


20 년 월 일 요일
 시간 : 장소 : 
 학교 학년 반
 번 이름 :

식물미로 Amazing Maze

식물의 생장에 필요한 조건을 알아보고 미로 속에서 빛을 향하여 자라는 모습을 관찰하며 기록해봅시다.

실험키트구성

투명도안, 종이도안, 양면테이프, 화분, 씨앗, 흙, 숟가락, 스포이트

준비물

투명테이프, 펜, 받침대

생각해보기



집 안에서 식물을 키워본 적이 있나요? 잎과 줄기는 어떤 방향으로 자라나요?

창문에서 들어오는 빛을 향해 휘어져 자랍니다. 그래서 화분이나 꽃병을 주기적으로 돌려주어야 합니다.

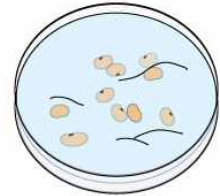
실험방법

2~3일 전 미리 준비하세요

[씨앗 틔우기]

접시에 솜을 깔고 물로 적신 후 그 위에 씨앗을 놓아서 씨앗을 불립니다.

- 솜 대신 키친타올이나 휴지도 괜찮습니다.
- 실험실 환경에 따라 차이는 있지만 보통 2~3일이면 싹이 틔웁니다.
- 1인 2개씩 사용합니다. 간혹 싹이 트지 않는 씨앗도 있으니 여유있는 수량으로 불립니다.



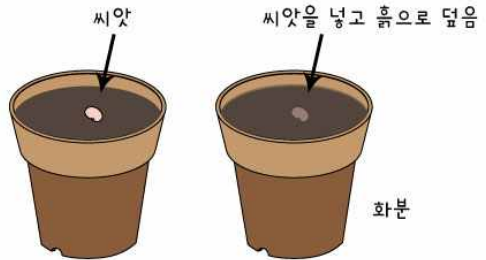
[화분에 씨앗 심기]

1. 화분에 숟가락으로 흙을 80% 정도 넣습니다.

- 화분 밑 구멍은 따로 막지 않아도 됩니다.
- 1인당 2개의 화분을 사용합니다. 화분 두 개에 모두 씨앗을 심습니다.

2. 씨앗을 화분에 하나씩 넣고 살짝 흙을 덮습니다.

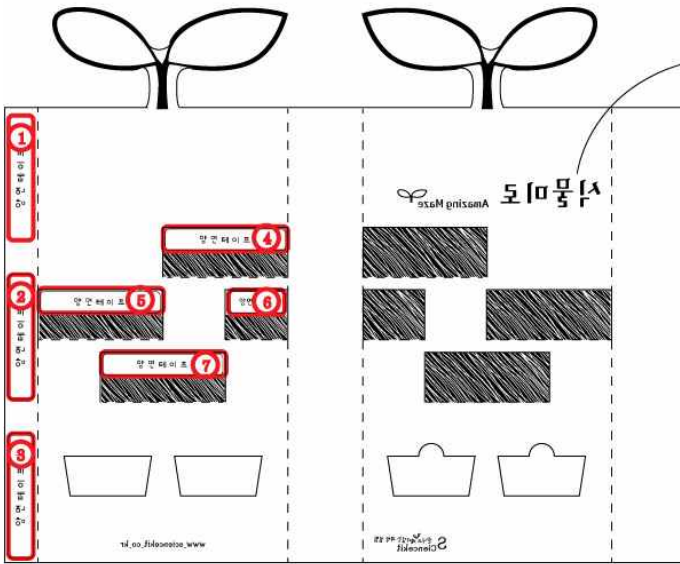
- 싹이 튼 씨앗을 사용하면 결과를 빠르게 볼 수 있습니다.
- 마른 씨앗을 바로 심는 경우 두 개씩 심습니다.
 - 마른 씨앗은 싹이 나지 않을 확률이 있기 때문에 불려서 싹을 틔워 심는 것이 좋습니다.
 - 두 개의 씨앗 중 먼저 싹이 나는 것만 키우고 나머지 하나는 제거합니다.



3. 스포이트로 화분의 흙에 물을 충분히 줍니다.

- 바닥으로 물이 흘러나올 만큼 충분히 줍니다.
- 물을 흡수하면 흙이 가라앉아 부피가 작아집니다. 흙이 부족하다면 더 채웁니다.
- 흙이 들뜨지 않도록 꼭 꼭 눌러줍니다.

[투명 상자 만들기]



4. 투명도안을 그림처럼 제목의 글씨가 뒤집혀 보이도록 놓습니다.

