

제 9장. Bryophyta(선문)

Bryophyta(선태류)는 수륙 양용의 식물이기 때문에 생식과정은 물에 의해 이루어진다. 즉 엽상체(thallus)와 가근(rhizoid)은 물 속 또는 축축한 곳에 위치하고 있고, 정자는 편모가 있어 물 속을 유영한다. 따라서 수정 또는 난 접합은 순전히 물에 의해서만 가능하다. 그러나 식물이 종족보존을 위하여 번식하기 위해서는 포자나 종자 등을 가능한 한 널리 분산시켜야만 한다. 따라서 포자 형성을 위한 무성생식이 일어난다. 즉 선태류에서 처음으로 포자낭(sporangium)이 형성되기 시작한다. 이 포자낭은 최초의 육상체제(landing organization)인데, 포자낭(sporangium)은 엽상체(thallus)에서 위로 공기중에 존재하여 포자를 바람에 의해 멀리 날려보내어서 적당한 조건에서 발아되어 새로운 개체로 성장한다.

일반적으로 liver wort(우산이끼류), horn wort(뿔이끼류), moss(이끼류) 3 무리를 묶어서 선태식물문(Bryophyta)으로 취급한다. 그러나 어떤 식물학자들은 이들 3 무리를 각각 분리하여 독립된 Division(문)으로 취급하기도 하여 Hepatophyta(태문, liver wort 우산이끼), Anthocerotophyta(각태문, horn wort 뿔이끼), Bryophyta(선문, moss 이끼)로 나누기도 하는데, 이들의 생활사는 서로 유사하다.

Bryophyta(선문)은 크게 3 Class(강)으로 나눌 수 있는데, Class Sphagnopsida (=peat mosses), Class Andreaeopsida, Class Bryopsida (선강 = true mosses, 이끼)로 대별된다.

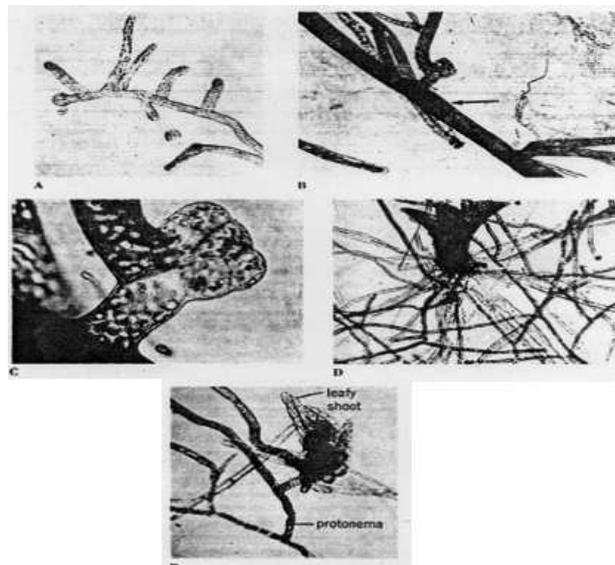
제 1절. 선강(Bryopsida = true mosses, 이끼)의 특징

이끼류(선강, Class Bryopsida)는 대개 높은 밀도의 군집 또는 층을 형성하여 살고 있고, 각 개체는 가근(rhizoid)이 있어 식물체를 토양에 고착시킨다. 배우자체는 줄기, 잎이 분화된 경엽체로서 줄기에는 나선상으로 잎이 달린다. 이끼류는 분화된 관속조직을 갖지 않으나 일부 이끼류의 줄기는 유관속의 관상세포와 유사한 중심속(central cylinder)을 가진 것도 있는데, 유관속과 같은 뚜렷한 통도조직으로서의 기능은 하지 않는다. 잎이 많은 녹색 식물체는 이끼류의 배우자체세대이며, 식물체의 끝에 배우자낭을 가진다.

선강(Bryopsida)의 배우자체에 두가지 형태의 life cycle이 있다. 첫 번째 형태는 protonema(원사체)로서 단일의 가지를 치는 사상체구조이고, 두 번째 형태는 엽상배우자탁(leafy gametophore)로서 원사체(protonema)에서 발생하여 나중에 성숙되면 생식기관을 생산한다.

