시문 (마)에서 언급한 분화의 과정에서 분화가 정상적으로 이뤄지기 위해서는 유전자 발현이 선택적으로 일어나야 하며 정교하게 조절되어야 한다. 유전자의 선택적 발현에 의해서 분화가 조절되는 기작을 근육세포의 분화 또는 초파리 눈의 기관형성을 예로 들어 설명하시오.

[문제 6] 유전자의 정교한 발현을 위해서 전사인자가 그 유전자의 프로모터에서부터 수천 염기쌍 정도 멀리 떨어진 서열에 결합하는 경우도 있다. 이 서열은 무엇인지 쓰고, 이 서열이 어떻게 유전자 발현에 영향을 미치는지 조절 기작을 설명하시오.

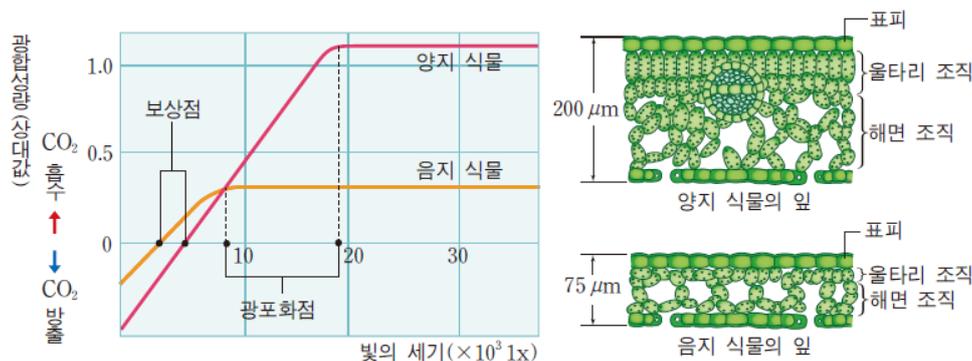


■ 해설 및 예시답안

[문제 1]

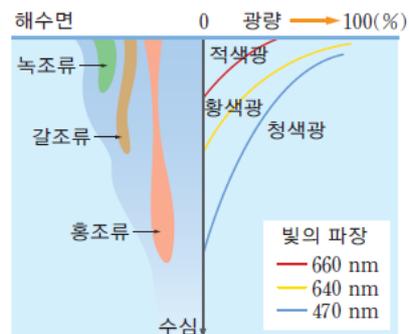
- 관련 교과 내용 떠올리기

① 빛의 세기와 식물: 양지식물은 음지식물 보다 보상점과 광포화점이 높고 빛 요구량도 크다. 빛을 잘 받는 곳에 자라는 양엽은 울타리 조직이 2~3층으로 발달하는 반면 음엽은 울타리 조직에 비해 해면 조직이 더 발달되어 있다.



〈양지 식물과 음지 식물의 광합성량 및 잎의 단면〉

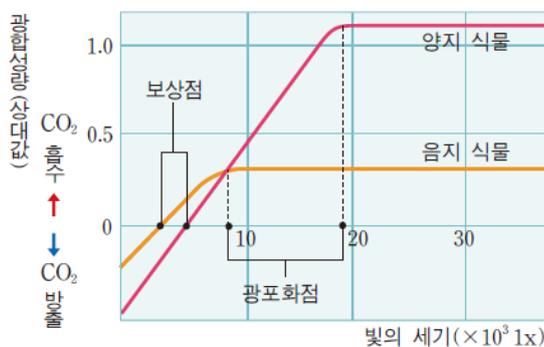
② 빛의 파장에 따른 해조류의 분포: 바다에 사는 조류의 경우 얇은 곳에는 적색광을 주로 이용하는 녹조류가 많이 분포하지만, 깊은 곳에는 긴 파장의 적색광이 도달하지 못하고 파장이 짧은 청색광이 도달하기 때문에 청색광을 이용하는 홍조류가 많이 분포한다. 그리고 녹조류와 홍조류의 중간 위치에는 갈조류가 많이 분포한다. 이처럼 조류는 자신의 몸 색과 보색 관계에 있는 빛을 주로 이용하여 광합성을 하도록 적응되어 있다.