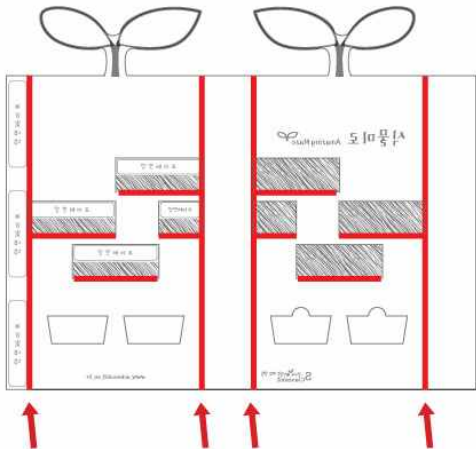
- 매끄러운 면이 위로 옵니다.

5. 양면테이프의 글씨가 바르게 보이는 일곱 곳의 위치에 양면테이프를 붙입니다. (투명 도안의 매끄러운 면에 붙이게 됩니다.)

- 양면테이프의 보호지는 아직 떼어내지 않습니다.
- ⑥ 번 양면테이프는 적당한 길이로 잘라 붙입니다.

6. 투명 상자의 접는 선을 한 번씩 접었다 폅니다.

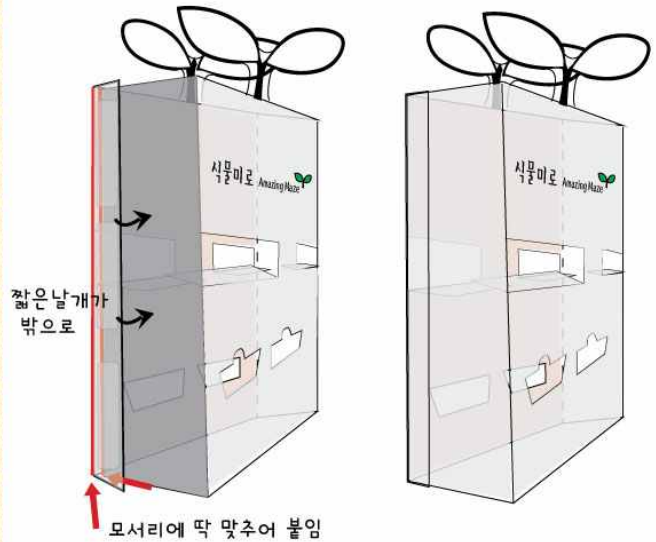
- 굵게 표시된 세로선(4곳)과 가로선(선반 8곳)을 모두 완전히 접었다 폅니다.



7. 양면테이프의 보호지를 모두 떼어냅니다.

8. 옆선을 먼저 그림처럼 붙입니다.

- 양면테이프가 붙은 짧은 날개가 밖으로 나오도록 붙입니다.

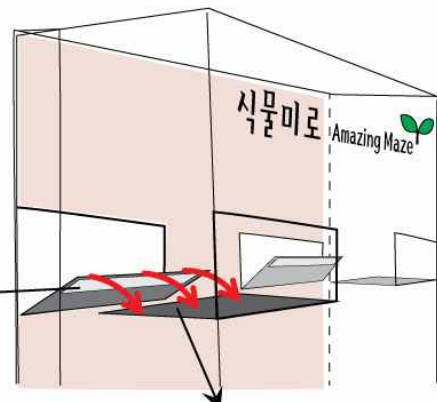


- 상자가 어긋나지 않게 모서리에 딱 맞추어 붙입니다.

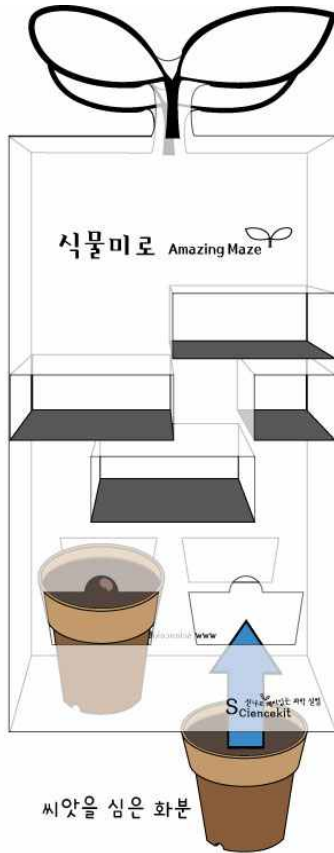
9. 검게 칠해진 선반은 서로 마주보는 것끼리 붙입니다.

- 1) 양면테이프 없는 쪽을 먼저 직각으로 꺾어 내립니다.
- 2) 양면테이프가 붙은 쪽이 위에서 덮으며 붙입니다.
- 3) 선반 아래쪽 구멍으로 손가락을 넣어 잘 밀착시킵니다.
- 4) 선반 네 개를 같은 방법으로 붙여 완성합니다.