엽상배우자탁(leafy gametophore = 배우자체)에서 암 생식기관인 장란기(archegonium)를 형성하고 수 생식기관인 장정기(antheridium)를 형성한다. 장란기에서 난자가 형성되거나 장정기에서 정자가 형성되어 이들 정자와 난자가 수정하여 접합자를 형성한다. 접합자가 발아, 성장하여 포자체식물이 되면 여기에서 포자낭(sporangium = capsule, 삭)이 발생한다. 포자낭이 감수분열하여 포자(spore)를 형성하면 이 포자가 발아하여 원사체(protonema)로 발생하고, 이 원사체가 자라서 배우자체식물인 엽상배우자탁으로 성장한다.

*Funaria*의 경우 원사체(Protonema) 발달에 두가지 형태가 있다. 첫 번째는 Chloronema로서 포자로부터 발생하여 세포벽은 무색이며, 엽록체는 렌즈모양이다. 두 번째는 Caulonema로서 Chloronema로부터 발생하여 세포벽은 갈색이며, 방추형의 색소체를 갖고 있고 지면 가까이에서 자란다. Caulonema의 어떤 세포들이 세포분열하여 4면체의 정단세포를 분화시킨다. 이 정단세포는 3열의 유도세포들로 된다. 이러한 정단세포와 유도세포들은 원사체(protomema)의 표면 가지와 지하 가지에 존재하여 곧 눈(buds)으로 작용하게 된다. 정단세포(apical cell)의 연속적인 활성화에 따라 각 눈(bud)들은 어린 엽상배우자탁(leafy gametophore)를 형성한다(그림 11-1-1).

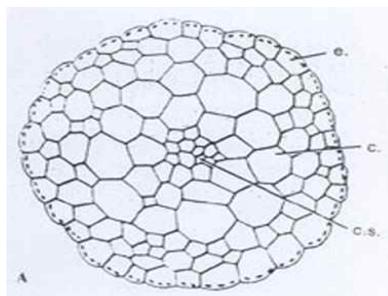


<그림 11-1-1. *Funaria* 식물. A; 어린 protonema, B; caulonema(화살표)가 분지하는 형태의 protonema, C; caulonema 정단세포, D; 눈(bud)에서 발생한 어린 엽상 줄기(leafy shoot), E; 어린 엽상 줄기(leafy shoot)>

Chloronema와 caulonema는 factor F. H라고 불리우는 확산성의 물질을 생산한다. Chloronema에서 생산하는 Factor F는 열에 불안정하고 caulonema의 성장과 발생을 촉진시킨다. Caulonema가 생산하는 Factor H는 열에 안정하고 눈(bud)의 생산을 촉진시키는 동시에 눈(bud)의 성장을 억제시킨다. 눈 형성(Bud formation)은 factor F와 H의 적당한 균형에 따라 일어난다.

즉, 원사체(protonema)에서 chloronema와 caulonema가 발생되어 나오면, caulonema는 정단세포(apical cell)를 발생시키고, 이들 정단세포는 유도체(derivatives)를 발생시켜서 눈(bud)을 발생시킨다. 이들 눈(bud)은 엽상배우자탁(leafy gametophore)으로 발생된다. 원사체(protonema)는 처음에 사상체(filamentous)상태이다가 나중에 엽상체 구조(thallose structure)로 되어 엽상 줄기(leafy shoot)가 발생된다. 원사체(Protonema)는 한 개 포자로부터 발생하여 많은 수의 엽상배우자탁(leafy gametophore)을 생산해낸다. 원사체형 가지(protonematal branch)는 매우 어린 배우자탁에서 흡수기관(absorbing organs)으로써 기능을 한다. 나중에는 가느다란 가근(slender rhizoid)이 된다. 배우자탁(gametophore)의 연속적인 발달은 정단세포(apical cell)의 활성화에 영향을 받는다.

대부분 이끼류의 줄기는 상표피층(superficial epidermal layer)과 두꺼운 피층(thick cortex), 그리고 중앙 다발(central strand)의 3지역으로 분화된다. (그림 11-1-2)



<그림 11-1-2. *Funaria* 식물 줄기의 횡단면. e; epidermis(표피), c; cortex(피층), c.s; central strand(중앙다발)>

중앙 통도다발(central conducting strand)에는 죽은 세포로서 속이 텅 빈 물 통도세포(water conducting cell)인 hydroid(통도요소 전구체)가 존재하고 있다. 피층(cortex)에는 사요소(sieve element)와 같은 기능을 수행하는 양분 통도세포(food-conducting cell)인 leptoid가 존재하고 있다. Leptoid는 신장된 세포로써 경사진 격벽(terminal wall)과 두꺼운 측벽(lateral wall)을 갖고 있다. 원형질연락사(plasmodesmata)는 격벽(terminal wall)을 통해 연결되어 있고 두터워진 구멍에 의해 둘러싸여 있다.

