

Frunza: morfologia și tipurile de frunze, anatomia frunzei

Frunza este organul vegetativ care îndeplinește funcțiile de asimilație clorofiliană, respirație și transpirație.

Frunzele metamorfozate îndeplinesc funcții de: înmagazinare de substanțe de rezervă, reproducere vegetativă, protecție, absorbție, nutriție heterotrofă.

Frunza prezintă simetrie dorsiventrală (rar actinomorfa sau asimetrică), și creștere limitată. Prezintă 2 fețe: una superioară numită și **ventrală** sau **adaxială** și alta inferioară numită și **dorsală** sau **abaxială**.

Tipuri de frunze sub raport ontogenetic și funcțional

1. Cotiledoanele sunt primele frunze care iau naștere în viața plantei (frunze embrionare, germinative). În timpul germinăției seminței, cotiledoanele rămân în sol – **germinație hipogee** (*Vicia* sp, majoritatea monocotiledonatelor) sau pot ieși la suprafața solului – **germinație epigea** (*Abies alba* - brad, *Carpinus* sp. – carpen, *Fagus sylvatica* - fag, *Pinus* sp. – pin, *Trifolium* sp. – trifoi). (Fig. 81)



Fig. 81 Tipuri de frunze sub raport ontogenetic și funcțional: 1 - reprezentare schematică. **Cotiledoane și nomofile la plante cu germinație epigeică: 2** - *Abies alba*; **3** - *Acer* sp.; **4** - *Fagus sylvatica*; **5** - *Carpinus* sp.; cat - ca tafle; cot - cotiledon; h - hipocotil; hf - hipsofile; nmf - nomofile; ptf - protofile; rp - rădăcina principală; rs - rădăcini secundare

În ambele cazuri pe măsură ce plantula se dezvoltă, cotiledoanele se golesc de substanțele de rezervă acumulate, se usucă și cad. Numărul cotiledoanelor variază: 2–15 la gimnosperme, două la dicotiledonate sau un cotiledon la monocotiledonate.

2. Catafile (frunze inferioare) Organe reduse, incomplet constituite în comparație cu frunzele tipice. Catafilele servesc ca organe de apărare fiind prezente la muguri și tulpini subterane. Catafilele au în general culoare brună și uneori sunt acoperite de peri sau de substanțe cleioase. Ex: *Acer pseudoplatanus* (paltin de munte), *Populus* sp. (plop). (Fig. 81)

3. Nomofile (frunze propriu-zise, frunze mijlocii). Sunt frunze verzi, complet dezvoltate, tipice. **Protofilele** (frunze primordiale sau primare) sunt primele nomofile care apar la o plantulă. Se formează imediat după cotiledoane, în loc de catafile sau după acestea. Protofilele rămân adesea foarte mici în comparație cu frunzele propriu-zise și diferă ca formă de acestea. (Fig. 81)

Protofilele pot fi: simple și cu lamina întreagă (*Trifolium* sp.), mai puțin lobate (*Acer* sp.), solitare, cu trei muchii și cu marginea dințată (*Pinus sylvestris*) etc.

Metafilele sunt nomofile ce caracterizează plantele mature. (Fig. 81)

4. Hipsofile (frunze superioare) sunt ultimele organe foliare formate pe tulpină. Protejează florile sau inflorescențele.

Din categoria **hipsofilelor** fac parte:

- **bracteele** - organe foliare în axila cărora se formează muguri, flori sau inflorescențe;
- **elementele involucrului și ale involucelului** (Fam. Apiaceae și Asteraceae);
- **glumele și paleele** din inflorescența gramineelor (Fam. Poaceae);
- elementele **caliciului** și ale **caliculului** (*Fragaria* sp, *Potentilla* sp);
- bracteele ce însoțesc floarea și la maturitate formează cupa fructului (*Fagus sylvatica*);
- bracteea ce însoțește floarea de la *Galanthus* sp. (ghiocei), *Arum maculatum* (rodul pământului), *Arum orientale*. (Fig. 81)

Morfologia frunzei la Încregătura Pteridophyteae

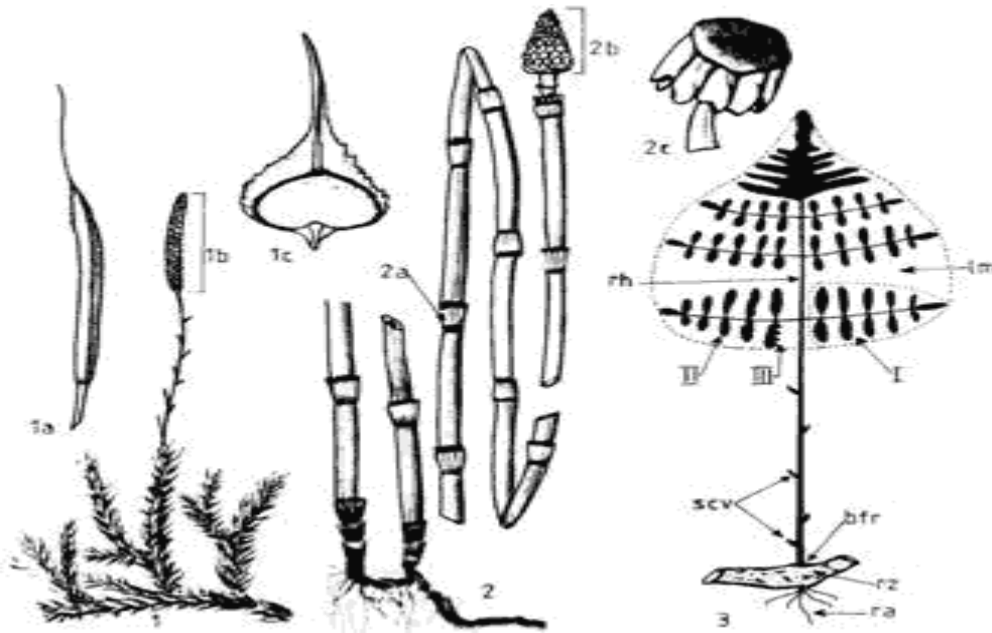


Fig. 82 Tipuri de frunze și dispunerea sporangilor la pteridofite: **1** - *Lycopodium clavatum*; 1a - microfilă; 1b - spic sporifer (stobil); 1c - sporofilă cu sporange reniform; **2** - *Equisetum telmateia*, tulpină asimilatoare și sporangiferă; 2a - microfile unite, dispuse la noduri; 2b - spic sporifer; 2c - sporofilă peltată (hexagonală) cu sporangi cilindrici; **3** - macrofilă la *Polypodiaceae* (schemă); bfr - baza frunzei; lm - lamină (limb); ra - rădăcini adventive; rh - rahis; rz - rizom; scv - scvame; I, II, III – segment primar, secundar și terțiar

La pteridofite frunzele au valoarea unui organ pentru care este utilizat termenul de **frondă**. Din punct de vedere **morfologic** ferigile actuale posedă două tipuri de frunze: microfile și macrofile.

Microfilele sunt frunze mici, scvamiforme, nediferențiate în pețiol și lamină. Ferigi microfile sunt întâlnite în Clasa Lycopodiatae și Equisetatae. (Fig. 82) La majoritatea speciilor, microfilele sunt dispuse spiralat, foarte apropiat, astfel încât nodurile nu se mai recunosc (excepție *Equisetum* sp).

Macrofilele sunt frunze de dimensiuni mari diferențiate în pețiol și lamină (întreagă sau penat-divizată). (Fig. 83) Frunzele penate sunt alcătuite din ramificații foliate de ordinul I numite **segmente primare** (lobi, aripi, pinna), dispuse pe ambele laturi ale unei axe comune numită **rahis**. Segmentele primare pot să prezinte ramificații de ordinul II (**segmente secundare**) care, la rândul lor, se pot ramifica în segmente de ordinul III (**segmente terțiare**) și chiar de ordinul

IV. Elementele foliare ale segmentelor de ordinul II–IV se numesc **pinule (aripioare)**. Macrofilele caracterizează ferigile din Clasa Polypodiatae.

Nervațiunea

La pteridofitele microfile nervațiunea este uninervă (*Equisetum* sp., *Selaginella* sp). La pteridofitele macrofile nervațiunea poate fi: dicotomică, penată (*Polypodium vulgare*), palmată (*Pteridium* sp).

