

## 제 10 회 137 억년 우주의 진화 8강 식물 2

(박문호 박사님의 강의내용을 초록한 것입니다.)

식물은 2 단어만 기억하면 된다.

meristem, cambium

10 번 복창하고 시작하자.

같은 개념이다. 분열조직을 의미한다. 더 이상 없다.

meristem 이 더 넓은 개념이다. cambium 은 meristem 의 부분집합이다

식물에서는 이것이 결정적 지식이다.

지식은 평등하지 않다. 사실 엄청나게 불평등하다.

제일 중요한 지식이 결정적 지식이다.

결정적 지식은 3 가지 속성이 있다.

첫째 그 지식으로 그 분야의 모든 개별지식들이 연결된다.

둘째 그 지식만 알면 나머지 세부 사항이 설명 가능하다.

세째 발견해야만 보인다. 드러나 있지 않다.

중요한 지식은 자주 들어보지 못한 것이다. 의외로 처음 들어보는 지식이다.

분야마다 가장 많아도 10 개 이내이다.

공부하면 할 수록 하나로 모아진다.

식물학에서 가장 중요한 지식은 cambium 과 meristem 으로 모아진다.

수업 중 인터넷으로 찾는 것은 좋은 공부 방법이 아니다. 그것 찾다가 결정적 지식을 놓친다.

어떤 지식을 들으면 즉각적으로 찾지 마라. 미루고 미루다 찾아야 한다. 그러면 속 들어온다.

30 년 공부하면서 체득한 결과이다. 함부로 찾으려면 곧 잊어버린다.

공부 잘하는 방식은 질문이 없어진다. 강의를 듣고 계속 질문이 생기면 잘 못된 것이다.

결정적 지식은 스스로 답한다. 질문이 생기면 스스로 답하는 수준까지 못 갔기 때문에 질문한다.

질문이 나오면 다시 결정적 지식으로 돌아가야 한다.

meristem 과 cambium 만 알면 식물공부는 끝이다.

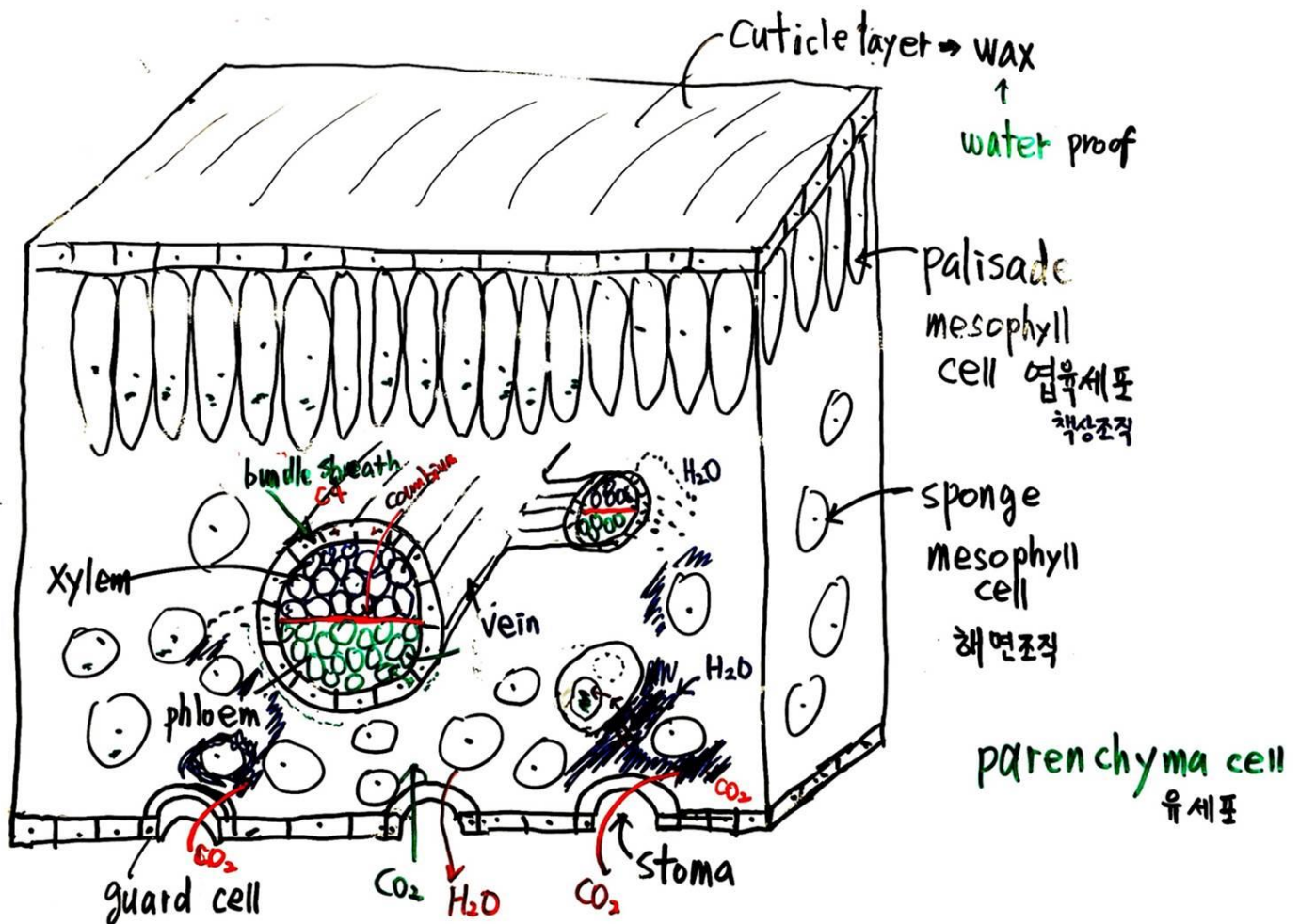
죽은 나무에는 파란 잎이 없다.

식물의 살아 있는 부분은 잎이다.

90%가 맞으면 극단적으로 단순화 시킨다. 아인슈타인이 했던 방법이다.

중간은 없다. 제로 또는 무한대이다. 그래야 본질이 명확해 진다. 자연의 전모가 보인다.

식물의 잎을 한번 그려보자.



점하나 찍으면 세포 표시다. 핵을 의미한다.  
 빨간 펜으로 적는 부분이 결정적 지식이다.  
 원의 가운데 붉은 직선이 cambium 이다. 결정적 지식이다. 쉽게 가르쳐 주면 안 된다.  
 함부로 이야기 해서 모른다.  
 지식은 균등하지 않다. 이것만 이해하면 된다.  
 나머지는 일반 상식이다. 이것으로 유추가 가능하다.  
 이 붉은 선이 분열하여 위, 아래 반구를 채운다.  
 위 세포가 물관(xylem)이고 아래가 체관(phloem)이다. 결정적 지식이다.

아래 부분에 공변세포(guard cell)가 있다. 공변세포가 둘러싼 구멍을 stoma 라 하고, 그곳으로 CO2 와 H2O 가 들어오고 나간다.

가운데 덩성 덩성 있는 세포가 해면조직(sponge) 이다.

palisade 는 책상조직이다.  
 그리고 상, 하 표피조직 사이를 mesophyll 이라고 한다.

vein 이 잎맥이다.  
 세포가 모여 관속에 관을 만들었다. 식물의 혈관이다.

vein 속에 물관(xylem)과 체관(phloem)이 있다. 물관에는 물이 흐르고, 체관에는 영양분이 흐른다.

물관을 통해 뿌리에서 꼭대기까지 30m 가 넘게 물을 올린다. 물이 분자 상태로 올라온다.

분자 상태로 올라온 물 분자가 sponge cell 주위에서 액체 상태의 물로 변한다.

그 액체 상태의 물에 stoma를 통해 들어온 CO<sub>2</sub>가 녹는다.

녹으면 중 탄산염(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)이 되고 중 탄산염이 sponge cell 엽록체의 스트로마 안으로 들어간다.

광합성에 필요한 CO<sub>2</sub>가 공급되는 것이다.

생명은 유니크하다. 대충 아는 것은 없다. 다 알든지 아니면 모르는 것이다.

위쪽 표피 세포의 cuticle에는 wax가 싸여 있다. 수분증발을 방지한다.

기공이 열리면 CO<sub>2</sub>가 들어오지만, 동시에 H<sub>2</sub>O도 빠져 나간다.

