

***INTRODUZIONE ALLA BRIOLOGIA E AL
BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE.***

AGR0312

CdL Scienze Forestali ed Ambientali

A.A. 2022/23

Docente: Prof. C. Colacino (SAFE)

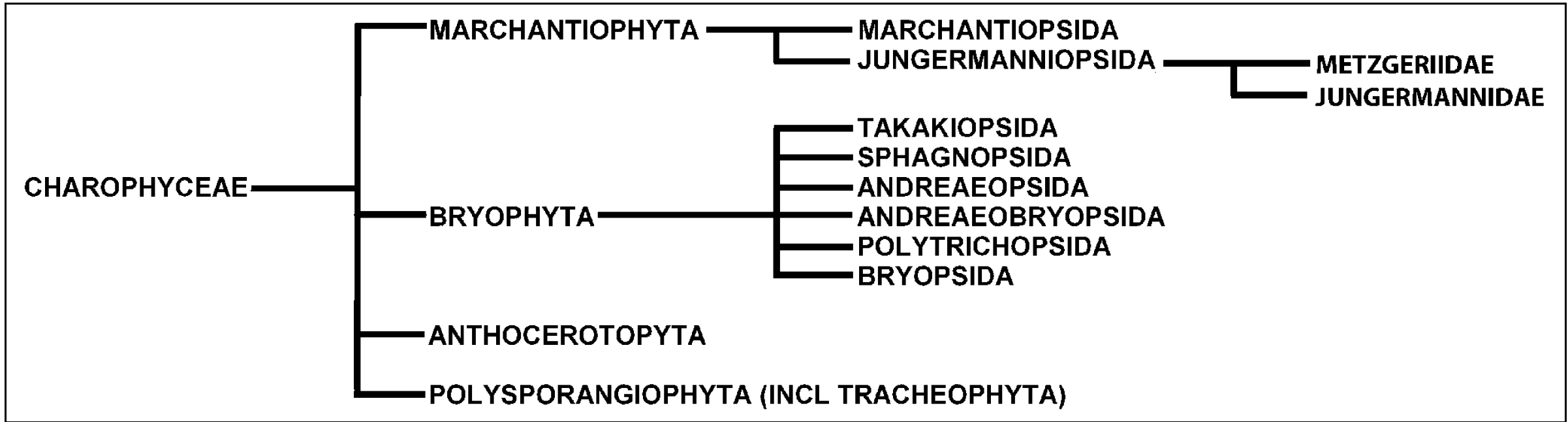


Figure 29. Schematic representation of the **Bryobiotina** phyla and classes related to other members of the Plant Kingdom (**Polysporangiophyta**), based on Shaw & Goffinet 2000.

Figure e parte del testo tradotto da Bryophyte Ecology, Glime

EPATICHE

MARCHANTIOPHYTA

Il phylum (Divisio) **Marchantiophyta** (denominato anche Hepatophyta, Jungermanniophyta, Hepaticae, e Hepaticopsida), comprende ca. 5000 specie secondo alcuni autori, secondo altri 10,000 a causa dell'enorme numero di sinonimi riscontrati tra specie descritte in diversi continenti. Le **Marchantiophyta** si distinguono dalle **Bryophyta** per la loro **orientazione dorso-ventrale** (Figura 1), **rizoidi unicellulari** (Figura 2), **capsule senza opercolo** (Figura 3), con alcune eccezioni, **assenza di una columella** al centro della capsula (Figura 4), e **mancanza di stomi** nella capsula. Presentano una **seta** come i muschi, ma questa si allunga **dopo** lo sviluppo della capsula (Figure 11 e 12), laddove nei muschi l'allungamento avviene prima dello sviluppo della capsula. Le spore, così come nei muschi; sono tutte prodotte simultaneamente per **meiosi** (Figura 5). La capsula, diversamente da ciò che avviene nella maggior parte dei



Figure 1. *Symphogyna podophylla* (Phylum **Marchantiophyta**, Class **Jungermanniopsida**, subclass **Metzgeriidae**) in New Zealand, showing dorsiventral orientation of the thallus and dependent sporophyte. Photo by Janice Glime.

muschi, si apre tipicamente per **divisione in quattro valve** (Figura 6), escluso nella classe Marchantiopsida, rivelando spore mescolate con **elateri** (cellule allungate con pareti con ispessimenti spiralati che si ripiegano in risposta all'essiccamento; Figure 6 e 7).

In Italia: 289 specie (ripartite in 86 generi e 42 famiglie), in comparazione alle 851 specie di muschi (ripartite in 210 generi e 55 famiglie).

EPATICHE - MARCHANTIOPHYTA



Figure 2. *Fossombronia* rhizoids. Note that these rhizoids are unicellular, and the ones in this genus are purple by nature.

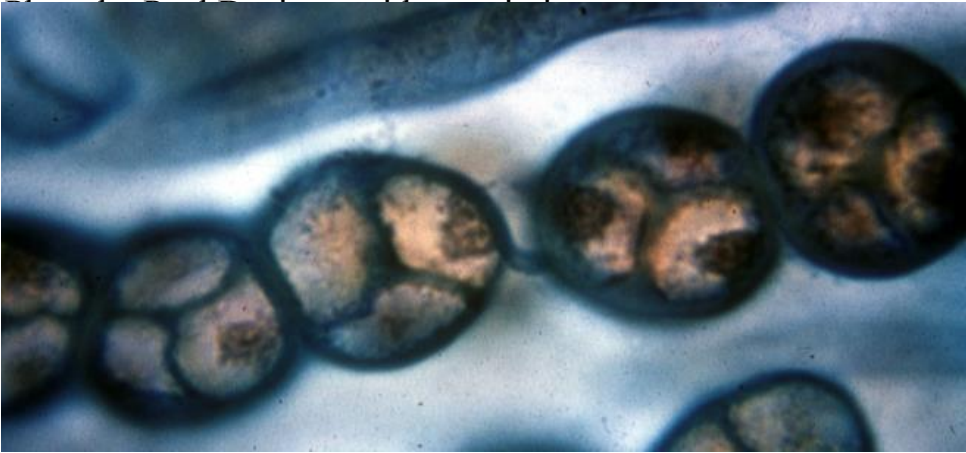


Figure 5. *Marchantia polymorpha* spore tetrads and one elater (upper) before spiral thickenings form. Photo from botany teaching collection at Michigan State University, with permission.



Figure 3. *Marchantia polymorpha* archegonial head showing inoperculate capsule in lower right. Photo by George Shepherd through Creative Commons.



Figure 4. Capsule, lacking cell wall, of *Marchantia polymorpha*. Photo from Michigan State University Botany Department teaching collection, with permission.