Din punct de vedere **fiziologic** frunzele/fronzele pot fi sterile (asimilatoare, vegetative), numite **trofofile** și fertile (purtătoare de sporangi/sporangifere), numite **sporofile** (*Ophioglossum vulgatum* - limba șarpelui, *Botrychium lunaria* – limba cucului). (Fig. 83) Există și o a treia categorie de frunze – **trofosporofile** – care îndeplinesc ambele funcții (*Cystopteris* sp. – feriguță, *Dryopteris* sp. – ferigă, *Asplenium* sp). (Fig. 83)

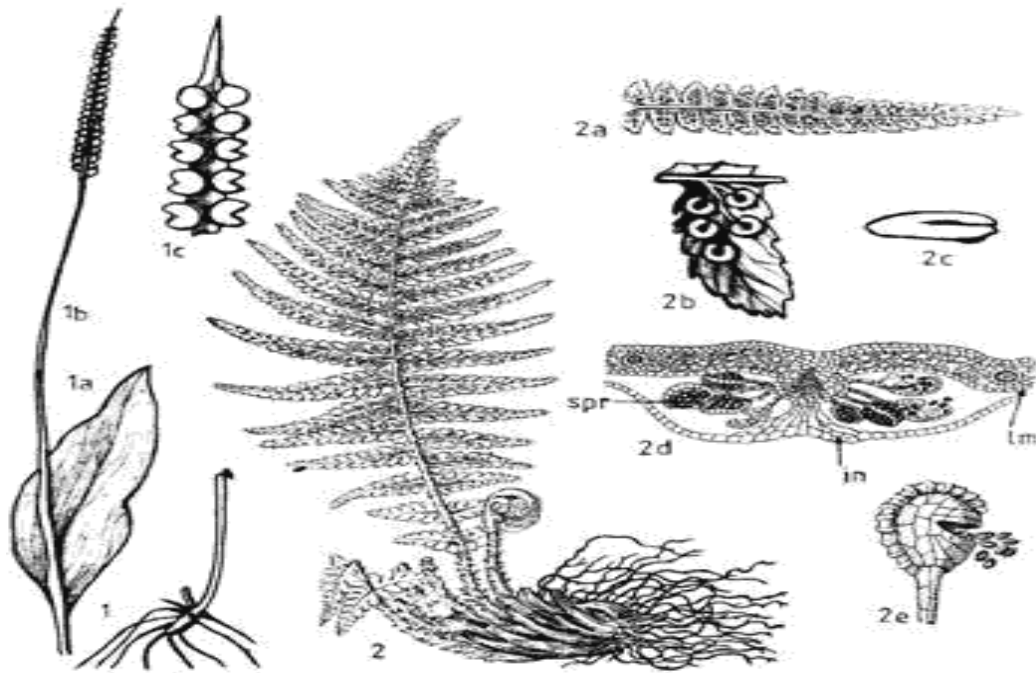


Fig. 83 Tipuri de frunze și dispunerea sporangilor la pteridofite: 1 - *Ophioglossum vulgatum*; 1a - trofofilă; 1b - sporofilă cu spic sporifer; 1c - segment fertil cu sporangi (detaliu); 2 - *Dryopteris filix-mas* (habitus); 2a - segment de ordin I cu sori; 2b - segment de ordin II cu sori a coperiți de induzie reniformă; 2c - induzie (detaliu); 2d - secțiune transversală prin lamina la nivelul unui sor; 2e - sporange deschis ce eliberează sporii; in - induzie; lm - lamina; spr - sporange.

Morfologia frunzei la Încregătura Pinophyta

La majoritatea pinofitelor, frunzele sunt mici, numeroase, aciculare sau solziforme, întregi, lipsite de pețiol sau slab pețiolate, dispuse spiralat, opus, rar verticilat; frunzele au nervațune uninervă. Frunzele sempervirescente, rar caduce (*Larix* sp.) sunt izolate sau grupate în fascicul.

La *Abies alba* (brad), frunzele aciculare cu vârful emarginat sunt pețiolate, cu baza lățită, disciformă. (Fig. 84) La căderea de pe ramuri lasă o cicatrice rotundă, plată. La *Picea abies* (molid) frunzele sunt ascuțite la vârf, pungente (înțepătoare), dispuse pe câte o proeminență; (Fig. 84) la uscare se desprind de pe ramuri, lăsând o cicatrice rombică (ramurile sunt aspre la pipăit).



Fig. 84 Tipuri de frunze la pinofite. Frunze aciculare: 1 - *Abies alba*; 2 - *Picea abies*; 3 - *Pinus sylvestris*; 4 - *Juniperus communis*.

Pinus sp. (pin) prezintă două tipuri de ramuri: lungi (macroblaste/dolicoblaste) și scurte (microblaste/brăhiblaste). Frunzele aciculare lungi, sunt grupate în fascicule de 2–3 sau 5 pe brăhiblaste. (Fig. 84)

La *Larix* sp. (larice), frunzele aciculare, moi, sunt dispuse fasciculat (peste 30 într-un fascicul) pe microblaste și spiralat pe macroblaste.

Juniperus communis (ienupăr) prezintă frunze aciculare, țepoase, dispuse verticilat (3 frunze într-un verticil). (Fig. 84)

Frunzele coniferelor au o structură xeromorfă (cuticulă groasă, sclerenchim dezvoltat) care le mărește rezistența la uscăciune.

Morfologia frunzei la Încrengătura Magnoliophyta (Angiospermatophyta)

O frunză completă este alcătuită din: lamină (limb), pețiol și baza frunzei. (Fig. 85)

După modul de alcătuire al laminei se disting două tipuri principale de frunze: simple și compuse.

Frunzele simple

Frunzele simple au lamina formată dintr-o singură parte.

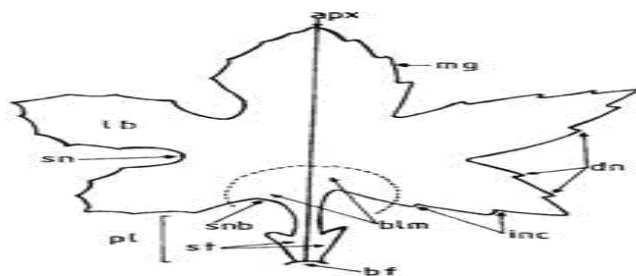


Fig. 85 Alcătuirea unei frunze complete la angiosperme: apx - apex; bf - baza frunzei; blm - baza laminei; dn - dinți; inc - incizii; lb - lob (segment); mg - margine; pl - pețiol; sn - sinus; snb - sinus bazal; st - stipele.

Lamina

Lamina partea principală a frunzei, este foarte variabilă ca formă, fiind raportată la o formă geometrică de bază sau este indicată printr-un termen de comparație cu un organ sau corp cunoscut.

Forma laminei poate fi: **circular** sau **orbiculară** (*Caltha palustris*, *Populus tremula*); **romboidală**, de forma unui romb prelung alungit (*Betula pendula*); **reniformă** (*Asarum europaeum*); **triunghiulară** (*Atriplex patula*); **eliptică**, asemănătoare unei elipse (*Fagus sylvatica*, *Plantago media*); **ovată**, de forma unui ou (*Syringa vulgaris*, *Pyrus communis*); **obovată**, de forma unui ou inversat, cu lățimea maximă deasupra mijlocului (*Corylus avellana*); **cordată** sau **cordiformă**, de forma inimii, cu vârful în sus (*Viola odorata*, *Tussilago farfara*, *Tilia cordata*); **deltoidă**, de forma literei grecești delta (*Populus nigra*); **lanceolată**, lamina de

3–4 ori mai lungă decât lată, cu aspect de lance (*Salix alba*, *Plantago lanceolata*, *Galium odoratum*); **ovat-lanceolată**, lamina de două ori mai lungă decât lată (*Amaranthus retroflexus*); **sagitată**, de forma unui vârf de săgeată (*Sagittaria sagittifolia*); **scutată**, în formă de scut (*Rumex scutatus*); **cuneată** sau **cuneiformă**, lamină lată la vârf și îngustă la bază (*Saxifraga cuneifolia*); **falcată**, în formă de coasă sau seceră (*Bupleurum falcatum*, *Carex curvula*); **spatulată**, de forma unei spatule (*Bellis perennis*); **hastată**, lamina are forma unui vârf de lance, la bază cu doi lobi orientați lateral (*Rumex acetosella*, *Salvia glutinosa*); **liniară**, lungimea depășește de 5–10 ori lățimea (Poaceae); **ensiformă**, în formă de sabie (*Iris germanica*, *Typha* sp., *Gladiolus* sp., *Inula ensifolia*); **setacee**, lungă, rigidă și foarte subțire (*Festuca* sp., *Nardus stricta*); **cilindrică** și plină (*Sedum acre*); **fistuloasă**, goală la interior (*Allium cepa*). (Fig. 86)