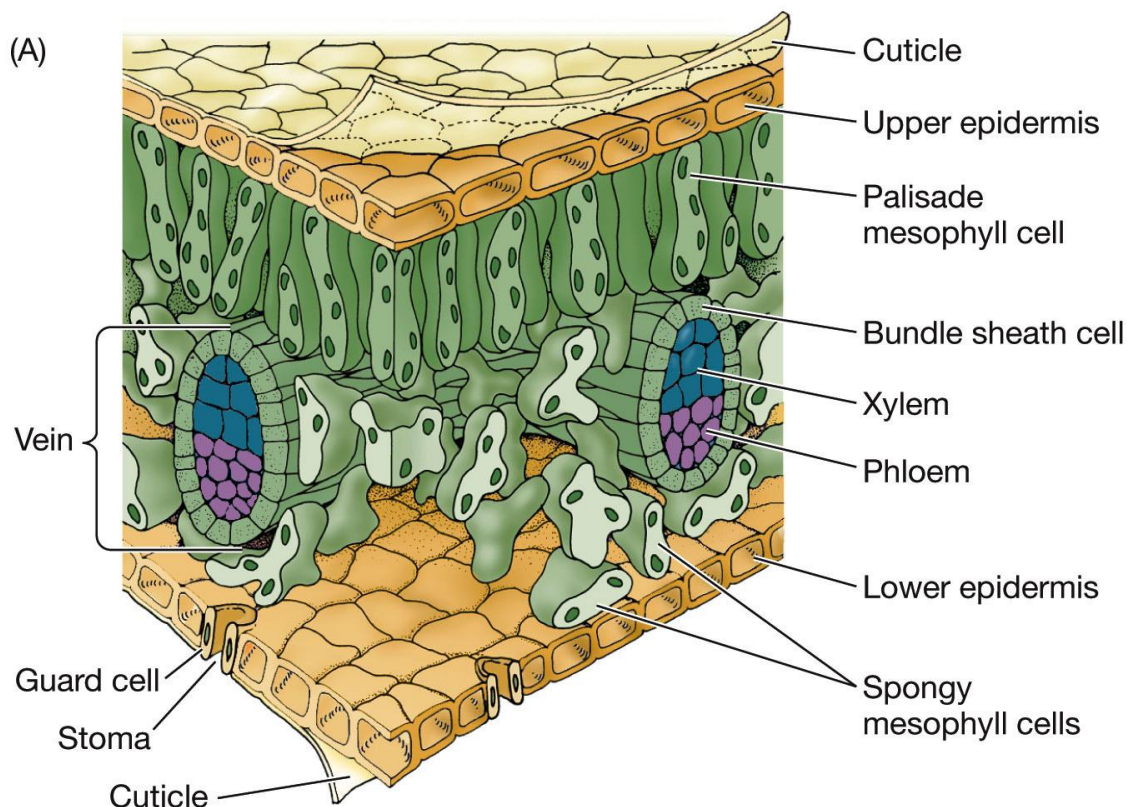
햇빛을 받으면 잎이 오그라드는 것은 기공이 햇빛을 받지 않도록 하고, 수분 증발을 방지하기 위해서다.

잎이 땅을 향해 축 늘어진다.

CAM 식물은 물의 증발을 막기 위해 낮에는 기공을 닫는다.

식물을 C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, CAM 식물로 분류하는 것도 물 증발에 따른 분류이다.

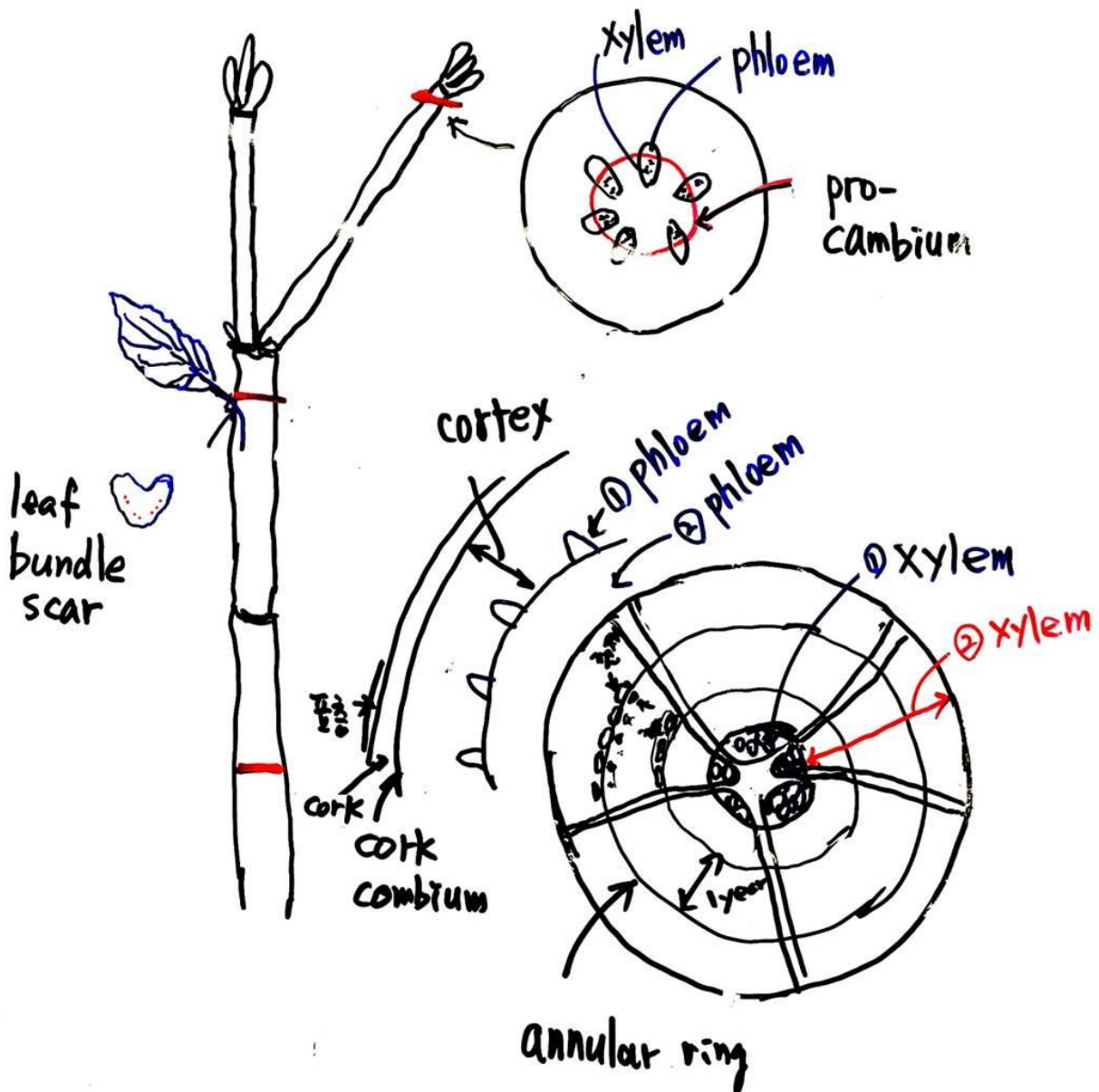
vein은 잎맥이다. 관다발이다.



**LIFE 9e, Figure 34.15 (Part 1)**

© 2011 Sinauer Associates, Inc.

나무의 결정적 지식은 cambium 이다.



올해 올라오는 가지를 자르면 어떤지 살펴보자  
 원 가운데 빨간 선이 procambium 이다  
 선의 바깥 부분이 phloem 이고 안 쪽이 xylem 이다.

3년 정도 지난 줄기를 자르면  
 나무의 나이테는 봄철에는 크고 가을에는 작다.  
 나이테는 온대 지방의 관목이나 교목에만 있다. 열대 지방에는 없다.  
 열대 지방의 소나무만한 고사리도 나이테가 없다.

식물은 원래 한 세포가 있었는데 어느 날 2 개의 세포가 가 되었다. 만나는 평면이 지평면이다.

두 세포가 로켓처럼 하늘과 땅으로 향한다. 붙어 있던 선이 cambium 이다.

5 억년 전부터 3 억 7 천 년까지 식물은 아래와 위로만 자랐다.

그러다 3 억 7 천년 이후 측재 분열조직(lateral meristem)이 생긴다. 이후에 지구상에 나무와 숲이 형성되기 시작한다.

식물은 매년 분열과 스톱을 반복한다. 3000 년 까지도 지속된다.

반면에 동물은 일정 기간 분열 후 스톱한다. 그리고 그대로 유지하다가 사망한다.

식물의 살아 있는 생명은 앞이다.

가을에 앞이 떨어지고 나면 나무에 살은 것이 없다. 100% 죽었다고 해도 된다.

봄이 될 때까지 일부만 살아 있다.

살아 있는 것이 "싹"이다. bud 이다.

싹은 반드시 나무 가지 위쪽에 있다.

나무의 본질은 가지이다.

그래서 올해 자란 가지가 어딘지 확인해야 한다.

나무의 꼭지점을 확인하라. shoot 와 root 이다. 두 개의 로켓이다. 수직으로만 자란다.

수직으로만 자라기 때문에 1m 이상 자라지 못한다. 넘어진다.

초기 식물은 수직으로만 자랐다. 정단분열조직(apical meristem)만 있었다. 1m 이상 자라지 못했다.

정단분열조직은 shoot apical meristem 과 root apical meristem 두 가지가 있다.

사막 지역에는 뿌리가 수 m 까지 내려가는 식물도 있다. 밑으로 계속 자란다.

기본적으로 식물은 수직으로 자랐다. 가늘어서 높이 자랄 수 없었다. 넘어졌다.

그러다 횡단 분열조직(lateral meristem)이 출현했다. 나무의 출현이다. 모든 식물에는 apical meristem 은 다 있다.

그러다 대략 3 억년 전부터 출현했던 나자 식물부터 횡단 분열조직을 갖게 되었다. meristem 하나만 알면 다 풀린다.

나무에서 1 년차 자라는 조직은 푸른 색이다. 푸른 것은 1 년 밖에 가지 못한다.

매년 새로 자라는 것이 bud 이다. 그 중에서도 싹 중의 왕인 terminal bud 는 맨 꼭대기에 있다.

terminal bud 는 동물의 수정란과 같다. 다치면 안 된다. 솜털이 나 있고 비늘로 보호되어 있다.

apical meristem 은 동물의 줄기세포와 같다. 그곳에서 모든 것이 생긴다.

비늘이 떨어진 빈자리에 흉터가 생긴다. 흉터를 terminal bud scale scar 라고 한다, 맨 끝단과 흉터 자국까지가 올해 자란 가지이다. 푸른 색이다. 그것을 primary meristem 이라한다.

나무의 굵은 줄기는 90%가 죽은 것이다. 껍질만 살아있다.