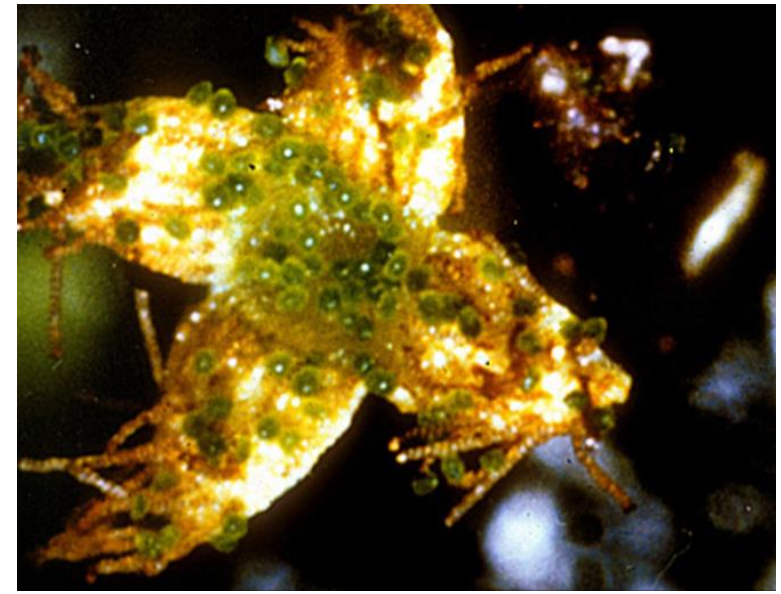


Figure 6. Open valvate capsule of the leafy liverwort *Frullania kagoshimensis* (Class **Jungermanniopsida**) showing spores and elaters and no columella. Photo by Zen Iwatsuki, with permission.

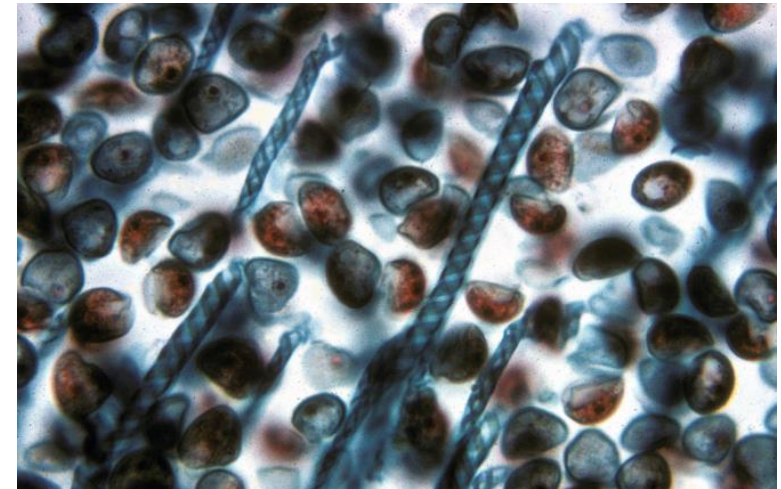


Figure 7. Spores and elaters with spiral thickenings from *Marchantia polymorpha* (**Marchantiopsida**). Photo from botany teaching collection at Michigan State University, with permission.

EPATICHE - MARCHANTIOPHYTA



Figure 11. *Pellia epiphylla* (Jungermanniopsida) with young capsule emerging from perianth, before seta elongation. Photo through Biopix, through Creative Commons.



Figure 12. *Pellia epiphylla* (Jungermanniopsida) with capsules on elongated setae, from southern Europe. Photo by Michael Lüth. with permission.

Le **Marchantiophyta** si suddividono in due classi; **Marchantiopsida** (principalmente tallose) e **Jungermanniopsida**, a loro volta suddivise nelle sottoclassi **Metzgeriidae** (perlopiú tallose; Figura 41), e **Jungermanniidae** (perlopiú fogliose; Figure 47 e 48).

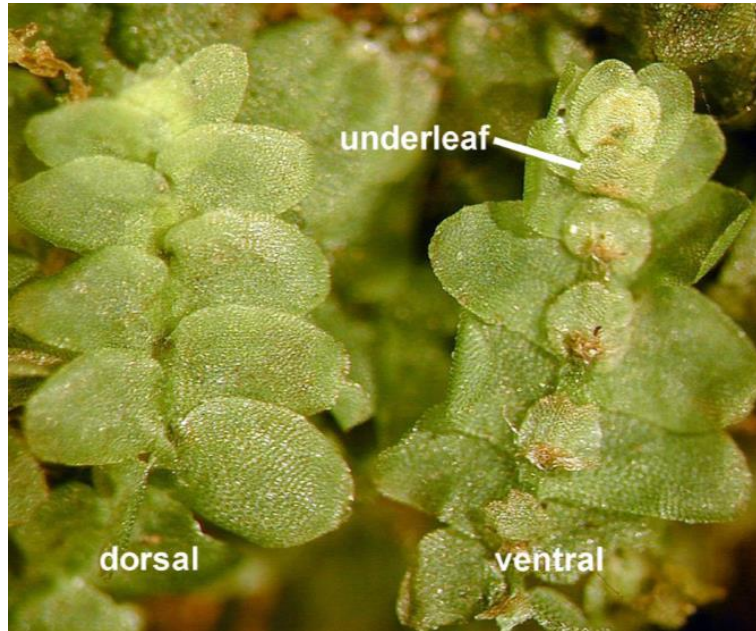


Figure 47. *Calypogeia integristipula* (Class **Jungermanniopsida**) showing the dorsiventral orientation of the plant and the underleaves. Photo by Michael Lüth, with permission..



Figure 41. Thallose liverwort *Metzgeria conjugata* in the Class **Jungermanniopsida**, subclass **Metzgeriidae**. Photo by Michael Lüth, with permission.



Figure 48. *Bazzania trilobata*, a leafy liverwort in the Class **Jungermanniopsida**. Note the two-ranked leaves and top-bottom (dorsi-ventral) orientation. Photos by Janice Glime.

Classe **Marchantiopsida** (principalmente tallose)



Figure 24. *Marchantia polymorpha* archegoniophores. Photo by Janice Glime.



Figure 26. Antheridiophores of *Marchantia polymorpha* elongating. Photo by Des Callaghan, with permission.



Figure 25. *Marchantia polymorpha* archegoniophore showing scales and rhizoids along the stalk. Photo by Janice Glime.



Figure 27. Antheridiophores and developing archegoniophores on thalli of *Marchantia polymorpha*. Note the "button" heads just beginning on some thalli. Photo by Bob Klips, with permission.