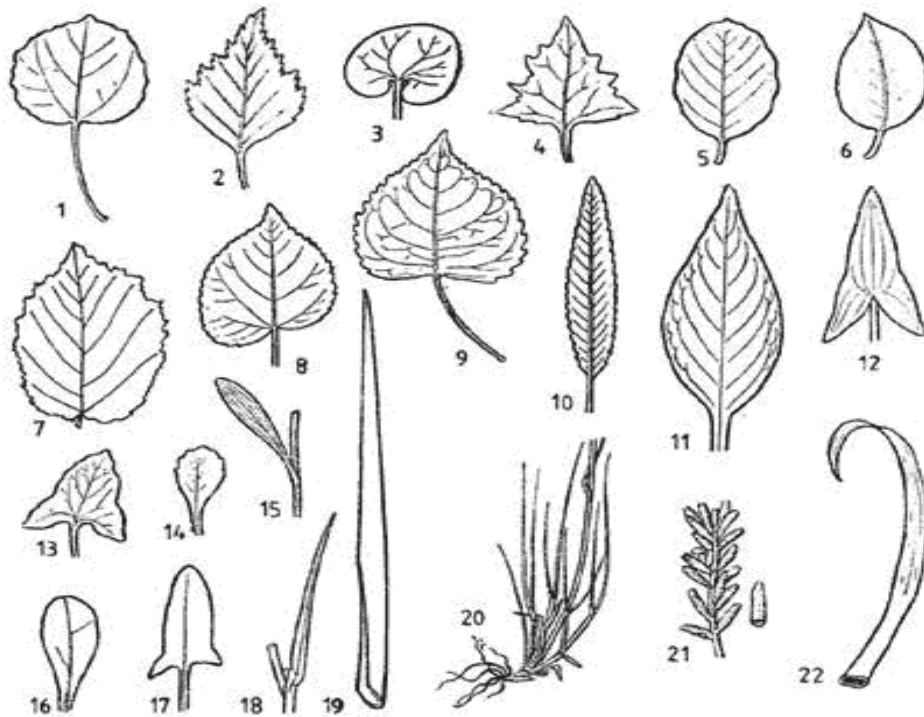


Fig. 86 Tipuri morfologice de frunze - forma laminei: 1 - circulară (orbiculară); 2 - romboidală; 3 - reniformă; 4 - triunghiulară; 5 - eliptică; 6 - ovată; 7 - obovată; 8 - cordată (cordiformă); 9 - deltoidă; 10 - lanceolată; 11 - ovat-lanceolată; 12 - sagitată; 13 - scutată; 14 - cuneată; 15 - falcată; 16 - spatulată; 17 - hastată; 18 - liniară; 19 - ensiformă; 20 - setacee; 21 - cilindrică, plină; 22 - fistuloasă

Baza laminei (Fig. 87) poate fi: **rotundă** (*Pyrus communis*), **cordată** (*Viola odorata*), **sagitată** (*Isatis tinctoria*, *Sagittaria sagittifolia*), **hastată** (*Rumex acetosella*, *Atriplex patula*),

reniformă (*Asarum europaeum*), **cuneată** (*Bellis perennis*, *Atropa belladonna*), **atenuată** (*Viola persicifolia*), **acută** sau **ascuțită** (*Salix alba*), **dilatată** (*Sonchus oleraceus*), **auriculată** (*Nicotiana tabacum*), inegală sau **asimetrică** (*Ulmus* sp.).

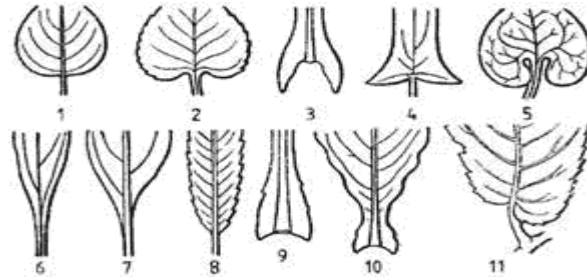


Fig. 87 Forma bazei laminei: 1 - rotundă; 2 - cordată; 3 - sagitată; 4 - hastată; 5 - reniformă; 6 - cuneată; 7 - atenuată; 8 - acută (ascuțită); 9 - dilatată; 10 - auriculată; 11 - inegală (asimetrică)

Vârful laminei (Fig. 88) poate fi: **acut** - vârf scurt și ascuțit cu marginile drepte sau convexe (*Salix alba*), **acuminat** - vârf lung, ascuțit și cu marginile concave (*Urtica dioica*), **obtuz**, neascuțit (*Viscum album*), **rotund** (*Cotinus coggygia*, *Vaccinium uliginosum*), **retezat** sau trunchiat (*Coronilla varia*), **emarginat** sau știrbit (*Alnus glutinosa*, *Trifolium* sp.), **obcordat** (*Oxalis acetosella*), **cuspidat** - lung și îngust (*Verbascum phlomoides*), **mucronat** - brusc terminat într-un vârf ascuțit și subțire (*Vicia hirsuta*), **spinos** - terminat cu un spin (*Cirsium vulgare*).

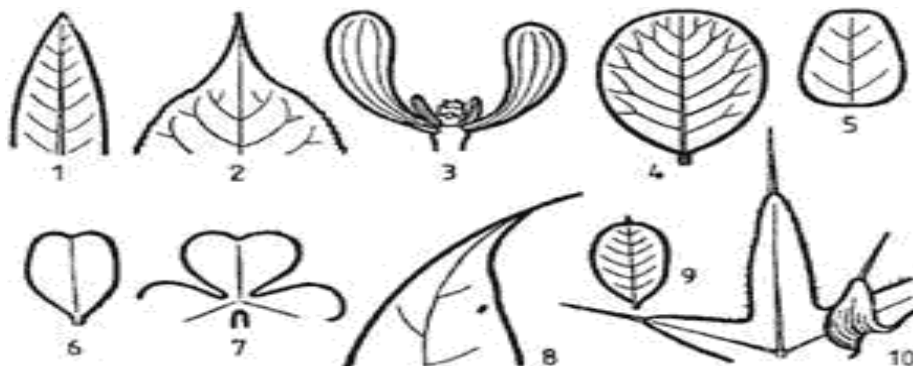


Fig. 88 Vârful laminei (formă): 1 - acut; 2 - acuminat; 3 - obtuz; 4 - rotund; 5 - retezat; 6 - emarginat; 7 - obcordat; 8 - cuspidat; 9 - mucronat; 10 - spinos

Marginea laminei poate fi întregă sau poate prezenta incizii de forme și profunzimi diferite.

La frunzele cu **marginea întreagă** (Fig. 89) aceasta poate fi: **netedă** (*Syringa vulgaris*), **ondulată** (*Reseda lutea*), **aspră** sau **scabră** (poacee și ciperacee), **ciliată** (*Fagus sylvatica* - frunze tinere), **încrețită** (*Rumex crispus*), **involută** - răsucită spre fața superioară (*Festuca* sp., *Poa alpina*), **revolută** - răsucită spre fața inferioară (*Primula* sp., *Vaccinium vitis-idaea*).

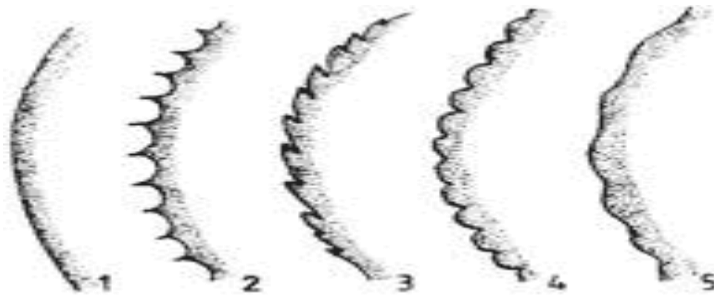


Fig. 89 Marginea laminei: 1 - întreagă; 2 - dințată; 3 - serată; 4 - crenată; 5 - sinuată

Marginea laminei cu incizii mici (superficiale) poate fi: **dințată** - cu dinți ascuțiți, perpendiculari față de nervura mediană și incizii rotunjite (*Corylus avellana*, *Tussilago farfara*, *Urtica urens*); **serată** - cu dinți ascuțiți îndreptați spre vârful laminei și incizii mici, ascuțite (*Urtica dioica*, *Salix alba*, *Veronica chamaedrys*); **crenată** - cu dinți rotunjiți și incizii ascuțite (*Epilobium montanum*, *Viola* sp.); **sinuată** cu dinți și incizii rotunjite (*Populus tremula*) (Fig. 89).

