

## ◆ 11년 7월 고3 22~24번

[22~24] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

동물들은 번식과 생존을 위해 끊임없이 경쟁한다. 풀이나 나무라고 해서 동물과 다를 바가 없다. 식물들은 자신의 생존을 위해 뿌리나 잎, 줄기 등에서 특정한 화학 물질을 분비하여, 이웃하는 다른 식물의 발생이나 성장·번식을 억제하기도 한다. 이를 **알레로파시**(allelopathy), 또는 타감 작용(他感作用)이라 한다. 그리고 이들이 내놓는 화학 물질을 타감 물질이라고 한다.

구체적으로 알려진 몇 가지 알레로파시를 보자. 소나무 뿌리는 갈로탄닌이라는 타감 물질을 분비한다. 그리하여 그 거목 아래에는 다른 식물은 물론이고 제 새끼인 애솔도 거의 살지 못한다. 미국 캘리포니아에 서식하는 관목의 일종인 살비아는 휘발성 터펜스를, 유칼립투스도 유칼립톨을 줄기나 낙엽, 뿌리에서 뿜어내어 다른 식물의 성장을 억제하는 것으로 알려져 있다. 잔디밭 한구석의 클로버가 잔디와 끈질기게 싸우면서 샤프터를 넓혀가는 것도 클로버가 분비한 타감 물질인 화약(火藥)의 역할 때문이다.

흔히 집에서 많이 키우는 허브나 제라늄 같은 식물은 그냥 가만히 두면 아무런 향기가 나지 않지만 쉰 바람이 불거나 슬쩍 건드리기만 해도 별안간 짙은 향기가 난다. 이는 재빠르게 침입자를 쫓는 그들만의 방식이다. 사람들은 그 향기가 좋다고 하지만 실은 외부 세력으로부터 자신을 보호하려는 방어 기제이다. 감자 싹눈에 들어 있는 솔라닌의 독성이나 마늘의 매운 냄새 성분인 알리신 역시 모두 제 몸을 보호하는 타감 물질이다.

병원균에 대한 식물의 방어 과정도 알레로파시 현상의 하나이다. 병원균이 식물의 세포벽에 납작 달라붙어 해로운 물질을 끼워 넣으면, 빠른 속도로 체관을 통해 비상 신호 물질을 온 세포에 흘려보낸다. 상처 부위는 단백질 분해 효소 억제 물질을 이끌어 세포벽 단백질의 용해를 막으면서 세포벽에 딱딱한 리그닌 물질을 층층이 쌓게끔 하고, 파이토알렉신과 같은 항생 물질까지 생성해 낸다.

식물은 화학 물질로 말을 한다. 주지하다시피 송충이는 솔잎을, 배추벌레는 배춧잎을 갉아먹으며 산다. 그런데 송충이와 배추벌레가 달려들 때 솔잎과 배춧잎 역시 가만히 당하고만 있지 않는다. 그들은 서둘러 솔잎과 배춧잎의 상처 부위에서 테르펜이나 세키테르펜 같은 휘발성 화학 물질을 풍긴다. 그러면 말벌들이 그 냄새를 맡고 쏘살같이 달려온다. 이렇게 자기를 죽이려 드는 천적을 어서 잡아와 달라고 말벌에게 신호를 보내는 것들이 신기하지 않은가? 정말 만만찮은 창조물들이다.

22. 알레로파시에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 다른 종의 힘을 이용해 자신을 보호하기도 한다.
- ② 같은 종이나 다른 종의 성장을 억제하기도 한다.
- ③ 기존 세력과의 경쟁에서 이기기 위한 역할을 하기도 한다.
- ④ 침입한 병원균에 대항하기 위해 항생 물질을 만들어내기도 한다.
- ⑤ 동식물 모두에게 나타나며 화학 물질을 활용해 자신을 지키 내기도 한다.

23. 위 글에 제시된 내용을 <보기>에서 골라 바르게 묶은 것은?

[1점]

\_\_\_\_\_ < 보 기 > \_\_\_\_\_

- ㄱ. 알레로파시의 실험 방법
- ㄴ. 알레로파시가 발생하는 과정
- ㄷ. 알레로파시가 일어나는 목적
- ㄹ. 알레로파시를 보이는 식물의 진화

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

24. 위 글과 <보기>를 함께 읽은 후의 반응으로 적절하지 않은 것은?

\_\_\_\_\_ < 보 기 > \_\_\_\_\_

본래 매운맛을 내는 고추의 캡사이신이나 후추의 피페린은 타감 물질이다. 그런데 사람들은 보통 음식을 만들 때 고추나 후춧가루를 사용하여 매운맛을 내기도 하고, 세균 증식을 억제시켜 음식의 부패를 막는 방부제로 쓰기도 한다. 특히, 북쪽 지방보다 남쪽 지방의 음식의 경우 캡사이신이 많이 함유된 방아풀의 잎이나 산초나무 열매가루를 김치나 겉절이 등에 더 많이 넣는다.

- ① 타감 물질은 인간의 삶과도 밀접한 관련이 있군.
- ② 산초나무 열매나 방아풀의 잎에 타감 물질이 들어있었군.
- ③ 타감 물질인 캡사이신이 세균 증식을 억제하는 방부제 역할을 했겠군.
- ④ 더운 지방의 식물일수록 알레로파시 현상이 강하게 나타나는 경향이 있군.
- ⑤ 고추나 후추가 지니고 있는 매운 성질은 자기를 지키려는 방어 기제라고 할 수도 있겠군.