양면테이프 붙은 쪽을 내려 덮으면서 붙임



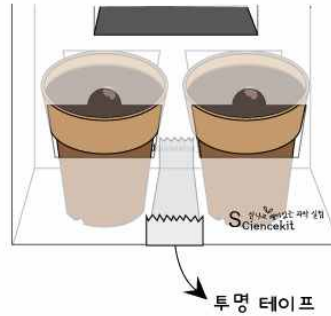
양면테이프 없는 쪽 먼저 직각으로 꺾어 내림



[투명 상자에 화분 끼우기]

10. 투명 상자 아래에서 화분을 밀어 넣어 사다리꼴 구멍에 화분이 걸리도록 끼웁니다.

11. 화분이 아래로 빠지지 않도록 그림과 같이 투명상자 아랫부분의 중앙을 투명테이프로 고정합니다.

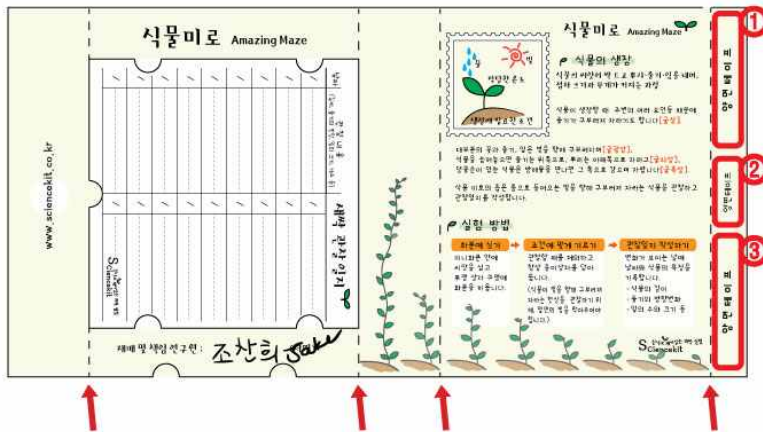


- 투명 도안이 벌어지면 화분이 아래로 빠질 수도 있습니다. 아랫 부분에서 더 벌어지지 않도록 'U'자 모양으로 한 번만 돌려 붙입니다.

[종이 상자 만들기]

12. 종이도안에 **재배 및 책임 연구원** : _____ (서명) 에 이름을 쓰고 서명도 합니다.

13. 종이도안을 펴고 양면테이프 표시가 된 3곳에 양면테이프를 붙입니다.



- ② 번 양면테이프는 앞에서 잘라놓은 것을 사용하면 됩니다.

14. 접는 선 4곳을 한 번씩 접었다 폅니다.

15. 양면테이프의 보호지를 벗겨내고 종이도안의 양 끝을 맞추어 붙입니다.

- 양면테이프가 붙은 짧은날개가 안쪽으로 들어가도록 붙입니다.
- 모서리의 끝을 잘 맞추어 종이상자가 기울어지지 않도록 합니다.

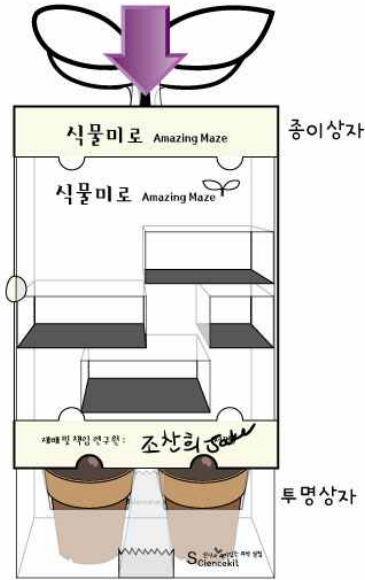


[투명상자 위에 종이상자 끼우기]

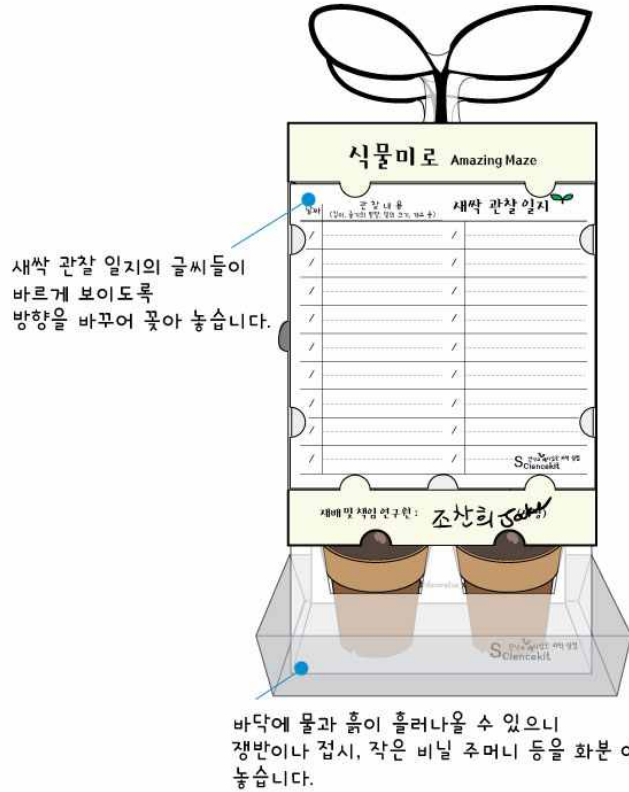
16. 종이상자 앞면의 관찰일지를 조심스럽게 뜯어냅니다.