선강(Bryopsida)의 성숙한 식물체는 지지작용을 하는 다세포 가근(multicellular rhizoid)이 존재한다. 어린 식물체의 가근은 많은 수의 원사체 가지(protonematal branch)로 구성되어 있다. 가근은 이차 원사체(secondary protonemata)를 만들어 궁극적으로 어린 배우자탁(young gametophore)이 된다.

제 2절. 선강(Bryopsida)의 생식

1. 엽상 배우자체(gametophyte)의 생식

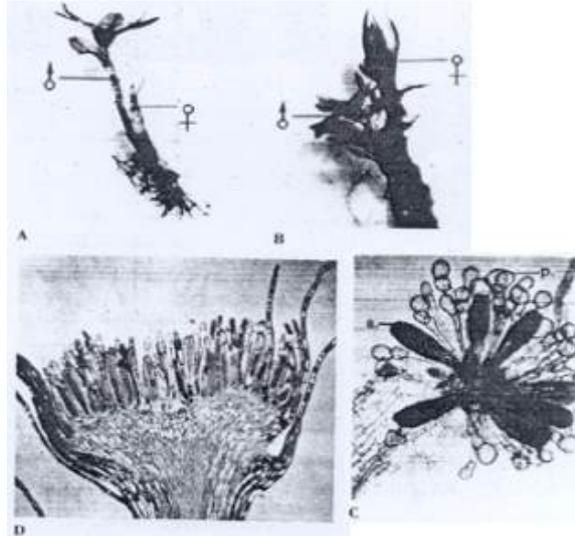
무성생식은 영양생식(Vegetative reproduction)으로 일어나는데, 원사체의 잎, 줄기 절편으로부터 새로운 식물체의 재생이 일어난다. 즉, 잎, 줄기 절편이 원사체로 발달하여 엽상 배우자탁으로 성장한다.

어떤 이끼 종에 있어서는, 특별한 번식 수단인 germmae(무성아)를 생산하는데 이 gemmae는 배우자체 식물을 그대로 복제한다.

대부분 이끼의 식물체는 성숙시 생식기관을 생산하는데, 이 생식기관은 줄기의 정단에서 만들어지는 것도 있고 옆 가지의 끝에서 만들어 지는 것도 있는데, 줄기 정단에서 만들어 지는 것을 acrocarpous(선단생식기)라 하고, 옆 가지의 끝에서 만들어 지는 것을pleurocarpous(측지 생식기)라 한다.

선강(Bryopsida)에서는 장정기(antheridia)와 장란기(archegonia)의 발달에는 정단세포(apical cell)의 활성화 일어난다. 그래서 생식기관 가운데 불임의 털 모양(sterile hairlike) 또는 인경의 사상체(bulbous filament)와 변형된 잎들이 존재하는데 이들을 paraphyses(측사)라고 한다. 측사

(paraphyses)의 기능은 모세혈관과 같은 수분을 보유하는 표면을 증가시켜 생식기관의 건조를 막아준다(그림 11-2-1).



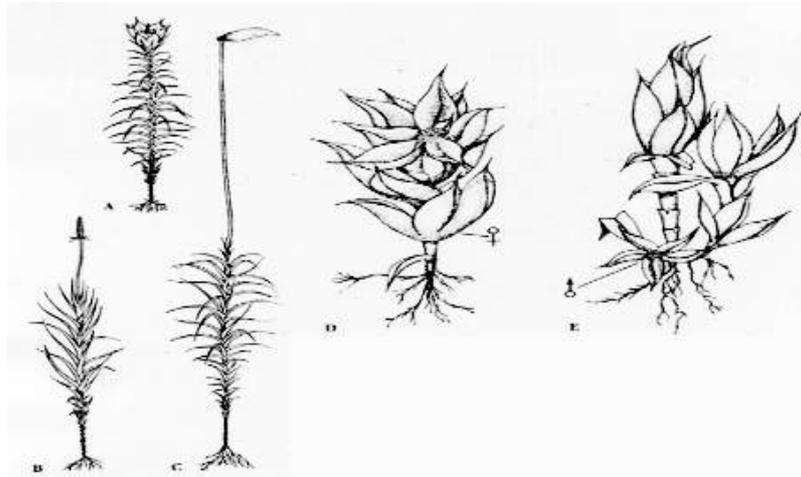
<그림 11-2-1. *Funaria* 식물의 생식기관. A; 수정전의 leafy shoot, B; 수정후의 leafy shoot, C; 장정기(antheridia, a)와 측사(paraphyses, p) 복합체, D; 수식물체 정단의 중앙종단면. 장정기와 측사가 많이 존재함.>