Marginea laminei poate prezenta și combinații ale tipurilor de bază: margine **dublu-dințată/bidentată** (*Petasites hybridus*), margine **dublu-serată** (*Betula pendula*), margine **dublu-crenată/bicrenată** (*Glechoma hederacea*, *Salvia pratensis*).

Marginea frunzei cu incizii mari (adânci) se numește lobată, iar segmentele proeminente formează lobi. După dispunerea lobilor față de axa principală a frunzei se deosebesc frunze **penat-lobate** (inciziile sunt dispuse simetric față de nervura mediană a laminei) și **palmat-lobate** (lobii sunt dispuși în mod simetric în jurul unui punct care se confundă cu vârful pețiolului).

După adâncimea inciziilor frunzele penate și palmate pot fi: **lobate** (sinuate) – inciziile nu ajung până la mijlocul jumătății laminei, **fidate** - inciziile ajung la mijlocul jumătății laminei, **partite**

- inciziile trec de mijlocul jumătății laminei, dar nu ating nervura mediană și **sectate** - inciziile ating nervura mediană. (Fig. 90)

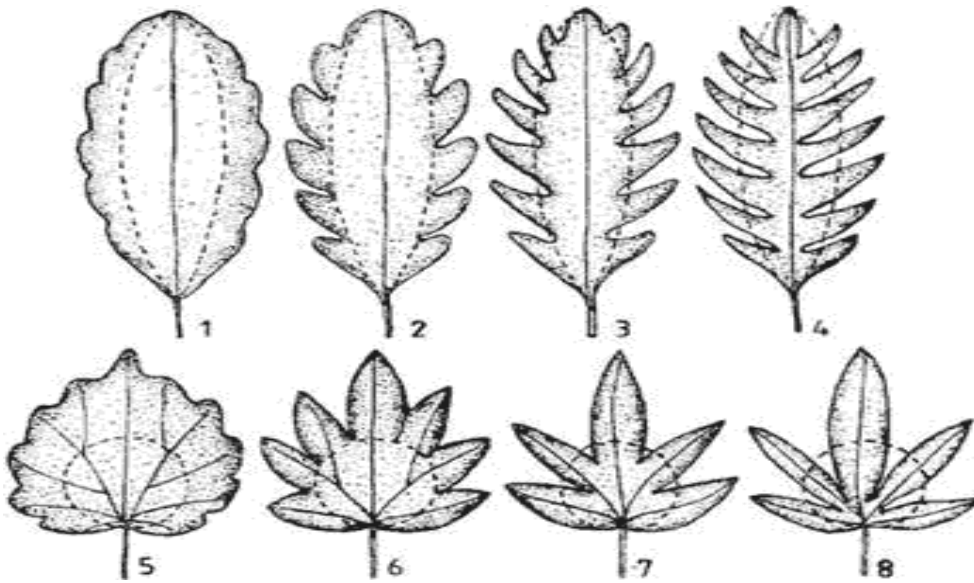


Fig. 90 Marginea laminei cu incizii profunde: 1 - frunză penat-lobată; 2 - frunză penat-fidată; 3 - frunză penat-partită; 4 - frunză penat-sectată; 5 - frunză palmat-lobată; 6 - frunză palmat-fidată; 7 - frunză palmat-partită; 8 - frunză palmat-sectată

Lobii pot prezenta la rândul lor incizii formându-se astfel frunze bipenat-partite, bipenat-sectate, tripenat-sectate etc. (Fig. 91)

Incizii deosebite

Frunza runcinată. Lamina prezintă lobi inegali. Ex: *Taraxacum officinale* (frunză penat-fidată, cu dinți de formă neregulată îndreptați spre baza laminei). (Fig. 91)

Frunza lirată. Frunză penat-fidată, partită sau sectată, cu lobul terminal mult mai mare decât cei laterali, care sunt din ce în ce mai mici cu cât se apropie de bază. Ex.: *Brassica napus*, frunzele inferioare și mijlocii la *Geum rivale*. (Fig. 91)

Consistența laminei poate fi: erbacee – subțire și moale (majoritatea arborilor, arbuștilor și a plantelor erbacee), pietoasă (scoarțoasă, tare), cărnoasă (*Sedum* sp).



Fig. 91 Frunze cu incizii profunde: 1 - frunză bipenat-partită; 2 - frunză bipenat-sectată; 3 - frunză tripenat-sectată; 4 - frunză runcinată; 5 - frunză lirață

Nervațiunea reprezintă modul de dispunere a nervurilor la nivelul lamei foliare. Limbul foliar este partea lătită a frunzei străbătută de nervuri proeminente pe fața inferioară.

Nervațiune penată

Lamina prezintă o nervură mediană din care se desprind nervuri laterale, secundare și de alte ordine, ale căror ultime ramificații se anastomozează formând o rețea (nervațiune penat-reticulată). Tip de nervațiune întâlnit la majoritatea dicotiledonatelor (*Fagus sylvatica*, *Populus* sp, *Quercus* sp). (Fig. 92)

Nervațiune palmată (digitată)

Toate nervurile pornesc dintr-un punct situat la baza lamei; nervurile laterale se dezvoltă la fel de mult ca nervura mediană. Ex: *Acer platanooides*, *Acer pseudo-platanus*, *Hedera helix*. (Fig. 92)

Nervațiune paralelă

Nervurile sunt paralele între ele și se unesc la vârful lamei. Tip de nervațiune prezent la cele mai multe monocotiledonate. (Fig. 92)

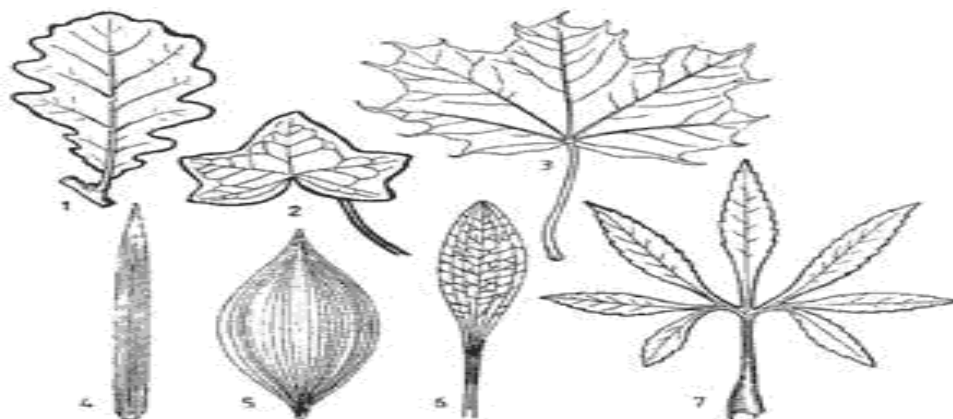


Fig. 92 Nervațiunea: 1 - penată; 2, 3 - palmată; 4 - paralelă; 5, 6 - arcuată; 7 - pedată

Nervațiune arcuată

Nervurile descriu arcuri care urmăresc conturul laminei și converg spre baza acesteia. Tip de nervațiune prezent la dicotiledonate (*Gentiana lutea*, *Plantago media*) și monocotiledonate (*Convallaria majalis*, *Polygonatum* sp.). (Fig. 92)

Nervațiune pedată

Nervurile laterale se ramifică unilateral, numai spre marginea de la baza laminei. Ex: *Helleborus purpurascens*. (Fig. 92)

Pețiolul

Pețiolul susține și leagă lamina de tulpină, orientând-o în poziția cea mai favorabilă față de lumină. Frunzele cu pețiol se numesc **pețiolate**, iar cele lipsite de pețiol sunt **sesile**. El se prinde în general de baza limbului, însă există și excepții, cum este la frunza, peltată de la *Tropaeolum majus* - colțunaș și la *Ricinus communis* – ricin.

Ca **formă** pețiolul poate fi: cilindric (*Tropaeolum majus*), comprimat lateral în plan perpendicular pe lamină (*Populus tremula*), dilatat – turtit dorsi-ventral și în formă de jgheab spre bază (*Ranunculus acris*), auriculat – prevăzut cu niște urechiușe (*Brassica napus*), canaliculat – scobit longitudinal, în formă de canal sau jgheab (*Tussilago farfara*).

Frunzele incomplete sunt acele frunze cărora le lipsesc 1-2 părți din componentele unei frunze complete. Exemplu: la graminee, unde nu există pețiol (frunze sesile).

