

## CURS DE PALINOLOGIE

Palinologia este știința care se ocupă cu studiul palinomorfelor, în care sînt incluse următoarele categorii vegetale sau cu afinități vegetale: spori, polen, prepolen, acritarchi și în mod secundar secundar chitinozoare și dinoflagelate.

### Relațiile palinologiei cu alte științe

Palinologia se poate împărți în două subdomenii: Actuopalinologia, studiul sporilor și polenului actual și Paleopalinologia, studiul sporilor și polenului fosil prins în roci de vîrstă precuaternară, precum și al dinoflagelatelor sau al chitinozoarelor. Ultimele sînt resturi organice cu afinități incerte, ce aparțin probabil fungilor.

Obiectul de studiu al Actuopalinologiei îl constituie palinomorfele disperse, împrăștiate în aer în timp ce Paleopalinologia se mai poate împărți în Palinologia palinomorfelor disperse, sedimentate în roci și prin Palinologia *in situ*, care studiază sporii și polenul extrași din structurile reproducătoare ale plantelor superioare fosile. În Palinologia *in situ* este folosită o clasificare naturală a palinomorfelor, astfel încît sporii și polenul poartă denumiri conforme cu Codul de Nomenclatură Botanică în timp ce în Palinologia dispersă palinomorfele sînt clasificate după o taxonomie artificială. În Palinologia dispersă s-a introdus un sistem de clasificare artificial, datorat necunoașterii taxonului de origine al sporilor și polenului, urmărind o ierarhie taxonomică paralelă cu cea naturală. O astfel de parataxonomie este singura soluție de clasificare a palinomorfelor disperse.

Paleopalinologia sau pe scurt Palinologia, se înrudește strîns cu Paleobotanica care este domeniul de studiu al resturilor macroscopice aparținînd plantelor superioare și cu Palealgologia, ultima fiind studiul algelor fosile ce împarte cu PaleoPalinologia diverse grupe de alge, ca de exemplu dinoflagelatele. Cele două științe își au corespondenți actuali.

Palinologia împarte aspecte comune cu paleoecologia și ecologia, de multe ori fiind o unealtă utilă de cercetarea pentru descifrarea unor probleme ale acestor științe.

### Importanța Palinologiei

Palinologia este o știință descriptivă și aplicativă. Ca știință descriptivă, are ca obiect de studiu obiecte naturale, palinomorfele fosile sau vii. Aplicațiile Palinologiei sînt prezente în următoarele domenii:

1. taxonomie, știința care se ocupă cu modul de clasificare a organismelor, prin contribuția la îmbunătățirea legilor de clasificare a acestora. Legile de clasificare a palinomorfelor actuale sau fosile derivă într-un fel sau altul din Codul de Nomenclatură Botanică;

2. sistematica, știința care se ocupă cu numirea și aranjarea taxonilor definiți de taxonomie. Sistematica palinomorfelor actuale sau descrise prin Palinologia *in situ* corespunde diverselor sisteme sistematice botanice în timp ce sistematica palinomorfelor disperse este un domeniu separat, corespunzător unei clasificări artificiale;

3. evoluționismul, aducînd argumente despre evoluția speciilor, despre rata de speciație și, implicit, despre evoluția și viteza de evoluție a diverselor grupe de plante, ca de exemplu genul *Osmunda*, din Jurassic, după forma unor spori asemănători cu cei actuali, evaluînd și efectele de stază;

4. climatologie, în sensul că după listele de spori și polen extrași din diverse roci sau calote de gheață se pot face reconstituiri paleoclimatice, mai ales pentru depozitele recente, cuaternare. În anumite condiții de climat și de domeniu de sedimentare, listele de spori și polen pot reprezenta un rezumat destul de fidel al vegetației existente la un moment dat în timp geologic. Deoarece vegetația este senzorul cel mai fidel al tipului de

climă, se poate trage concluzia că și studiul palinomorfelor disperse poate lămuri tipul climatic existent la un anumit moment în timp geologic;

5. studiul mierii, numit și Melissopalino­logia, prin aceea că tipul de miere este dat de genurile și speciile vizitate de albine, mierea respectivă conținând foarte fidel polenul speciilor de proveniență;

6. industria vinurilor sau oenologia reprezintă unul din domeniile foarte rentabile pentru aplicațiile Palinologiei, prin faptul că producția de struguri poate fi evaluată cu o anticipare de câteva luni prin analiza spectrelor polinice din zonele viticole. În acest fel se pot lua măsuri de îmbunătățire a producției, în funcție de rezultatul obținut palinologic;

7. criminalistică („forensic science“), punându-se în evidență aspecte ale unui dosar penal cum este cazul locului de desfășurare al unei infracțiuni sau al itinerariilor parcurse de victimă sau inculpat, aspecte care pot duce la elucidarea unor cazuri altfel foarte dificile;

8. medicină, în special alergologie, în măsura în care studiile asupra polenului și sporilor din aer pot clarifica geneza diverselor tipuri de alergii.

9. arheologie, prin analiza palinologică a solurilor din diferite situri arheologice putându-se determina asociațiile floristice existente la un moment în jurul unui sit. Se poate releva cu aceleași metode și vârsta diverselor sedimente cuaternare;

10. stratigrafie și geologie, pe baza asociațiilor de spori și polen putându-se face aprecieri asupra vârstei unei roci, a posibilităților de corelare, asupra sistemului depozițional și asupra paleoecologiei depozitelor respective, astfel încât datele să folosească industriei extractive, petrolului și cărbunilor. Rocile care nu conțin macrofosile pot avea în schimb un conținut mare palinologic, microfloristic, acesta fiind singurul argument cu privire la vârsta sau paleoecologia lor.

### **Istoricul Palinologiei**

Primii cercetători palinologi au fost grecii, care au vorbit despre praful de origine vegetală, termenul de „polen“ înseamnând praf. Printre primii cercetători cunoscuți au fost Marcello Malpighi, care la 1600 introduce noțiunile de spor și polen sau Nehemjah Grew care tot în secolul al XVII-lea constată că sporiile sînt de natură vegetală.

În epoca modernă, Palinologia se constituie ca știință prin lucrări moderne de specialitate. Paleopalino­logia apare în 1836, odată cu descrierea primilor spori fosili în lucrarea lui Goeppert. În secolul XX, dintre palinologi se remarcă Ehrenberg.

Palinologia modernă, reprezentată și legitimată prin lucrările lui Couper, Faegri sau Erdtman, își are bazele în metodele de laborator și în cele două tipuri de sistematică: naturală și artificială.

În România, Palinologia a fost înființată de către Emil Pop, care a studiat sporiile și polenul din regiunile montane, molhașe și turbării. Pentru Palinologia actuală, sînt cunoscuți în toată lumea Tarnavski și Ștefureac iar pentru Paleopalino­logie s-au remarcat Dan Beju, Nicolae Balteș, Emanuel Antonescu și Leonard Olaru.

### **Ierarhia plantelor și a producătorilor de palinomorfe**

Regnul vegetal se împarte în mai multe încrengături, unele reconsiderate astăzi la nivel de regn.

Plantele inferioare (alge, talophyte) sînt plante acvatice, producătoare de spori și nu supraviețuiesc în mediul uscat;

Bacterii (Cyanobacterii, „alge albastre-verzi“) nu sînt producătoare de spori și nu se conservă decît foarte rar, dar produsele activității lor sînt foarte clare (stromatolite, microbialite – roci calcaroase, crustoase rezultate în urma precipitării CaCO<sub>3</sub>, ca urmare a activității microbiene sau bacteriene);

Bryophyte – producători de spori, plante terestre care folosesc apa ca mijloc de transport al sporilor;

Fungi (uneori cu poziție de regn), cuprinde ciupercile, producători de spori variați, plante exclusiv terestre;

Sporii sînt total diferiți structural și funcțional în raport cu polenul. La pteridofite, sporul reprezintă o secvență importantă din alternanța generațiilor, fiind produsul generației sporofitice; odată dispersat și eliberat, sporul se dezvoltă, dînd protalul (generația gametofitică la pteridofite). Sporii și polenul reprezintă secvența haploidă, cu  $n$ , jumătate din numărul de cromozomi.