▲ 빛의 파장에 따른 해조류의 분포

- 예시답안 초안 작성하기

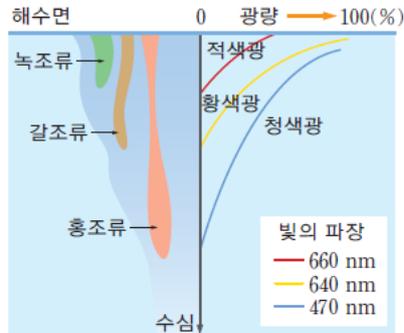
① 음지 식물은 아래 그림과 같이 보상점과 광포화점이 양지 식물 보다 낮다. 즉, 호흡량이 적어서 약한 빛에서도 호흡량과 광합성량이 같아지는 광포화점에 도달할 수 있으며, 이는 약한 빛이 쬐이는 환경에서 생존의 가능성을 높이는 방향으로 적응을 한 사례로 볼 수 있다. (단, 문제 요구조건처럼 양지 식물과 음지 식물의 구조적 차이는 언급하지 않음)



② 식물의 이파리가 녹색으로 보이는 이유는 녹색계열의 빛은 이파리에서 반사되고 청색과 적색 계열의 빛은



흡수되기 때문이다. 빛이 해수에 입사하면 파장이 긴 붉은색 계열의 빛은 투과력이 약해 수심이 얇은 곳에서 흡수되고 초록빛이나 파란빛 등의 파장이 짧은 빛은 수심이 깊은 곳까지 도달한다. 이를 종합해 보면 수심이 매우 얇은 곳에서는 물에 의한 빛의 흡수가 작기 때문에 지면의 식물과 비슷한 녹색 색소를 갖는 녹조류가 분포하고 수심이 깊어질수록 물에 의해 붉은색 계열의 빛이 감소하고, 초록색, 파란색 계열의 빛이 상대적으로 많이 분포하므로 조류는 초록색 파란색 계열의 빛을 흡수하고 붉은색 계열의 빛을 반사하는 색소를 가짐으로서 생존의 가능성을 높이게 되었는데 이를 보색적응이라고 한다.



▲ 빛의 파장에 따른 해조류의 분포

[문제 2]

• 관련 교과 내용 떠올리기

에너지 피라미드	생물량 피라미드	
		에너지량과 생체량 모두 안정적인 피라미드 형태를 이루며, 생산자의 에너지가 1차 소비자로 가장 많이 이동한다.
		에너지량과 생체량의 대부분이 생산자에 저장되어 있다. 생산자의 에너지가 1차 소비자로 가장 적게 이동한다.
		1차 소비자의 생체량이 생산자보다 많다. 이는 생산자가 매우 빠르게 분열하는 식물성 플랑크톤으로 생산력은 크지만 생체량은 적기 때문이다.

■ 생산자 ■ 1차 소비자 ■ 2차 소비자
 ▲ 에너지 피라미드(cal/m²/일)와 생물량 피라미드(g/m²)

• 예시답안 초안 작성하기

산림 생태계에서 생물량의 대부분은 목재에 모여 있고 이들은 초식동물에게 일반적으로 이용되기 어렵다. 따라서 생산자인 목본 식물은 큰 생물량을 보이지만 초식동물과 이를 포식하여 살아가는 육식동물은 생산자에 비해 크게 줄어든 양상을 보인다.

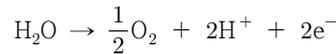


반면 해양 생태계의 생산자는 대부분 단세포 조류이고 이들은 매우 빠르게 분열함으로써 적은 생물량으로 초식동물의 훨씬 큰 생물량을 유지할 수 있다. 즉, 생산자의 대부분은 세균과 원생생물이기 때문에 빠른 세포 분열로 인해 증식률이 매우 높아 많은 양의 1차 소비자를 부양할 수 있다. 이로 인해 생산자와 1차 소비자 사이에 역전된 생체 피라미드 양상을 보인다.