◆ 13-6평 23~25번

[23~25] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

일반적으로 대기 중에서 만들어질 수 있는 물기둥의 최대 높이는 10m 정도이다. 그런데 지구상의 나무 중에는 그 높이가 110m를 넘는 것들도 있다. 어떻게 뿌리에서 흡수된 물이 높이 110m의 나무 꼭대기까지 전달될 수 있는 것일까?

대기 중의 수분 농도는 잎의 수분 농도보다 낮기 때문에 물이 잎의 표피에 있는 기공을 통하여 대기 중으로 확산되는데, 이를 증산 작용이라고 한다. 기공을 통해 물이 빠져나가면 물의 통로가 되는 조직인 물관부 내부에 물을 끌어올리는 장력이 생기며, 이에 따라 물관부의 물기둥이 위로 끌려 올라가게 된다. 이때 물기둥이 끊어지지 않고 끌려 올라갈 수 있는 것은 물의 강한 응집력 때문이다. 물의 응집력이 물관부에서 발생하는 장력보다 크기 때문에 물기둥이 뿌리에서부터 잎까지 끊어지지 않고 마치 끈처럼 연결되어 올라가는 것이다. 물관부에서 물 수송이 이루어지도록 하는 이러한 작용을 ‘증산—장력—응집력’ 메커니즘이라 한다.

① 이 메커니즘은 수분 퍼텐셜로 설명할 수 있다. 수분 퍼텐셜은 토양이나 식물체가 포함하고 있는 물의 양을 에너지 개념으로 바꾼 것으로, 물이 이동할 수 있는 능력을 나타낸다. 단위로는 파스칼(Pa, 1MPa=10<sup>6</sup>Pa)을 사용한다. 물은 수분 퍼텐셜이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 별도의 에너지 소모 없이 이동한다. 순수한 물의 수분 퍼텐셜은 0MPa인데, 압력이 낮아지거나 용질이 첨가되어 이온 농도가 높아지면 수분 퍼텐셜이 낮아진다. 토양의 수분 퍼텐셜은 -0.01 ~ -3MPa, 대기의 수분 퍼텐셜은 -95 MPa 정도이다. 일반적으로 토양에서 뿌리, 줄기, 잎으로 갈수록 수분 퍼텐셜이 낮아지고, 그에 따라 물은 뿌리에서 줄기를 거쳐 잎에 도달한 후 기공을 통해 대기 중으로 확산된다.

기공의 개폐는 잎 표면에 있는 한 쌍의 공변세포에 의해 이루어진다. 빛의 작용으로 공변세포 내부의 이온 농도가 높아지면 수분 퍼텐셜이 낮아지고, 그에 따라 물이 공변세포로 들어와 기공이 열린다. 그러면 식물은 대기 중의 이산화탄소를 흡수하여 광합성을 통해 포도당을 생산할 수 있다. 문제는 식물이 이산화탄소를 흡수하기 위해 기공을 열면 물이 손실되고, 반대로 물 손실을 막기 위해 기공을 닫으면 이산화탄소를 포기

해야 하는 데 있다. 물과 포도당이 모두 필요한 식물은, 이러한 딜레마를 해결하기 위해 광합성에 필요한 햇빛이 있는 낮에는 기공을 열고 그렇지 않은 밤에는 기공을 닫아서 이산화탄소의 흡수와 물의 배출을 조절하는 시스템을 만들어 냈다. 그 결과 기공의 개폐는 일정한 주기를 가지게 된다.

\* 용질: 용액에 녹아 있는 물질.

23. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 기공의 개폐는 빛의 영향을 받는다.
- ② 광합성의 결과로 포도당이 만들어진다.
- ③ 기공이 열리면 식물 내부의 이산화탄소가 손실된다.
- ④ 증산 작용으로 물관부 내의 물기둥에 장력이 발생한다.
- ⑤ 물의 응집력으로 인해 물관부 내의 물기둥이 끊어지지 않는다.

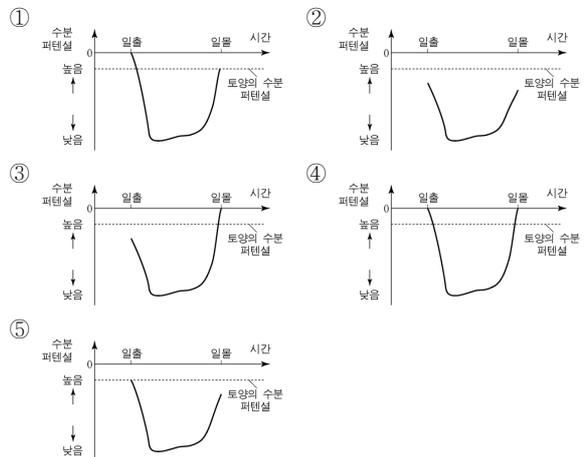
24. ㉠의 내용으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

—<보 기>—

- ㉠ 뿌리의 수분 퍼텐셜이 토양의 수분 퍼텐셜보다 낮아 물이 토양에서 뿌리로 이동한다.
- ㉡ 줄기의 물이 잎으로 이동하면 줄기의 수분 퍼텐셜이 낮아져 뿌리의 물이 줄기로 이동한다.
- ㉢ 증산 작용으로 잎의 수분이 공기 중으로 빠져나가면 잎의 수분 퍼텐셜이 낮아져 줄기의 물이 잎으로 이동한다.
- ㉣ 광합성이 일어나는 동안에는 잎의 수분 퍼텐셜이 대기의 수분 퍼텐셜보다 낮아진다.

- ① a, b                      ② a, d                      ③ c, d
- ④ a, b, c                  ⑤ b, c, d

25. 일출부터 일몰까지의 ‘잎’의 수분 퍼텐셜을 나타낸 그래프로 위 글의 내용에 부합하는 것은?