La pteridofite, protalul este haploid, dînd naștere gameților, care se conjugă și inițiază o nouă generație, diploidă, sporofitul.

Gimnospermele cele mai primitive au produs spori evoluți, cunoscuți sub numele de prepolen, aparținînd grupului Progimnospermelor, cum este genul *Archaeopteris*.

Polenul reprezintă generația gametofită total redusă, adică gametofitul mascul al plantelor superioare, generat de sporofit, fecundează ovulul haploid, rezultînd sămînța diploidă. Sporofitul este preponderent, gametofitul subordonat. Reducerea importanței gametofitului în raport cu sporofitul a avut loc progresiv de la alge la bryofite, pteridofite (gametofit ușor subordonat față de sporofit), gimnosperme (gametofit în totalitate subordonat sporofitului).

Diferențele între spori și polen sînt de ordin structural și funcțional. Sporii și polenul au un înveliș numit sporoderm, constituit dintr-un biopolimer foarte rezistent chimic, exina. La interiorul exinei se află conținutul germinativ, care extruzează printr-o apertură germinativă. Din punct de vedere al structurii exinei, există diferențe între spori și polen.

Modurile de răspîndire a sporilor și polenului:

1. modul hidrofil, bazat pe transportul apei (cel mai primitiv mod de inserție);
2. modul anemofil, prin vînt, dispersia cea mai eficientă;
3. modul entomofil, prin intermediul insectelor, datorită căruia relația plante – insecte este foarte strînsă, existînd fenomenul de evoluție pentru ambele grupe. Acest fenomen își are originea odată cu apariția primelor plante terestre, în Silurianul superior – Devonianul inferior sau chiar mai devreme, cînd plantele și insectele încep colonizarea arealelor continentale.

Tipuri de roci cu spori și polen:

1. roci detritice (pelitice);
2. roci carbonatice (calcare), secundar;
3. roci metamorfice, subordonat;

Datorită rezistenței exinei, rocile metamorfice pot conserva spori și polen, chiar dacă au suferit transformări sau dizolvări parțiale. După alți cercetători, în urma metamorfismului, sporii și polenul ar dispărea din rocă.

### **Metode de analiză în Palinologie**

Pentru Palinologia actuală, există metode de captare a sporilor și polenului cu ajutorul unor dispozitive de captare de spori și polen. Pentru palinologie, există următoarele tipuri de metode utilizate:

1. metode de teren, de probare, de extragere și de inventariere a probelor;
2. de laborator, de izolare a fracției organice din rocile colectate;
3. de interpretare, bazate pe diverse tipuri de reprezentare a spectrelor sporo-polinice.

Metodele de extracție a palinomorfelor variază în funcție de tipul de rocă supus studiului și în funcție de tipul de palinomorf urmărit. Toate metodele de laborator se bazează pe dizolvarea rocii și pe concentrarea fracției organice.

### **Sinopsisul sistematiei botanice și ciclurile de reproducere la diverse grupe de plante**

Regnul Vegetal se separă în mai multe încregături, care din punct de vedere taxonomic, au un statut variabil, de la phylum, supraphylum și chiar regn. Acesta este și cazul fungilor (Phylum Mycophyta), cuprinzând ciupercile și lichenii, care în ultimul timp sînt interpretate ca regn separat. Un caz asemănător este și acela al bacteriilor (Phylum Bacteriophyta), procariote primitive, unele cu mare importanță litogenetică.

### Principalele grupe de organisme vegetale

Supraphylum (Regn) Prokariobionta, procariote

Phylum Bacteriophyta

Subphylum Cyanobacteria cuprinde alge albastre – verzi, cu rol litogenetic în formarea stromatolitelor. Ele nu prezintă interes palinologic decît secundar, lăsând microfosile rar, chiar precambriene.

Supraphylum (Regn) Eukariobionta, eucariote.

Supraphylum Thallophyta, eucariote, alge. Sînt plante acvatice, marine sau continentale, cu ciclul de reproducere marcat de alternanța a două generații – una haploidă, gametofitul, și una diploidă, sporofitul. Talul (corpul vegetativ) nu este acoperit cu un înveliș de protecție (planta se usucă foarte repede), iar reproducerea este hidrofilă, generațiile avînd, de obicei, aceeași dezvoltare.

Sporofitul generează structurile de reproducere, responsabile de formarea sporilor. Sporii sînt rezultatul meiozei (înjumătățirea cromozomială). Ei sînt haploizi, iar odată cu maturarea sporangilor sînt eliberați în apă. Dacă sporii nu sînt eliberați în apă, ciclul se oprește. Sporii se multiplică și formează plante pluricelulare, haploide, gametofiti. La alge este impropriu să se definească gametofitul mascul sau femel. Gametofitul generează gameții (celulele sexuale), care se conjugă, formînd zigotul sau celula-ou (prima celulă diploidă, care, prin diviziune, dă naștere unui sporofit pluricelular). Din punct de vedere palinologic, sporii algelor nu sînt relevanți, prezentand interes pentru algologie și actuoalgologie. În stare fosilă au fost descriși zoosporii de chlorophyte calcaroase (globochaete).

Phylum Chlorophyta;

Phylum Euglenophyta;

Phylum Rhodophyta;

Phylum Dinophyta;

Phylum Phaeophyta;

Phylum Charophyta cuprinde alge evolute, de apă dulce, continentale, cu anteridii și oogoane. Talul prezintă o vagă diferențiere la nivelul de „tulpiniță“ și „frunzulițe“.

Supraphylum Mycophyta: Fungi în general, ciuperci. Au o caracteristică importantă, heterotrofia (nu își generează singure substanțele necesare nutriției, spre deosebire de autotrofe, care sintetizează substanță organică pentru hrană). Sînt uni- sau pluricelulare, cu corp vegetativ alcătuit din filamente lipsite de clorofilă, numite hife. Generează spori variați ca morfologie, foarte rezistenți și mobili. Ciclurile de viață sînt foarte diverse, diferind de la grup la grup.

Phylum Myxophyta;

Phylum Mycophyta (Fungi);

Phylum Lichenophyta, care reunește organisme duale, rezultate în urma unei simbioze între o algă și o ciupercă.

Supraphylum Nematophyta cuprinde plante enigmatice, dispărute, care au trăit în Silurianul superior – Devonianul inferior-mediu. Sînt plante cu caractere de trecere de la talophyte și bryophyte, cormophyte. Prezintă afinități sistematice incerte. Reprezintă un prototip constructiv pe care natura l-a creat cu scopul colonizării domeniului continental.

Genuri: *Prototaxites*, *Parka*, *Pachyteca*. Lasă urme cărbunoase ce prezintă urme de țesut conducător rudimentar, anular.