[문제 3]

• 관련 교과 내용 떠올리기

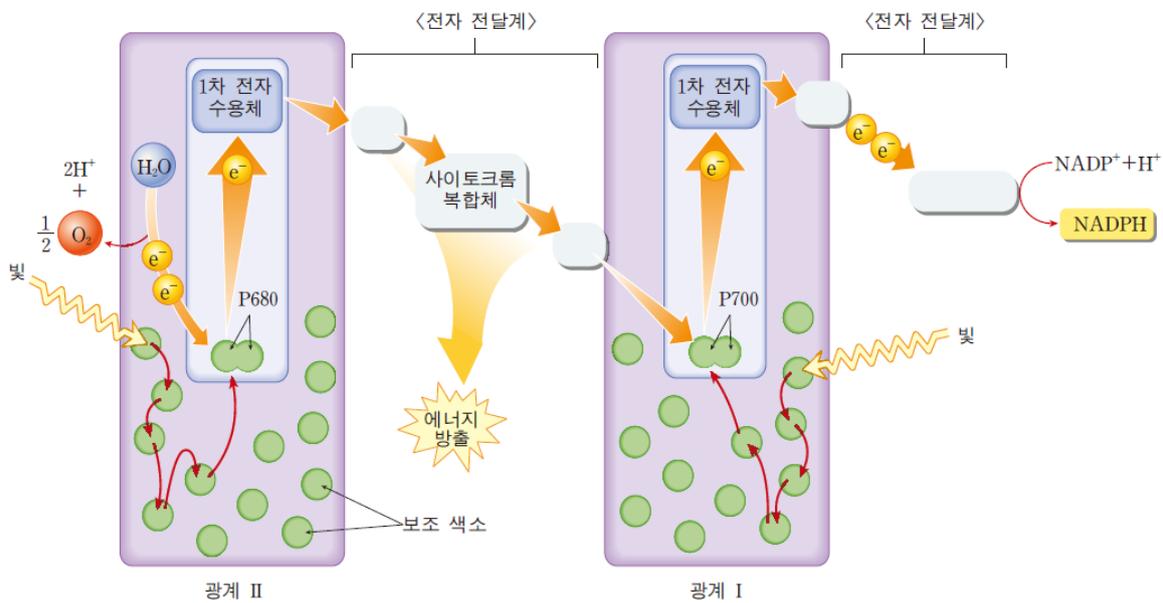
- 명반응에서는 물의 광분해를 통해 H⁺과 전자가 생성되고, 부산물로 산소를 배출한다.



- 물에서 유래된 전자는 틸라코이드 막에 있는 전자 전달계를 거치고, 최종적으로 전자 수용체인 NADP⁺에 전달되어 NADPH가 만들어진다.
- 한편 틸라코이드 막에 있는 전자 전달계에서 전자가 이동될 때 방출된 에너지를 이용하여 ATP가 합성되는 광인산화 과정이 일어난다.
- 광인산화에서 ATP를 합성하기 위해서는 광계와 전자 전달계를 통해 일어나는 전자 흐름이 있어야 하며, 전자 흐름에는 비순환적 전자 흐름과 순환적 흐름이 있다.
- 결국 명반응에서는 빛에너지를 이용하여 ATP와 NADPH를 합성하며, 이것은 암반응에서 CO₂를 환원시키는 재료와 에너지원으로 쓰이게 된다. 그리고 명반응의 산물인 O₂는 외부로 방출된다.

• 예시답안 초안 작성하기

① 비순환적 광인산화



<비순환적 전자 흐름>

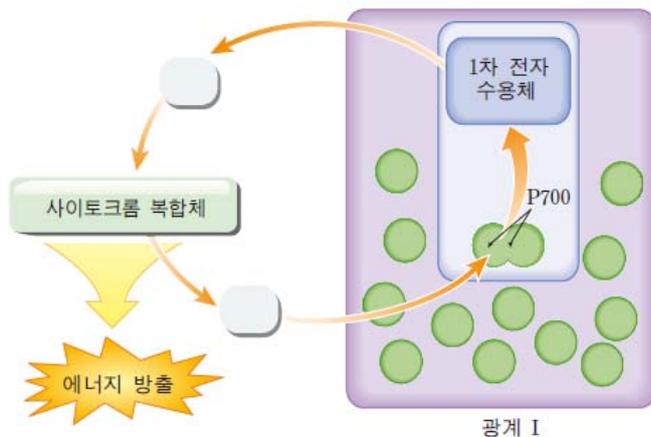
- 광계 II의 P680이 빛을 받아 고에너지 전자를 방출하며, 이 전자는 1차 전자 수용체인 퀴논에 결합한다.
- 효소에 의해 물이 광분해 되어 전자와 H⁺을 생성하고 산소 기체를 발생시킨다. 이때 생성된 전자를 잃고 산화된 P680에 전달되어 다시 원 상태의 P680으로 환원시킨다.
- 광계 II의 1차 전자 수용체에 결합되어 있던 고에너지 전자는 전자 전달계를 거치면서 에너지를 방출하고 광계 I로 전달된다. 이때 전자는 플라스토퀴논(Pq) → 사이토크롬 복합체(Cyt) → 플라스토시아닌(Pc)이라는 단백질로 이루어진 전자 전달계를 따라 이동한다.
- 방출된 에너지는 H⁺을 틸라코이드 내부 공간에 농축시켜 화학 삼투에 의해 ATP가 합성되도록 한다. 이때