Figure 16. *Marchantia chenopoda* pores. Photo by George Shepherd through Creative Commons.



Figure 17. *Marchantia chenopoda* pores. Photo by George Shepherd through Creative Commons.

Classe **Marchantiopsida** (principalmente tallose)

Ciclo vitale

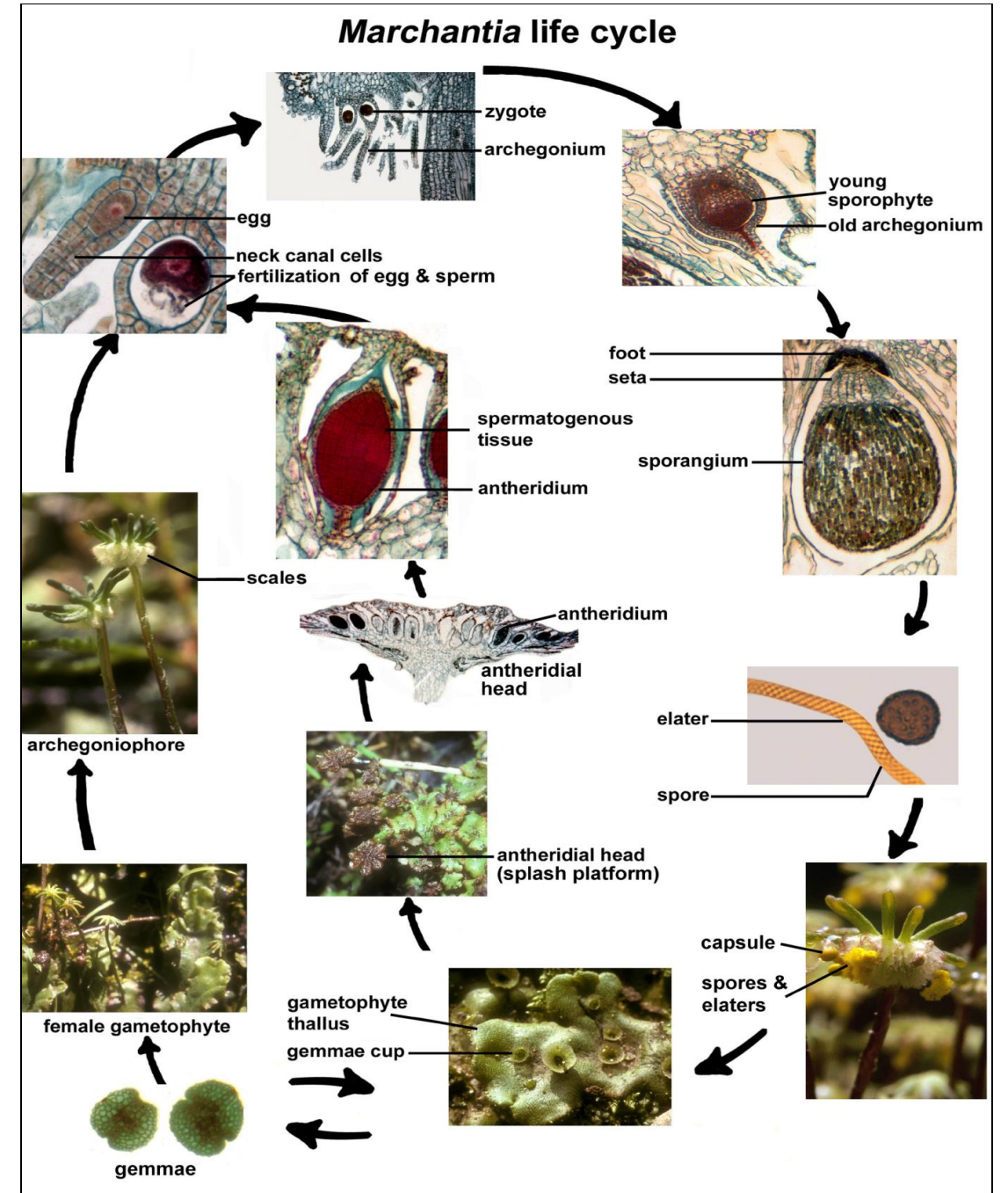


Figure 39. Life cycle of *Marchantia polymorpha*, showing dominance of the gametophyte generation. Photos by Janice Glime, photomicrographs from botany teaching collection of Michigan State University, and spore and elater modified from photo by Noris Salazar Allen.

Classe **Jungermanniopsida**

SubClass **Metzgeriidae**

Principalmente talloidi con eccezione del genere
Fossombronia



Figure 41. Thallose liverwort *Metzgeria conjugata* in the Class **Jungermanniopsida**, subclass **Metzgeriidae**. Photo by Michael Lüth, with permission.



Figure 44. *Fossombronia husnotii*, a "leafy" liverwort in the **Jungermanniopsida**, subclass **Metzgeriidae**. Some members of this genus appear thallose (but ruffled), and their single apical initial and developmental pattern suggest a transition between the two growth types within the **Jungermanniopsida**. Photo by Michael Lüth, with permission.

Classe **Jungermanniopsida**
SubClass **Jungermannniidae**

Principalmente fogliose. Presentano spesso delle foglie inferiori ridotte (amfigastri, figura 47 “underleaf”).



Figure 47. *Calypogeia integristipula* (Class **Jungermanniopsida**) showing the dorsiventral orientation of the plant and the underleaves. Photo by Michael Lüth, with permission..

Classe **Jungermanniopsida**
SubClass **Jungermannniidae**

I fillidi hanno spessore di una cellula; non presentano una costa, a differenza dei muschi, e sono spesso dentati o lobati (Figura 48).



Figure 48. *Bazzania trilobata*, a leafy liverwort in the Class **Jungermanniopsida**. Note the two-ranked leaves and top-bottom (dorsi-ventral) orientation. Photos by Janice Glime.

Classe **Jungermannniopsida**
SubClass **Jungermannniidae**

Le foglie tipicamente presentano dei corpi oleosi (oil bodies, figura 49), organelli delimitati da una membrana contenenti terpene e peculiari delle epatiche.