Supraphylum Bryophyta (mușchi) reprezintă un grup de plante cu caractere de trecere între plantele inferioare (talophyte) și superioare (cormophyte). Au corpul vegetativ taloid (asemănător unui tal) dar la interior prezintă țesut conducător primitiv și structuri de reproducere bine adaptate la mediul terestru. Au rizoizi, cu care extrag apă din sol, dar prezintă și unele caractere primitive, cum sînt cele legate de reproducerea hidrofilă (se înmulțesc numai în condiții de umezeală), sînt lipsite de structuri de rezistență, cuticula lor (învelișul protector) fiind foarte subțire. Unii mușchi, mai evoluți, prezintă o diferențiere a corpului taloid în: „rădăcinuță“, „tulpiniță“ și „frunzulițe“; sporofitul este dependent de gametofit și atașat lui. Ciclul de reproducere are la bază alternanța generațiilor, iar sporii sînt cunoscuți în stare fosilă din Carbonifer până în prezent.

1. Phylum Hepaticae (Hepatophyta) mușchi primitivi (solzoși);

2. Phylum Muscinatae mușchi evoluți (frunzoși, cu diferențiere a aparatului vegetativ)

Gametofitul bryophytelor generează o structură numită arhegon (femelă) și una numită anteridium (mascul), producătoare de gameți care, în urma fertilizării, generează zigotul diploid, situat în vârful unei tije fixate pe gametofit. Sporofitul este total dependent de gametofit. În cadrul sporofitului sînt generați sporii, prin meioză reducțională, sînt eliberați și formează noi gametofii. Structura inițială rezultată din germinarea directă a sporilor se numește protonemă, din care se formează gametofiii.

Supraphylum Cormophyta cuprinde plante superioare, caracterizate printr-o bună adaptare la condițiile de mediu terestru. Au corp vegetativ (corm) constituit din rădăcină, tulpină și frunze. Au traheide și trahei ce formează țesuturi conducătoare (apa cu săruri minerale poate urca spre frunze, unde este sintetizată hrana). Sînt autotrofe. Structurile de reproducere se bazează pe micro- și macrospori, ce pot fi: spori propriu-zisi, polen sau ovule.

Apare fenomenul de heterosporie, începând cu lycophytele se generează spori de mărimi diferite (macrospori, ovule, și microspori, polen). Cel mai important pas în evoluția reproducerii înregistrat de cormophyte este dominația sporofytului asupra gametofytului.

Phylum Rhyniophyta (Silurianul superior – Devonianul inferior) are caracteristice plante cu axe lipsite de frunze, sau cu frunze solzoase, aciculare, cu țesuturi conducătoare primitive și cu spori izospori. Au dat un bun spectru palinologic în intervalul Silurian superior – Devonian.

Clasa Rhyniopsida

Clasa Trimeropsida

Clasa Zosterophylloidsida

Phylum Pteridophyta grupează o serie de plante importante, înregistrate la clasele: Clasa Sphenopsida (Arthrospida, Equisetopsida), Clasa Lycopsida, cu reprezentantul în flora actuală, *Lycopodium*, și Clasa Filicopsida, cuprinzînd ferigile propriu-zise.

Clasa Sphenopsida are în componență plante cu tulpina articulată, cu sifonostel și lentile medulare la noduri, frunze verticilate dispuse la noduri. Structurile de reproducere sînt de tip strobil (grupări de saci cu spori izosporeici). Sporii poartă elatere (structuri pangliciforme, care sînt inițial dispuse înfășurat), cu rol în dispersia sporilor în mediu.

Ciclul de viață al sphenopsidelor este dominat de sporofit, care generează prin meioză sporii, pe care îi eliberează, aceștia dînd naștere unei plănuțe de dimensiuni mici, asemănătoare cu un tal, numită gametofit. Ea generează structuri de reproducere de tip anteridium, mascul, și arhegon, femel, care dau zigoți, prin fecundare apărînd un nou sporofit atașat gametofytului, din care se formează planta propriu-zisă.

Clasa Lycopsidea cuprinde plante microfile (cu frunze mici), care au înregistrat o descreștere progresivă a taliei din Carbonifer pînă în prezent (în Carbonifer, lycopsidele erau plante arborescente, dominînd pădurea tropicală, iar acum sînt reprezentate prin plante ierbacee). Au tulpina acoperită de frunze solzoase, cu ligulă (țesut vascular, cu sporangi, dispus axial sau în conuri). Lycopsidele introduc heterosporia, formînd micro- și macrospori).

Ciclul de viață la *Lycopodium* cuprinde sporofitul generator de spori izosporeici în interiorul sporangilor, sporii dînd naștere gametofitului subordonat, cu anteridii și arhegoane, care, după fecundare, dă un nou sporofit dominant.

*Selaginella* este un lycopsid heterosporeic, cu ciclul de viață mai complicat, din cauza apariției micro- și macrosporilor. Sporofitul generează în strobili micro- și macrospori, care sînt eliberați în mediu și formînd două tipuri de gametofiți: unul mare, femel, și unul mic, mascul. După fertilizare, se formează zigotul și un nou sporofit.

Clasa Filicopsida grupează ferigile propriu-zise. Sînt plante macrofile (cu frunze mari), izo- sau heterosporeice, cu sporangii dispuși în structuri numite sori. Sorii se dispun pe fața inferioară a macrofilelor.

Ciclul de viață la filicopside începe cu sporofitul, generator de spori, prin meioză, care, odată eliberați în mediu, formează un gametofit solzos, numit protal. El are rizoizi absorbanți, este asemănător unui hepatic și dă naștere în anteridii și arhegoane gameților, care vor forma un nou sporofit dominant.

Phylum Gymnospermatophyta cuprinde plante cu gametofitul subordonat sporofitului. Au traheide cu areole sau pori camerați, astfel încît transportul în interiorul tulpinii este mult ușurat. Lignificarea traheidelor este puternică, așa încît biomecanica tulpinilor se îmbunătățește mult. Acest fapt a dus la apariția unor plante gigantice, rezistente, capabile să pompeze apă la diferențe mari de nivel (aproximativ 30 – 40 de metri). Structurile de reproducere înregistrează un salt calitativ. Microgametofitul este reprezentat prin polen, iar macrogametofitul prin ovule. Structural, polenul este diferit de spori; structura exinică se complică, spre deosebire de spori, unde este simplificată. Ovulul conține un megaspor haploid învelit într-un țesut nutritiv, numit nucelă. În partea apicală distală a megasporului se găsește camera polinică, unde polenul creează tubul polinic. Nucela este înconjurată de un țesut protector, numit integument, care, la rîndu-i, poate fi divizat în trei straturi, de la interior la exterior, acestea fiind: endotesta, sclerotesta și sarcotesta. Deschiderea apicală, pe unde are acces polenul se numește micropil. Atît camera polinică, dar și micropilul, au rol în favorizarea fecundării megasporului, care, după fecundare, devine un nou sporofit diploid, sămînța. La gimnosperme, ea este nudă, chiar dacă, la unele genuri superioare se tînde spre acoperirea integumentului cu o frunză modificată, cupula. Apare la pteridosperme (un grup extinct, îmbinînd atît caractere primitive, în ce privește foliajul, cît și evolute, cu tendințe spre angiospermie, unele cupule fiind conectate la integument).

În funcție de strategia de reproducere, gimnospermele au adoptat mai multe strategii pentru optimizarea fertilității: protecția megasporului; arhitectura din ce în ce mai specializată a structurilor de reproducere cu mai multe ovule; existența seminței după desprinderea structurilor de reproducere.

Subphylum Progymnospermophyta (sau Clasa Progymnospermopsida) reprezintă veriga de legătură între pteridofite și gimnosperme. Descoperirea lor de către Charles Beck, în 1961, considerată „descoperirea secolului în paleobotanică“, s-a făcut printr-o conexiune anatomică între lemne tipic areolate de gimnosperme, numite *Callixylon* și ramuri cu frunze pteridofitice, avînd sporangi cu cu prepolen (spori cu interiorul exinei ceva mai complicat decît al celei de la sporii obișnuiți). Foliajul și structurile de reproducere fuseseră descrise ca *Archaeopteris*. În felul acesta s-a demonstrat existența unor gimnosperme cu structuri vegetative clar gimnospermice, dar cu reproducere prin spori evoluți (prepolen).