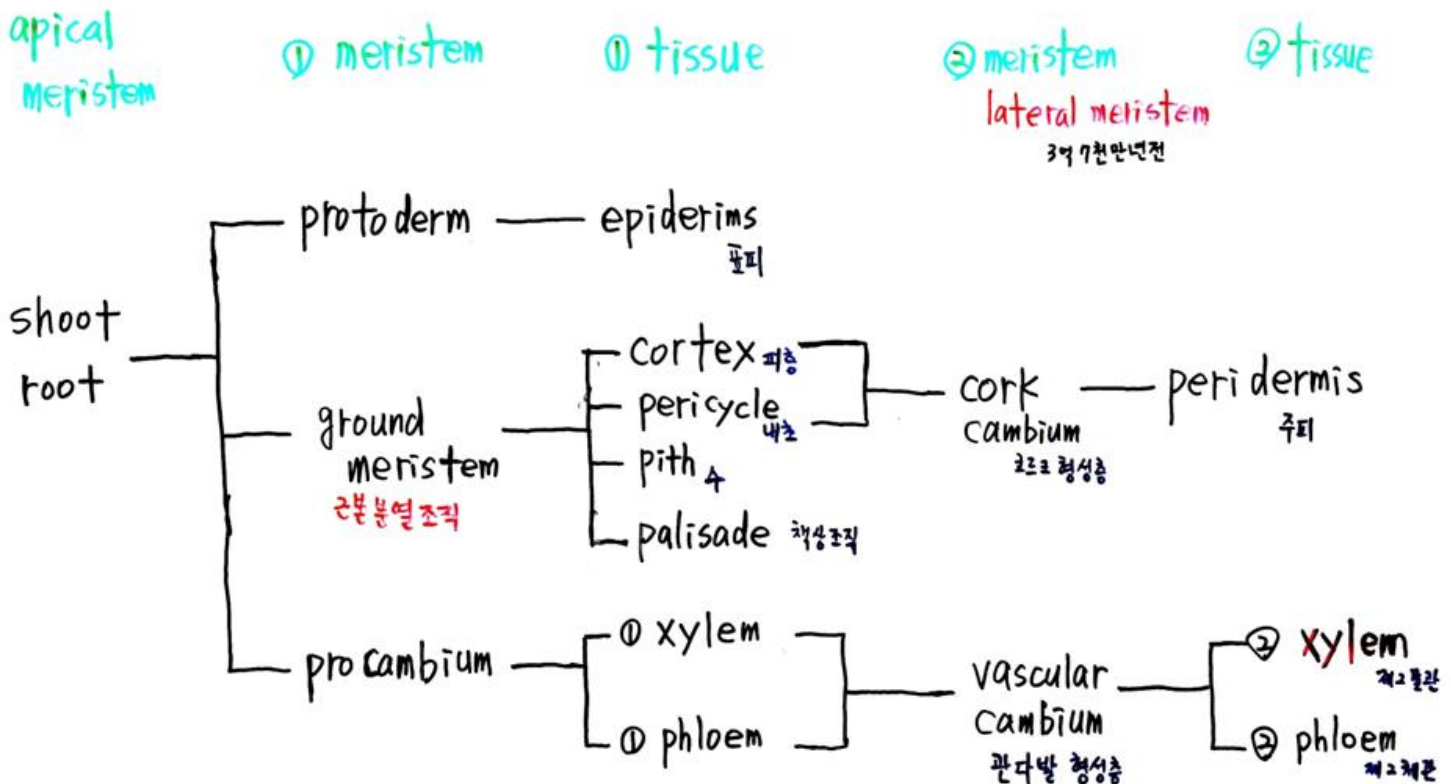
환상박피를 하면 나무가 죽는다. 체관이 나무의 바깥부분에 있기 때문이다.  
 체관이 손상되면 영양분이 이동할 수 없어 죽게 된다.  
 식물학은 meristem 만 알면 된다.

관다발을 눈으로 확인하기는 쉽지 않다.  
 잎이 떨어지면 잎맥이 떨어진 것이 보인다.  
 잎자루 떨어진 것을 보면 점이 있다. 그 점이 leaf bundle scar 이다

여러분 중에서 그것을 찾으면 사이트에 올리기 바란다.  
 보통 나무를 봐서는 어렵다. 화분에 있는 나무에서는 찾을 수 있을 것이다.  
 현장에서 찾아보면 살아 있는 지식이 되고, 그래야 식물이 뭔지 알게 된다.  
 잎이 떨어지면 물관, 체관도 함께 떨어진다.

1 기(primary)는 올해 자란 조직이고 2 기(secondary)는 태어나서부터 작년까지 자란 조직이다.  
 모든 목재는 2 기 물관이다. 물관에는 헛물관과 물관요소가 있는데, 목재는 그 중에서도 헛물관이다.  
 2 기 물관이 계속 자란다. 나이테를 형성한다.  
 나이테는 봄에는 넓고 가을에는 좁다.

다음 도표 하나면 식물 분류는 끝난다.



apical meristem 과 lateral meristem 이면 식물학 끝난다.

결정적 지식,은 이것 하나면 모든 것을 설명 가능하다.

헛갈릴 때마다 결정적 지식으로 돌아온다. 그것 밖에 없다. 질문하지 마라. 스스로 찾아야 한다.

meristem 은 apical meristem 과 lateral meristem 이 있다.

apical meristem 에는 shoot apical meristem(싹)과 root apical meristem(뿌리)가 있다.

PRIMARY meristem 에는 3 가지가 있다. protoderm, ground meristem, procambium 이다.

meristem 의 한 예가 cambium 이다. procambium 은 발생 초기의 cambium 이다.

ground meristem(근본 분열조직)이 가장 중요하다.

식물의 조직은 분열하거나 분열하지 않거나 2 가지 이다. 분열하지 않는 조직은 죽은 조직이다.

분열은 봄에 한다. 겨울에는 물이 얼어 붙기 때문에 분열 할 수 없다.

일부의 생명을 동면시킨다. 매년 봄에 다시 살린다.

ground meristem 은 4 가지로 갈라진다. 피층(cortex), 내초(pericycle), 수(pith), 책상조직(palisade)이다.

pericycle 은 대단히 중요하다.

뿌리는 물을 흡수하는 곳이다

뿌리 표피 세포의 원형질 막에서 나온 hair root 가 흙 사이에 있는 물을 흡수한다.

갈라지는 뿌리 가지가 pericycle 에서 나온다.

pith 는 수이다. 목재의 심이다.

epidermis 가 표피이다.

procambium 은 1 기 xylem 과 1 기 phloem 이 된다.

1 기 xylem 과 1 기 phloem 은 관다발 형성층(vascular cambium)이 된다.

관다발 형성층이 2 기 xylem 과 2 기 phloem 이 된다.

식물학은 meristem 만 따라가면 된다.

그리고 primary 와 secondary 만 이해하면 된다.

1 기(primary)는 당해 년도에 자란 조직이고 2 기(secondary)는 태어나서부터 작년까지 자란 조직이다.

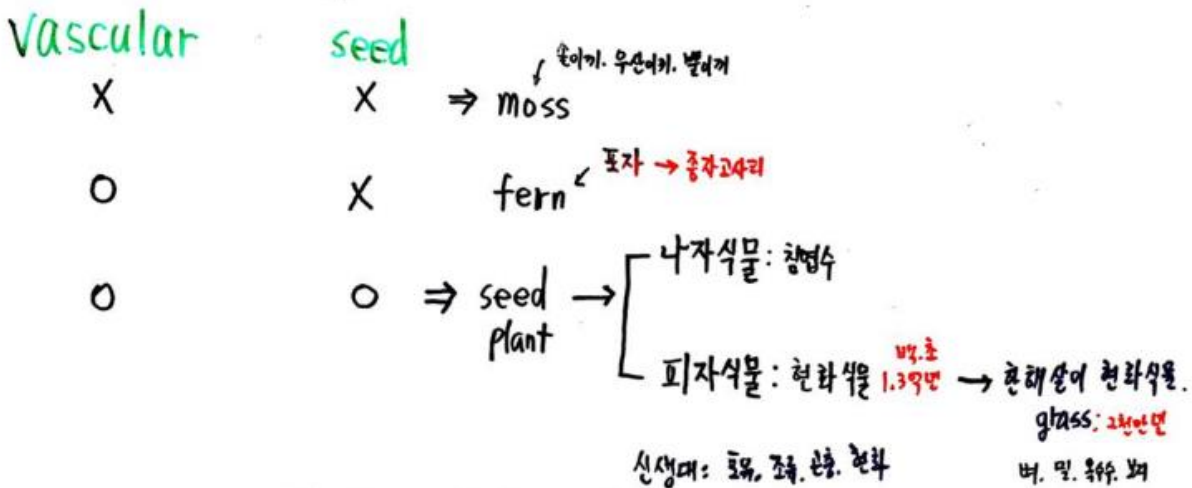
1 기 조직은 푸르고 살아 있다. 2 기 조직은 90%가 죽었다.

peridermis 는 주피다. 둘러싼 껍질이다. cork cambium 에서 나온다.

2 기 meristem 을 lateral meristem 이라 한다.