17. 종이상자를 식물미로 투명상자의 위에서 씌웁니다.

- 투명한 새싹 모양에 걸리지 않도록 잘 보면서 위에서 아래로 종이상자를 내리며 씌웁니다.



18. 종이 상자의 앞부분 [새싹 관찰 일지]를 떼어내 돌려서 다시 끼웁니다.



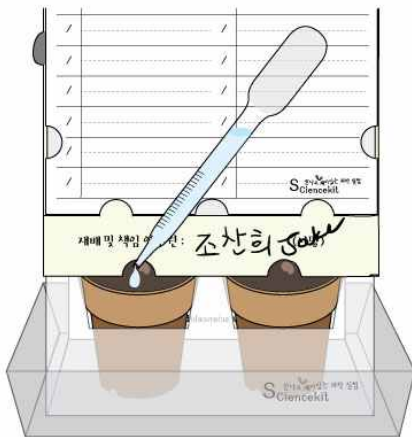
[기르며 관찰하기]

19. 종이상자를 되도록 벗기지 않습니다.

- 식물이 빛을 찾아 자라는 과정을 관찰하는 실험이므로 되도록 옆면으로 빛이 들어가는 것을 최대한 막아줍니다.
- 식물미로의 위쪽에서만 빛을 공급합니다.

20. 물은 스포이트를 사용하여 줍니다.

- 화분 위쪽의 흙이 마르면 화분 바닥으로 물이 나올 때 까지 물을 줍니다.



21. 새싹 관찰일지 에 새싹의 성장을 기록합니다.

- 매일 일정한 시간에 관찰하는 것이 좋습니다.
- 일지에는 변화가 있을 때에만 기록해도 됩니다.
- 일지 공간이 부족하다면 종이를 덧붙여 사용합니다.

날짜	관찰 내용 (길이, 줄기의 방향, 잎의 크기, 개수 등)	새싹 관찰일지
4/5	싹 틈 공을 옮겨 심음 뿌리 길이 약 1cm	/
4/6	흙 위로 싹이 2cm 자랄 양쪽 모두 떡잎 벌어짐	/
4/8	완종: 줄기 왼쪽으로 살짝 휜 2.5cm 1:2분종: 줄기 끝이 양배추에 닿음 2cm	/
4/10	완종: 줄기 끝이 보일, 왼쪽으로 자랄 3cm 1:2:3분종으로 휘어자랄 2.5cm	/
/	/	/
/	/	/
/	/	/
/	/	/
/	/	/
/	/	/

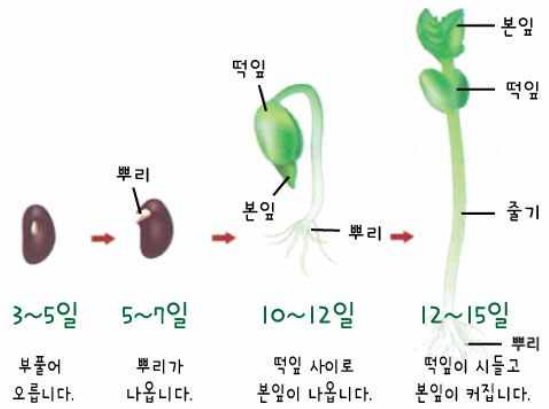
실험시 주의사항

1. 마른 씨앗은 먼저 물에 담가 불리면 빨리 싹을 볼 수 있습니다.(마른상태로 심으면 약 4~5일 걸림)
2. 평소에는 미로 옆면에 빛이 들어가지 않도록 종이상자를 벗기지 말고, 새싹일지로 앞면을 잘 막아놓습니다.

원리학습

콩(씨앗)을 심고 관찰해 보았나요?

콩 속에는 뿌리, 줄기, 잎이 될 부분이 있습니다.
 딱딱했던 마른 콩은 물에 3~5일 정도 불리면 서서히 부풀고
 5일쯤 지나면 뿌리가 나오고 껍질이 벗겨집니다.
 일주일 정도 지나면 떡잎이 나옵니다.
 재배 환경에 따라 다르지만 보통 10일이 지나면 본잎을 볼 수
 있습니다. 나중에 떡잎은 시들어 떨어지고 본잎이 커집니다.



생장이란 식물의 씨앗이 싹 트고 뿌리, 줄기, 잎을 내며, 점차 크기와 무게가 커지는 모든 과정을 의미합니다.