Subphylum Pteridospermophyta (Clasa Pteridospermopsida) reprezintă gimnosperme cu foliaj de tip pteridofitic, care, în stare sterilă și fragmentat, nu poate fi separat de foliajul gimnospermelor propriu-zise. Atribuirea clară a foliajului pteridospermelor la gimnosperme se face numai în cazul în care frunzele au atașate ovule sau saci poliniferi.

Pentru grupele Progymnospermophyta și Pteridospermophyta nu se cunosc ciclurile de viață.

Clasa Pteridospermopsida cuprinde ordine paleozoice și mezozoice. Ordine paleozoice sînt Ordinul Lyginopteridales, Ordinul Medullosales și Ordinul Glossopteridales; iar ordine mezozoice sînt Ordinul Caytoniales și Ordinul Corystospermales, ambele din Triasic – Cretacic, caracterizate prin prezența celor mai evoluate structuri de reproducere dintre gimnosperme, în încercarea lor de a atinge angiospermia. Din cauza specializării, au dispărut. Polenul de *Caytonia* (Ordinul Caytoniales) este disacat, iar sacii poliniferi sînt grupați cîte patru, amintind de angiosperme.

Clasa Cycadopsida este un grup de plante cu tulpina în formă de butoiuș, cu frunze penat-compuse și cu structuri de reproducere de tip con. Sînt dioice (plantă masculă și plantă femelă) sau monoice (cu structuri de reproducere pe aceeași plantă). Ovulele sînt grupate în conuri, separate prin solzi interseminali. Polenul este alungit, sacii masculi sînt grupați în conuri masculine.

În conul mascul și în conul femel are loc meioza reducțională și geneza polenului și ovulului. Polenul este dispersat, ajunge în micropil și camera polinică, unde fecundează megasporul, rezultînd o sămînță cu un embrion intern, care va genera o plantă tînără. Tubul polinic ia naștere prin extrudarea părții germinative a polenului, exina rămînînd goală în camera polinică.

Ordinul Cycadales, reprezentat și prin cycadale actuale.

Ordinul Cycadeoidales (Bennettitales) cuprinde cycadopside extinse, cu structuri de reproducere hermafrodite sau unisexuate, ce prezintă puternice convergențe cu floarea de la angiosperme. Au reprezentat o radiație adaptativă foarte specializată, care a însemnat o tentativă de atingere a statutului de angiospermie, fiind totodată și a doua sușă pentru angiosperme.

Clasa Ginkgopsida este un grup de plante cu foliaj variabil, care are ca reprezentant actual pe *Ginkgo biloba*. În timpul Mezozoicului au prezentat o mare variabilitate sistematică.

Ordinul Ginkgoales, grupul propriu-zis al ginkgoalelor.

Ordinul Czekanowskiales, care reprezintă un grup dispărut de ginkgoale, care au drept caracteristici principale frunzele filiforme, uninerve și structurile de reproducere bivalve.

Clasa Gnetopsida (gimnosperme evoluate, cu structurile de reproducere dotate cu un periant primitiv) are în componență ordinele:

Ordinul Gnetales

Ordinul Ephedrales

Ordinul Welwitsziales

Clasa Coniferopsida (conifere) cuprinde plante lemnoase, arborescente sau arbustive, cu frunze aciculare, rar late, cu structuri de reproducere de tip con pentru polen și ovule. Ovulul este protejat de un integument dispus pe o bractee cu rol de protecție. Bracteea este situată pe un solz al conului.

Sporofitul în conurile ovulate și cu polen produce, prin meioză reducțională, polen și megaspori. Megasporii sînt în număr de patru și provin prin diviziunea repetată a megasporului-mamă. Cei patru megaspori se găsesc în megasporangium, situat în interiorul nucelei, trei dintre ei degenerînd, iar al patrulea formînd structura gametofitică propriu-zisă (haploidă). Acest gametofit este fecundat de conținutul germinativ al polenului, ajuns în camera polinică în special anemofil (transportat de vînt). După fertilizare se formează zigotul, care generează o sămînță cu un embrion formînd un nou sporofit.

Ordinul Cordaitales, conifere paleozoic-superioare, primitive;

Ordiniul Coniferales;

Ordinul Taxales, care reunește conifere lipsite de frunze, cu integument cărnos, numit aril.

Phylum Angiospermatophyta (Magnoliophyta) cuprinde majoritatea plantelor actuale, cu biodiversitate explozivă din Cretacicul superior și Paleogen. Structurile vegetative au țesuturi conducătoare cu vase adevărate, trahei, iar structurile reproducătoare prezintă un gineceu și un androceu, înconjurat de un periant reprezentat prin sepale și petale. Androceul este reprezentat prin stamine, care poartă în partea superioară anterele, unde se generează polenul haploid, cu o mare diversitate morfologică și anatomică.

Gineceul este reprezentat prin pistil, ce conține la interior ovule. După fecundare, ovulele dau naștere seminței, care rămâne închisă în fructul generat de ovar. Fecundarea este dublă, cu doi nuclei, iar sămînța închisă în fruct formează sporofitul.

Angiospermele cuprind două clase, discriminate după numărul de cotiledoane (structuri nutritive din cadrul seminței, cu rol în hrănirea embrionului):

Clasa Monocotyledonopsida;

Clasa Dicotyledonopsida.

### **Dispersarea sporilor și polenului**

Pentru asigurarea reproducerii, în vederea fertilizării, plantele și-au dezvoltat diverse strategii de dispersare a polenului și sporilor. O bună dispersie a acestora crește șansele de supraviețuire a speciei, așa că s-au dezvoltat mai multe căi de dispersie a microgametofitului:

Anemogamia (anemofilia). Sporii și polenul sînt dispersați pe distanțe mari, prin intermediul vîntului, în funcție de diverse caractere pe care le întrunesc:

1. morfologia sporilor și polenului. Anemofilia a dus la apariția de saci aeriferi, elatere și diverse ornamentații ale exteriorului exinei. Cea mai bună adaptare este a polenului sacat, cu 1 - 2 – 3 saci aeriferi, asigurîndu-i o mai bună plutire în aer;

2. înălțimea la care se găsesc structurile de reproducere, în sensul că dispersia este mai bună cu cît structurile se găsesc la o înălțime mai mare;

3. greutatea sporilor și polenului influențează direct viteza de cădere.

Pentru plantele anemofile se formează norul polinic, reprezentînd un bun conspect sistematic pentru vegetația zonei. Dar acest conspect nu este complet și nu dă mereu o bună reconstituire a vegetației la un moment dat din timpul geologic.

Hidrogamia (hidrofilia) reprezintă strategia plantelor acvatice, deoarece polenul este dus de către apă, iar, dintre toate palinomorfele dintr-un curs de apă, se întîlnesc componentele:

1. sporii și polenul din apele de șiroire (componenta principală);

2. sporii și polenul secundar, remaniat din sedimentele înconjurătoare cursului de apă;

3. polenul care cade direct în cursul de apă (componenta cea mai redusă)

Zoogamia se datorează interacțiunii plantelor cu animalele. În funcție de grupul de animale utilizat ca transportor, sînt mai multe tipuri de zoogamie:

1. entomogamie, realizată prin intermediul insectelor;

2. ornitogamie, realizată cu ajutorul păsărilor;

3. chiropterogamia, realizată prin intermediul liliecilor

Cleistogamia (autogamia) este polenizarea în interiorul structurilor de reproducere, cum este cazul angiospermelor din genul *Viola*. În interiorul florii închise, polenul trece direct pe stigmatul pistilului.