1 기 분열조직이 분열해서 만든 것이 1 기 조직(tissue)이고, 2 기 분열 조직이 분열해서 만든 것이 2 기 조직(tissue)이다.  
우리가 보는 나무의 90%는 2 기 xylem 이다.  
cork 는 매년 채취할 수 있다. 코르크 부위를 환상박피해도 죽지 않는다. 코르크가 죽은 조직이기 때문이다.

shoot, root apical meristem 에서 다 나온다.  
그러다 대략 3 억 7 천만년 경 lateral meristem 이 출현한다.  
지구상에 처음 나무와 숲이 출현한다. 침엽수이다.  
vascular 와 seed 에 의한 식물분류



한해살이 식물은 2 기 조직이 없다.  
vascular 도 없고 seed 도 없는 식물이 moss 이다.  
moss 는 무 관속 식물이다. moss 는 아무리 커도 1m 이상 자랄 수 없다. 대부분 땅에 붙어 있다..  
조선의 선이 이끼 선이다.  
우리의 조상이 툰드라의 이끼를 따라 순록 유목했던 민족이라고 주장하는 학자들도 있다.  
순록이 먹었던 것이 이끼다.

moss 에는 솔 이끼, 우산이끼, 뽕 이끼가 있다.  
바다의 파래, 김, 미역은 관다발이 있을까요?  
당연히 없다. 파래, 김, 미역은 식물이 아니고 조류이다.  
식물이 아니므로 물관, 체관이 없다. 미역 뿌리가 아니다. 가근(헛 뿌리)이다.  
뿌리는 물을 흡수하는데, 그런 기능은 없고 바위에 붙어 있을 뿐이다.

조류가 먼저 출현했다. 녹조류, 홍조류, 갈조류라는 조류는 동물, 식물 같은 거대한 분류 체계다.  
녹조류의 의 일부인 파래가 육지로 올라와 녹색 식물이 되었다는 것은 정설이다.  
이끼에는 분류 상, 솔 이끼, 우산이끼, 뽕 이끼가 있다. 선태류이다.  
이 세가지 안에 수천 종의 이끼가 있다.



vascular 는 있고 seed 는 없는 식물이 양치식물이다.

fern 은 양치식물이다. 고사리이다. 대단히 많다.

세계테마 기행 뉴질랜드 편을 다시 보기 바란다.

뉴질랜드에는 10m 가 넘는 고사리가 숲을 이루고 있다. 공룡이 튀어 나올 것 같았다.

고사리는 관다발이 있다. 관다발이 있어서 물을 10m 이상 올릴 수 있기 때문에 클 수가 있었다.

그러나 고사리 나무라고 해서는 안 된다. 나무는 제 2 물관의 출현과 관련이 있다.

나자 식물 즉 침엽수부터 나무이다.

호주에서 화석으로 들어난 것이 유명한 종자 고사리이다.

지구에서 고사리와 식물이 매우 많다.

고사리는 씨가 없다. 고사리는 F1 을 포자로 만든다.

세익스피어 시절에도 고사리는 씨가 있는 줄로 알았다. 그 당시 식물학은 포자라는 개념을 이해하지 못했다. 고사리는 씨가 아니고 포자를 갖고 있다.

종자(씨)는 정자와 난자가 수정한 것이다. 동물의 수정란이 식물의 종자이다. 포자는 n 배체이다.

포자를 씨라 하는 것은 귀신을 사람이라고 착각하는 것만큼 헛갈리는 이야기다.

당시에는 고사리도 씨가 떨어져 새싹이 나는 줄 알았다. 그러나 씨가 보이지 않아서 신비스럽게 생각했다. 나중에 포자라는 것을 알게 되었다.

마지막에 종자를 만드는 고사리가 나온다. 고사리를 뒤집어보면 벌레 알처럼 노란 것이 붙어 있다.

포자가 잎 끝에 매달려 있을 때, 이것을 말면 콩깍지처럼 된다.

잎 끝에 있던 것이 말려 안으로 가서 종자가 되었다. 최초로 고사리에서 발견 되었기 때문에 종자고사리라고 한다.

종자가 고사리 진화의 맨 마지막에 나온다. 지금은 없고 화석에만 있다. 이런 것이 결정적 지식이다.

마지막 고사리 한 종에서 최초의 씨가 출현했고, 그것이 나자 식물로 진화했다.

관다발과 종자 모두 있는 식물이 종자식물(seed plant)이다.

종자 식물은 2 가지 이다. 나자 식물(gymnosperm)과 피자식물(angiosperm)이다.

나자 식물이 먼저 출현한다. 나자 식물은 씨가 겉으로 들어나 있다. 침엽수이다. 중생대에 번성했다.

은행류, 마황류, 구과류, 소철류 등이 있다.

구과류는 솔방울을 맺는 식물이다. 소나무, 잣나무, 가문비나무 등이다.

최후에 출현한 식물이 피자식물이다. 피자 식물은 속씨식물이다.

피자식물의 다른 표현이 현화식물이다. 우리말로 꽃 식물이다.

지구상 식물의 90%가 현화식물이다. 200,000 종이 넘는다.

1.3 억년 전 백악기 초에 출현, 신생대에 번성했다.

신생대는 동물은 포유류, 조류, 곤충의 시대이고, 식물은 현화식물 시대이다.

고생대에 꽃과 나무를 보았다는 이야기는 넌 센스이다.

초식공룡이라는 용어도 틀렸다.

현화식물 중에서도 맨 마지막에 출현하는 것이 한해 살이 현화식물이다.  
한해살이 현화식물을 우리가 통칭 풀(grass)이라 한다.  
풀은 신생대에 나왔다. 초식공룡이 아니고, 식물식 공룡이라고 해야 한다.

한해 살이 현화 식물 풀은 2000 만년 전에 출현했다.  
한해살이 현화식물은 유라시아 초원과 남미 팜파스 그리고 아프리카 동부 대 초원등 지구를 뒤덮고 있다.  
이 중에 가장 많은 것이 벼과 식물이다. 벼과 식물이 10,000 종이나 된다.  
대표적인 것이 벼, 보리, 밀, 옥수수 이다. 대나무도 벼과 식물이다. 나무가 아니다.

인류의 발상지가 에디오피아 부근 이라는 것과 관계가 있다.  
대 초원이 형성 되면서 대형 초식 동물이 20 여종이나 되었다.  
2000-1000 만년 사이에 풀이 번성하면서 600 만년 전에 호모가 침팬치에서 호모사피엔스가 갈라질 때 와 매칭된다.  
나일 강변이 열대 밀림에서 사바나 기후로 바뀌고, 맹수가 물소나 누 같은 초식동물을 사냥하고 남은 고기의 시체를,  
관목 뒤에 숨어 있던 대형 영장류와 호모사피엔스가 훔쳐 먹었을 것이다. 대 초지 형성이 언제인지를 꼭 기억해야 한다.

유라시아 초원은 길이가 8000km 나된다. 초지가 넓어 지면서 알베도가 높아졌다.  
지난 2000 만년 이후부터 지구 온도가 급격히 떨어지는데 한해살이 현화 식물이 일조한다.  
지구 온도를 낮추었다. 그러다가 250 만년 전부터 빙하기가 시작되었다.  
식물학이 단순한 식물학이 아니다.

한해살이 현화식물이 풀, grass 이다.

CO2 관점에서 식물을 분류하면 3 종류이다.  
C3, C4, 그리고 CAM(crassulacean acid metabolism)식물이다.

C3 식물이 85%이고, C4 식물이 15% 정도 된다. C4 식물 중 한 종류가 선인장 종류인 CAM 식물이다.

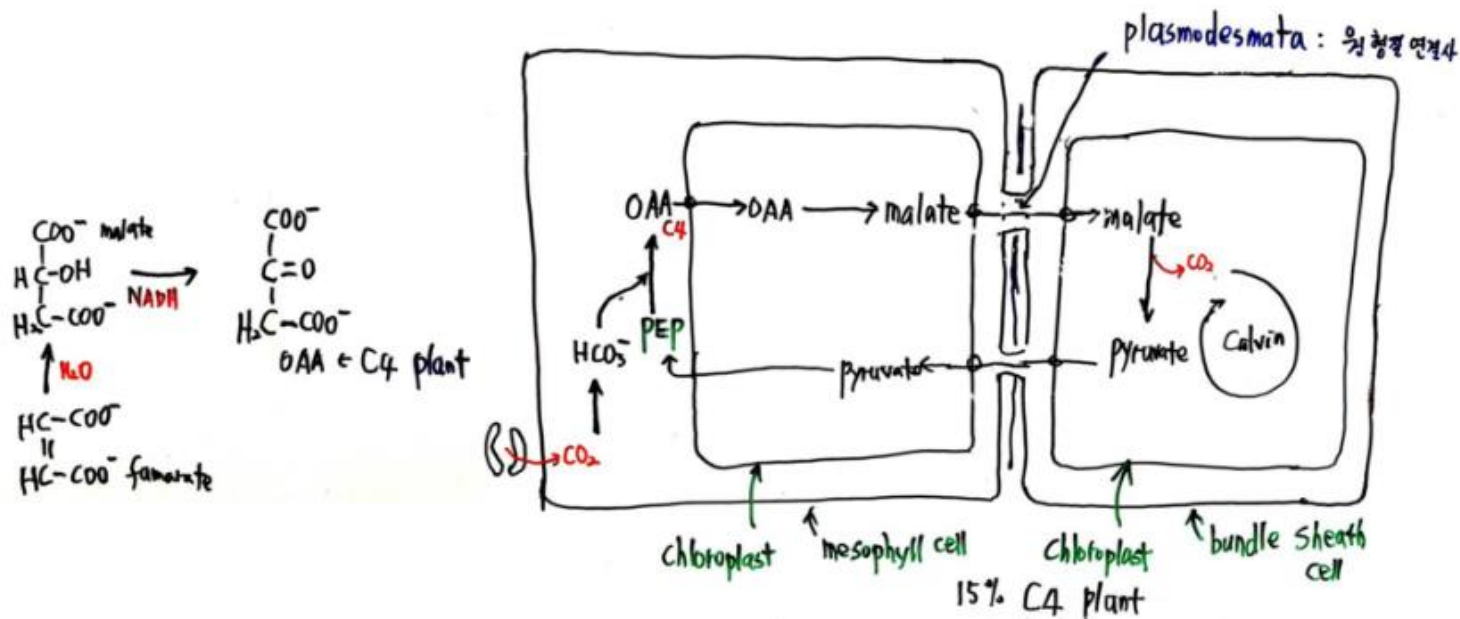
C4 식물 중 중요한 것이 옥수수와 사탕수수이다.