식물의 생장에 필요한 조건은

- 적당한 온도** 일반적으로 식물이 자라는데 가장 적당한 온도는 18~30℃입니다. 그보다 춥거나 덥다면 자라는 속도가 느려집니다.
- 빛** 식물이 자라는데 필요한 에너지는 광합성을 통해 생성되는데 이 때 반드시 필요한 요소가 빛입니다. 광합성의 결과 탄수화물을 만들어 생장에 사용하거나 저장합니다.
- 물** 식물의 생장에서 혈액과 같은 역할을 하는 물은 모든 생산물질과 노폐물을 이동시키는 수단이며 광합성에도 반드시 필요한 물질입니다.

이 외에도 식물의 호흡에 필요한 산소와 광합성에 필요한 이산화탄소도 생장에 중요한 요소입니다.
 또한 자라는 환경의 특성에 따라서 이 요소들의 조건도 조금씩 달라질 수 있습니다.

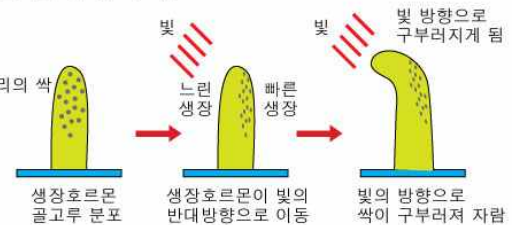
식물은 동물과 달리 새로운 세포가 생겨나는 생장점이 줄기끝, 뿌리끝에 있어 위 아래로 뻗어갑니다.
 생장 중 식물체의 일부가 외부 자극에 대하여 특정 방향으로 굽기도 하는데 이것을 **굴성**이라고 합니다.

- 굴광성** 대부분의 식물은 빛을 향해 뻗어가는 성질이 있습니다. 줄기는 빛을 향하므로 양성 굴광성이라 하고 뿌리는 빛의 반대쪽으로 뻗어 음성 굴광성이라고 합니다. 해바라기 꽃이 해를 바라보며 따라 움직이는 것도 이에 해당합니다.
- 굴지성** 태풍에 쓰러진 나무를 그대로 두면 그 상태에서 가지는 하늘을 향해 구부러지고, 뿌리는 땅으로 뻗습니다. 이것은 지구의 중력 방향에 영향을 받은 것으로 [굴지성]이라고 합니다.
- 굴촉성** 담쟁이 덩굴처럼 벽(방해물)을 만나면 그 벽을 타고 감으며 자라는 식물도 있습니다.

이 외에도 화학물질, 전기, 상해 등 여러 요인이 식물을 특정 방향으로 굽게 합니다.

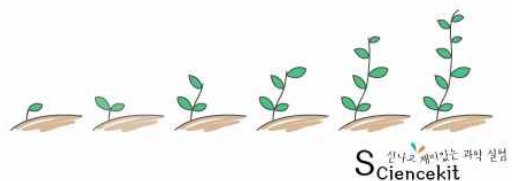
이러한 굴성이 나타나는 원인은 식물을 자라게 하는 생장호르몬이 위의 여러가지 요인으로 인해 식물체 내에서 이동하기 때문입니다.

예를 들어, 귀리의 싹에 한쪽면만 빛을 비추면 생장호르몬(옥신, Auxin)이 빛의 반대방향으로 이동하고 이 때문에 그 부분에서 더 빠른 생장이 일어나므로 싹이 빛의 방향으로 구부러지는 현상이 나타납니다.



식물 미로를 만들어 식물을 키우면 다양한 경로로 자랄 수 있습니다. 식물 미로로 들어오는 작은 빛을 향해서 식물은 미로를 피해 위로 자랍니다. 관찰 일지를 성실히 작성하며 식물의 성장을 생생하게 기록해 봅시다.

느린점



■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	식물미로		실험 원리	식물의 성장과 굴성	
실험 시간	30분	실험 분야	생명과학	실험 방법	4인1조 , 개별실험
세트구성물	투명도안, 종이도안, 양면테이프, 화분, 씨앗, 흙, 손가락, 스포이트				
교사준비물			학생준비물	받침대용 쟁반이나 비닐, 투명테이프, 펜	
실험 결과	식물미로를 하나씩 가지고 갑니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 식물을 기르는 실험의 특성 상 바로 결과를 볼 수 없지만 씨앗을 볼러 싹이 튼 후 완성하면 미로를 따라 성장하는 모습을 일주일 내에 볼 수 있습니다. (실험실 환경에 따라 차이가 있을 수 있습니다.) 씨앗을 불리지 않으면 5일 정도 더 걸립니다.</p> <p>TIP 2. 제공되는 씨앗은 상황에 따라 바뀔 수 있지만 대부분 건조된 콩 종류로 제공합니다. 건조되지 않은 생콩이 있으시면 사용하셔도 좋습니다.</p> <p>TIP 3. 관찰하고 일지를 쓸 때를 제외하면 식물미로 앞면을 잘 막아두어야 합니다.</p>				

생각해보기

집 안에서 식물을 키워본 적이 있나요? 잎과 줄기는 어떤 방향으로 자라나요?