### **Transportul și sedimentarea sporilor și polenului**



În cazul plantelor anemofile, cantitatea de polen și spori degajată este foarte mare. Pentru angiosperme s-a calculat că un milimetru pătrat de stigmat polenizat necesită producția a circa un milion de granule de polen. Degajarea sporilor și polenului conduce la formarea norului polinic, care este influențat de microclimat, ajungând să cadă pe covorul vegetal în virtutea a doi factori: curenții de convecție și precipitațiile.

În cazul norului polinic și a componentelor sale care cad pe covorul vegetal, se pot lua în discuție mai multe componente:

1. componenta regională, CR (componenta de fond);
2. componenta de deasupra pădurii, numită și componenta locală, CDP;
3. componenta spațiului dintre trunchiuri, CST;
4. componenta locală, CL.

Raportat la perimetrul unui lac de câțiva kilometri pătrați, componentele polinice sînt următoarele:

1. Componenta regională (CR), reprezentînd componenta de fond a regiunii respective, este rezumatul vegetației anemofile a zonei;

2. Componenta de deasupra pădurii (CDP) este componenta rezultată din producția semilocală, reprezentînd vegetației anemofile din regiune;

3. Componenta spațiului dintre trunchiuri (CST) cuprinde conspectul vegetației anemofile ierbacee (cu înălțimi reduse), care, de obicei, formează covorul vegetal dintre trunchiurile arborilor;

4. Componenta locală (CL) înregistrează vegetația imediat adiacentă lacului, fiind conspectul vegetației locale anemofile sau hidrofile;

5. Componenta adusă de cursurile de apă (CA+CS) reprezintă rezultatul vegetației semilocale hidrofile și parțial secundar anemofile;

6. Componenta de resuspensie și resedimentare (R+r) este rezultanta circulației curenților de apă în cadrul lacului respectiv.

Influxul polinic în turbării. În funcție de componentele polinice și originea nutrienților, s-au putut separa mai multe tipuri de turbării:

Turbăria reotrofă, care primește nutrienții din apa freatică și precipitații, cuprinde un spectru polinic foarte larg, cu toate componentele înregistrate fidel. Stratul de turbă este mai redus, în special din cauza oxigenării arealului respectiv de mlaștină;

Turbăria ombrotrofă, opusă celei reotrofe, primind nutrienții exclusiv din precipitații. Componenta regională este mai puternică, stratul de turbă este mai gros, din cauza oxigenării mai puternice și faptului că vegetația locală este mult mai săracă decît vegetația unei turbării reotrofe;

Turbăria de platou înalt montan cuprinde vegetație strict hidrofilă și reprezentată strict prin briophyte. Componenta locală este dominantă, secundar găsindu-se și o componentă regională.

### **Structura și morfologia sporilor și polenului**

Tetrada reprezintă unitatea generatoare de spori și polen. Își are originea în celula-mamă, care se divide meiotic-reducțional o dată și generează două celule haploide. Acestea se divid mitotic o singură dată, formînd structura numită tetradă. Ea apare la orice sporofit, atît la pteridophyte (generatoare de spori), cît și la gimnosperme și angiosperme (generatoare de polen). Cele patru celule ale tetradei sînt acoperite de un strat extern de exină formîndu-se patru granule de spori sau de polen. Producția teoretică a unui sporangiu sau a unei antere este multiplu de patru.

În funcție de dispunerea granulelor de spori sau de polen în cadrul tetradei, sînt tetrade plane și tetrade tridimensionale. Tetradele plane pot fi pătratice sau rombice, iar cele tridimensionale tetraedrale sau în cruce.

În funcție de poziția în tetradă, se poate defini orientarea sporilor și polenului. Întotdeauna, suprafața orientată spre interiorul tetradei este suprafața proximală. Opus ei este suprafața distală. Contactul dintre cele două suprafețe se numește zonă ecuatorială,

perpendicular pe care se găsește axa polară. Intersecția dintre axa polară și suprafețele polară și proximală generează polii granului de spori și polen (polul proximal și polul distal).

Structura exinei. Un spor sau un granul de polen prezintă, de la interior spre exterior următoarele structuri: la contactul cu conținutul germinativ viu se formează un strat numit intină. Acesta nu este rezistent chimic și nu se fosilizează niciodată. Peste intină se formează un strat rezistent chimic, cu rol de protecție, numit exină. Exina se divide în mai multe straturi: stratul bazal, endexina, peste care urmează stratul extern, ectexina, care, la spori, este uniformă, nestratificată, dar la polen se divide în următoarele straturi: stratul bazal, stratul columelar, stratul tectal (tectum) și stratul elementelor sculpturale, cu ornamentație. Toate aceste straturi reprezintă ultrastructura exinei. La spori și polen, acestea pot suferi diverse exfolieri, formându-se saci aeriferi sau camere interne, intraexinice. În funcție de tratarea cu diferiți reactivi a sporilor și polenului, se observă o colorare succesivă a acestor straturi, ceea ce a dus la stabilirea unei alte nomenclaturi decât cea precedentă, care poate să corespundă ultrastructurii unor tipuri particulare de spori și polen. Structura intinei rămâne aceeași. Peste exină urmează stratul de nexină, iar deasupra se suprapune stratul extern, de sexină. Aceasta se divide la rândul ei în sexina 1, sexina 2 și sexina 3, care corespund: stratului columelar, tectum-ului și elementelor sculpturale.

În cursul formării tetradei mai are loc generarea unui strat organic, foarte perisabil, numit perină, și care acoperă granulele de polen și spori pe parcursul formării lor. Perina se mai numește și perispor; există rapoarte asupra perinei în cadrul sporilor fosili, deși este perisabilă.

Ultrastructura este foarte importantă din punct de vedere sistematic. Fiecare gen sau specie are o structură și o ultrastructură proprie.

Forma sporilor și polenului. Forma lor este extrem de variabilă. Există spori sferici, eliptici, triunghiulari, aplatizați, discoidali, sau chiar pătrați, rombici. Indiferent de formă, sporii și polenul vor prezenta o suprafață proximală și una distală, precum și elemente de ornamentație specifice.

Ca ornamentație, pe suprafața proximală (mai ales la spori, dar și la polen) se produce o anumită alungire, rezultată în urma contactului strâns dintre granulele de spori sau de polen.

Elementele de ornamentație la spori și polen. Ornamentația poate fi: pozitivă (forme de relief pozitive) sau negativă (adâncituri, pori). La ornamentație se includ și aperturile germinative, care, la spori, sînt întotdeauna proximale, pe cînd la polen sînt situate distal. La spori există două tipuri principale de aperturi germinative:

marca sau urma triletă, care este constituită din trei brațe, numite laesure. La spori, prin laesurile ei, marca triletă reprezintă linii de discontinuitate (de ruptură) în structura exinei, ele jucînd rolul unei deschideri pentru extruzarea conținutului germinativ. Între laesurile unei trilete pot apărea îngroșări ale exinei, numite torus, kyrtom sau labrum. Zonele dintre labrumuri se numesc cîmpuri interradiare. Centrul unei trilete este porul proximal. urma monoletă, caracteristică pentru apertura cu o singură laesură, numită și sulcus sau colpus, care apare la sporii alungiți (eliptici, aplatizați), iar geneza sulcusului este avantajată de poziția în tetradă.