C3, C4 는 CO2 가 고정되어 나온 산물이 3 탄당(3PG)인가 4 탄당(OAA)이냐에 따라 분류한 것이다.

C3 식물은 CO2 가 처음으로 고정되어 나온 것이 3PG 이고, C4 식물은 CO2 가 고정되어 나온 결과물이 4 탄당인 OAA(oxaloacetate)이다.

C4 식물의 광합성은 엽육 조직을 알아야만 이해된다.  
대부분의 광합성은 palisade mesophyll cell 과 sponge mesophyll cell 에서 이루어 진다. 둘 다. 유조직(parenchyma)이다.

C4 식물의 광합성 암 반응은 bundle sheath cell 의 엽록체에서 이루어 진다.



기공을 통해 co<sub>2</sub> 가 들어오면 세포 속 물에 녹아 중 탄산염이 된다.

중 탄산염은 PEP 와 결합하여 OAA 로 바뀌고 , OAA 는 Mesophyll cell 의 엽록체 안으로 들어가 말레이트로 바뀐다.

말레이트는 bundle sheath cell 의 엽록체로 가서 pyruvate 로 바뀐다.

그 과정에서 CO<sub>2</sub> 가 빠져나와 calvin 회로로 들어가고, pyruvate 는 mesophyll cell 로 들어가서 다시 PEP 가 된다.

두 세포를 연결하는 세포가 plasmodesmata 이다.

이렇게 회로를 도는 식물을 C4 식물이라고 한다. 지구상 15%의 식물이 C4 식물이다.

동물은 세포와 세포가 분리되어 있는데, 식물은 유조직과 유조직 사이는 서로 소통한다.

사람의 경우 서로 다른 창자가 연결되어 있는 것과 같다. 놀라운 사건이다.

연결되어 있는 통로가 plasmodesmata 이다. 원형질 연결사라고 한다.

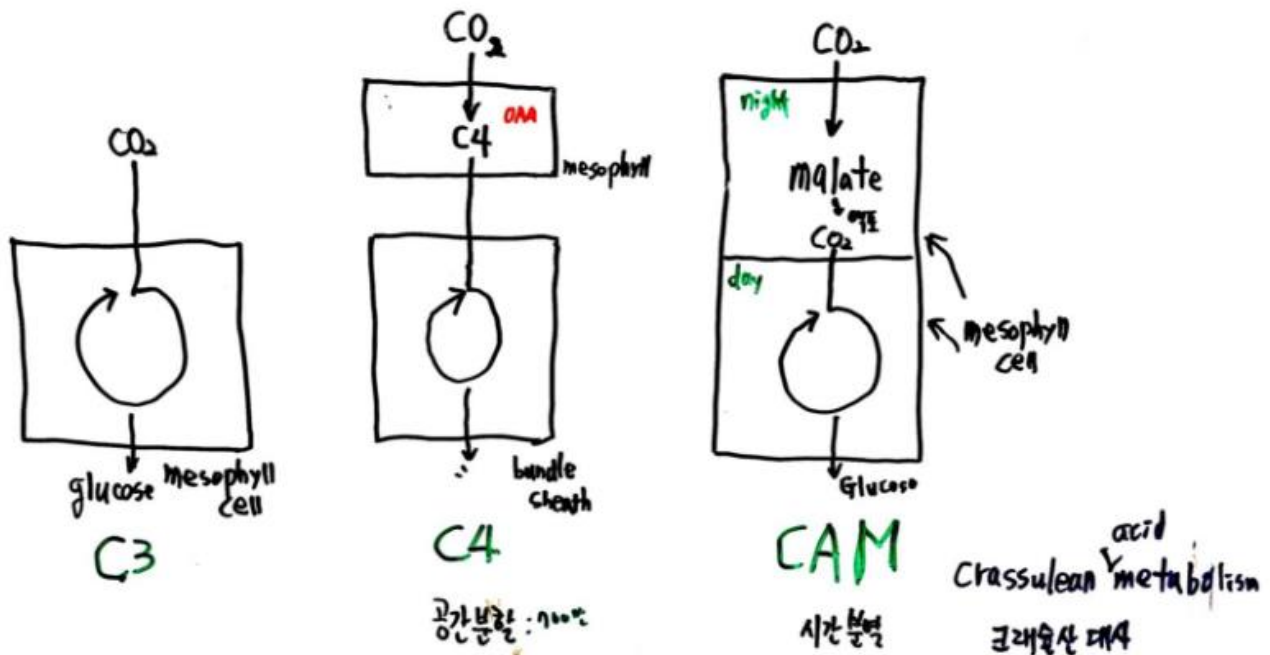
malate 분자식을 적어보자

malate 는 fumarate 에서 왔다. fumarate 에 물 한 분자를 더하면 malate 가 된다.

malate 에서 NADH 분자가 생기면 OAA 가 된다.

CO<sub>2</sub> 관점에서 식물은 3 가지로 나눈다.

이산화 탄소의 농도에 따라 광합성이 달라진다.



C3 식물은 mesophyll cell 의 엽록체에서 광합성이 이루어 지다.

C4 식물은 광합성 암 반응을 bundle sheath cell 에서 한다. 공간적으로 분리하였다.

CAM 식물은 햇빛이 적은 밤에 기공을 열어 CO<sub>2</sub> 를 받아들여 mesophyll cell 에 있는 액포의 malate 에 보관 하였다가, 녹말은 낮에 합성한다.

CAM 식물은 낮에 기공을 열지 않는다.

밤에 기공을 열어 CO<sub>2</sub> 를 받아들여 malate 에 보관하다가, 낮에 기공을 닫고 보관한 CO<sub>2</sub> 를 방출하여 캘빈 회로를 돌린다.

시간을 분할하였다.

중요한 것은 이산화탄소 농도이다. CO<sub>2</sub> 를 받아 들여야 하지만, H<sub>2</sub>O 가 나가는 것도 막아야 한다.

식물은 왜 물이 필요할까? 광합성 때문에?

광합성을 위해 필요한 물은 극히 미미하다. 호흡에서 나오는 물로도 충당할 수 있을 정도이다.

사실 식물이 흡수한 물의 90%는 증발된다. 아마존의 강수량 50%가 위에서 증발한 물에서 내린다.

상상을 초월한 양의 물이 잎을 통해 증발된다. 그래서 나무는 습도와 온도를 내린다.

물이 전달되는 과정의 문제이다.

물은 뿌리에서 높게는 30m 이상까지 올라 가는데, 액체 상태가 아니라 분자 하나하나가 전달된다.

분자로 하나 하나 이동하기 위해서는 쉬지 않고, 끊기지 않고 전달되어야 한다.

분자를 당기는 에너지는 수소 결합이다. 물 분자가 앞에 도착하면 기공으로 떨어져 나간다. 그래서 90% 이상의 물이 그냥 증발한다.

잎 속에서 분자가 응집하여 액체 상태의 물로 만든다. 액체 상태의 물이 이산화탄소를 녹이는 매질 역할을 한다.

스폰지 조직이 물을 흡수하여 액체 상태로 만들고 CO<sub>2</sub>를 녹인다.

C<sub>4</sub> 식물은 대략 700 만년 전에 출현한다. 신생대 마이오세 말이다. 그 시기에 이산화탄소 농도가 극히 떨어졌기 때문이다.

bundle sheath cell 이 mesophyll cell 보다 CO<sub>2</sub>를 더 많이 가뿔 놓을 수 있다.

그리고 만들어진 녹말을 체관에 바로 실을 수 있다.

나무는 물관이다. 제 2 물관이고 헛물관이다.

맨 꼭대기가 잎 원기이다.

이번 강의를 통해서 식물을 어떻게 보아야 하는가 하는 관점을 알게 될 것이다.

풀이든 나무든 맨 꼭대기를 봐야 한다.

Shoot apical meristem 은 동물의 줄기세포, 수정란과 같다. 뿌리와 꼭대기 두 군데에 있다.