장정기(antheridia)와 장란기(archegonia) 두가지 형태의 생식기관은 모두 자루가 달려 있다. 장정기의 jacket cell의 엽록체는 장정기가 성숙되면 잡색체로 전환된다. 그래서 성숙한 장정기는 orange-red color로 쉽게 구별된다. Jacket layer 안에 있는 정원세포(spermatogenous cells)는 반복 분열해서 작은 정육면체 세포의 원주형 덩어리를 형성한다. 이러한 분열의 결과로 각 작은 세포의 원형질체가 편모가 2개 달린 정자로 기능을 하게 된다.

장정기(antheridia)가 성숙되면 액체가 장정기의 바닥에 축적하게 된다. Jacket cell의 끝이 열리게 되면 장정기 jacket이 수축하고, 이 힘에 의해 많은 정자 덩어리가 분출하게 된다. 왜냐하면 바닥에 있는 액체가 “수압펌프”로써 작용을 하기 때문이다. 덩어리의 표면에 있는 정자는 운동성을 갖게되고 그래서 정자를 만들어 낸 세포 즉 투명하고 액포가 있는 낭포(vesicle)로부터 떨어지게 된다. 나중에 낭포(vesicle)는 없어지고 정자는 빨리 헤엄쳐서 물 속에서 자유롭게 떠 다니게 된다.

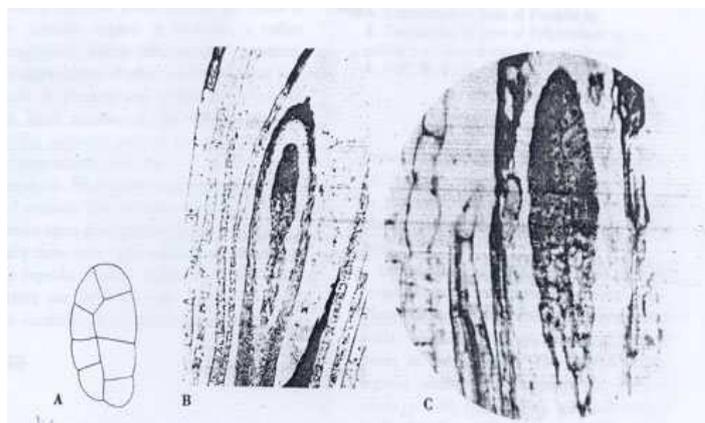
2. 포자체(sporophyte)의 생식

수정 후 수 가지(male branch)는 시들어버리는 반면 암 가지(female branch)는 확대되고 과생장(enlarge and overgrow)하게 된다(그림 11-2-2).



<그림 11-2-2. A; 수식물체, B; 어린 포자체를 가진 암식물체, C; 성숙한 포자체를 가진 암식물체, D; 장정기 가지를 가진 식물체, E; 수정후 확장된 2개의 암가지>

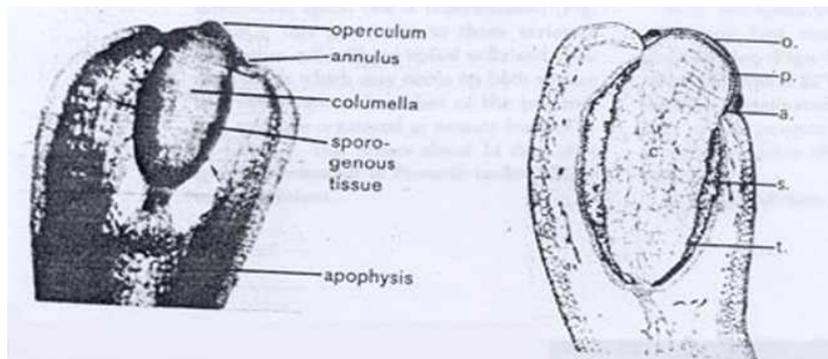
포자체(Sporophyte)의 정단 발생(apical development)은 오래된 장란기(old archegonium)내의 배 상태의 포자체(embryonic sporophyte)를 방추형 구조(spindlelike structure)로 형성시킨다. 포자체의 밑부위는 장란기 자루(stalk)를 통해 배우자탁의 줄기 조직으로 자란다. 나중에 이 조직은 지지와 흡수작용을 하는 족부(foot)로써 기능을 한다. 반면 장란기 venter와 자루(stalk)의 교차점 근처의 세포들은 빨리 세포분열하여 팽창된 선모(calyptra)를 형성한다(그림 11-2-3).