Frunzele sesile pot fi: **propriu-zise** (*Capsella bursa-pastoris*); **amplexicaule** - baza laminei înconjoară parțial tulpina (*Brassica napus*, *Lamium amplexicaule*); **perfoliate** - cele două jumătăți ale laminei concresec în partea opusă locului de inserție al frunzei pe tulpină astfel încât frunza apare ca fiind străbătută de tulpină (*Bupleurum perfoliatum*, *Bupleurum rotundifolium*); **decurente** - baza frunzei concrește cu tulpina și se prelungește de-a lungul acesteia sub formă de aripi foliacee, pe o singură parte sau pe ambele părți (*Symphytum officinale*, *Verbascum thapsiforme*, *Carduus* sp, *Cirsium* sp); **connate/concrescute** - baza unei frunze concrește cu cea a frunzei opuse (*Lonicera caprifolium*). (Fig. 93)

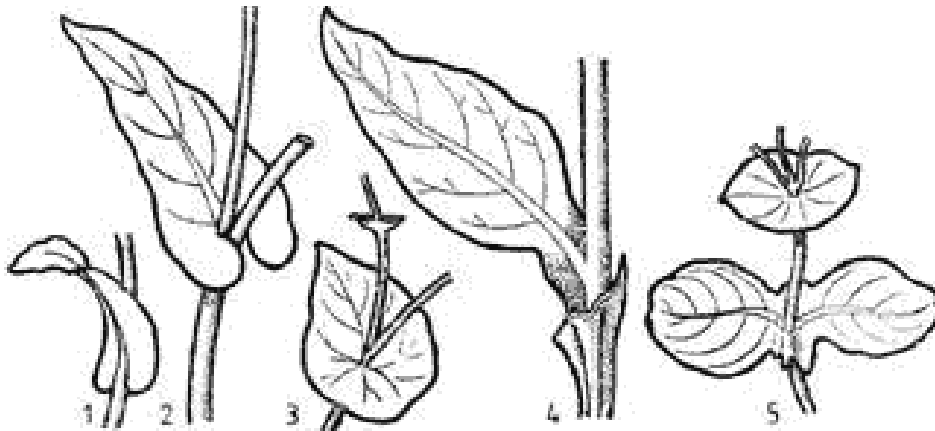


Fig. 93 Frunze sesile: 1 - frunză sesilă propriu-zisă; 2 - frunză amplexicaulă; 3 - frunză perfoliată; 4 - frunză decurentă; 5 - frunze concrescute (connate)

Baza frunzei

Baza frunzei reprezintă partea prin intermediul căreia frunza se fixează pe ramură sau tulpină.

Se poate prezenta ca o simplă dilatație a pețiolului (*Ficaria verna*) sau la o serie de specii baza frunzei se poate transforma într-o **teacă** (vagină), parte mult extinsă a bazei frunzei care înconjură complet pe o anumită lungime tulpina, la nivelul nodului.

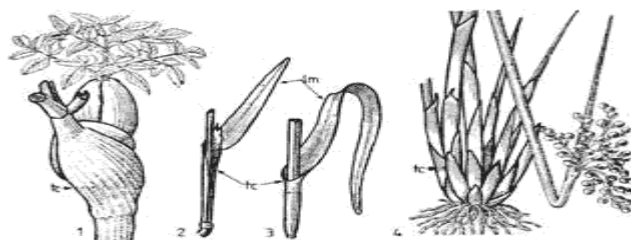


Fig. 94 Baza frunzei - teaca (vagina): **1** - teacă umflată (*Apiaceae*); **2** - teacă cilindrică cu margini libere (*Poaceae*); **3** - teacă cilindrică cu margini concrescute (*Cyperaceae*); **4** - frunze reduse la teacă (*Juncus* sp.); lm - lamină; tc - teacă

Teaca este prezentă la unele dicotiledonate (*Apiaceae*) și la majoritatea monocotiledonatelor. La unele apiacee (umbelifere) teaca este umflată, voluminoasă. (Fig. 94)

La reprezentanții familiei *Poaceae* teaca este cilindrică și are marginile libere. La reprezentanții familiei *Cyperaceae* teaca cilindrică are marginile concrescute. Unele frunze sunt reduse numai la teacă (*Juncus* sp, *Scirpus* sp). (Fig. 94)

Anexe foliare

Baza frunzei poate prezenta o serie de anexe foliare: stipele, ohrea (ochrea), ligula.

1. Stipele sunt excrescențe ale bazei frunzei, de regulă perechi, cu rol în apărarea mugurilor foliari. Prezența sau absența stipelelor, natura, forma, dimensiunile și consistența lor sunt caractere importante ce servesc la determinarea speciilor.

Stipelele pot fi: **libere** (*Fagus sylvatica*), **congrescute cu o margine a pețiolului** (*Rosa* sp., *Trifolium pratense*), **congrescute cu tulpina** (*Lotus corniculatus*). (Fig. 95)

După formă stipelele pot fi: cordiforme sau cordate (*Lotus corniculatus*), reniforme (*Salix caprea*), semicordate (*Crataegus* sp., *Trifolium campestre*), hastate (*Lathyrus* sp), lanceolate (*Galium aparine*), solziforme (*Fagus sylvatica*). (Fig. 95)

Dimensiunile stipelelor: mici (*Fagus sylvatica*), de aceeași mărime cu frunzele (*Galium* sp), mai mari ca frunzele, cu rol important în fotosinteză (*Lathyrus* sp). (Fig. 95)

După poziție se deosebesc: stipele laterale, care se formează pe cele două laturi ale pețiolului (*Fagus sylvatica*, *Viola* sp.); stipele axilare situate între pețiol și tulpină; stipele opuse pețiolului; stipele interpețiolare – se remarcă la plante cu frunze opuse, la care stipelele concresc două câte două. La *Cruciata laevipes* (sânziene) stipelele situate opus față de nomofile, au aceeași formă și mărime cu acestea, dar se deosebesc de nomofile prin faptul că din axila stipelelor nu se dezvoltă niciodată axe secundare sau inflorescențe (apar numai în axila frunzelor veritabile). (Fig. 95)

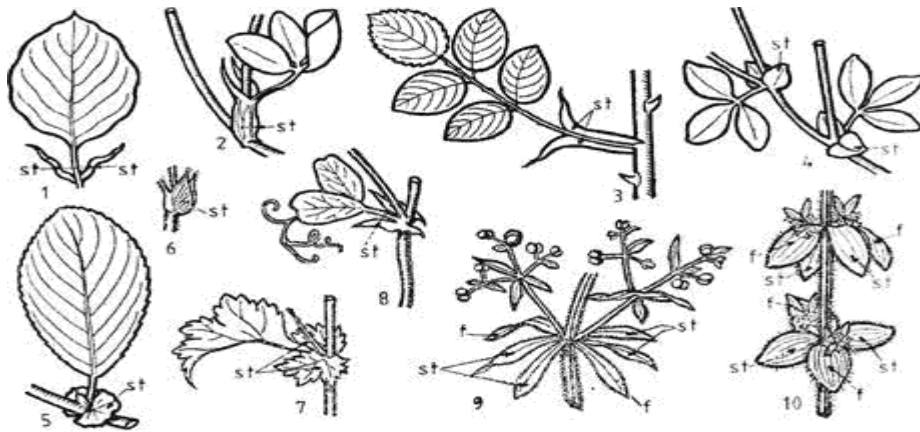


Fig. 95 Anexe foliare - stipele: 1 - stipele libere (*Fagus sylvatica*); 2-3 - stipele concrescute cu o margine a pețiolului (*Trifolium* sp., *Rosa* sp.); 4 - stipele cordiforme, concrescute cu tulpina (*Lotus corniculatus*); 5 - stipele reniforme (*Salix caprea*); 6 - stipele semicordate (*Trifolium campestre*); 7 - stipele semicordate și ușor divizate (*Crataegus monogyna*); 8 - stipele ha state (*Lathyrus* sp.); 9 - stipele lanceolate (*Galium aparine*); 10 - stipele interpețiolare (*Cruciata laevipes*); f - frunză; st - stipele

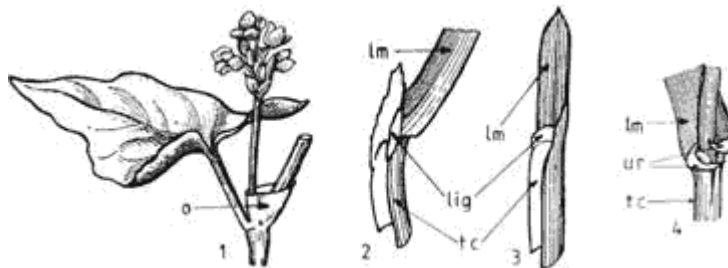


Fig. 96 Anexe foliare: 1 - ohrea la *Fagopyrum esculentum*; 2 - ligula la *Poa trivialis*; 3 - ligula la *Poa pratensis*; 4 - urechiușe la *Hordeum vulgare*; lm - lamina; lig - ligula; o - ohrea; tc - tea că; ur - urechiușe

După **durata de viață** se deosebesc: stipele caducei sau decidue care cad de timpuriu (*Fagus sylvatica*, *Ulmus* sp.) și stipele persistente care rămân atâta vreme cât persistă și frunza (la majoritatea plantelor prevăzute cu stipele).