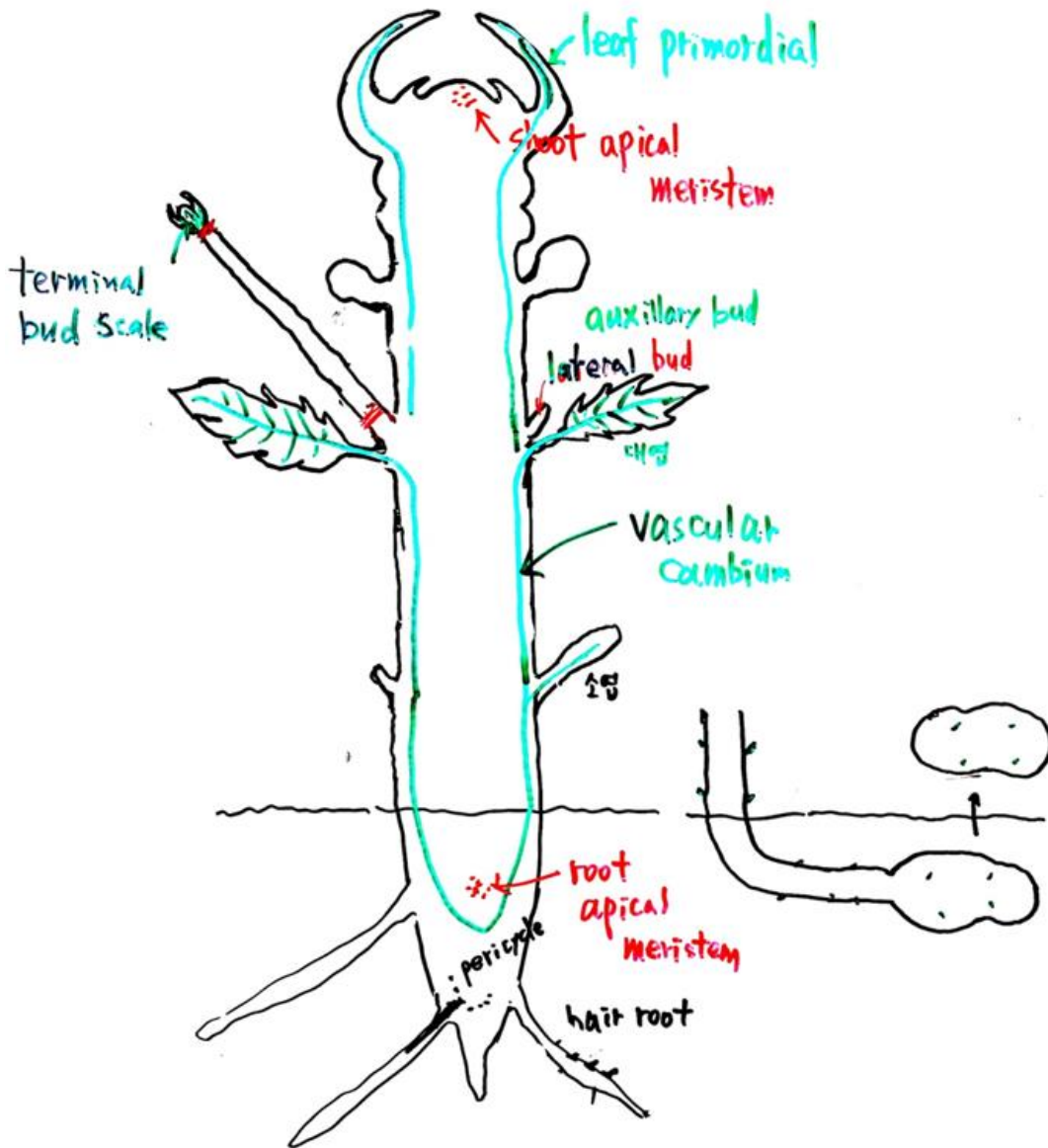
마디(bud)에서 꽃, 잎, 줄기가 나온다.

bud 가 줄기세포이며, 왕 줄기세포가 terminal bud 이다. 여기에서 다 만들어 낸다.

floral bud 는 꽃이 된다. 약간 통통하다.

가지가 나오는 바로 밑에서 잎자루가 나오고 어린 잎이 나온다.

가지가 도대체 어디서 나오는가?



가지는 잎자루 위에서 나온다.  
 앞이 나면 앞 바로 위에 곁 싹(lateral bud)이 나온다.  
 보조 눈(axillary bud or accessory bud) 라고도 한다.  
 별일이 없으면 그냥 끝난다. 그러나 terminal bud 가 훼손 당하면 밑 부분에 가지가 나온다.  
 즉 보조 줄기세포가 역할을 하는 것이다.

옥신은 꼭대기에 가장 많다.  
 밑으로 내려 올수록 옥신 농도가 떨어진다.  
 옥신이 줄어 들면 곁가지가 나온다. 곁가지가 많아야 수확이 많아진다. 그래서 농가에서는 terminal bud 를 자른다.  
 즉 가지는 곁눈에서 발아된다. lateral bud 가 싹이 나서 가지가 되었다.  
 꽃 과 잎도 가지에서 나온다. 그리고 가지가 자란다.

1 년동안 자란 가지를 아는 것이 가장 핵심 지식이다. 올해 자란 부분이 1 기 조직이다.



겨울에는 terminal bud 에 비늘이 덮혀 있다. 떨어지면 흔적이 남는다.  
terminal bud 와 terminal bud scar 사이가 1 년 자란 것이다. 그 밑은 작년도에 자란 것이다.

나무의 본질은 결눈이다. 결눈의 개념을 확장해보자.  
앞에는 관다발(녹색 선)이 들어간다. 잎맥이다. 잎의 진화를 보면 관다발 사이를 세포가 메꾼 형태이다.  
관다발이 물과 영양을 공급하므로 광합성을 할 수 있다. 관다발이란 개념이 더 원초적 개념이다.

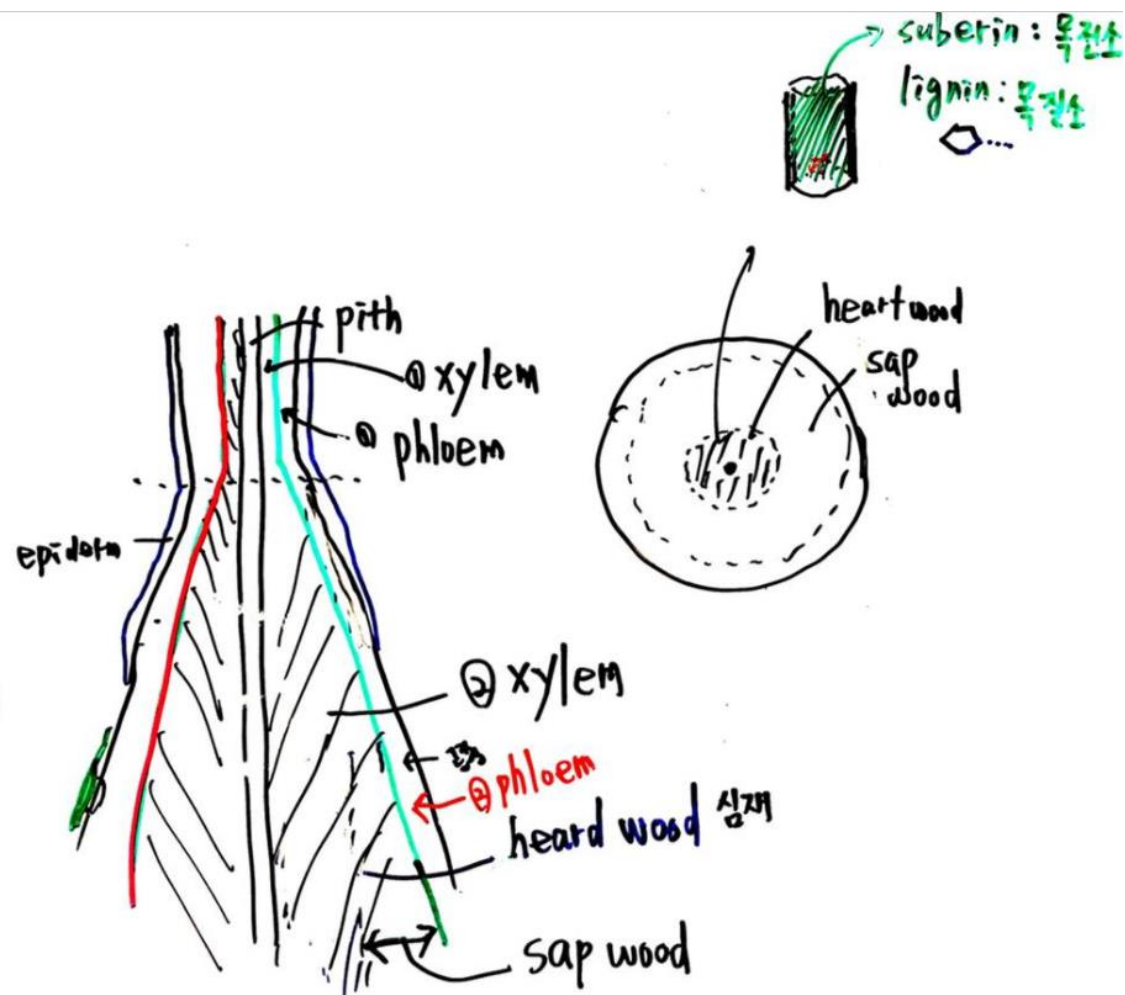
가지의 출현도 진화적으로 관다발부터 설명한다.  
비늘이 떨어진 흔적이 terminal bud scale scar 이다.

새 봄이 되면 두 번째 가지가 나온다.  
앞은 가지가 나오고 그 가지를 세포가 둘러싼 것이다.  
소엽은 관다발이 한 줄 밖에 없는 것이고 대엽은 관다발에 곁가지가 붙은 것이다.  
관다발이 cambium 이다.

pericycle 은 내초다.  
갈라지는 뿌리 가지가 pericycle 에서 나온다. 뿌리는 물을 흡수하는 곳이다  
뿌리 표피 세포의 원형질 막에서 나온 hair root 가 흙 사이에 있는 물을 흡수한다.  
하나의 세포에서 털이 하나씩 나온다.

meristem 은 shoot 와 root 두 군데가 있다.  
파란색은 vascular cambium 이다. 여기에서 잎과 꽃 가지가 나온다.  
leaf primordium 이 잎 원기이다.