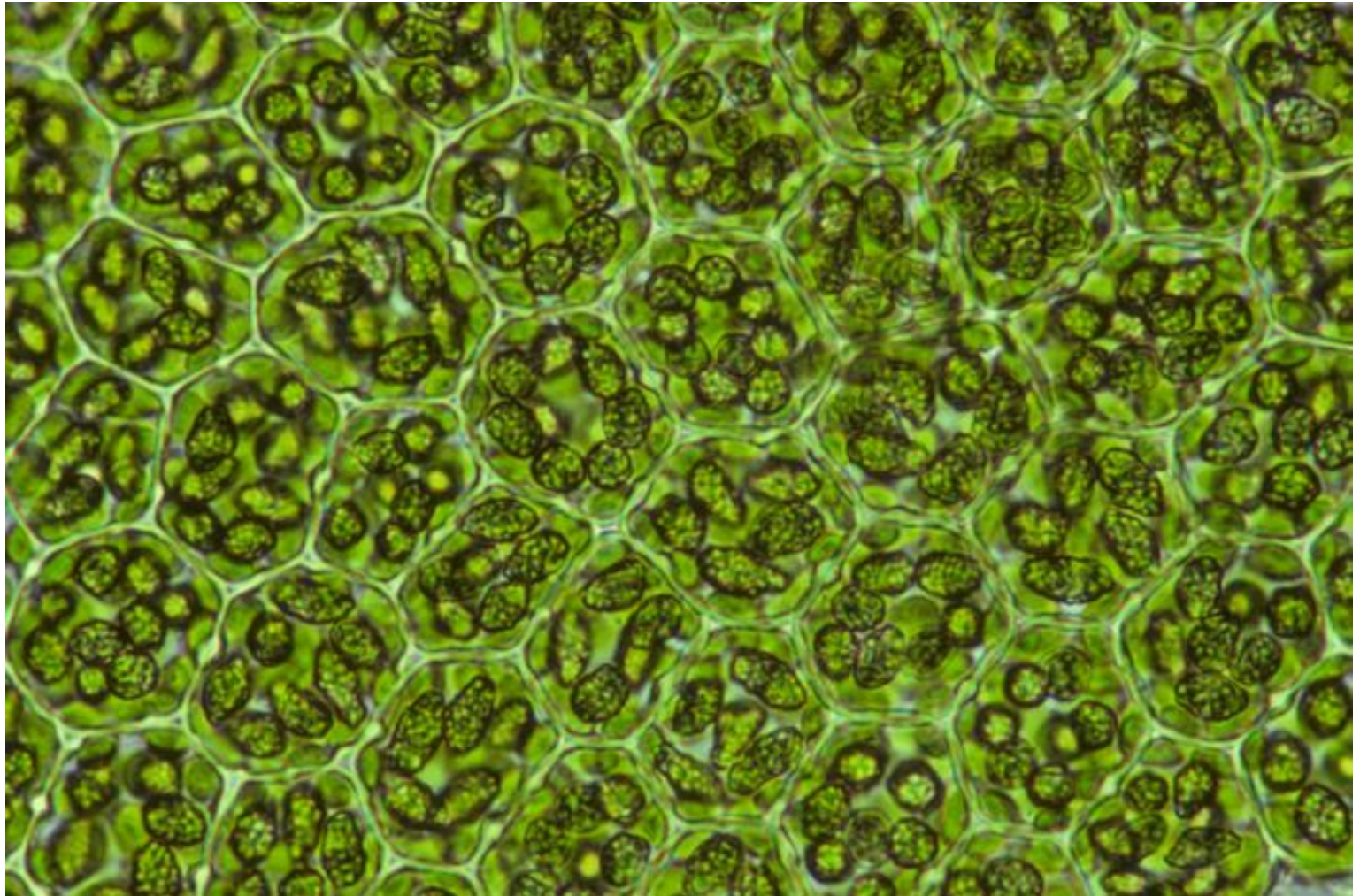


Figure 49. Leaf cells of the leafy liverwort *Frullania davarica* (**Jungermannniopsida**). Note the oil bodies resembling bunches of grapes and the numerous small chloroplasts clumped around the periphery of cells. Cell walls also have **trigones** (swellings in the walls). Photo by Zen Iwatsuki, with permission.

Classe **Jungermanniopsida**
SubClass **Jungermanniidae**

In questa sottoclasse la foglia può essere ripiegata per formare una tasca o sacca, (**lobulo**; Figura 50 genere *Frullania*), di solito sul lato inferiore, ma può essere presente invece sul lato superiore in generi quali *Scapania* (Figura 51).



Figure 51. *Scapania gracilis* showing leaves folded up to the dorsal side. Photo by Jan-Peter Frahm, with permission.