2. Ohrea provine din concreșterea stipelelor în formă de cornet (pâlnie) în jurul tulpinii. Învește și protejează baza internodurilor tulpinii și mugurii foliari. Ohrea poate fi: lungă sau scurtă, de consistență membranoasă sau scoarțoasă, întreagă, ciliată sau sfârtecată. Este o formațiune specifică plantelor din familia Polygonaceae (*Fagopyrum esculentum*, *Polygonum* sp, *Rumex* sp). (Fig. 96)

3. Ligula reprezintă o altă formă în care se prezintă stipelele. Este o formațiune membranoasă cu rol protector, aflată la limita dintre teacă și lamină; ligula continuă teaca, de la articulația sa cu lamina și se ridică alipită pe tulpină.

Ligula este caracteristică poaceelor, ciperaceelor și altor monocotiledonate a căror frunză este prevăzută cu teacă și are **dimensiuni** și **conformație** variate: scurtă și dințată (*Poa pratensis*), oblongă și ușor dințată (*Poa trivialis*), sfârtecată sau lacerată (*Festuca* sp.), ciliată (*Dichanthium ischaemum*), păroasă (*Eragrostis* sp). (Fig. 96)

Frunzele liniare ale multor poacee sunt prevăzute cu apendici rotunjiți în formă de **urechiușe** (auricule), structuri considerate a fi prelungiri ale bazei limbului foliar. Uneori acești apendici sunt pronunțați ajungând să înconjoare tulpina. (Fig. 96)

Frunze compuse

Frunzele compuse au lamina alcătuită din segmente independente numite **foliole**, prevăzute cu un pețiol mic (pețiolul) și dispuse pe un pețiol comun numit **rahis**. Foliiolele unei frunze compuse pot fi de ordin I, II sau de ordin mai înalt.

În funcție de modul de dispunere a foliolelor pe rahis se deosebesc mai multe tipuri de frunze compuse.

1. Frunze penat-compuse - foliolele sunt dispuse pe ambele laturi ale rahisului.

Frunze **imparipenat-compuse** - cu număr impar de foliole, datorită foliolei terminale (*Robinia pseudacacia*, *Rosa* sp, *Sorbus aucuparia*) (Fig. 97).

Frunze **paripenat-compuse** - foliola terminală nu există sau este transformată în cârcel (*Lathyrus* sp., *Pisum sativum*, *Vicia* sp) (Fig. 97).

2. Frunze palmat-compuse - foliolele sunt prinse aproximativ în același loc la capătul pețiolului: frunze **trifoliolate** (*Trifolium* sp), frunze **pentafoliolate** (*Lupinus* sp), frunze 5–9 foliolate (*Aesculus hippocastanum*) (Fig. 97).

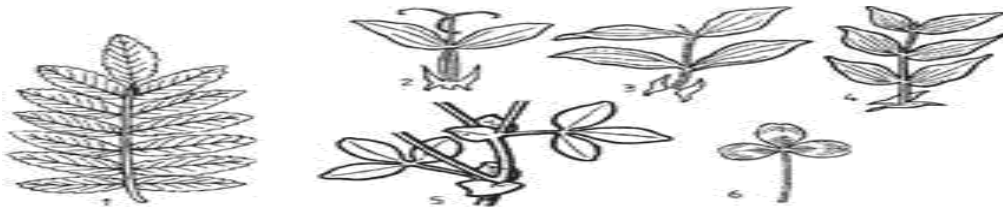


Fig. 97 Frunze compuse: 1 - frunză imparipenat compusă la *Sorbus aucuparia*; 2, 3, 4 - frunze paripenat compuse la *Lathyrus* sp.; 5, 6 - frunze palmat compuse, trifoliolate la *Lotus corniculatus* (5) și *Trifolium* sp. (6)

Dispoziția frunzelor pe tulpină

În general, dispoziția frunzelor pe tulpină sau ramuri este constantă și caracterizează diferite grupe sau specii de plante.

Dispoziția alternă (în spirală) – la fiecare nod tulpinal se inseră o singură frunză; dispoziția cel mai frecvent întâlnită (Gramineae, Ulmaceae, Liliaceae).

Dispoziția opusă - la fiecare nod tulpinal se inseră câte două frunze, dispuse de o parte și de alta a tulpinii. Cele mai multe specii cu dispoziție opusă au frunzele de la un nod inserate în planuri perpendiculare (în cruce) față de frunzele nodului superior sau inferior. Acest tip de dispoziție se numește **decusată** și reprezintă o adaptare la factorul lumină; frunzele de la un nod superior nu umbresc pe cele de la nodul inferior. Dispoziția decusată este întâlnită la reprezentanții familiilor Urticaceae, Lamiaceae, Caryophyllaceae, Scrophulariaceae. (Fig. 98)

Dispoziția verticilată - la fiecare nod tulpinal se inseră trei sau mai multe frunze echidistante. Acest tip de dispoziție se întâlnește la pteridofite (*Equisetum* sp), pinofite (*Juniperus communis*) și numeroase angiosperme (*Galium* sp, *Lysimachia vulgaris*). (Fig. 98)

Frunze rozulare bazale. La o serie de plante (*Bellis perennis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Taraxacum officinale*.) frunzele sunt dispuse la baza tulpinii, în rozetă. (Fig. 98)

Variații privind forma, mărimea și dispoziția frunzelor pe tulpină

În general forma, mărimea și dispoziția frunzelor pe tulpină sunt însușiri constante ale fiecărei specii. De la această regulă există și o serie de excepții.

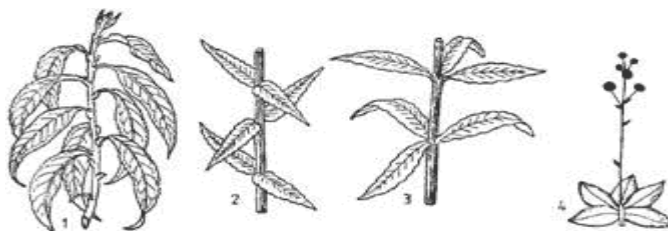


Fig. 98 Dispoziția frunzelor pe tulpină: 1 - dispoziție alternă; 2 - dispoziție opusă; 3 - dispoziție verticilată; 4 - frunze rozulare bazale

Anisofilia

Anisofilia este determinată genetic sau de condițiile de mediu (în special factorul lumină) și constă în existența unor frunze de formă, dimensiuni și dispoziție diferite pe aceeași ramură și la același nivel. Caracterizează plantele care au două tipuri de ramuri: ortotrope și plagiotrope. Pe ramurile ortotrope frunzele de la același nivel au toate aceeași formă și mărime. Frunzele de pe ramurile plagiotrope diferă ca dispoziție, formă și mărime de cele de pe ramurile ortotrope.



Fig. 99 Variații privind forma, mărimea și dispoziția frunzelor pe tulpină. Anisofilia: 1 - *Selaginella helvetica*; 1a - frunze tetrastihe inegale (detaliu); 2 - *Atropa belladonna*

La *Selaginella helvetica* pe tulpinile plagiotrope, frunzele, dispuse pe patru rânduri (tetrastihe) sunt inegale; pe laturile tulpinii există două serii de frunze mari, iar pe fața superioară alte două serii de frunze mai mici. (Fig. 99)

La *Abies alba* pe ramurile ortotrope se formează frunze egale de jur împrejur; pe ramurile plagiotrope frunzele de pe fața superioară sunt mai mici decât cele de pe fața opusă.

La *Atropa belladonna* pe ramurile plagiotrope se află câte două frunze la nod. Frunzele dispuse lateral sunt mai mari, eliptice; frunzele dispuse pe fața inferioară și superioară sunt mai mici și ovale. (Fig. 99)

Mozaic foliar

Mozaicul foliar este o variantă a anisofiliei care constă în dispunerea în același plan a laminelor unor frunze de mărimi diferite astfel încât toate frunzele sunt expuse luminii. Lamina frunzei este adusă în lumină prin lungimea diferită a pețiolurilor. Mozaicul foliar se remarcă în special la ramurile plagiotrope ale celor mai mulți arbori.