---

◆ 19년 6월 고1 16~21번

[16~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

식물의 성장에는 물이 필수적이다. 동물과 달리 식물은 잎에서 광합성을 통해 성장에 필요한 양분을 만들어 내는데, 물은 바로 그 원료가 된다. 물은 지구 중심으로부터 중력을 받기 때문에 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르지만, 식물은 지구 중심과는 반대 방향으로 자란다. 따라서 식물이 줄기 끝에 달려 있는 잎에 물을 공급하려면 중력의 반대 방향으로 물을 끌어 올려야 한다. 미국의 캘리포니아 레드우드 국립공원에는 세계에서 키가 가장 큰 세쿼이아가 있다. 이 나무는 키가 무려 112m에 이르며, 뿌리는 땅속으로 약 15m까지 뻗어 있다고 한다. 따라서 물이 뿌리에서 나무의 꼭대기에 있는 잎까지 도달하려면 127m나 끌어 올려져야 한다. 펌프 같은 장치도 보이지 않는데 대체

물이 어떻게 그 높은 곳까지 올라갈 수 있는 것일까? 식물은 어떤 힘을 이용하여 뿌리에서부터 잎까지 물을 끌어 올릴까? 식물이 물을 뿌리에서 흡수하여 잎까지 보내는 데는 뿌리압, 모세관 현상, 증산 작용으로 생긴 힘이 복합적으로 작용한다.

호박이나 수세미의 잎을 모두 ㉔ 떼어 내고 뿌리와 줄기만 남기고 자른 후 뿌리 끝을 물에 넣어 보면, 잘린 줄기 끝에서는 물이 힘차게 솟아오르지는 않지만 계속해서 올라온다. 뿌리털을 둘러싼 세포막을 경계로 안쪽은 땅에 비해 여러 가지 유기물과 무기물들이 더 많이 섞여 있어서 뿌리 바깥보다 용액의 농도가 높다. 다시 말해 뿌리털 안은 농도가 높은 반면, 흙 속에 포함되어 있는 물은 농도가 낮다. 이때 농도의 균형을 맞추기 위해 흙 속에 있는 물 분자는 뿌리털의 세포막을 거쳐 물 분자가 상대적으로 적은 뿌리 내부로 ㉕ 들어온다. 이처럼 농도가 낮은 흙 속의 물을 농도가 높은 뿌리 쪽으로 이동시키는 힘이 생기는데, 이를 뿌리압이라고 한다. 즉 뿌리압이란 뿌리에서 물이 흡수될 때 밀고 들어오는 압력으로, 물을 위로 밀어 올리는 힘이다.

물이 담긴 그릇에 가는 유리관을 ㉖ 꽂아 보면 유리관을 따라 물이 올라가는 것을 관찰할 수 있다. 이처럼 가는 관과 같은 통로를 따라 액체가 올라가거나 내려가는 것을 모세관 현상이라고 한다. 모세관 현상은 물 분자와 모세관 벽이 결합하려는 힘이 물 분자끼리 결합하려는 힘보다 더 크기 때문에 일어난다. 따라서 관이 가늘어질수록 물이 올라가는 높이가 높아진다. 식물체 안에는 뿌리에서 줄기를 거쳐 잎까지 연결된 물관이 있다. 물관은 말 그대로 물이 지나가는 통로인데, 지름이 75 $\mu$ m(마이크로미터, 1 $\mu$ m=0.001mm)로 너무 가늘어 눈으로는 볼 수 없다. 이처럼 식물은 물관의 지름이 매우 작기 때문에 ㉗ 모세관 현상으로 물을 밀어 올리는 힘이 생긴다.

뜨거운 햇볕이 내리쬐는 더운 여름철에는 큰 나무가 만들어 주는 그늘이 그렇게 고마울 수가 없다. 나무가 만들어 주는 그늘이 건물에 만들어 주는 그늘보다 더 시원한 이유는 무엇일까? ㉘ 나무의 잎은 물을 수증기 상태로 공기 중으로 내보내는데, 이때 물이 주위의 열을 흡수하기 때문에 나무의 그늘 아래가 건물이 만드는 그늘보다 훨씬 시원한 것이다. 식물의 잎에는 기공이라는 작은 구멍이 있다. 기공을 통해 공기가 들락날락하거나 잎의 물이 공기 중으로 증발하기도 한다. 이처럼 식물체 내의 수분이 잎의 기공을 통하여 수증기 상태로 증발하는 현상을 ㉙ 증산 작용이라고 한다. 가로 세로가 10×10cm인 잔디밭에서 1년 동안 증산하는 물의 양을 조사한 결과, 놀랍게도 55톤이나 되었다. 이는 1리터짜리 페트병 5만 5천 개 분량에 해당하는 물의 양이다. 상수리나무는 6~11월 사이에 약 9,000kg의 물을 증산하며, 키가 큰 해바라기는 맑은 여름날 하루 동안 약 1kg의 물을 증산한다.

기공의 크기는 식물의 종류에 따라 ㉚ 다른데 보통 폭이 8 $\mu$ m, 길이가 16 $\mu$ m 정도밖에 되지 않는다. 크기가 1cm<sup>2</sup>인 잎에는 약 5만 개나 되는 기공이 있으며, 그 대부분은 잎의 뒤쪽에 있다. 이 기공을 통해 그렇게 엄청난 양의 물이 공기 중으로 증발해 버린다. 증산 작용은 물을 식물체 밖으로 내보내는 작용으로, 뿌리에서 흡수된 물이 줄기를 거쳐 잎까지 올라가는 원동력이다. 잎의 세포에서는 물이 공기 중으로 증발하면서 아래쪽의 물 분자를 끌어 올리는 현상이 일어난다. 즉, 물 분자들은 서로 잡아당기는 힘으로써 연결되는데, 이는 물 기둥을 형성하는 것과 같다. 사슬처럼 연결된 물 기둥의 한쪽

끝을 ㉛ 이루는 물 분자가 잎의 기공을 통해 빠져 나가면 아래쪽 물 분자가 끌어 올려지는 것이다. 증산 작용에 의한 힘은 잡아당기는 힘으로 식물이 물을 끌어 올리는 요인 중 가장 큰 힘이다.