다른 형태로 그리면 가운데가 pith 가 된다.



pith 다음이 1기 목관이고 바깥 쪽으로 1기 체관이 있다.  
 나무에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 부분이 2기 목관이다.  
 2기 목관 중에서 안은 완전히 죽은 세포인데 lignin과 suberin이 침착이 된다.  
 이 부분을 심재라 한다. 심재는 heart wood이다. 심재 바깥 쪽 부분을 변재(sap wood)라 한다.  
 변재 바깥 쪽이 2기 phloem인데 점점 얇아진다. 곤충이 침을 박아 수액을 먹을 수 있다.

이번 강의의 목표는 풀과 나무들을 어떻게 보아야 할 것인가 하는 것을 이해하는 것이다..  
 이 강의 끝나고 두 가지만 성공하면 목적을 달성한다.  
 첫째는 올해 자란 마디를 찾아야 한다.  
 수목 원이나 분재 원에 가면 잘 볼 수 있다. 거리에서는 찾기는 어렵다.

올해 자란 가지 끝에 터미널 버드가 있다. 그것을 따라가다 보면 처음 만나는 마디가 있다.  
 1기 조직은 푸르다. 2기 조직은 갈색이다.  
 2기조직과 1기 조직 사이에는 옆줄이 보인다. 비늘이 떨어진 흔적이다. terminal bud scale scar이다.

큰 줄기에는 곁이 터져 있는 부분이 있다. lenticel이다. 식물 표면에서 직접 산소가 들어가는 길이다.  
 심지어 사과 같은 과일에도 있다.

거리에서 바위나 식물을 보고 분류하기는 어렵다. 상당히 어렵다.

동물학, 식물학은 대장균, 효모, 애기장대, 예쁜 선충, 초파리 등 몇 가지 동 식물을 대상으로 연구하였다.

그 동 식물 들이 잘 보이기 때문이다.

일반인이 보면 잘 보이지 않는다. 식물원이나 분재 원에 가서 관찰해야 한다.

다음 두 가지를 찾아보기 바란다

첫째 올해 자란 나무

둘째 leaf bundle scar: 잎이 떨어진 자리의 관다발 자국을 보는 것.

대리석에서 암모나이트를 발견하는 것처럼 놀랍다. 도시에서 중생대 화석을 발견하는 것이다. 생활 속에서 과학이다. bundle scar 를 발견하면 사진을 올려주기 바란다.

땅위 줄기가 땅 속 줄기로 바뀐다. 줄기이므로 결눈이 있다. 이것이 감자이다.

땅속 줄기가 감자이고, 땅 속 뿌리가 고구마이다.

그래서 감자는 잘라서 결눈이 있는 부분을 심으면 그 결눈에서 순이 나온다. 반면 고구마는 순을 꺾는다.

식물은 보조 엔진이 있다.

식물은 뜻하지 않게 부러지거나 다친다.

그래서 비상수단을 갖고 있다. 움직이지 못하기 때문에 비상사태에 대비해야 한다.

침엽수는 무지하게 커진다. 그런데 침엽수에는 왜 과일이 없는가?

꽃이 없기 때문이다. 그리고 생산이 별로 없다. 그래서 에너지 대부분을 몸집 키우는데 썼다.

나무는 옆으로 자라면서 굽어진다. 그리고 5000 년까지 산다.

과일나무는 그렇게 크지 못한다. 300 년 이상 살 수도 없다.

탄수화물로 열매를 만들지만, 목재는 많이 만들지 않는다.

그런데 침엽수에는 왜 과일이 없는가?.

꽃이 없기 때문이다.

침엽수는 생산이 별로 없다. 그래서 에너지 대부분으로 몸집을 키운다. 직경이 10m 도 넘는 경우도 있다.

식물학에서 알아야 할 분자

해바라기를 포함함 대부분의 식물은 해를 향해서 자란다. 이런 성질을 굴광성이라 한다.

옥신이라는 분자 때문이다.

뿌리는 땅으로 향한다. 공중에 달아 놓아도 뿌리는 아래로 간다.

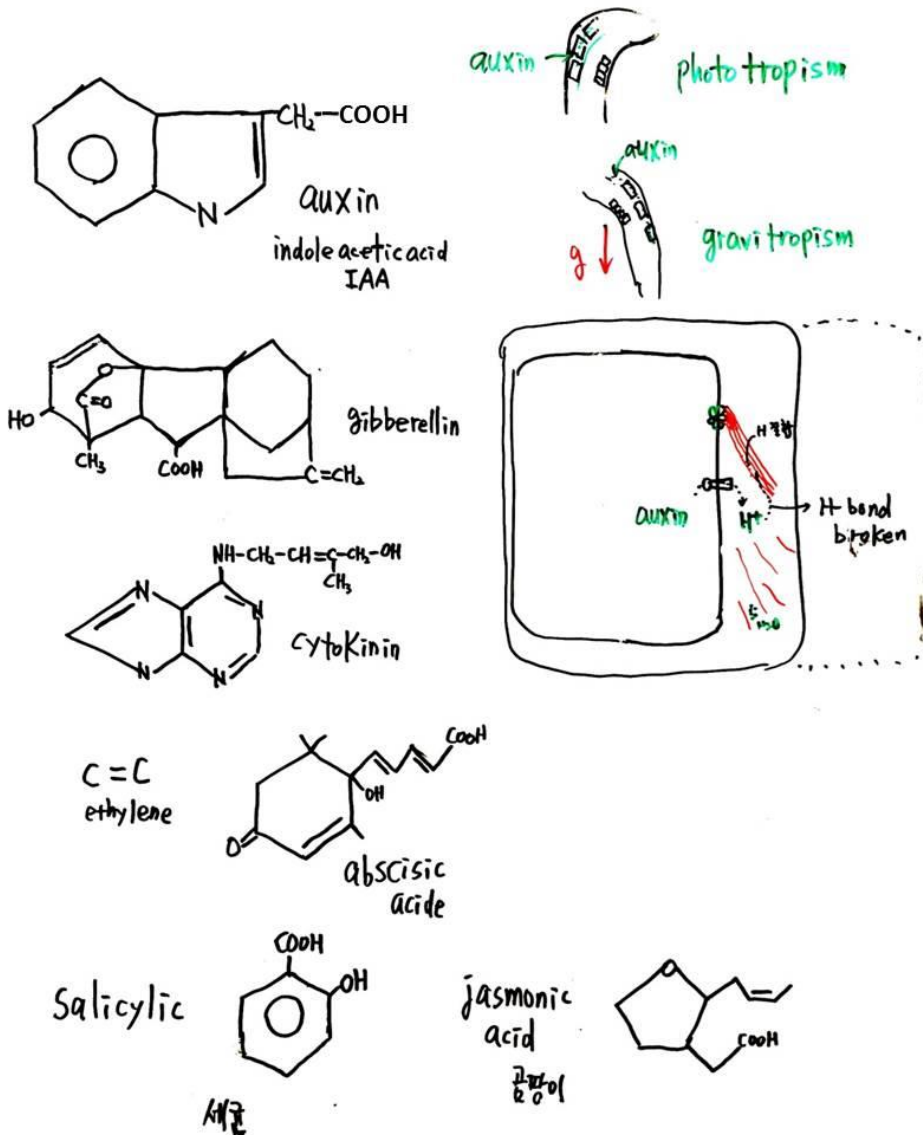
이 성질은 굴중성이다. 중력을 따라 내려간다. 그 이유도 옥신이다.

사과 껍질에 썩은 사과가 하나 있으면 모두 다 썩는다.

에틸렌 분자 때문이다. 썩어가는 사과는 에틸렌을 방출한다. 그 분자가 과일을 빨리 익게 한다. 그리고 썩게 된다.

growth ↑ : auxin, gibberellin, cytokinin

growth ↓ : ethylene, abscisic acid



growth 를 activation 시켜 주는 분자: auxin, gibberellin, cytokinin

growth 를 억제하는 분자 : ethylene, abscisic acid

옥신은 인돌 구조이다. IAA(indole acetic acid)라고 적는다.

gibberellin 의 구조는 복잡하다. 100 종류가 넘는다.

cytokinin 은 퓨린 구조와 비슷하다.

salicylic acid 는 위대한 분자이다. 아스피린이 여기서 나왔다. 키니네, 학질 치료제이다. 수 백 만명의 목숨을 구했다.  
세균에 대한 저항책이다.

곰팡이에 대한 저항책으로 준비한 것이 jasmonic acid 이다.

식물한테 곰팡이는 위험하다.

심재는 가장 좋은 가구용 목재가 되는데 심재는 죽은 물관이다. 아래위로 구멍이 뚫렸다.

천공이라고 한다.

곰팡이가 1cm<sup>2</sup> 당 백만마리가 있다. 곰팡이들이 천공 속에 살게 된다. 여기 대한 저항책으로 jasmonic acid 를 배출한다.

그리고 근본적으로 해결책으로 suberin 과 lignin 으로 천공을 막아버린다.