창문에서 들어오는 빛을 향해 휘어져 자랍니다. 그래서 화분이나 꽃병을 주기적으로 돌려주어야 합니다.

식물의 성장

식물의 성장이란 식물의 씨앗이 발아하여 뿌리·줄기·잎을 내며, 그 후 광합성이나 질소 동화를 하면서 점차 크기와 무게를 더해가는 과정을 가리킨다. 식물뿐만 아니라 모든 생물체는 대부분 다수의 세포로 이루어져 있으므로 생물 개체가 성장한다는 것은 세포 분열을 하여 세포수가 늘어난다는 것을 뜻한다.

성장 곡선(生長曲線)[편집]

옥수수를 예로 들면, 생장이 처음부터 끝까지 같은 속도로 진행되는 것이 아니라, 싹이 트기 시작할 무렵에는 천천히 진행되다가 그 후에는 빠른 속도로 진행된다. 특히 어떤 종류에서는 이 시기의 생장이 아주 빠른 속도로 진행되기도 한다. 예를 들어, 죽순은 흙에서 머리를 내는 것과 동시에 하루 동안 60cm나 자라며, 며칠 안에 사람 키보다 더 커지는 것도 있다. 또한 망태버섯이라는 종류는 1분 동안 5mm가 자라기도 하며, 밀의 수술은 1분 만에 2mm가 자라기도 한다. 이와 같이, 빠른 성장 시기가 잠시 계속된 뒤에는 속도가 점차 느려져 나중에는 완전히 멎어버린다. 그러므로 성장 과정을 그래프에 나타내면 S자 곡선을 얻을 수 있는데, 이를 '성장 곡선'이라고 한다. 한편, 길이가 아닌 무게의 증가에 따른 성장 곡선도 같은 형태를 나타낸다.

식물의 성장과 온도[편집]

식물 생장은 온도의 영향을 강하게 받는다. 그러나 어느 한계까지만 온도 상승과 더불어 성장 속도가 증가할 뿐, 적정 온도를 넘으면 오히려 생장이 억제된다. 이와 같은 식물의 성장과 온도 간의 관계는 다음과 같이 설명할 수 있다. 즉, 생장은 세포의 활동으로 이루어지는데, 세포의 활동은 온도가 높을 때에 활발하므로, 이때에 성장 속도도 빨라진다. 그러나 알맞은 온도 범위를 넘어서면 고온으로 인하여 세포의 주요 성분인 단백질이 변화되므로 오히려 세포의 활동이 나빠져서 생장이 억제되는 것이다. 식물 성장에 가장 적당한 온도는 식물의 종류에 따라서 차이가 많다. 예를 들어, 옥수수가 싹을 틔우는 온도는 33-34℃인 데 비해, 고산 식물은 냉온에서도 잘 견딘다.

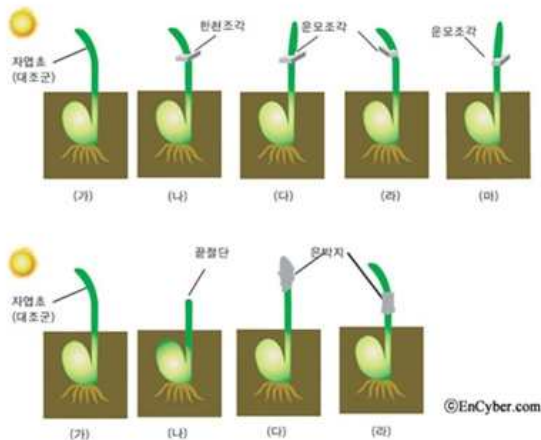
식물의 성장과 빛

온도와 마찬가지로 빛도 식물의 성장에 큰 영향을 미친다. 그중 한 이유는 광합성 속도가 빛의 세기에 의존

하기 때문이다. 그러나 빛이 생장에 미치는 영향은 광합성 촉진뿐만이 아니다. 예를 들어, 콩은 모든 식물과 마찬가지로 싹이 틀 때 저장 물질이 있으므로 광합성이 이루어지지 않는다. 그러나 이때도 빛을 쬐어 주지 않으면, 잎이 거의 없는 비정상적인 상태인 콩나물로 변하는 것을 볼 수 있다. 한편, 콩나물에 다시 빛을 쬐어 주면 정상적인 식물로 성장한다. 이러한 현상은 빛이 광합성을 통해서뿐만 아니라, 그 밖의 면에도 영향을 미침을 나타내 주는 것이다. 이처럼 빛은 대체로 식물체를 정상 상태로 성장시키는 역할을 한다. 그래서 빛은 식물에 중요하다.