16. 위글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 식물의 종류에 따라 기공의 크기가 다르다.
- ② 식물의 뿌리압은 중력과 동일한 방향으로 작용한다.
- ③ 식물이 광합성 작용을 하기 위해서는 반드시 물이 필요하다.
- ④ 뿌리에서 잎까지 물 분자들은 사슬처럼 서로 연결되어 있다.
- ⑤ 물관 내에서 물 분자와 모세관 벽이 결합하려는 힘으로 물이 위로 이동한다.

17. [A]와 <보기>를 이해한 것으로 적절하지 않은 것은? [3점]

< 보 기 >

삼투 현상이란 용액의 농도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 선택적 투과성 막을 통해 물이 이동하는 현상이다. 이때 물이 이동하는 힘을 삼투압이라 하며, 이 힘은 용액의 농도에 따라 비례한다. 삼투 현상의 예로 배추를 소금물에 담그면 소금 입자는 이동하지 못하고 배추에 있는 물이 소금물 쪽으로 이동하여 배추가 절여지는 것을 들 수 있다.

- ① 뿌리털을 둘러싼 세포막은 선택적 투과성 막 역할을 한다.
- ② 소금물에 소금을 추가하면 배추에서 빠져 나오는 물이 이동하는 힘이 커진다.
- ③ 선택적 투과성 막을 흙 속의 물 분자는 통과할 수 있지만 소금 입자는 통과할 수 없다.
- ④ 흙 속의 물과 배추의 물이 이동하면 뿌리털 안의 용액과 소금물의 농도가 높아진다.
- ⑤ 뿌리가 흙 속의 물을 흡수하는 것과 배추에서 물이 빠져 나오는 것은 용액의 농도 차이 때문에 발생한다.

18. ㉗과 ㉙에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉗은 관의 지름에 따라 물이 올라가는 높이가 달라진다.
- ② ㉙이 일어나면 물이 식물체 내에서 빠져 나와 주변의 온도를 낮춘다.
- ③ ㉗에 의해서는 물의 상태가 바뀌지 않고, ㉙에 의해서는 물의 상태가 바뀐다.
- ④ ㉗으로 물을 위로 밀어 올리는 힘이, ㉙으로 물을 위에서 잡아당기는 힘이 생긴다.
- ⑤ ㉗에 의해 식물이 물을 밀어 올리는 힘보다 ㉙에 의해 식물이 물을 끌어 올리는 힘이 더 작다.

19. ㉗와 같은 현상이 일어나는 예로 적절한 것은?

- ① 피부에 알코올 솜을 문지를 때
- ② 주머니 난로의 액체가 하얗게 굳어갈 때
- ③ 음식을 공기 중에 오래 두어 부패될 때
- ④ 이누이트 족이 얼음집 안에 물을 뿌릴 때
- ⑤ 폭죽에 들어있는 화약이 터져 불꽃이 발생할 때

20. 학생이 <보기>와 같은 실험을 하였다. 뒷글을 바탕으로 <보기>에 대한 반응으로 적절한 것은?



- ① (가)보다 (나)의 비닐 안쪽 면에 물방울이 덜 맺힐 것이다.
- ② (가)의 용기에 담긴 물이 (나), (다)의 용기에 담긴 물보다 더 많이 줄어들 것이다.
- ③ (나)에서는 한 가지 힘이, (다)에서는 두 가지 힘이 작용하여 물이 이동한다.
- ④ (가), (나), (다) 모두 물 분자들이 연결된 물 기둥이 형성될 것이다.
- ⑤ (가), (나), (다) 모두 공기가 식물 내부로 출입하는 현상이 일어나지 않는다.

21. 문맥상 ㉠~㉣와 바꿔 쓰기에 가장 적절한 것은?

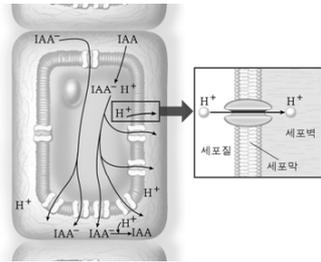
- ① ㉠: 삭제(削除)하고
- ② ㉡: 투입(投入)된다
- ③ ㉢: 부착(附着)하면
- ④ ㉣: 상이(相異)한데
- ⑤ ㉤: 조성(造成)하는

- 출전: 홍준의 외 공저. 《살아있는 과학 교과서》  
- 정답: 16.② 17.④ 18.⑤ 19.① 20.④ 21.④

◆ 16년 3월 고2 27~30번

[27~30] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

찰스 다윈은 어린 식물이 빛의 방향으로 휘는 것을 보고 어린 식물의 일부 부위를 가리거나 절단한 후 햇빛에 노출시키는 실험을 진행하였다. 이 실험 이후에 보이센엔센은 식물이 특정 부분에서 빛을 인식하고, 그 부분에서 화학 물질이 줄기를 따라 뿌리 쪽으로 이동한다는 것을 실험으로 확인하였다. 벤트는 이 화학 물질을 ‘옥신’이라고 이름 지었다.