전자 2개당 ATP 1분자가 형성된다.

- 빛에너지가 광계 I의 P700에 전달되어 고에너지 전자를 방출하게 하고, 이 전자는 1차 전자 수용체와 결합한다. 그 결과 전자를 잃고 산화된 P700에 P680으로부터 전달된 전자를 투입하여 P700을 환원시킨다.
- 광계 I의 1차 전자 수용체와 결합되어 있던 전자는 전자 전달계의 페레독신(Fd)과 페레독신-NADP⁺ 환원 효소를 거쳐 NADP⁺에 수용되어 NADPH가 생성된다.
- 이러한 과정이 계속 반복되기 위해서는 P680에 전자를 계속 공급해 주어야 하므로 광계 II에서 물의 광분해 반응이 일어난다. 또, 비순환적 전자 흐름에서는 광계 I의 P700에서 방출된 전자가 전자를 방출한 P700으로 되돌아가지는 않는다.
- 결국 총 12회의 비순환적 전자 흐름을 거치면 12ATP와 12NADPH, 6O₂가 생성된다.

② 순환적 광인산화

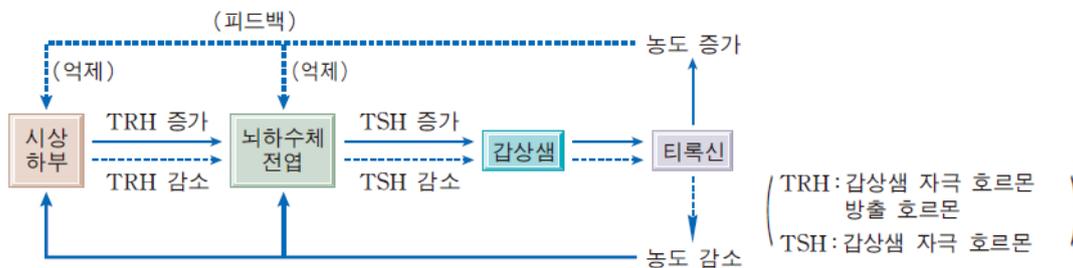


〈순환적 전자 흐름〉

- 순환적 전자 흐름에서는 광계 I의 P700이 빛을 받아 고에너지 전자를 방출한다.
- 방출된 전자는 1차 전자 수용체에 전달된 후 전자 전달체인 페레독신(Fd) → 사이토크롬복합체(Cyt) → 플라시토시아닌(Pc)을 거치면서 에너지를 방출하고 전자를 잃은 P700으로 되돌아오게 된다.
- 순환적 전자 흐름은 광계 I만 작용하므로 NADPH를 만들지 않고, 산소도 방출하지 않지만 에너지를 방출하여 화학 삼투에 의해 ATP가 합성되도록 한다.

[문제 4]

- 관련 교과 내용 떠올리기



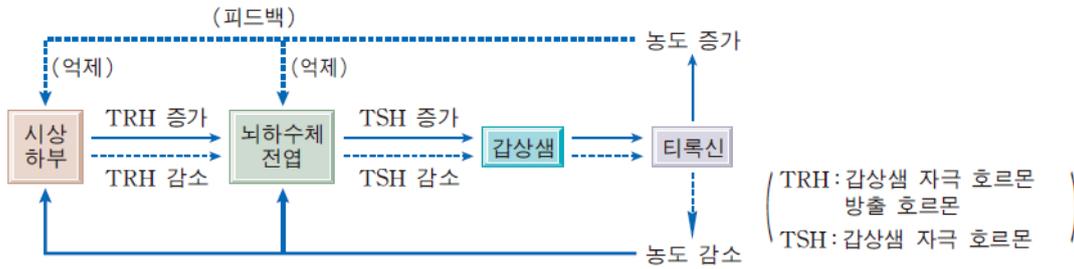
〈피드백에 의한 티록신의 분비 조절〉

- 예시답안 초안 작성하기

갑상샘은 티록신을 분비하는 내분비샘이다. 티록신은 세포의 물질대사를 촉진하는 호르몬으로 추울 때 체온을 올리기 위해 많이 분비된다. 티록신의 분비 조절은 음성 피드백을 통해 이루어지며 추운 경우 간뇌의 시상