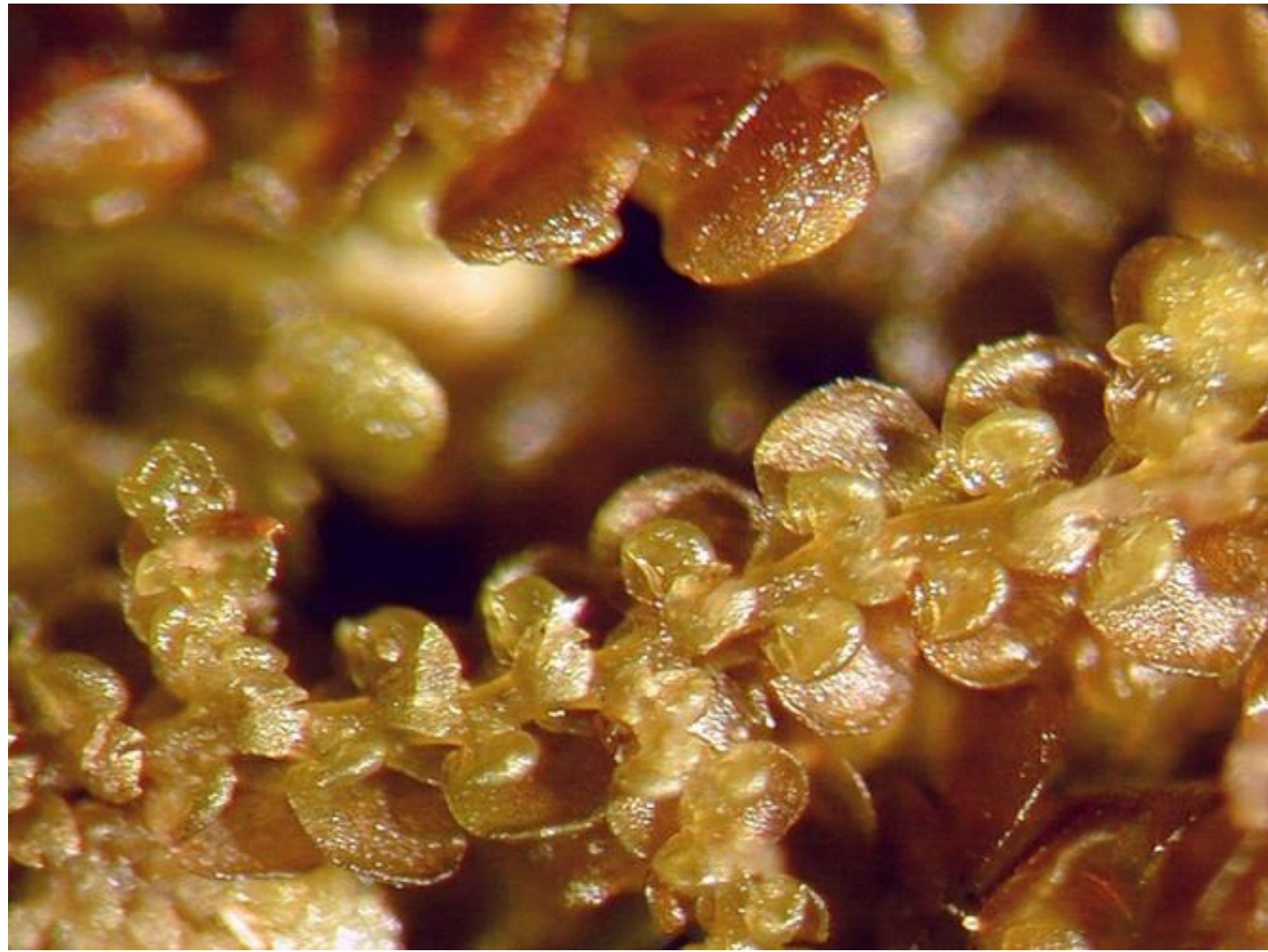


Figure 50. *Frullania dilatata* (Class **Jungermanniopsida**), a leafy liverwort showing the ventral (under) side of the stem with hood-shaped lobules under each leaf and underleaves on the stem. Photo by Michael Lüth, with permission.

Classe
Jungermanniopsida
SubClass
Jungermanniidae

I rizoidi sono generalmente riuniti a gruppo alla base delle foglie inferiori (amfigastri), diversamente da ciò che avviene nelle **Metzgeriidae** (Figura 52).



Figure 52. *Chiloscyphus polyanthus* with a clump of rhizoids at the base of the underleaf. Photo by Paul Davison, with permission

Classe
Jungermanniopsida
SubClass
Jungermanniidae

Capsula (Figura 56).



Figure 56. *Lophocolea* capsule. Photo by George Shepherd, through Creative Commons.

Classe **Jungermanniopsida**
SubClass **Jungermanniidae**

Lophocolea cuspidata (Figura 73).



Figure 73. *Lophocolea cuspidata* in its log habitat. Photo from Botany 321 at University of British Columbia website, with permission.

Classe **Jungermanniopsida**
SubClass **Jungermanniidae**

Frullania sp.(Figura 81).



Figure 81. *Frullania* sp. perianth. Photo by George Shepherd, through Creative Commons.

Punti principali

Le **Marchantiophyta** si distinguono dal phylum Bryophyta per l'**orientazione dorso-ventrale**, i **rizoidi unicellulari**, le **capsule prive di opercolo**, l'**assenza della columella**, e la **mancanza di stomi nella capsula**. Le Marchantiophyta divise in due classi: **Marchantiopsida** (epatiche tallose) e **Jungermanniopsida** (Sub Cl. *Jungermanniidae*, principalmente fogliose, e Sub Cl. *Metzgeriidae* principalmente tallose).

Le Marchantiophyta presentano la generazione gametofitica dominante con uno sporofito dipendente e temporaneo.

Il ciclo vitale comprende un **protonema** che si sviluppa dalla germinazione della spora, che diviene talloide o globoso nella maggior parte delle epatiche. Il protonema produce una **gemma** che si sviluppa in una pianta fogliosa o tallosa.

I gametofiti producono **archegoni e/o anteridi** e l'**embrione** si sviluppa **nell'archegonio**.

Gli **sporofiti** rimangono attaccati al **gametofito** e producono **spore** per **meiosi**. Le **Marchantiophyta** producono **spore** dagli **sporofiti** solo una volta, cioè simultaneamente. Queste spore vengono disperse nella maggior parte dei generi, grazie agli **elateri** che sono prodotti inframmezzati alle spore e che presentano **ispessimenti spiralati**, provocandone il piegamento con i **cambiamenti di umidità**.

ANTHOCEROTOPHYTA

Il phylum **Anthocerotophyta** è suddiviso in due classi. **Anthocerotopsida**, la classe piú grande e meglio conosciuta con due ordini e tre famiglie. La seconda si chiama **Leiosporocerotopsida**, con un ordine, una famiglia, e un genere. Il genere **Leiosporoceros** si differenzia dai membri della classe Anthocerotopsida per la presenza del cianobatterio **Nostoc** in canali longitudinali. Nelle altre antocerote, le colonie di Nostoc sono sparse in discrete colonie globose. Nostoc è un azotofissatore. Come in altre Bryobiotina, il gametofito nelle antocerote è la generazione dominante, del resto ci sono anche alcune felci nelle quali il gametofito potrebbe essere considerato dominante. Le antocerote si differenziano dalle Marchantiophyta per la presenza tipicamente di un solo cloroplasto per cellula,



Figure 2. Hornwort cells showing single chloroplast, doughnut-shaped pyrenoid in center, and absence of oil bodies.

mancano dei corpi oleosi, e presentano un pirenoide (un corpo proteico che funge da nucleo per lo stoccaggio dell'amido e comune nelle alghe verdi (Figura 2). Il pirenoide inoltre accumula Rubisco il che permette di concentrare la CO₂.

ANTHOCEROTOPHYTA

Lo sporofito è simile a quello di *Sphagnum* nel non presentare seta nella capsula (Figura 6) e come quello delle Bryophyta nel presentare una columella (Figure 7 e 8) che invece manca nelle epatiche.



Figure 6. *Phaeoceros* showing gametophyte thalli at base and horn-like sporophytes. Photo by Janice Glime.

ANTHOCEROTOPHYTA

Lo sporofito è simile a quello di *Sphagnum* nel non presentare seta nella capsula (Figura 6) e come quello delle Bryophyta nel presentare una columella (Figure 7 e 8) che invece manca nelle epatiche.



Figure 8. *Anthoceros* sporophyte longitudinal section showing spores and spore tetrads. Note central columella. Photo by George Shepherd, through Creative Commons.



Figure 7. *Anthoceros* sporophyte longitudinal section showing spores and spore tetrads. Note central columella. Photo by George Shepherd, through Creative Commons.

ANTHOCEROTOPHYTA

La capsula presenta stomi circondati da due cellule di guardia reniformi (Figura 9), carattere in comune con le Bryophyta.



Figure 9. Stoma and guard cells on sporophyte of *Anthoceros angustata*. Photo by Hironori Deguchi from <www.digital-museum.hiroshima-u.ac.jp>, with permission.