식물은 분열 조직이 있는 줄기의 맨 윗부분에서 옥신을 만들고, 이 옥신이 뿌리 쪽으로 이동한다. 옥신은 주로 식물 세포를 신장시키는 역할을 한다. 대표적인 옥신인 IAA는 이온화되지 않은 형태인 IAA와

이온화된 형태인 IAA<sup>-</sup>의 두 가지로 세포벽에 존재한다. 이온화되지 않은 옥신은 확산되어 세포질로 유입된 후 IAA<sup>-</sup>과 H<sup>+</sup>으로 이온화된다. 하지만 세포벽에 이온화된 형태로 존재하는 옥신은 확산으로 세포막을 통과할 수 없기 때문에 세포막에 있는 옥신 유입 수송체를 거쳐야만 세포질로 들어갈 수 있다.

세포질로 유입된 옥신은 세포막에 있는 H<sup>+</sup> 펌프를 활성화한다. H<sup>+</sup> 펌프가 활성화되면 세포질의 H<sup>+</sup>들은 H<sup>+</sup> 펌프가 작용해 세포벽으로 수송된다. H<sup>+</sup>이 수송된 세포벽에서는 H<sup>+</sup>이 증가하여 pH가 감소하게 되는데, 이 영향으로 섬유소 분자 간의 결합을 끊어 주는 썩기 모양의 효소가 활성화된다. 이 썩기 모양의 효소가 세포벽에 있는 섬유소들의 연결을 느슨하게 하면 삼투 현상에 의해 세포질로 물이 유입된다. 물이 유입된 세포질은 압력이 높아지면서 팽창하기 때문에 식물 세포가 신장하게 된다.

세포질에 이온화된 형태로 있는 옥신이 뿌리 쪽으로 이동하기 위해서는 세포질 밖으로 옥신이 유출되어야 하는데, 이온화된 형태로는 세포막을 통과하지 못한다. 이때 세포막을 통과하는 통로로 PIN 단백질이 이용된다. PIN 단백질은 세포막의 좌우나 아래쪽에 위치하여 옥신이 이동하는 방향을 결정한다. 식물이 빛을 향해 휘어지는 굴광성은 옥신이 세포막 좌우에 위치하고 있는 PIN 단백질을 거쳐 빛의 반대 방향으로 이동하기 때문에 일어나는 현상이다. 대체로 PIN 단백질은 세포막 아래쪽에 주로 ㉠ 퍼져 있는데, 이로 인해 옥신은 줄기에서 뿌리 쪽으로 이동하며 식물 세포의 신장을 촉진하게 된다.

27. 뒷글에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① 옥신이 식물 세포에 작용하는 원리를 과정에 따라 설명하고 있다.
- ② 옥신의 구조가 빛의 영향으로 변화하는 과정을 순차적으로 설명하고 있다.
- ③ 형태가 다른 옥신이 생성되는 원리를 조건에 따라 구분하여 설명하고 있다.
- ④ 식물 세포의 종류에 따라 다른 형태의 옥신이 이동하는 원인을 설명하고 있다.
- ⑤ 식물의 분열 조직을 형성하는 데에 옥신이 미치는 영향을 단계적으로 설명하고 있다.

28. 뒷글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 세포질의 옥신은 PIN 단백질을 통해 세포벽으로 유출된다.
- ② 세포질로 물이 유입되면 삼투 현상이 발생해 세포질의 압력이 높아진다.
- ③ 활성화된 썩기 모양의 효소는 세포벽에 있는 섬유소들의 연결을 느슨하게 한다.
- ④ H<sup>+</sup> 펌프의 작용으로 세포질의 H<sup>+</sup>이 세포벽으로 이동해 세포벽의 pH가 감소된다.
- ⑤ 세포벽에 이온화된 형태로 있는 옥신은 옥신 유입 수송체를 통해 세포질로 유입된다.

29. <보기>는 다윈이 진행한 실험이다. 뒷글을 고려하여 이해한 내용으로 알맞지 않은 것은? [3점]

< 보 기 >

다윈은 어린 식물의 끝부분을 자른 것(㉠), 빛이 통하지 않는 고깔을 씌운 것(㉡), 빛이 통하는 고깔을 씌운 것(㉢) 그리고 빛이 통하지 않는 가리개로 중간 부분을 가린 것(㉣)을 빛에 노출시키는 실험을 진행하여 그림과 같은 결과를 얻었다.

- ① ㉠의 절단면에서는 옥신이 만들어지지 못하겠군.
- ② ㉠과 ㉡은 빛의 방향이 바뀌어도 휘어지지 않겠군.
- ③ ㉡은 ㉢과 달리 고깔이 있는 위쪽으로 옥신이 이동하겠군.
- ④ ㉡은 고깔을 그대로 둔 채 ㉣의 가리개로 중간 부분을 씌워도 휘어지지 않겠군.
- ⑤ ㉢과 ㉣의 휘어진 부분에서는 빛의 반대 방향의 세포가 더 신장되겠군.

30. ㉠과 바꿔 쓸 수 있는 말로 가장 적절한 것은?

- ① 공포하는데
- ② 배포하는데
- ③ 분포하는데
- ④ 살포하는데
- ⑤ 유포하는데

◆ 25년 3월 고1 30~33번

[30~33] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

식물은 광합성을 통하여 생장에 필요한 포도당을 생산한다. 광합성의 과정은 대부분의 식물이 동일하데, 식물이 서식하는 환경에 따라 그 효율은 크게 달라질 수 있다. 그래서 어떤 식물들은 일반적인 식물과 다른 방식으로 광합성을 하도록 진화하였다. 그렇다면 이들의 광합성 방식은 일반적인 식물과 어떤 차이가 있을까?