La polen, aperturile germinative distale sînt reprezentate prin sulcuși și prin colpi (care pot fi unul sau mai mulți, uneori asociați cu sulcușii). În general, polenul de tip tricolporat este specific pentru angiosperme, în depozitele terțiare. Cînd laesura germinativă se găsește pe suprafața proximală sau distală, avem de-a face cu sulcuși. Cînd laesurile germinative au poziție mediană, perpendiculară pe linia ecuatorială, avem de-a face cu colpi.

Ornamentația pozitivă este foarte diversă, de la cazul în care lipsește (cînd exina este netedă) și pînă la cazul în care formează erozări, membrane sau ferestre (polen zoofil).

Unitățile de dispersie reprezintă structuri generatoare de spori și polen. Pot avea un singur element, caz în care se numește monadă, două elemente, numindu-se diadă, trei elemente, când se numește triadă, patru elemente, avînd denumirea de tetradă, sau mai mult de patru elemente, când primește denumirea generală de poliadă. Elementele unei unități de dispersie sînt haploide, fiind rezultatul diviziunii reducționale (meiozei) a unei celule inițiale (celula-mamă).

Diferențe între spori și polen. La spori, structura exinei este simplă, nediferențiată în straturi clare. Aperturile germinative sînt mereu situate pe suprafața proximală și corespund urmei trilete sau celei monolete.

La polen apare o complicare structurală a exinei, care se diferențiază în straturi bine definite, ce pot suferi o serie de decolări (dezlipiri), avînd posibilitatea de a conduce la apariția de saci aeriferi sau camere interioare. Aperturile germinative sînt dispuse distal sau ecuatorial, chiar dacă pe suprafața proximală se păstrează ultima triletă sau monoletă.

Polenul poate să fie monosacat, bisacat, pînă la polisacat, în funcție de numărul de saci aeriferi pe care îi are granutul de polen. În zonele proximale, de-a lungul laesurilor mono- sau trilete, pot să apară proeminențe rezultate în urma conexiunii granulelor în interiorul unității de dispersie. Proeminențele proximale sînt vizibile la spori și mai puțin la polen. La unii spori de dimensiuni mari (megaspori) pot să apară proeminențe numite „gula“, reprezentate prin trei lamele dispuse în lungul urmei trilete.

Tipuri de ornamentație la spori și polen:

1. ornamentația psilată, lisă sau inexistentă, este cel mai simplu tip de ornamentație;

2. ornamentația clavată este constituită din proeminențe de dimensiuni reduse, cu partea terminală dilatată;

3. ornamentația reticulată are o structură regulată, cu proeminențe și depresiuni de înălțime mică;

4. ornamentația scabrată sau punctată prezintă excrescențe de înălțime mică și punctate;

5. ornamentația echinată este reprezentată prin spini de dimensiuni variabile; ornamentația corrugată este reprezentată prin îngroșări pozitive sub forma unor șnururi groase;

6. ornamentația verrucată are proeminențe mari și neregulate; ornamentația rugulată este reprezentată prin șnururi înguste de înălțime mică, distribuite parțial în rețea la exteriorul exinei;

7. ornamentația foveolată prezintă depresiuni de adancime mică sau foveole;

8. ornamentația gemmată este reprezentată prin excrescențe mari, cu terminație puternic dilatată;

9. ornamentația baculată are excrescențe în formă de baston ușor dilatate lateral.

Ornamentația rămîne mereu la nivelul cel mai extern al exinei și pătrunde la interior pînă la nivelul tectumului. La sporii și polenul cretacic, apar o serie de complicații și decolări, ducând la un grup special de polen, numit *Normapolles*. La acesta se observă formarea unor camere interioare, a unor pori sau canale îngroșate, care complică foarte mult structura granulelor. Plenul de tip *Normapollites* este produs de către angiosperme, fiind întîlnit pînă la limita Cretacic – Terțiar; ultimii reprezentanți s-au înregistrat în timpul Paleogenului. Forma acestui polen este triunghiulară, în formă de vază. Variațiile sînt date de complicațiile structurale ale exinei, care sînt de următoarele tipuri:

1. dedublare a exinei, superficială, la interiorul unui por, creînd atriumul;

2. dedublarea propriu-zisă, prin decolarea endexinei de exină, creînd vestibulumul;

3. vestibulumul striat, care implică alungirea și striarea repetată a interiorului vestibulumului;

4. îngroșarea gîtului sau deschiderii porilor, când avem de-a face cu structura numită annulus (inel). Cînd inelul se formează la interiorul porului, rezultă structura de tip endannulus, care produce și un vestibulum de dimensiuni mici.

5. oculus, care constă din îngroșarea endexinei și ectexinei la exterior, prin câte un spor;

6. dublarea la interior a endexinei, cu formarea unui spațiu, numit interloculum;

7. dublarea endexinei doar sub formă de benzi, care conectează diverși pori, numită endoplica (endoplicæ, la plural).

Polenul de tip *Normapolles* este un bun indicator (marker) pentru Cretacicul superior. A fost utilizat la corelarea depozitelor din România, fiind menționat în zona Hațeg și Poiana Ruscă.

În funcție de structura internă, acest tip de polen a fost divizat în mai multe grupe, cu genuri definitorii:

1. *Plicapollis*, cu vestibulum clar și endoplicæ

2. *Trudopollis*, cu endoplicæ și interloculum clare; porii sînt mari;

3. *Vacuopollis*, cu vestibulum striat și proeminent;

4. *Basopollis*, cu pre- și postvestibulu și interloculum;

5. *Extratropollenites*, cu îngroșări canaliculate de tip oculus la fiecare por;

6. *Oculopollenites*, cu oculuși tipici, scurți și îngroșați la fiecare por.

polen de tip *Pinus haploxylon*, cu conturul sacilor aeriferi continuu, în raport cu corpul central

Polenul de tip sacat. La un granul de polen de tip bisacat se întîlnesc următoarele elemente: un corp central, la care se conectează distal doi saci aeriferi, granulari la interior și reticulați (sau cu muri) la exterior. Corpul central are o îngroșare proximală, numită calotă. Aceasta poate fi striată sau lisă, iar opus ei, pe suprafața distală, se dispune apertura germinativă, sub forma unei fante, numită sulcus.

Pe suprafața distală, apertura poate fi simplă sau multiplă, în funcție de poziția sistematică pe care o are polenul respectiv. Raporturile dintre saci și corpul central sînt foarte importante: Unghiul de dispunere al sacilor în raport cu corpul central și conturul comun al sacilor și a corpului central. Există două tipuri de polen bisacat:

1. polen de tip *Pinus haploxylon*, cu conturul sacilor aeriferi continuu, în raport cu corpul central, și

2. polen de tip *Pinus diploxylon*, care are sacii aeriferi cu contur diferit în raport cu corpul central.

Se mai iau în considerare dimensiunile corpului central și diametrul / forma sacilor aeriferi.

Polenul dispers de angiosperme cu afinități sistematice incerte a fost descris din depozite Cretacic superioare și Terțiare din întreaga lume. Este o categorie de polen clasificată artificial în funcție de ornamentația sa. În această clasificare se iau în considerație numărul și poziția aperturilor și poziția aperturilor, cînd aceasta există. Aperturile la acest polen sînt de două feluri: sub formă de colpi sau sulcuși și sub formă de pori. Pe un granul de polen poate apare un singur tip de apertură sau combinații între cele două tipuri. Dacă polenul este cu un singur colp, se numește polen monocolpat; dacă are un singur por, este monoporat; cînd există o combinație între cele două, este polen monocolporat; dacă apar trei pori, este polen triporat; cînd sînt trei colpi, polenul este tricolpat, iar cînd se combină, avem polen tricolporat.