ANTHOCEROTOPHYTA

Invece degli elateri, presentano degli pseudoelateri (che si formano dalla divisione di una cellula madre degli pseudoelateri e sono piú numerosi delle spore; Figura 10) presentano una, due, o quattro cellule, di solito senza ispessimenti spiralati [eccetto *Megaceros* e *Dendroceros*] (Figura 11). Gli pseudoelateri probabilmente provvedono a fornire nutrimento, almeno inizialmente, ma a maturità si contorcono, contribuendo alla deiscenza e dispersione.

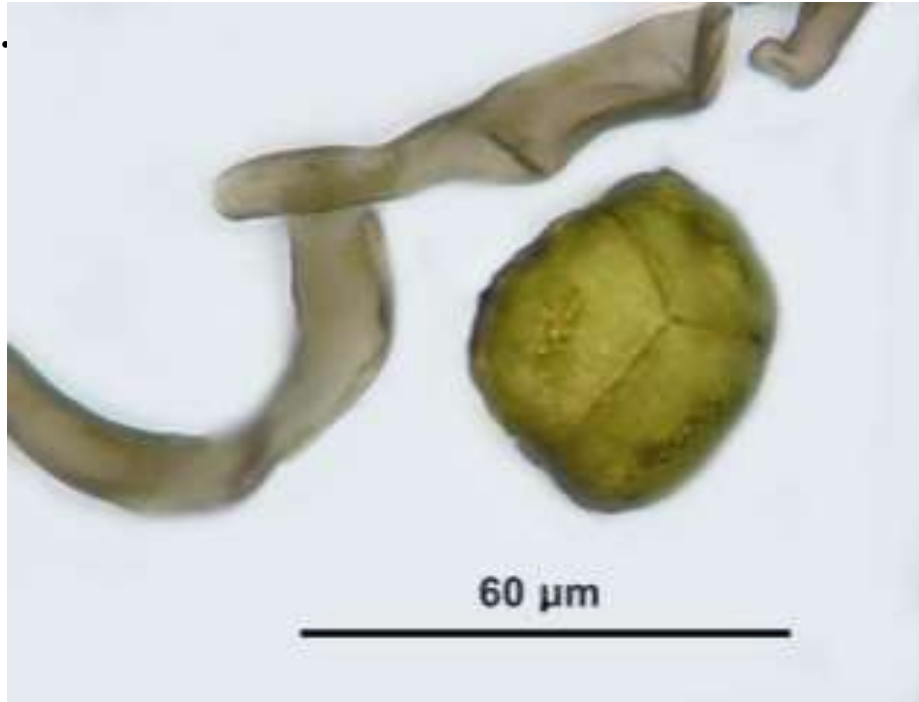


Figure 10. *Phaeoceros* spore and pseudoelater. Photo by David H. Wagner, with permission; scale modified by Janice Glime.

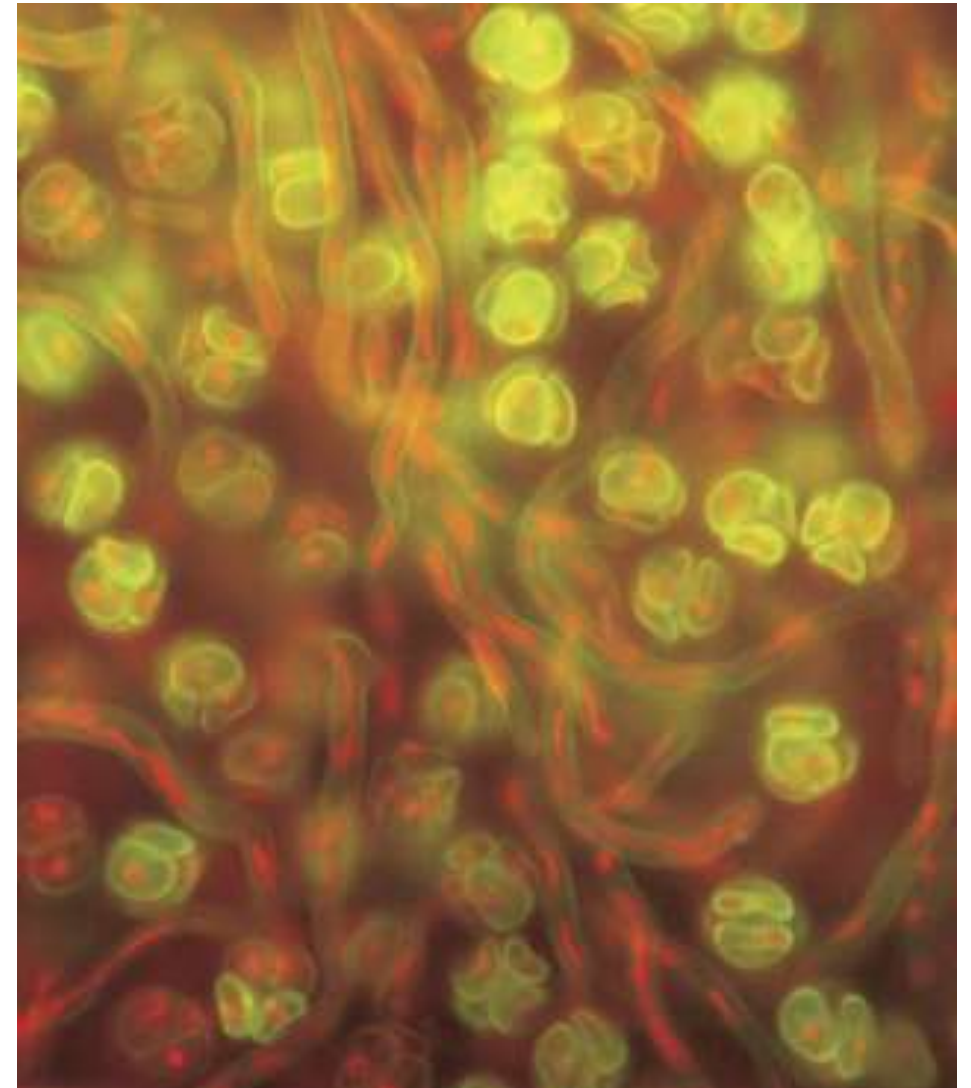


Figure 11. *Leiosporoceros dussii* spores and pseudoelaters using fluorescence microscopy. Note the absence of spiral thickenings in the elaters. Photo by Andrew Blackwell, and Juan Carlos Villarreal A., Southern Illinois University, with permission.