하부에서 TRH의 분비량을 늘리면 TRH의 표적기관인 뇌하수체 전엽에서 TSH의 분비를 늘리게 되고, 이로 인해 TSH의 수용체가 존재하는 갑상샘에서 티록신의 분비량을 늘리게 된다.



<피드백에 의한 티록신의 분비 조절>

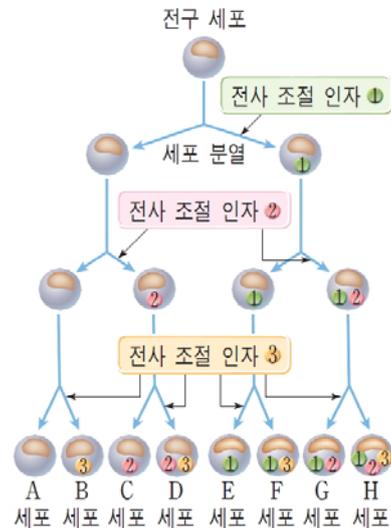
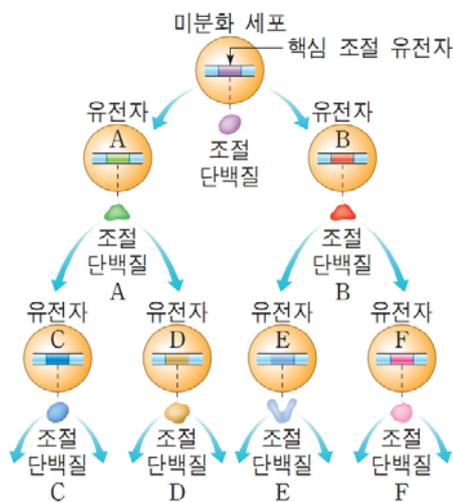
티록신으로 인해 물질대사가 촉진되어 체온 상승에 중요한 역할을 한다.

[문제 5]

- 관련 교과 내용 떠올리기

<세포 분화와 유전자 발현의 조절>

- 핵심 조절 유전자 : 세포에서 유전자 발현을 총괄적으로 조절하는 유전자로, 유전자 발현을 조절하는 조절 인자를 암호화하고 있다. 핵심 조절 유전자가 발현되면 하위 조절 유전자들이 연속적으로 발현되어 유전자 조절 과정이 연속적으로 일어난다.
- 세포 분화와 유전자 발현의 예 : 마이오딘(MyoD) 유전자는 핵심 조절 유전자로 근육 모세포가 근육 세포로 분화하는 데 관여한다.



- 핵심 조절 유전자의 작용 : 핵심 조절 유전자에서 발현된 조절 단백질이 하위 조절 유전자 발현에 영향을 미치고, 하위 조절 유전자에서 발현된 조절 단백질이 또 다른 조절 유전자를 발현시킨다.
- 다양한 세포의 분화 과정과 특성 : 다양한 세포의 분화 과정과 특성은 세포가 가지는 다양한 전사 조절 인자의 조합에 의해 결정된다. → 3개의 전사 인자(①~③)의 조합에 의해 8종류의 다양한 세포가 형성될 수 있다.