În funcție de forma aperturii, există următoarele tipuri de polen:

1. polenul inapertural, cînd lipsește apertura;

2. polenul monosulcat;

3. polenul zonosulcat, cînd sulcusul are formă circulară, ca la coniferele mezozoice;

4. polenul monoporat;

5. polenul sincolpat

6. polenul dicolpat;

7. polenul tricolpat;

8. polenul tricolporat;

9. polenul tetracolpat;

10. polenul poliporat, cînd polenul are mai mult de trei pori.

Clasificarea artificială care ia în considerare exclusiv ornamentația polenului și sporilor, plus morfologia lor, se numește clasificarea de tip Potonie. După acest sistem, clasificarea polenului și sporilor se face după turme, care au statut de familie, infraturme, cu valoare de gen, și supraturme, cu corespondent ordinul.

## Flora în decursul timpului geologic

### Flora devoniană

Pentru trecerea de la domeniul marin la domeniul continental, a trebuit să fie rezolvate o serie de probleme legate de supraviețuirea plantelor într-un mediu uscat și uscat de tip subaerian-deșertic. Problemele se împart în două categorii importante:

1. protecția, cu două aspecte:

- protecția împotriva uscăciunii, prin dezvoltarea epidermei cu cuticulă, și
- hrănirea părților întregului organism, cu ajutorul țesuturilor conducătoare de tip xylem și phloem

2. reproducerea în condițiile unui mediu ostil.

Răspunsul la problema reproducerii s-a tradus prin reducerea progresivă a gametofitului în raport cu sporofitul și apariția sporilor, a polenului și a structurilor de reproducere de tip ovulat.

Polenizarea la plantele din Silurianul superior a fost hidrofilă. În timpul Devonianului mediu-superior, aceasta a devenit anemofilă și zoofilă. Cele dintii care au debarcat pe uscat au fost plantele, următoarele fiind animalele, la început prin artropode și amfibieni. În Devonianul inferior-mediu, debarcarea faunei n-ar fi fost posibilă, fără debarcarea prealabilă a florei, care să-i asigure un habitat acceptabil pentru asociațiile de animale.

Grupele importante de plante din Devonian sînt:

1. Phylum Nematophyta (Silurian superior-Devonian inferior) cuprinde plante terestre, cu țesut vascular incipient, cu o reproducere de tip hidrofil, bazată pe spori: Spongiophyton (Devonian mediu), Protosalvinia (Devonian), Prototaxites, Pachytheca.

2. Phylum Bryophyta, reprezentat prin tipuri primitive, cum este Sporogonites, plantă cu afinități de briofit, dar insuficient cunoscută.

3. Phylum Rhyniophyta, reprezentat exclusiv prin rhyniophyte, cu ordinele:

- Rhyniopsida, cu genurile: Rhynia, Horneophyton, Cooksonia, toate lipsite de frunze, cu țesuturi vasculare primitive;
- Zosterophylloidsida, cu genul Zosterophyllum, avînd epiderma parțial cutinizată;
- Trimerophytoidsida, cu genurile: Trimerophyton și Psilophyton, prezentînd frunze primitive sub formă de spini, fiind importante pentru că prezintă grupul de origine al altor grupe de plante, cum sînt filicopsidele și gimnospermele;

4. Phylum Pteridophyta, cu:

- Clasa Lycopsida, reprezentată prin genurile: Baragwanatia (Silurian superior), Asteroxylon, cu frunze solzoase, imbricate; Drepanophycus; Protolapidodendron, cu frunze bifide;
- Clasa Sphenopsida, cu genul Pseudobornia (Devon. sup.), cuprinzînd plante foarte înalte (aproximativ 15 metri înălțime), dominand pădurile devoniene;
- Clasa Filicopsida, cu ordinul Hyeniales, din care fac parte genurile: Hyenia; Pseudosporochneus; Rhacophyton, ultimele două fiind filicopside primitive.

5. Phylum Gymnospermophyta

a. Clasa Progymnospermopsida, cu ordinele: Archaeopteridales, cu genul Archaeopteris (Devon. sup.), Aneurophytales, cuprinzînd gimnosperme primitive, care fac legătura între pteridophyte și gimnospermele primitive.

### Flora carboniferă

Carboniferul a reprezentat un interval de maximă dezvoltare floristică; este primul interval antracolic, atît ca succesiune în timp, cît și ca importanță a zăcămintelor de cărbuni.

Explozia florei carbonifere se datorează condițiilor de mediu, în special climatului cald și umed, distribuit relativ uniform în cadrul uscatului și acoperind mari suprafețe continentale. A fost determinată și de distribuția continentelor, care a favorizat răspândirea uniformă a unui climat cald și umed.

Din punct de vedere sistematic, flora este dominată de pteridofite, astfel încât flora Carboniferului este tipică Paleofiticului, caracterizată prin predominanța pteridofitelor, subordonarea gimnospermelor și inexistența angiospermelor. Flora este caracterizată și de dezvoltarea excesivă a taliilor plantelor din Paleozoicul superior, astfel încât o serie de lycopside, sphenopside și chiar filicopside se regăsesc în Carbonifer cu talii gigantice. O asemenea explozie a taliilor a dus la o productivitate vegetală foarte mare, cu formarea excesivă a stratelor de cărbuni.

Dintre clasele mai importante se recunosc: Lycopsida (*Lepidodendron*, *Sigillaria*), Sphenopsida (*Calamites*, foarte important carbogenerator, *Sphenophyllum*), Filicopsida, cu Ordinul Maratiales (*Psaronius*, arborescent).

Gimnospermele sînt dominate de către pteridosperme. Diversitatea pteridospermelor atinge maximul în Carboniferul superior (în Westfalian – Stephanian), cu evoluție din Namurian. Ca reprezentanți importanți amintim genul *Medullosa*, din ordinul *Medullosales* și genul *Lyginopteris*, din ordinul *Lyginopteridales*.

Diversitatea pteridospermelor este explicată prin numeroasele radiații adaptative la diverse tipuri de habitat, astfel încât există pteridosperme adaptate la condiții de mlaștină, la condiții paralice, de țărm, precum și la condiții de uscăciune relativă, pe pantele mai înalte ale catenelor hercinice.

Ginkgoalele sînt cași inexistente, iar cycadopsidele își încep diversificarea numai din Stephanian – Permian, așa încât ultimele două grupe sînt subordonate. Coniferopsidele sînt diversificate, prezentând taxoni carbogeneratori. Ordinul *Cordaitales* este important pentru Carbonifer prin genul *Cordaites*, gen primitiv cu frunză lată, de talie mare, contribuind la generarea depozitelor de cărbuni.

În flora carboniferă au participat și coniferele, cu reprezentanții cei mai primitivi, din Familia *Walchiaceae*, cu genul *Walchia*, care apare spre sfârșitul Carboniferului, *Ernestiodendron* și *Otovicia*, conifere cu frunze aciculare, bine cutinizate, care s-au putut adaptaschimbării condițiilor climatice din timpul Permianului. Ele au reprezentat și grupul de origine al coniferelor mezozoice, terțiare și actuale.

Din punct de vedere paleoecologic, flora carboniferă a evoluat într-o strînsă legătură cu artropodele terestre. Diversificarea concomitentă a florei și a insectelor poate fi considerată unul din motivele diversificării explozive în timpul Carboniferului. Majoritatea cazurilor de interacțiune dintre plante și insecte indică o coevoluție foarte strînsă între floare și artropode. Diversitatea florei carbonifere și, în general, a biocenozelor Carboniferului superior este comparabilă cu diversitatea actuală a biocenozelor tropicale și subtropicale. Pădurile carbonifere pot fi considerate jungle tropicale și subtropicale („rain-forest“).