ANTHOCEROTOPHYTA

La meiosi è continua, occorre alla base della capsula, causando la parte terminale dello sporofito di avere più spore mature della parte basale (Figure 12 e 14), una caratteristica unica delle Anthocerotophyta.

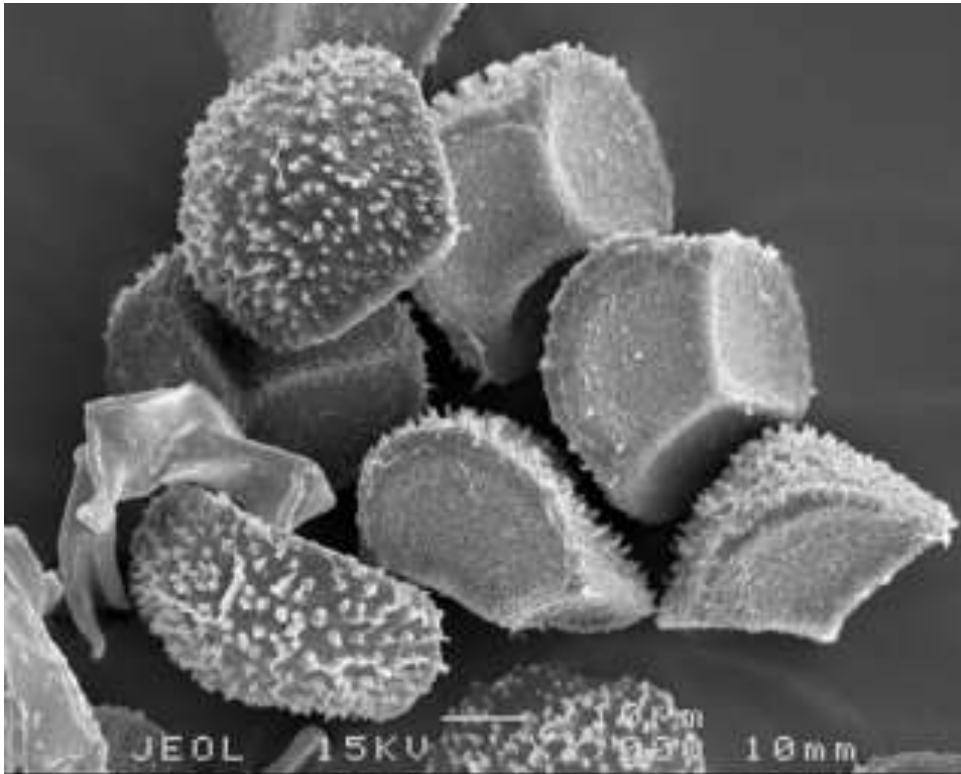


Figure 12. SEM of *Phaeoceros carolinianus* meiospores. Photo by Christine Cargill at Trin Wiki.

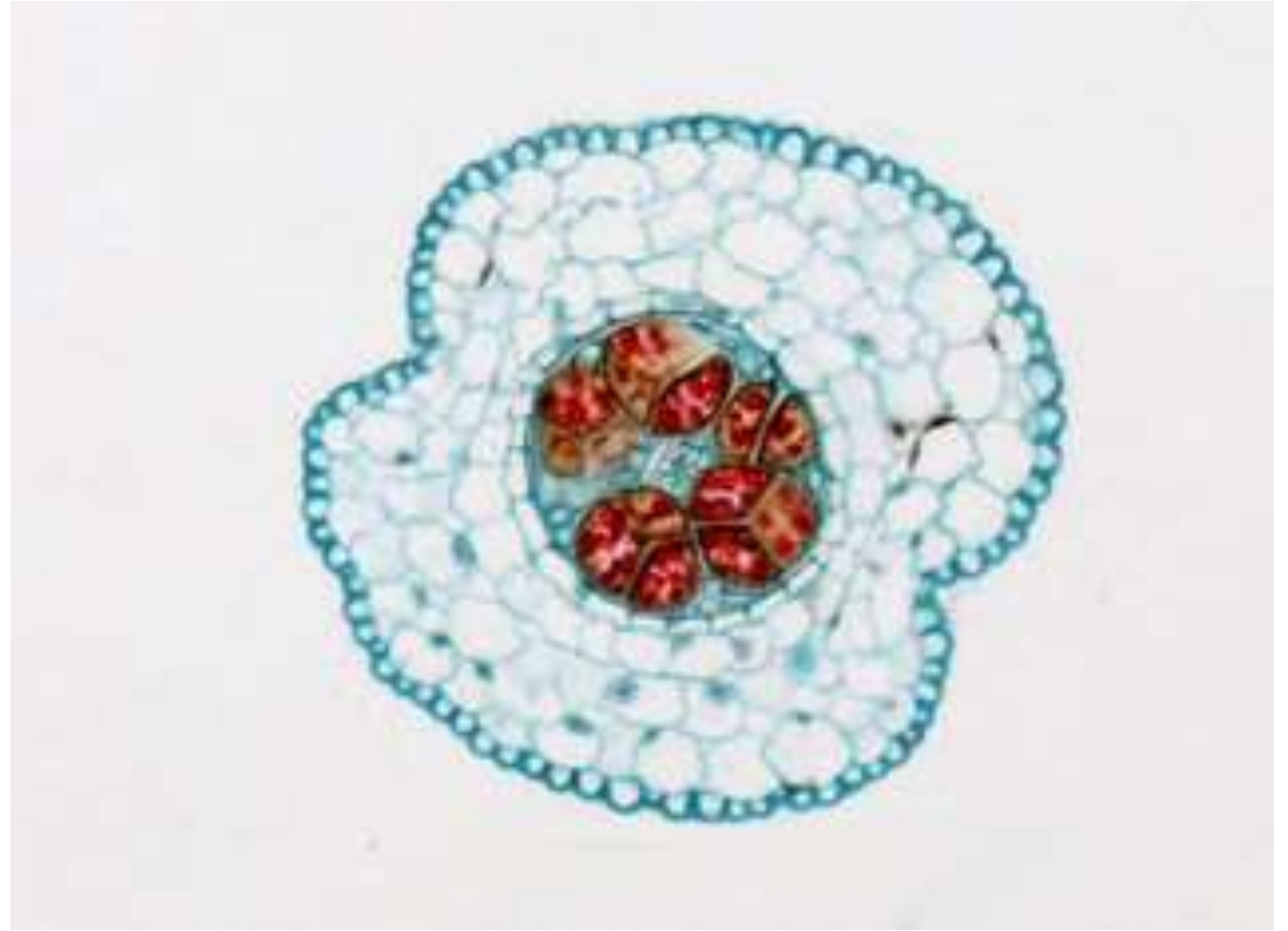


Figure 14. *Anthoceros* sporophyte cross section, showing meiospores and columella. Photo from Botany 321 website at University of British Columbia, with permission.