La *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides* frunzele sunt dispuse în mod normal decusat. Pe ramurile plagiotrope frunzele ventrale sunt cele mai mari (au pețiolii lungi) și sunt dispuse la periferie. Frunzele laterale sunt mai mici (au pețiolii mai scurți) și se află între celelalte. Frunzele dorsale sunt cele mai mici (au pețiolii scurți) și sunt intercalate între frunzele laterale.

(Fig. 100) Mozaic foliar mai poate fi observat la plante cu tulpini agățătoare (*Hedera helix*), plante cu frunze bazale dispuse în rozetă (*Geum urbanum*, *Geranium* sp., *Capsella* sp.).

Heterofilia constă în dispunerea pe tulpină la diferite niveluri a unor frunze de forme și dimensiuni diferite.

Dimorfism foliar - frunze de două forme și mărimi. Ex: la *Hedera helix* frunzele de pe ramurile sterile sunt 5-palmat-lobate, iar cele de pe ramurile fertile sunt ovale, alungite, întregi; (Fig. 100) la *Ranunculus cassubicus* frunzele bazale au lamina rotundă, întregă, iar frunzele tulpinale au lamina 7-11-sectată. (Fig. 100) O serie de plante prezintă frunze de mai multe tipuri morfologice – **polimorfism foliar**.



Fig. 100 Variații privind forma, mărimea și dispoziția frunzelor pe tulpină. Mozaic foliar: 1 – *Acer pseudoplatanus*. Heterofilia: 2 - *Hedera helix*; 3 - *Ranunculus cassubicus*

Frunze metamorfozate

Frunza este un organ caracterizat printr-o plasticitate ecologică pronunțată în comparație cu celelalte organe vegetative, ca rezultat al acțiunii factorilor de mediu și al funcțiilor pe care le îndeplinește.

1. Frunze cu rol protector

Spini – frunze parțial sau total transformate în organe cu rol protector (*Carduus acanthoides*, *Carduus nutans*, *Cirsium arvense*, *Xanthium spinosum*). (Fig. 101)

2. Frunze cu rol de agățare

Cârcei foliari - organe filiforme cu proprietatea de a se înfășura în jurul unui suport pentru a susține planta; provin din transformarea integrală sau parțială a unei frunze. Ex: pețiol transformat în cârcei (*Clematis vitalba*); frunze complet transformate în cârcei, rolul asimilator fiind preluat de stipele (*Lathyrus* sp); frunze parțial transformate în cârcei respectiv rahisul și primele perechi terminale de foliole (*Vicia* sp). (Fig. 101)

3. Frunze cu roluri nutritive speciale

Din această categorie fac parte frunzele cu funcție de nutriție heterotrofă complementară ce caracterizează **plantele insectivore**. Ex: *Pinguicula* sp. (foaie grasă), plantă insectivoră care poate fi întâlnită în pajiștile montane, pe locuri turboase. (Fig. 101) Pe frunzele dispuse în rozetă se află două tipuri de peri glandulari: peri mari, pluricelulari, care produc substanțe mucilaginoase de care se prind insectele și peri mici, sesili, capitați (cu o parte terminală globuloasă), care elaborează enzime proteolitice. După ce insecta a fost reținută de perii glandulari pluricelulari, lamina frunzei se pliază spre fața superioară, acoperind insecta pe care apoi o digeră.

4. Frunzele cu rol de depozitare sunt cărnoase și conțin cantități mari de apă și substanțe nutritive. Ele pot avea și rol fotosintetizator (frunzele de Aloe sp, Agave).

5. Frunzele mirmecofile sunt frunze sau stipele la care limbul, în partea bazală, formează pungi sau cămăruțe în care se adăpostesc furnicile. Între planta gazdă și aceste insecte este o relație de simbioză: furnicile folosesc frunzele ca adăpost și depozit de hrană, iar planta este apărată de către furnici împotriva altor insecte sau a animalelor.

6. Frunzele reduse sunt frunze transformate în scuame sau solzi. Ele se găsesc pe tulpini subterane, dar și în cazul unor tulpini aeriene ale unor plante de sărătură sau de deșert. Unele plante, cum sunt majoritatea speciilor din familiile Euphorbiaceae și Cactaceae din regiunile aride, au tulpini complet lipsite de frunze sau, dacă se formează, cad de timpuriu. Aceste plante se numesc afile și tulpinile lor asimilatoare sunt prevăzute cu spini de origine epidermică.

7. Frunzele submerse sau **rizofilele** au aspect de rădăcini, cu rol de absorbție a apei cu sărurile minerale. De exemplu, la *Salvinia natans*, frunzele metamorfozate în rizofile sunt analoge cu rădăcina, dar omologe cu frunzele normale.

8. Frunzele transformate în urne cu substanțe hrănitore sunt frunze metamorfozate în adevărate buzunare în care se adună humus și se condensează apa de transpirație. De exemplu, la *Dischidia rafflesiana*, dicotiledonată epifită, rădăcinile adventive de pe tulpini sau de la baza pețiolului absorb apa cu sărurile minerale din aceste urne.

Peri

Suprafața frunzei și a tulpinii poate fi acoperită sau nu de peri. Totalitatea perilor de pe un organ poartă numele de **părozitate**.



Fig. 101 Frunze metamorfozate: 1 - spini la *Carduus nutans*; 2 - cârcei foliari la *Vicia sepium*; 3 - frunze cu roluri nutritive speciale la *Pinguicula vulgaris*

În funcție de prezența sau absența perilor, densitatea și tipul acestora sunt utilizate mai multe noțiuni referitoare la suprafața organului respectiv:

glabru - organ total lipsit de formațiuni epidermice peri, glande (*Sedum vulgare*);

glabrescent - organ aproape lipsit de peri;

pubescent - organ acoperit cu peri fini, scurți, moi, drepți și mai rari (*Betula pubescens*);

hirsut - organ prevăzut cu peri lungi, drepți, dispuși perpendicular pe organul respectiv (frunze de *Hieracium alpinum*)

hirt - organ prevăzut cu peri aspri (rigizi) și scurți (frunze de *Rubus hirtus*, *Pulmonaria officinalis*);

hispid - organ acoperit cu peri lungi, rigizi, deși și țepoși (*Echium* sp);

sericeu - organ acoperit cu peri mățăsoși, fini și culcați (partea inferioară a frunzelor de *Salix alba*);

lanat - organ acoperit cu peri deși, albi, lănoși, lungi, creți și moi (*Cerastium alpinum* subsp. *lanatum*);

scabru - organ aspru, prevăzut cu peri foarte scurți, mici, aspri și rigizi sau excrescențe aspre la pipăit (frunze și tulpini aspru păroase la Boraginaceae, *Poa* sp)

vilos- organe acoperite cu peri lungi, lănoși, moi, drepți, deși, slab sau deloc încâlciți între ei (frunze de *Hieracium villosum*);

tomentos (pâslos) – organ acoperit cu peri scurți, moi, foarte deși și încâlciți, formând o pâslă albă-argintie de peri (*Arctium tomentosum*);

setiform -organ acoperit cu peri lungi, rigizi, groși și rari;

setos - organ abundent acoperit cu peri lungi, rigizi, subțiri, dispuși neregulat (*Symphytum officinale*, *Papaver rhoeas*);

glandulos - organ acoperit cu numeroase glande sau peri glandulari (frunze și tulpini glandulos păroase la *Mentha* sp);

glutinos - organ acoperit cu peri glandulari lipicioși (*Salvia glutinosa*, frunze de *Hyoscyamus niger*);

pulverulent - organ acoperit cu o substanță asemănătoare prafului.

Referitor la peri se folosesc și alte noțiuni: **adpres** (peri alipiți de tulpină), **arahnoideu** (peri ca pânza de păianjen), **barbat** (peri lungi pe un organ), **dispers** (peri rari pe un organ).

Anatomia frunzei

Structura pețiolului

Pețiolul este partea din frunză care servește la conducerea sevei brute și a celei elaborate spre și dinspre limb. Se aseamănă cu tulpina, dar de obicei este monosimetric, planul de simetrie trecând prin partea de mijloc a feței dorsale și prin cea a feței ventrale.

Țesuturile care alcătuiesc pețiolul, observate într-o secțiune transversală, sunt: epiderma, parenchimul fundamental subepidermic și fasciculele conducătoare libero-lemnoase.

Epiderma este asemănătoare cu cea a tulpinii; poate prezenta stomate, peri tectori, mai rar peri glandulari. Este cutinizată, cerificată sau mineralizată.