일반적인 식물의 광합성은 잎에 있는 엽육 세포에서 주로 일어난다. 광합성의 과정은 ㉠명반응과 ㉡암반응이라는 두 단계로 이루어져 있다. 명반응은 빛 에너지로 물을 분해하여 암반응에 필요한 화학 에너지를 생성하는 단계로, 이 과정에서 부산물로 산소가 발생한다. 명반응으로 발생하는 화학 에너지는 빛의 세기가 강할수록 많이 생성되는데, 일정 수준 이상으로 빛의 세기가 강해져도 생산량이 더 증가하지는 않는다. 명반응 과정에서 발생하는 산소는 포도당을 생성하는 데 불필요한 요소이기 때문에, 식물은 잎 뒤에 주로 분포되어 있는 기공을 열어 산소를 배출한다. 기공은 산소를 배출할 때뿐만 아니라 암반응에 필요한 이산화 탄소를 흡수하거나 체내의 수분을 배출해야 할 때에도 열린다.

암반응은 명반응에서 생성된 화학 에너지와 기공을 통해 흡수한 이산화 탄소를 이용하여 포도당을 생성하고, 부산물로 물이 생기는 단계이다. 암반응 과정은 캘빈 회로를 통하여 진행되는데 대기로부터 흡수된 이산화 탄소는 RuBP와 결합하며, 이 결합은 루비스코라는 촉매를 통하여 촉진된다. 이 결합으로 3개의 탄소가 결합한 3탄당이 형성되고, 3탄당은 화학적 변환 과정을 거쳐 포도당을 생성하며, 포도당 생성에 쓰이고 남은 화합물은 RuBP로 재생되어 이산화 탄소와 결합되는 과정이 다시 진행된다. 이러한 순환 과정을 캘빈 회로라고 하는데, 캘빈 회로로 포도당이 생성되려면 일정 수준 이상의 이산화 탄소 농도, 적절한 온도 등의 환경이 갖추어져야 한다. 그렇지 않으면 RuBP가 이산화 탄소와 결합하는 비율이 낮아져 포도당 생산의 효율이 떨어진다. 지구상 대부분의 식물은 이와 같은 과정으로 광합성을 하며, 이산화 탄소와 RuBP가 결합하여 생성되는 첫 화합물이 3탄당임을 고려하여 C3 식물이라고 부른다.

그런데 ㉢C3 식물은 기온이 높거나 건조할 때 광합성의 효율이 저하되는 한계가 있다. 기온이 높거나 날씨가 건조할 때 기공을 열면 체내의 수분이 지나치게 배출되므로 식물은 기공을 열지 않는다. 이로 인해 포도당의 생산이 어려워지면 식물은 잘 성장하지 못한다. 가령 이상 기후 현상으로 인하여 고온의 기후가 지속되는 상황이 발생하면 위와 같은 문제가 심화될 수 있으며, C3 식물이자 대표적인 식량 작물인 쌀과 밀 등의 생산량이 감소하는 문제로 이어질 수 있다. 이에 따라 C3 식물과 다른 방식으로 광합성을 하여 고온에서도 잘 자랄 수 있는 C4 식물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

옥수수, 조, 수수 등 고온의 열대 지방에서도 잘 자라도록 진화한 C4 식물은 두 개의 공간에서 광합성이 진행된다는 특징이 있다. 첫 번째 공간인 엽육 세포는 C3 식물과 같은 방식으로 명반응이 일어나는 곳이자, 암반응의 첫 번째 단계로 탄소를 저장하는 역할을 하는 곳이다. 이 식물의 엽육 세포에는 이산화 탄소와 결합하는 역할을 하는 PEP가 존재한다. PEP와 이산화 탄소가 결합되면 4개의 탄소가 포함된 화합물인 4탄당이 형성되는데, C4 식물은 이를 고려하여 붙여진 이름이다. 4탄당은 엽육 세포에 저장되어 있다가 유관속초 세포라는 두 번째 공간으로 이동한 후 분해되어 포도당 생성에 필요한 이산화 탄소를 배출한다. 그리고 배출된 이산화 탄소는 유관속초 세포 속에 농축되었다가 캘빈 회로를 통하여 포도당을 형성하는 데 쓰이는데, C3 식물과 C4 식물의 캘빈 회로의 작동 방식은 동일하다. 이러한 방식으로 C4 식물은 유관속초 세포 속의 이산화 탄소 농도를 높게 유지함으로써 C3 식물에 비해 높은 광합성 효율을 보인다.

C4 식물의 비율은 전체 생물량의 5%에 불과하다. 그러나 이들의 광합성량은 전체 광합성량의 23%에 달한다. 이러한 C4 식물에 대한 연구는 미래에 발생할 수 있는 기후 위기에 대응하는 중요한 열쇠가 될 수 있을 것으로 기대된다.

30. 윗글을 읽고 답할 수 있는 질문으로 적절하지 않은 것은?

- ① 식물이 광합성을 하는 목적은?
- ② C3 식물과 C4 식물의 이름에 담긴 의미는?
- ③ C4 식물의 광합성 방식이 진화되는 과정은?
- ④ C4 식물에 대한 연구가 필요한 까닭은?
- ⑤ C4 식물이 C3 식물보다 광합성 효율이 높은 이유는?