<기관의 형성과 유전자 발현의 조절>

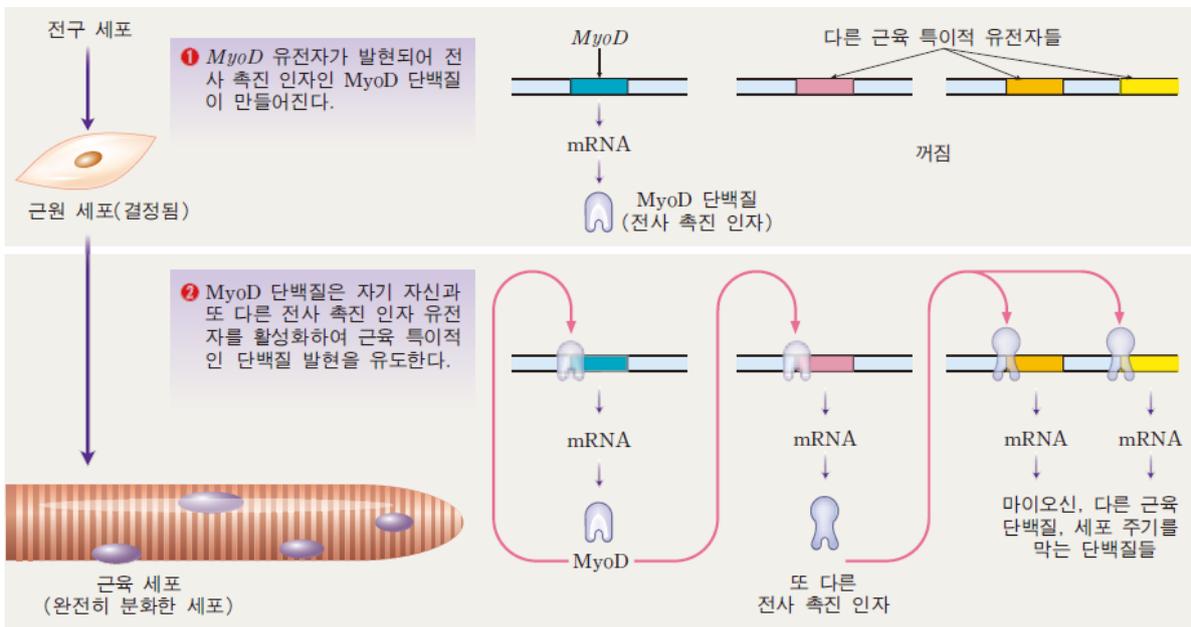
- 핵심 조절 유전자는 발생 초기에 발현되어 여러 유전자의 발현을 조절하며, 기관 형성에도 영향을 미친다.
- 초파리의 아이(Ey) 유전자 발현 : 초파리에는 아이(Ey) 유전자가 있어 눈 형성을 조절한다.



예시답안 초안 작성하기

① 근육세포의 분화

마이오디(MyoD) 유전자가 발현되면 전사 촉진 인자인 마이오디 단백질이 만들어지고, 이 물질은 자신과 또 다른 전사 촉진 인자의 발현을 유도하여 활성화시킨다. 그 결과 세포는 증식 활동을 멈추고, 근육 세포에 필요한 단백질의 발현을 유도하여 근육 세포로 분화되는 것을 촉진한다.



<근육 세포의 분화>

② 초파리 눈의 기관형성

기관의 형성과 같은 발생 과정에서는 여러 전사 조절 인자들이 연쇄적으로 작용하여 나타나는 유전자 발현 양상이 매우 중요하다. 즉, 기관의 형성과 개체의 발생은 유전자 발현의 조절에 의해 일어나는 것이다.

초파리의 눈을 형성하도록 유전자 발현을 조절하는 것도 같은 원리이다. 초파리의 눈을 형성하는데 중요한 역할을 하는 아이(Ey) 유전자는 핵심 조절 유전자로 그 산물은 전사 촉진 인자가 되어, 여러 유전자의 발현을 조절하여 한 세포를 다른 세포로 바꿀 수도 있다. 예를 들어, 눈의 형성을 조절하는 핵심 조절 유전자인 아이 유전자가 다리를 형성하는 세포에서 발현되면 다리에 눈 구조가 형성될 수도 있고, 아이(Ey) 유전자에 돌연변이가 일어나면 다른 기관의 자리에 눈이 형성될 수도 있는 것이다.





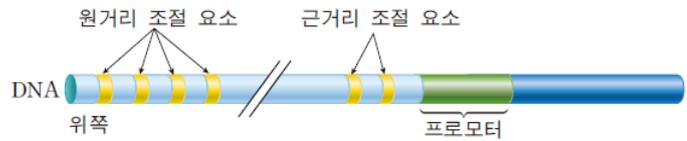
이렇게 개체의 발생 과정에서는 단 하나의 유전자 발현 변화만으로도 여러 세포로 구성된 기관의 형성이 영향을 받을 수 있다.