Parenchimul fundamental se aseamănă cu parenchimul cortical al tulpinii: primele straturi de celule sunt colenchimatoase (colenchim tabular sau angular), conferind elasticitate și soliditate pețiolului; stratul următor conține cloroplaste; urmează parenchimul fundamental propriu -zis în care se pot găsi fibre lignificate, latex (la Papaveraceae), canale secretoare (la Umbeliferae), tanin, oxalat de calciu; ultimul strat al parenchimului este endoderma, unică la structurile monostelice (la Vinca sp, Prunus sp) sau mai multe endoderme la structurile polistelice (la Plantago sp, Trifolium sp). Plantele lipsite de endodermă în structura tulpinii, nu prezintă endodermă nici în pețiol.

Fasciculele libero-lemnoase se dispun, de regulă, în formă de arc de cerc (la Plantago sp), în formă de V (la Veratrum album) sau în cerc, dacă sunt mai multe fascicule conducătoare. Fasciculele libero-lemnoase sunt colaterale-închise, cu lemnul și liberul orientate ca și în cazul nervurilor limbului.

Structura frunzei la rășinoase

Tipul morfologic de frunză mai răspândit la rășinoase este cel acicular. Structura anatomică a frunzei diferă de la specie la specie, mai ales în raport cu adaptările la condiții de uscăciune.

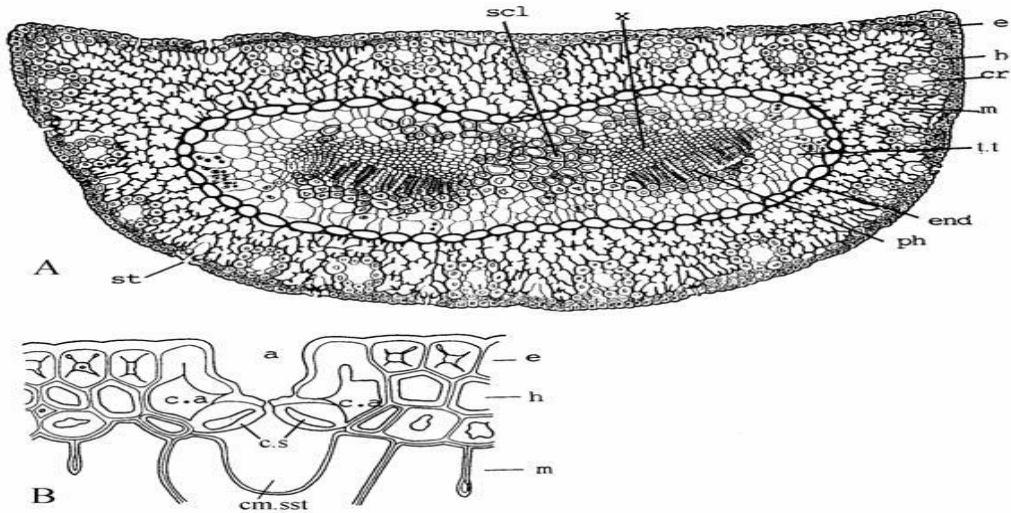


Fig. 102 Secțiune transversală prin frunza de pin și organizarea stomatei

Epiderma este stratul periferic, mai adesea din celule moarte, cu pereții lignificați, cei dinspre exterior cu cuticula bine dezvoltată și acoperită cu ceară (Fig. 102). Sub epiderma se afla o *hipodermă* dintr-un strat sau câteva straturi de celule, care îi amplifică funcția protectivă. Stomatele sunt frecvent adâncite în hipodermă (Fig. 102) sau mezofil, având *celulele anexe* mari, între ele cu o *anticameră* mai mult sau mai puțin înaltă.

Mezofilul frunzelor de rășinoase poate fi de tipul țesutului asimilator septat (celulele au pereții invaginați spre interior, mărindu-se astfel suprafața de dispunere a cloroplastelor, ca la pin – fig. 22), însă la unele specii (ca de exemplu, la brad) mezofilul, asemănător celui de la foioase, este diferențiat în *țesut palisadic* (din celule prismatice alungite) și *țesut lacunar*. În mezofil se afla canale rezinifere al căror număr diferă (1-2 la *Picea abies*, 5-12 la *Pinus sylvestris*).

Nervura este delimitată de mezofil printr-un *endoderm* unistrat și include mai adesea două fascicule libero-lemnoase, în jurul cărora se află *țesutul de transfuzie*. Fasciculele au xilemul spre fața superioară și floemul spre cea inferioară. La multe specii fasciculele sunt susținute de arcuri de sclerenchim. Țesutul de transfuzie este constituit din celule vii, parenchimatice și respectiv traheide localizate în apropierea xilemului.

Structura frunzei la foioase

Limbul (lamina) frunzei cuprinde *epiderma*, *mezofilul* și *nervurile*. (Fig. 103) Epiderma este mai frecvent unistratificată, cu pereții exteriori ai celulelor acoperiți cu un strat de cutină, denumit *cuticulă*. La majoritatea arborilor stomatele sunt dispuse exclusiv în epiderma inferioară (dorsală).

Mezofilul este localizat între epiderma superioară și cea inferioară și este reprezentat prin țesuturile asimilatoare.

La *frunzele bifaciale* (fig. 103), întâlnite la majoritatea arborilor foioși, sub epiderma superioară se află *țesutul palisadic*, din 1-2 straturi de celule alungite, bogate în cloroplaste. Între *țesutul palisadic* și epiderma inferioară se află *țesutul lacunar*, din celule parenchimatice de diferite forme, mai sărac în cloroplaste și cu spații intercelulare mari (lacune), aflate în comunicare cu camera substomatică.

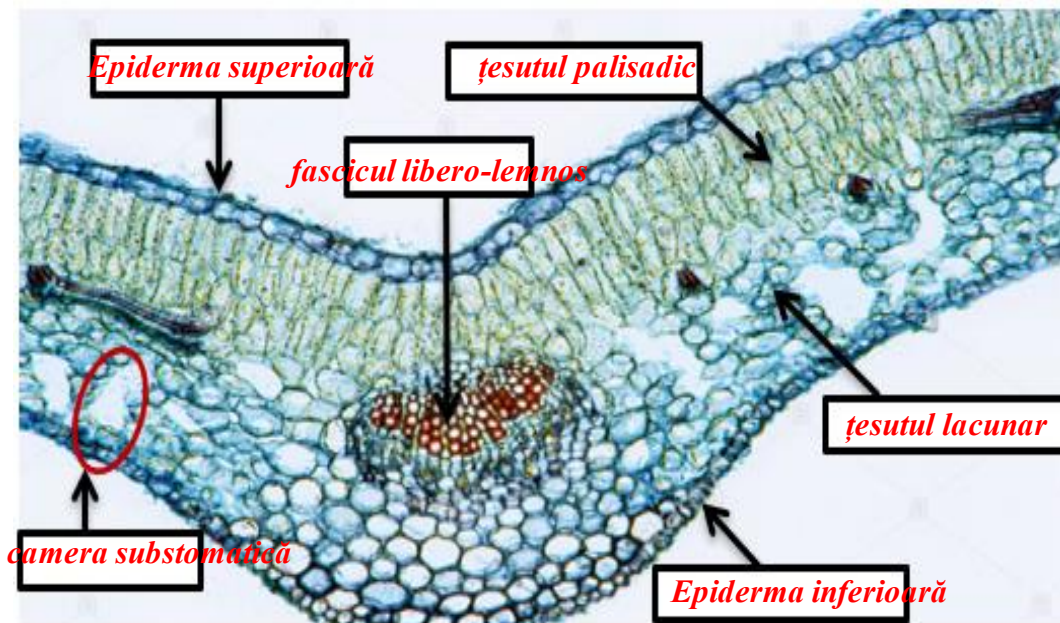


Fig. 103 Structura anatomică a frunzei bifaciale la Dicotyledonatae

La *frunzele ecvifaciale* țesutul palisadic este dispus spre ambele fețe.

Nervurile au mai adesea câte un fascicul libero-lemnos, cu xilemul înspre fața superioară a frunzei și floemul înspre cea inferioară. Frecvent nervurile mari proemină înspre fața dorsală a limbului. La nervurile mai groase, care au rol numai în conducere, fasciculul este înconjurat de sclerenchim și colenchim, țesuturi care, alături de epiderma cu cuticulă foarte groasă, asigură suportul mecanic al laminei. La nervurile mai fine (de ordin superior de ramificare fasciculul este înconjurat de o *teacă fasciculară* din celule vii ce intermediază schimburile cu celulele asimilatoare ale mezofilului. Ultimele ramificații au terminațiile constituite din elemente traheale, înconjurate și ele de teaca fasciculară (Fig. 103), astfel că vasele nervurii sunt ferite de contactul cu aerul din spațiile intercelulare.

Structura pețiolului este asemănătoare structurii primare a tulpinii, de care se deosebește mai ales prin monosimetrie.