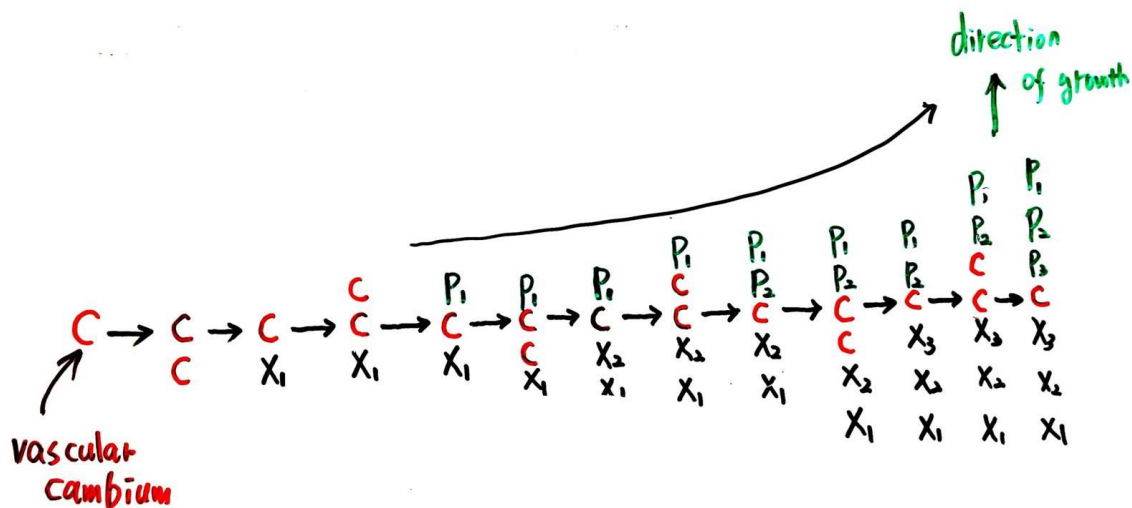
suberin 을 목전소, lignin 을 목질소라 한다.

suberin 과 lignin 은 글루코스로 이루어진 다당류들이다. lignin 의 구성요소는 아직도 정확히 모른다.

목재의 심이 단단하고 향기가 나는 까닭이다.

그러면 식물은 어떻게 그렇게 몸집을 키울 수 있는가?

핵심적 지식이다.



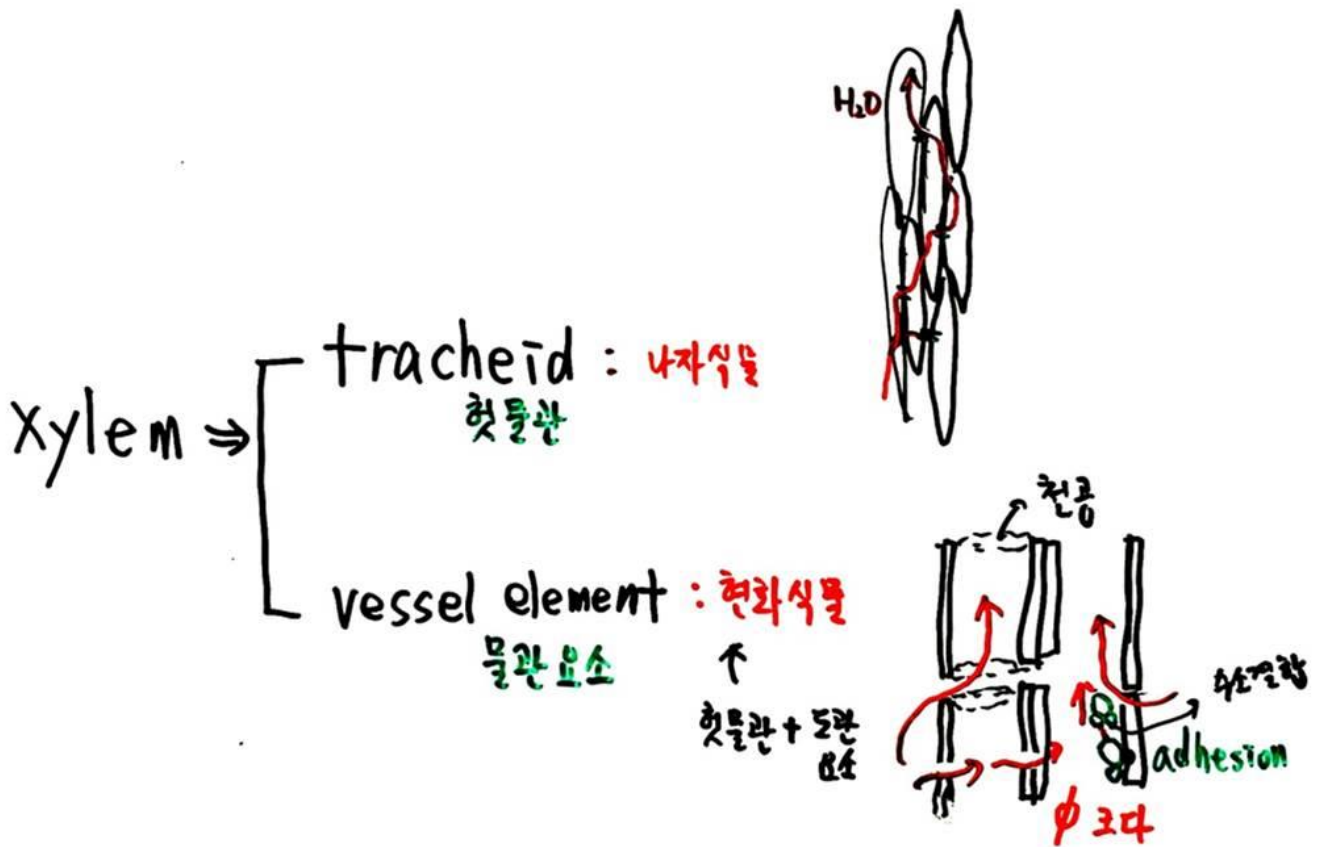
vascular cambium 에서 시작한다.

C 분열하여 C 가 하나 더 생긴다. 분열된 C 가 X1 이된다. C 가 또 분열한다. 분열된 C 는 이번에는 P1 이 된다.

C 가 또 분열한다. 그리고 그 C 가 X2 가 된다. C 가 또 분열하고 그 C 가 P2 가 된다. 이렇게 계속 분열한다.

물관은 안으로 밀려나고, 체관은 바깥으로 밀려난다. 전체 나무는 바깥으로 자란다. 체관이 껍질이 되고 코르크 층이 된다.

체관은 바깥으로만 자란다.



물관은 헛물관(tracheid)과 물관 요소(vessel element) 2 가지 이다.  
 헛물관은 주로 나자 식물에 있다. 관의 지름이 작고, 끝과 밑이 막혀 있다.  
 두 관이 만나는 부분을 shared pits 라 한다.

물관 요소는 현화식물에만 있다. 관의 아래와 위가 뚫려 있다. 천공이라 한다. 관의 지름이 크다.  
 물을 대량으로 빠른 시간에 올려 보낼 수 있다. 그래서 현화 식물이 번성하게 되었다.  
 현화 식물은 물관요소와 헛물관이 같이 있다.  
 물과 물 사이에는 수소결합이 형성되어 있는데, 물관요소만 있으면 물의 양이 많거나 속도가 너무 빠르면 물의 흐름이 끊어 질 수 있다.

침엽수는 전부 헛물관이다. 목재는 헛물관이다.  
 나무의 본질은 물관이다.

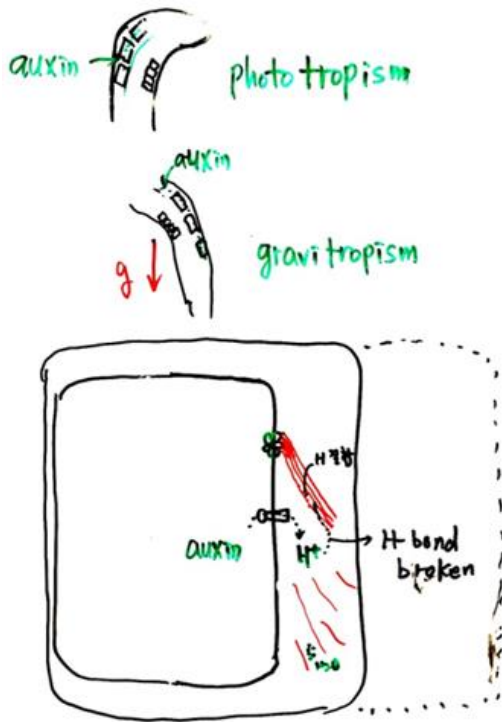
식물은 보조 엔진이 있다.  
 식물은 뜻하지 않게 부러지거나 다친다. 바람에 의해서 부러지거나, 다친다.  
 그래서 비상수단을 갖고 있다. 움직이지 못하기 때문에 비상사태에 대비해야 한다.  
 한가지가 부러지면 그 밑에 가지가 나오게 된다. 그래서 결눈이 있다.

올해 만들어진 체관으로만 영양분이 이동한다.  
 식물이 바깥으로만 자라는 이유이다.  
 식물이 바깥으로 자라도 계속 erode 된다. 그래서 코르크 층이 형성된다.



cambium 하나만 따라가면 식물의 대부분을 이해할 수 있다.

해바라기 꽃이나 나무 가지들이 태양을 향해 자라는 이유



굴광성(phototropism)

햇빛을 받으면 햇빛을 받는 부위의 반대편에 옥신의 농도가 높아진다.

그러면 셀룰로스가 헐겨워져서 세포가 늘어난다. 그래서 태양을 향해 서게 된다.

굴중성(gravitropism)

중력을 받으면 중력 반대편에 옥신의 농도가 높아지고 그래서 중력이 있는 쪽으로 굽게 된다.

왜 옥신이 나오면 세포가 늘어 나는가?

목재는 셀룰로스 덩어리이다. 옥신이 나오면 ATP 합성 효소에 의해 세포 바깥으로 양성자를 보내 준다.

그러면 셀룰로스의 수소결합이 양성자에 의해서 끊어진다. 그 사이로 물이 들어간다. 그래서 셀룰로스 분자가 헐렁해진다.

옥신의 의한 변화이다.

식물이 NO 가스를 사용한다는 연구도 나온다.

식물이 영혼이 있다는 말에 현혹되어서는 안 된다.

분자의 활동에 의한 것이다.