[문제 6]

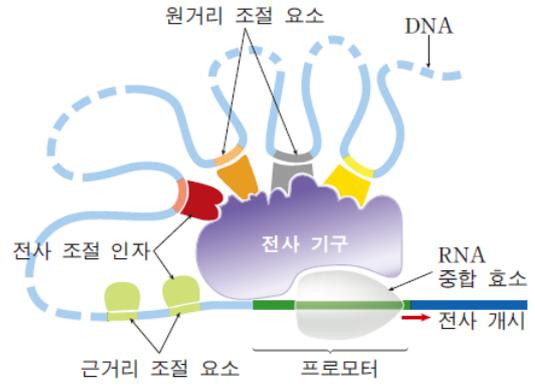
- 관련 교과 내용 떠올리기

<세포 분화와 유전자 발현의 조절>

- 진핵생물의 전사 과정에는 다양한 전사 조절 인자들이 결합하여 전사를 조절한다.
- 전사 조절 인자: 프로모터 가까이 위치한 근거리 조절 요소나 프로모터에서 멀리 떨어져 있는 원거리 조절 요소에 결합하여 전사를 조절하는 인자들이 있다.



- ① 전사 촉진 인자: 염색질의 구조를 풀어 주고 RNA 중합 효소가 프로모터에 잘 결합할 수 있도록 도와주며, 결합한 RNA 중합 효소의 활성을 자극하는 등의 다양한 작용으로 전사 개시를 촉진하는 전사 조절 인자이다.
- ② 전사 억제 인자: 조절 요소에 결합하여 전사 촉진 인자나 중합 효소 복합체의 결합을 막거나, 결합한 전사 촉진 인자가 작용하지 못하도록 하여 전사를 억제하는 전사 조절 인자이다.

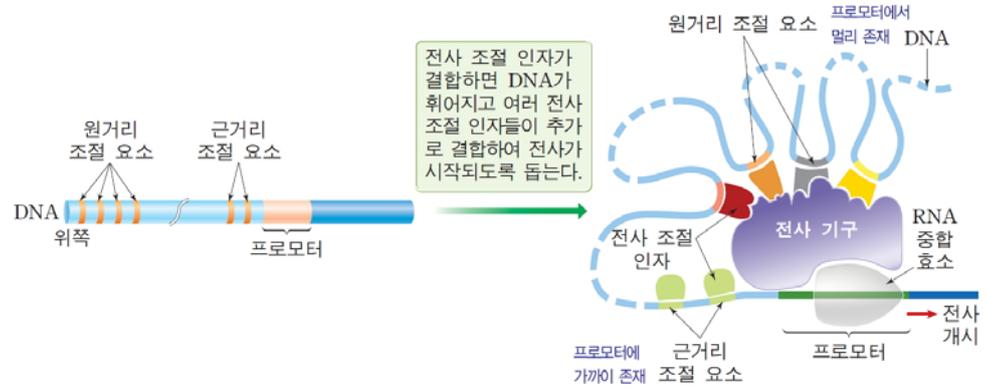


- 예시답안 초안 작성하기

진핵생물의 전사 과정에는 다양한 전사 조절 인자들이 결합하여 전사를 조절한다. 전사 조절 인자 중 전사 촉진 인자가 조절 요소에 결합하면 DNA를 꺾어 주는 단백질에 의해 DNA가 꺾이고 이로 인해 전사 촉진 인자들이 프로모터 가까이 위치하게 된다. RNA 중합 효소, 매개 단백질, 전사 조절 인자 등이 결합하여 복합체인 전사 기구가 형성되면서 전사가 시작된다.

이때 프로모터에서 멀리 떨어져 있는 특정 염기 서열의 전사 인자를 원거리 조절 요소라 하는데, 그 역할은 다음과 같다.

전사 인자가 DNA의 특정 염기 서열의 원거리 조절요소(인핸서)에 결합 → DNA가 휘어짐 → 인핸서에 결합한 전사 인자가 프로모터에 결합 → 추가로 여러 전사 인자들과 RNA 중합효소가 프로모터에 결합(단백질 복합체 형성) → 전사 개시



김세영과 김재현의 과학논술

Do Scipedia!