성장점[편집]

식물이 자랄 때, 식물 전체가 똑같이 성장하는 것은 아니며, 특정한 곳이 유달리 활발하게 성장한다. 예를 들어, 성장하고 있는 식물 뿌리에 같은 간격으로 표시를 해두고 며칠 후에 이것을 살펴보면 표시한 간격이 뿌리 부위에 따라 상당히 차이가 나 있음을 볼 수 있다. 즉, 뿌리 끝에서 조금 떨어진 곳이 가장 간격이 넓어져 있으며, 뿌리 밑동에 가까운 곳은 그다지 간격이 벌어지지 않는데, 이것은 뿌리의 생장이 끝 부분에서 더 활발하게 이루어짐을 나타내는 것이다. 그 이유는 다음과 같다. 뿌리 끝에는 활발히 세포 분열을 하는 분열 조직인 성장점이 있어서, 여기에서 만들어진 세포가 점차 새로 생긴 세포에 밀려 위쪽으로 이동되기 때문이다. 이때 밀어올려진 세포는 활발하게 성장하여 뿌리를 길게 자라게 하는데, 이 부분을 '성장부'라고 한다. 신장이 끝난 세포는 더 이상 커지지 않는다. 한편, 뿌리에서만뿐만 아니라 줄기에서도 끝에서 조금 떨어진 부위가 최대 성장하는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 뿌리나 줄기의 성장 부분은 일정하게 한정되어 있다 이와 달리, 활엽 식물의 잎은 잎 전체가 성장한다. 예를 들어, 수세미와 등의 잎 표면에 먹으로 가로와 세로로 선을 그어두면, 잎 성장과 더불어 표시된 간격이 고루 벌어진다. 그러나 같은 잎이라도 벼과식물에서는 잎 밑동 부분이 가장 활발하게 성장한다.



굴성 [tropism움성틀기, 屈性]

요약 식물이 자라면서 나타나는 움직임(생장운동)에는 굴성과 감성이 있는데 굴성은 여러 가지 자극에 의해 특정한 방향으로 식물이 휘어지는 운동이고 감성은 자극의 방향에는 관계없이 자극의 세기에 의해 나타나는 운동을 말한다.

굴성에는 양성(양성)과 음성(음성)이 있는데 자극의 방향과 같은 방향으로 움직이면(굽으면) 양성이라 하고 주어진 자극과 반대방향으로 움직이면 음성이라 한다. 굴성은 자극의 종류에 따라 여러 가지로 구분할 수 있다.

빛이 자극이 되어서 일어나는 굴성을 굴광성이라

하며 줄기에서는 양성으로 나타나고 뿌리에서는 음성으로 나타난다. 또한 중력이 자극이 되어서 나타날 때 굴지성이라고 하는데 이때 줄기는 음성으로, 뿌리는 양성으로 나타난다. 이 두 가지 운동에는 모두 식물 호르몬의 일종인 **옥신**이 작용하고 있다.

굴광성과 옥신

다윈과 보이센-엔센의 굴성 실험에 의해 **옥신**은 **자엽초**의 줄기 끝에서 생성되어 아래로 이동하면서 이때 빛의 반대방향으로 이동한다는 것이 밝혀졌다. 그 결과 줄기의 신장하는 부분에서의 **옥신**의 양이 빛의 반대쪽에 많아지므로 그 부분의 생장이 빨라져서 빛의 방향으로 굽어지는 양성굴광성이 나타나게 된다. 또한 **옥신**은 중력 방향으로 이동하여 아래쪽에 많이 분포하게 되는데 뿌리에서는 **옥신**의 농도가 높으면 오히려 생장이 억제되어 아래쪽으로 **뺨**으므로 음성굴광성이 나타나게 된다.

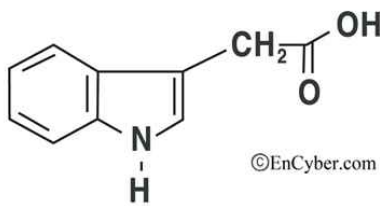
굴지성과 옥신

식물을 수평으로 놓아두면 잠시 후, 줄기는 위쪽으로, 뿌리는 아래쪽으로 **뺨**는다. 탄소의 방사성 동위원소가 포함된 인돌아세트산을 사용하는 실험을 하면 **옥신**은 중력의 방향으로 이동함을 알 수 있다. 이렇게 줄기 아래쪽에 많이 분포하는 **옥신**의 영향으로 아래쪽의 생장이 촉진되어 위를 향해 **뺨**으므로 줄기에서는 음성

굴지성이 나타나고 뿌리에서는 생장이 억제되어 중력과 같은 방향인 아래쪽으로 뻗으므로 양성굴지성이 나타나게 된다. 즉 굴광성과 굴지성은 모두 **옥신**의 고르지 못한 분포에 의해 성장속도가 달라지기 때문에 나타나는 현상이다.