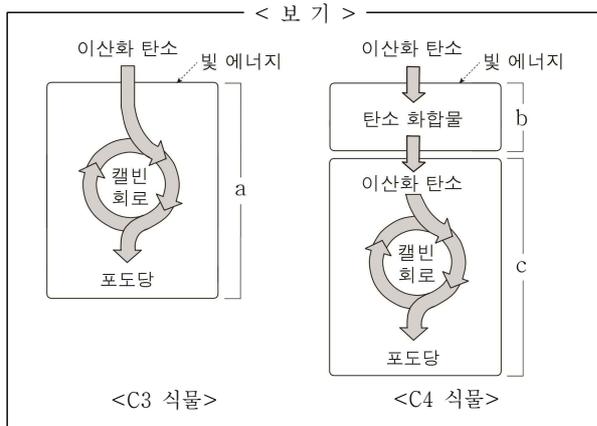
31. ㉠과 ㉡에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

- ① ㉠은 ㉡과 달리 이산화 탄소를 필요로 한다.
- ② ㉡은 ㉠과 달리 산소를 활용한 물의 분해가 진행된다.
- ③ ㉠은 산소가, ㉡은 물이 반응의 부산물로 생성된다.
- ④ ㉠은 물을, ㉡은 RuBP를 재생하는 반응이 일어난다.
- ⑤ ㉠과 ㉡은 모두 빛의 세기가 강해질수록 반응이 활성화된다.

32. ㉢의 원인을 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 광합성에 필요한 빛 에너지가 적어지기 때문이다.
- ② 대기 중 이산화 탄소의 농도가 떨어지기 때문이다.
- ③ 기공을 통하여 배출되는 산소의 양이 늘어나기 때문이다.
- ④ 광합성에 사용되는 탄소보다 저장되는 탄소가 더 많아지기 때문이다.
- ⑤ 캘빈 회로에 사용될 수 있는 이산화 탄소의 양이 줄어들기 때문이다.

33. <보기>는 'C3 식물'과 'C4 식물'의 광합성 과정을 나타낸 것이다. a~c에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① a와 b는 엽육 세포에서, c는 유관속초 세포에서 일어나는 반응이다.
- ② a에서는 3탄당이, c에서는 b에서 이동한 4탄당이 포도당 생성에 기여한다.
- ③ a와 b에서는 빛 에너지를 활용하여 화학 에너지를 생성하는 반응이 진행된다.
- ④ a의 캘빈 회로에서는 RuBP가, c의 캘빈 회로에서는 PEP가 이산화 탄소와 결합한다.
- ⑤ a와 c에서는 포도당을 생성하는 데 필요한 화합물을 만들 때 루비스코라는 촉매가 필요하다.

◆ 24 LEET 언어이해 22~24번

[22~24] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

20세기 초에 약학자 타파이너는 ㉠ 아크리딘 색소가 침착된 원생동물이 번개에 노출되자 죽는 현상을 우연히 관찰했고, 이어 피부 종양에 형광물질의 하나인 에오신을 바르고 빛을 쬐어 종양에 반응이 있음을 확인했다. 이후 연구자들은 빛과 화학물질 및 산소의 상호작용으로 세포가 죽는다는 것을 보였고, 타파이너는 이 현상을 산소 의존성 광반응 현상이라고 보고하면서 광역학 치료라는 용어를 최초로 사용하였다.

광역학 치료에는 빛 에너지, 감광제, 산소가 필수적이다. 외부에서 특정 파장의 빛을 쬐이면 감광제가 세포 및 조직 주변에 존재하는 산소와 반응하여 활성산소종을 짧은 시간 안에 국소적으로 발생시키고, 이들은 생체분자들을 산화시켜 기능을 파괴함으로써 세포를 사멸시킨다. 여기서 감광제의 종류에 따라 활성산소종을 최대로 발생시키는 빛의 파장, 즉 색깔이 다르다는 것이 주목된다. 특정 감광제는 특정 파장의 빛에 가장 효율적으로 반응하기 때문이다. 감광제가 어떤 파장의 빛에 의해 활성화되면 주변 산소에 전자 혹은 에너지를 전달하여 활성산소종을 생성시킨다. 활성산소종은 세포의 대사 과정에서 일부 발생하는 것으로, 극소량으로 존재할 때는 생화학 반응에 도움을 주기도 하지만 과량으로 생성된 활성산소종이 오랫동안 지속될 경우 독성이 있어 활성산소종을 제거하는 항산화제의 투여가 필요한 경우도 있다. 감광제에 빛을 쬐어 발생한 활성산소종은 반감기가 약 0.05  $\mu$ s 이하이기 때문에 생성 후 빨리 소멸되고, 그 영향이 미치는 유효 거리는 발생점에서 약 20nm까지여서 감광제와 매우 가까운 주변부에서만 국소적 반응을 일으킨다.

광역학 치료에 사용하는 감광제는 포르피린계 화합물과 기타 형광 염색 시약으로 나눌 수 있다. 여드름균은 포르피린을 스스로 합성하는데 이 때문에 특정 파장의 빛을 쬐이면 여드름균만 사멸되어 효과적인 치료를 할 수 있다. 많은 형광 염색 시약들도 활성산소종 방출 능력을 가지고 있어 감광제로 사용할 수 있지만, 광 노출 시 활성산소종이 충분히 방출되어야 하고, 빛이 없을 경우에는 독성이 낮아야 하며, 생체 외부로 배출되는 능력도 커야 한다. 광역학 치료는 외부 빛이 체내 깊숙이 투과하지 못 할 경우 치료 효과의 제한이 있으며, 감광제의 농도, 빛의 세기와 노출 시간, 조직 내 산소 농도 등에 의해 치료 효율이 다르다. 또한 세포 안에는 특정 파장의 빛을 받고 그보다 긴 파장의 빛을 내어 놓는 형광물질이 존재할 수 있으므로, 이들에 의한 간섭효과를 감안하여 감광제와 이를 활성화하는 빛의 파장의 선택도 고려해야 한다. 높은 농도의 감광제를 주입할 경우 알레르기를 유발할 수 있고 완전히 분해 혹은 배출되지 않은 감광제가 잔류되었을 경우 햇빛 노출에 의해 피부세포가 손상될 수 있기 때문에, 잔류 감광제가 완전 분해되기까지 빛 차단을 위한 관리가 필요하다.