ANTHOCEROTOPHYTA

La dispersione avviene quando la capsula si divide in valve dall'alto verso il basso (Figura 25), la dispersione quindi avviene con il rilascio delle spore collocate più in alto, già mature, e progressivamente con quelle collocate più in basso che possono così maturare (Figura 13) mentre la capsula si divide e continua a crescere alla sua base, diversamente da ogni altra Bryobiotina (Figura 26).



Figure 13. Hornwort sporophyte foot in gametophyte tissue. Note that basal portion of the sporophyte contains sporogenous tissue; those above have undergone meiosis. Oval area at the base of the sporophyte is the foot, imbedded in the gametophyte. Photo by Michael W. Clayton. Permission pending



Figure 25. *Phaeoceros oreganus* sporophytes showing the splitting tips of mature capsules. Photo by Li Zhang modified in Photoshop.

ANTHOCEROTOPHYTA

La dispersione avviene quando la capsula si divide in valve dall'alto verso il basso (Figura 25), la dispersione quindi avviene con il rilascio delle spore collocate più in alto, già mature, e progressivamente con quelle collocate più in basso che possono così maturare (Figura 13) mentre la capsula si divide e continua a crescere alla sua base, diversamente da ogni altra Bryobiotina (Figura 26).



Figure 26. Anthocerotophyta – hornworts. **Upper left:** *Anthoceros bulbicosus* thallus and undehisced sporophyte. **Upper right:** cleared section of gametophyte thallus, collar, and hornlike sporophyte. **Lower left:** Cross section of *Anthoceros* thallus. Although the sporophyte is complex, the gametophyte is quite simple, perhaps indicating reduction. Note the lack of specialized tissues and absence of air chambers. **Lower right:** Older sporophyte of *Phaeoceros carolinianus* showing yellow color near tips of sporophyte due to mature spores. Upper left and lower right photos by Michael Lüth; upper right and lower left photos by Janice Glime.

Table 1. Comparison of the phyla of Bryobiotina. Amplified from Crandall-Stotler (1996) and Gradstein *et al.* (2001).

Character	Marchantiophyta	Bryophyta	Anthocerotophyta
Protonema	Mostly globose or thalloid, forming one bud; no gemmae	Filamentous, forming many buds; may produce gemmae	Globose, forming one bud; no gemmae
Gametophyte form	Leafy shoot or thallus; thallus simple or with air chambers; dorsi-ventral	Leafy shoot	Simple thallus; dorsi-ventral
Branches	Developing from leaf initial cells or inner stem cells, rarely stem epidermis	Developing from stem epidermis	
Leaf origin	2 initial cells (1 in Calobryales & Metzgeriales)	1 initial cell	
Leaf arrangement	Leaves in two or three rows, ventral row usually of different size	Leaves usually in spirals	Not applicable
Leaf form	Leaves unistratose, divided into 2+ lobes, no costa	Leaves unistratose in most, undivided, costa present in some	Thallose
Leaf/thallus cells	Usually isodiametric, have trigones; numerous chloroplasts	Often elongate, rarely possess trigones; numerous chloroplasts	No trigones; 1-4 large chloroplasts
Special organelles	Complex oil bodies often present	Simple, small oil bodies or none	Single plastids with pyrenoids

Table 1. Comparison of the phyla of Bryobiotina. Amplified from Crandall-Stotler (1996) and Gradstein *et al.* (2001).

Character	Marchantiophyta	Bryophyta	Anthocerotophyta
Gemmae	Common on leaves	Common on leaves, stems, rhizoids, or protonemata	Absent
Water conducting cells	Present only in a few simple thalloid forms	Present in both gametophytes and sporophytes of many	Absent
Rhizoids	Hyaline, one-celled	Brown, multicellular	Hyaline, one-celled
Gametangial position	Apical clusters (leafy forms) or on upper surface of thallus	Apical clusters	Sunken in thallus, scattered
Paraphyses	Usually lacking; often have mucilage filaments	Usually associated with antheridia & archegonia	Lacking
Growth of sporophyte	Apical	Apical	Grows continuously from basal meristem
Stomata	Absent in both generations, but pores present on some gametophyte thalli	Present on sporophyte capsule	Present in both sporophyte and gametophyte
Seta	Hyaline, elongating just prior to spore release, rigid when turgid, deliquescent	Photosynthetic, emergent from gametophyte early in development in Bryopsida & Polytrichopsida, rigid due to cell structure, persistent; not elongating in Sphagnopsida – pseudopodium present	Absent
Calyptra	Ruptures & remains at base of seta, lacks influence on capsule shape	Ruptures & persists at apex of seta & capsule, influences capsule shape	Lacking

Table 1. Comparison of the phyla of Bryobiotina. Amplified from Crandall-Stotler (1996) and Gradstein *et al.* (2001).

Character	Marchantiophyta	Bryophyta	Anthocerotophyta
Capsule	Undifferentiated, spherical or elongate; jacket uni- or multistratose; often with transverse or nodular thickenings	Complex with operculum, theca and neck; jacket multistratose; lack transverse or nodular thickenings	Undifferentiated, horn-shaped; jacket multistratose
Sterile cells in capsule	Spirally thickened elaters	Columella	Columella and pseudoelaters
Capsule dehiscence	Into 4 valves; spores shed simultaneously	At operculum & peristome teeth in Bryopsida & Polytrichopsida, spores shed over extended period; valvate in Takakiopsida, Andreaeopsida, & Andreaebryopsida; lacking peristome in Sphagnopsida	Into 2 valves; spores mature & shed over extended period
Chemistry	Monoterpenes, sesquiterpenes, & diterpenes; lunularic acid	Triterpenes; ABA	Terpenoids(?)

Punti principali

Le briofite vengono tradizionalmente classificate in tre phyla (divisioni) Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta, che possono essere collocate nel sottoregno Bryobiotina. Le Anthocerotophyta differiscono dagli altri phylum per avere lo sporofito che ha una forma a corno e che continua

a crescere alla base mentre le spore maturano e sono disperse all'apice. Le Anthocerotophyta presentano una generazione dominante gametofitica. I gametofiti producono archeconi e/o anteridi e l'embrione si sviluppa nell'archegonio.

Gli sporofiti rimangono attaccati al gametofito e producono spore per meiosi durante un tempo prolungato, con le spore piú giovani alla base. Gli pseudoelateri vengono prodotti con le spore, ma sono formati per mitosi e rimangono diploidi. Le capsule si aprono longitudinalmente e continuano ad aprirsi dall'alto verso il basso.