<그림 11-2-3. *Funaria* 식물 포자체의 발달. A; 초기의 양 정단을 가진 포자체, B; 팽창된 선모(calyptra)를 가진 포자체, C; 확대된 포자체>

성숙중이거나 성숙한 삭(capsule = sporangium 포자낭)은 3 지역으로 구분된다(그림 11-2-4).

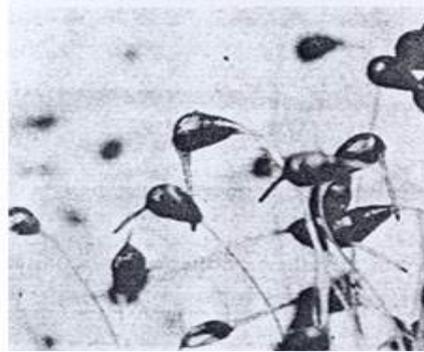
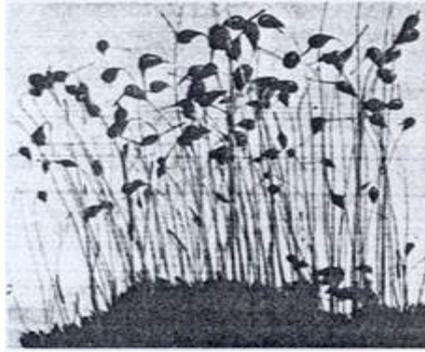
1. 정단의 돔 모양 지역(apical, domelike region)을 선개(operculum), 연치(peristome), 환대(annulus)라 하는데 점진적으로 cover로 변한다.
2. 불임으로 조직의 중앙부위(sterile central mass)를 구성하는 확장지역을 columella(삭축)이라 하는데, 내피(endothecium)의 유도체들인 포자원 조직(sporogenous tissue)과 영양조직(nutritive tissue)인 tapetum에 의해 둘러싸여 있다.
3. 삭(capsule)의 기부에 존재하는 약간 확장된 생식지역(basal sterile region)을 apophysis라 한다.



<그림 11-2-4. *Funaria* 식물의 삭(capsule)의 형태. o; 선개, p; 연치, a; 환대, s; 포원조직, t; 영양조직>

1, 2번 지역은 어린 포자체의 정단지역으로부터 유도되어 나왔고, 3번 지역(apophysis)은 일부분은 정단지역으로부터 또 일부분은 개재분열조직(intercalary meristem)으로부터 유도되어 나왔다.

포자체(Sporophyte)는 정단지역의 신장이 멈출때까지 바늘 모양의 관상 구조(needlelike cylindrical structure)를 유지하고 있는데 포자체의 정단부위는 더 많이 확장되어 삭(capsule)으로 분화된다(그림 11-2-5).



<그림 11-2-5. *Funaria* 식물. 왼쪽; 포자체를 가진 식물체, 오른쪽; 삭(capsule)과 선모(calyptra)>

삭(capsule) 아래의 포자체의 대부분 부위는 강모(seta)로 작용을 하고, 짧은 족부(foot)는 배우자탁(gametophore)속에 매몰 되어 있다. 강모(seta)의 중앙부위 세포들은 세포벽이 얇고 아마도 통도기능을 할 것이다. 삭(Capsule)의 기부 부위는 생식지역이고 어느 정도 확장되어 있으며 광합성작용을 하는데 이 지역을 apophysis라고 한다.

선개(operculum)의 표면층으로부터 4~6층의 세포벽은 두터워져서 성숙되면 건조되어서 둥근 치아 모양의 절편(tooth-like segment)을 형성하는데, 이것을 연치(peristome)라 한다.

삭(capsule)의 정단 부위는 완전히 불임이고 분화를 계속한다. 바깥층은 두꺼워지고 나중에는 뚜껑모양의 선개(caplike operculum)로서 분출된다. 이것은 선개(operculum)의 기부에 있는 외륜 모양의 환대(rimlike annulus) 아래에 있는 얇은 세포벽 세포들의 건조와 붕괴에 의해 느슨하게 된다. 치아는 짧으며, 삭(capsule)의 입을 덮고 있는 막 층(membranous layer)인 epiphragm에 연결되어 있다.

* 그림 인용 ; Morphology of Plants and Fungi(4th ed.)