광역학 치료는 현재 각종 피부질환 치료에 널리 사용되고 있으며, 암 치료에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 암 치료 시에는 감광제가 암 조직에 선택적으로 축적되는 기전을 이용한다. 정맥 주사로 투여되는 감광제는 대부분 물에 녹지 않기 때문에 혈액의 저밀도 지질단백질(LDL)과 강하게 결합한다. 암세포의 세포막에는 LDL과 결합하는 LDL 수용체가 많이 존재하기 때문에 정상세포에 비해 암세포에 감광제가 다량으로 축적된다. 광역학 치료 과정에서 암 조직에 손상을 주어 염증을 유발하면 암세포에 대한 면역반응을

활성화할 수 있어 치료 효율을 높일 수 있다. 항암제와 방사선 치료는 강한 독성 때문에 심각한 부작용을 초래하지만 감광제는 암 조직에만 선택적으로 축적되고 빛을 쬐어 준 부위에서만 국소적인 독성을 나타내므로 대안적 암 치료법으로 고려되고 있다.

22. 윗글의 내용에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ① 포르피린을 합성하는 여드름균 때문에 생긴 여드름을 치료하려면 빛의 차단이 필요하다.
- ② 빛이 없이 세포독성을 유발하는 형광시약은 면역반응을 활성화하기 때문에 광역학 치료에 사용한다.
- ③ 감광제가 정상 피부 조직에 잔류하였을 경우 외부 빛이 체내 깊숙이 투과되지 않으면 알레르기가 발생하지 않는다.
- ④ 광역학 치료 시 발생하는 활성산소종은 반감기와 유효거리가 짧아, 암세포에서 멀리 떨어져 위치한 정상세포에 미치는 영향이 적다.
- ⑤ 감광제를 이용한 암 치료 시 감광제는 산소가 부족한 암 조직에 선택적으로 축적되므로 LDL과 결합할 수 있는 항산화제의 병행 투여가 필요하다.

23. ㉠을 바탕으로 수행한 <보기>의 실험 결과에 대해 평가한 것으로 적절하지 않은 것은?

—<보 기>—

어떤 원생동물이 빛이 차단된 조건에서 충분한 산소를 공급하면서 배양한 후 다음과 같은 처리를 하고 일정 시간 후 원생동물의 생존율을 조사하였다. (-는 없음, +는 있음을 뜻한다.)

광원	감광제	항산화제	생존율(%)
-	-	-	100
		+	100
	A	-	80
		+	80
	B	-	100
		+	100
자외선	-	-	0
		+	40
	A	-	0
		+	32
	B	-	0
		+	40
녹색 빛	-	-	100
		+	100
	A	-	0
		+	80
	B	-	70
		+	100
적색 빛	-	-	100
		+	100
	A	-	80
		+	80
	B	-	0
		+	100

- ① A는 활성산소종의 생성과는 무관한 특성을 가지고 있다.
- ② A는 적색 빛보다 녹색 빛에 의해 더 적은 양의 활성산소종을 발생시킨다.
- ③ B는 적색 빛뿐 아니라 녹색 빛에 의해서도 활성산소종을 발생시킨다.
- ④ A와 B는 빛이 존재하지 않으면 활성산소종을 발생시키지 않는다.
- ⑤ 자외선에 의하여 유발되는 활성산소종은 A나 B로부터 발생한 것은 아니다.

24. 윗글을 바탕으로 신물질 X, Y, Z를 이용한 <보기>의 실험 결과에 대해 추론한 것으로 가장 적절한 것은? (단, 실험에 사용된 X, Y, Z의 양은 모든 실험에서 동일하다.)

—<보 기>—

- X가 있는 용액에 녹색 빛을 쬐이면 활성산소종이 발생하지 않았으나 강한 적색 형광의 방출이 관찰되었고 적색 빛을 쬐이는 것은 아무 영향이 없었다.
- Y가 있는 용액에 적색 빛을 쬐이면 형광의 방출이 관찰되지 않았으나 활성산소종이 발생했고 녹색 빛을 쬐이는 것은 아무 영향이 없었다.
- X는 쬐이는 빛의 유무나 빛의 색깔과 무관하게 암세포를 100% 사멸시켰고, Y는 적색 빛을 쬐인 경우에만 암세포를 100% 사멸시켰다.
- Z가 감광제에 의해 발생한 활성산소종 용액에 존재하는 경우, Z는 활성산소종을 50% 제거했다.
- X, Y, Z 사이에 빛, 활성산소종, 항산화제를 매개하지 않는 직접적인 상호작용은 없었다.

- ① X, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐이면 Y, Z 혼합용액에 적색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 많이 방출되고 활성산소종도 많이 발생하겠군.
- ② Y, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐이면 X, Y, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 적게 방출되고 활성산소종도 적게 발생하겠군.
- ③ X, Z 혼합용액에 녹색 빛을 쬐이면 X, Y, Z 혼합용액에 적색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 적게 방출되고 활성산소종은 많이 발생하겠군.
- ④ X, Z를 동시에 암세포에 가하고 녹색 빛을 쬐이면 Y, Z를 동시에 가하고 녹색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 많이 방출되고 암세포가 적게 사멸하겠군.
- ⑤ Y, Z를 동시에 암세포에 가하고 적색 빛을 쬐이면 X, Z를 동시에 가하고 녹색 빛을 쬐인 경우보다 적색 형광이 적게 방출되고 암세포가 많이 사멸하겠군.