그 밖의 굴성

그 밖에도 굴성은 여러 가지가 있다. 예를 들면, 식물체의 양쪽 습도에 차이가 있을 때 일어나는 굴성을 굴습성(屈濕性) 또는 향습성(向濕性)이라 하고, 물에 의하여 일어나는 굴성을 굴수성(屈水性), 식물체의 한쪽에서 화학물질이 작용했을 때에 일어나는 굴성을 굴화성(屈化性), 접촉으로 일어나는 굴성을 굴촉성(屈觸性), 전기(電氣)에 의하여 일어나는 굴성을 굴전성(屈電性), 상해(傷害)에 의하여 일어나는 굴성을 굴상성(屈傷性)이라고 한다. [네이버 지식백과] **굴성** [tropism, 屈性] (두산백과)



옥신 [Auxin]

식물이 씨에서 발아하여 성장하는 데에는 여러 가지 조절물질이 필요한데 특히 줄기의 신장에 관여하는 식물생장호르몬의 일종이다.

옥신의 합성

옥신은 인돌아세트산(IAA)으로 트립토판이라는 아미노산으로부터 합성되었다. 사람의 오줌 성분에서 처음 분리된 헤테로옥신(heteroauxin)이나 인공적으로 합성한 제초제나 고엽제로 쓰이는

2,4-D, NA(나프탈렌 아세트산)등은 모두 옥신과 같은 작용을 하므로 이들을 옥신류라 부른다. 식물에서 트립토판이 합성되지 않을 경우에는 옥신의 전구체인 인돌(indole)을 생성하는 생합성경로를 통하여 옥신을 생성하여 옥신이 결핍되는 것을 방지한다.

옥신에 의한 길이 성장 기작

옥신은 생장이 왕성한 줄기와 뿌리 끝에서 만들어지며 세포벽을 신장시킴으로써 길이 성장을 촉진한다. 옥신이 세포 안으로 들어오면 세포 안에 있던 수소이온들을 세포막 밖으로 내보내기 때문에 세포 밖은 pH가 낮아져서 산성을 띄게 된다. 이렇게 pH가 낮아져야만 성장할 수 있는 조건이 된다. 실제로 완충용액을 처리하면 옥신이 있어도 성장을 하지 않는다. 이렇게 산성화가 되면 세포벽의 셀룰로스의 결합을 이완시킬 수 있으며 세포막 안쪽에서는 액포 속에 원형질이 아니라 물을 채움으로써 세포가 팽창되면서 커지게 되어 세포벽이 늘어나게 되므로 길이 성장이 일어나게 된다. 식물은 동물보다 성장속도가 매우 빠르는데, 그것은 세포분열과 더불어 옥신에 의해 이와 같은 세포 체적 증가가 이루어지기 때문이다. 옥신의 농도가 과도하게 높은 경우에는 오히려 세포의 신장을 저해하는 에틸렌의 합성을 촉진시켜 신장이 억제된다. [네이버 지식백과] 옥신 [Auxin] (두산백과)

굴촉성- 단단한 물체와의 접촉에 대한 식물의 성장 반응 屈觸性(한자) thigmotropism(영어)

굴성(屈性)의 하나로 단단한 외부 물체와의 접촉에 대한 식물의 성장 반응을 말한다. 완두, 포도 등 굴촉성을 보이는 식물들은 일반적으로 가늘고 긴 줄기를 가지며, 물리적인 지지 없이는 똑바로 자랄 수 없다. 흔히 변형된 줄기나 잎인 덩굴손을 가지며, 이것으로 이웃 식물의 단단한 줄기나 울타리 기둥 주위를 빠르게 감는다.

예를 들어 포도 덩굴 줄기의 한 면이 격자에 닿으면 격자가 닿은 면의 특수화된 표피 세포는 짧아지는 반면, 다른 면에 있는 세포는 빠르게 신장한다. 이에 덩굴손은 수분 내로 격자 주위를 둥글게 감기 시작하고 덩굴 줄기에 강한 지지를 제공하는 단단한 코일을 형성한다.

한편, 빈번히 부는 강한 바람, 폭풍우, 동물, 농기구에 의해 생기는 식물 줄기의 마찰과 굽어짐은 식물의 지나친 성장을 억제하고 성장 패턴까지도 변화시킬 수 있는데 이를 축성형태발생(thigmomorphogenesis)이라고 한다. 이에 따라 식물이 물리적 스트레스에 정기적으로 노출되었을 때 줄기는 신장을 멈추고 굽기를 증대시킨다.

예를 들어 어떤 식물을 매일 잠시 동안 흔들어 주는 것만으로도 그 식물은 위로 자라는 생장이 억제되고 줄기가 굽어져 더 강해지게 된다. 실제로 밖에서 자라는 식물이 안에서 자란 식물보다 길이가 짧고 더 굵은 줄기를 가지는데, 이 줄기는 지지대로 사용된다. [네이버 지식백과] 굴촉성 (시사상식사전, 박문각)