#### Flora permiană

În Permian, paleogeografia arealelor continentale a condus la instalarea unui climat predominant arid. Tot în Permian are loc cea de-a doua formare a Pangaei, Pangaea B, care se formează în Permian, continuă în Triasic și se sparge la limita cu Jurasicul. Ca și în Devonian, formarea unui singur supercontinent a determinat o bandă largă de climat tropical arid, care se întindea până la 40° – 45° de-o parte și de alta a paleoecuatorului. Schimbările climatice au condus la schimbări floristice drastice și la extincția multor grupe de plante. Aceste extincții majore s-au înregistrat la limita Permian inferior – Permian mediu, astfel încât această limită poate fi considerată ca limita dintre Paleofitic și Mezofitic. Mezofiticul este caracterizat prin predominanța gimnospermelor, subordonarea pteridofitelor și a angiospermelor. Climatul arid pentru Permian a condus la dispariția lepidodendralelor, a sphenopsidelor arborescente și a cordaitalelor. O serie de filicopside dispar sau sînt puternic reduse ca frecvență sau ca diversitate. Pentru Permianul inferior,

flora este reprezentată prin conifere walchiacee și, subordonat, prin pteridosperme Peltaspermales. Pteridospermele au supraviețuit în măsura în care au putut rezista competiției cu walchiacee pentru arealele de mlaștină. Areele aride din afara zonelor de mlaștină au fost aproape exclusiv ocupate de coniferele walchiacee. Există rare apariții de sphenopside sau lycopside, ca de exemplu *Pleuromeia* (caracteristică Permianului mediu și Triasic).

Flora Permianului mediu este caracterizată de diversificarea coniferelor, care au înregistrat ordine și familii noi: Ordinul Voltziales (mare succes în Triasic). Ginkgopsidele și Cycadopsidele își încep diversificarea, continuând în Triasic și mai ales în Jurassic, când explodează ca diversitate. Arthropsidele înregistrează genuri noi, ca și lycopsidele. Filicopsidele își încep diversificarea pornind ca și ordine ce au supraviețuit limitei Paleofitic-Mezofitic (Maratialele și Filicalele).

Schimbarea floristică de la Paleofitic la Mezofitic anticipa marea schimbare funistică de la Paleozoic la Mezozoic. O asemenea anticipare a fost înregistrată și în timpul Cretacicului, când Mezofiticul anticipează Neofiticul, la limita Cretacic inferior – Cretacic superior. Schimbarea Mezofitic – Neofitic este anterioară schimbării faunistice Mezozoic – Neozoic, când s-a înregistrat altă extincție în masă, cu amploare mai restrânsă decât cea Permo – Triasică.

#### Flore carbonifere și permiane în România

Deși a suferit efectele unui climat uniform, flora Carboniferului (mai ales cea din Carboniferul superior) a înregistrat o provincialitate pronunțată. Flora Carboniferului din România a aparținut provinciei europene și este întâlnită astăzi în Pânza Getică și în Unitățile danubiene. Din punct de vedere microfloristic, spori și polen carboniferi au fost întâlniți în Platforma Moesică și în Munții Apuseni. Localitățile importante cu macrofloră din Pânza Getică sînt: Lupac, Secu, aflorimente aflate în jurul orașului Reșița. Flora carboniferă este probabil cea mai diversă floră românească din punct de vedere sistematic. Diversitatea ei este egală sau neatinsă de flora terțiară luată în totalitate.

Flora carboniferă din România cuprinde sute de specii cu un grad de conservare foarte ridicat pentru Pânza Getică. Pentru unitățile danubiene, flora carboniferă este prezentă la Baia Noua, Eibenthal, Povalina, Cucuiova și în aflorimentele din Munții Almăjului, la granița cu Serbia. Toate localitățile aparțin bazinului Sirinia.

Se consideră ca în bazinul Cerna-Jiu, în zona Schela, este doar floră din Triasicul inferior.

Flore permiane – se întâlnesc în Pânza Getică, la Lupacu, secu, iar în unitățile danubiene, de-a lungul Dunării și în sudul Munților Almăj. Floră permiană, cu lemne silicifiate, se găsesc în Munții Apuseni, în Sistemul Pânzelor de Codru și în autohtonul de Bihor. Secu prezintă cel mai înalt grad de diversitate și conservare paleofloristică pentru Carbonifer și face obiectul unei viitoare rezervații paleobotanice. Toate localitățile din Carbonifer și Permian au reprezentat mine de cărbuni, astăzi închise.

#### Flora triasică

Climatul arid a continuat în timpul Triasicului, dar cu accente mai puțin dure decât în Permian, astfel încât flora a putut să înregistreze o diversificare și evoluție. Lycopsidele sînt reprezentate prin ordinele: Pleuromeiales și Selaginellales. Apar lycopodialele, diversificate în timpul Jurassicului. Sphenopsidele se diversifică simțitor, la fel și pteridospermele și ginkgopsidele. Dintre conifere, apar familii noi: Taxodiaceae, Cheirolepidraceae. Flora triasică este slab conservată, cu excepția domeniului continentelor mai nordice sau mai sudice, cum este cazul Antarcticii sau Siberiei. Această ocurență este datorată unei benzi aride largi care se întindea de-o parte și de alta a paleoecuatorului. În România, flora triasică macroscopică este foarte rară, ca și inexistentă. Microflora triasică (spori și polen) este diversă și există în aproape toate unitățile ce conțin Triasic din România.

## Flora jurasică

Este tipic mezofitică, cu gimnosperme predominante, pteridofite subordonate și angiosperme foarte rare. Originea angiospermelor este presupusă a fi fost în Dogger sau Malm, din sușe diferite, principale fiind pteridospermele și bennettitalele. Flora Jurasicului inferior are caracter carbogenerator pronunțat, Liasicul fiind al doilea moment antracolic după Carbonifer. Premisele diversificării florei Liasicului și a carbogenezei excesive au fost date, în primul rând de configurația paleogeografică, de după ruperea Pangaei B. S-a instaurat din nou un climat cald și umed uniform, care nu a împiedicat existența unei provincialități în flora jurasic-inferioară. S-au evidențiat două mari regiuni (imperii floristice): O regiune nordică, boreală, Eurosiniacă (incluzând și florea americană), O regiune sudică, Gondwaniacă, caracterizată de un pteridosperm din Ordinul Corystospermales, genul *Dicroidium* (plantă cu areal tipic sudic, cu origini în Triasic, evoluând în Jurassic și caracterizând Gondwana).

Continentele boreale au fost caracterizate de asociații tipice de filicopside, pteridosperme, ginkgopside, conifere, mai puțin tipice în regiunea gondwaniacă. Sphenopsidele continuă să se diversifice, lycopsidele descresc în talie, filicopsidele se diversifică exploziv prin noi familii: Matoniaceae, Schizaceae, Dicksoniaceae și Osmundaceae. Pteridospermele se dezvoltă la nivelul corystospermalelor și caytonialelor. Cycadopsidele explodează ca diversitate, prin ordinele: Cycadales și Cycadeoidales, conferind o serie de taxoni carbogeneratori pentru Jurassicul inferior. Coniferele se diversifică, fiind carbogeneratoare și dând plantele cu taliile cele mai mari din Jurassic, alcătuind etajul superior „upper canopy” al junglilor jurasice.

Localități cu floră jurasică din România. Jurassicul inferior este foarte bogat din punct de vedere al diversității, fără a atinge gradul de diversificare al florelor carbonifere sau terțiare. Liasicul fosile de plante se găsește în Pânza Getică, în Unitatea danubiană, în Munții Apuseni (autohtonul de Bihor), rar în Platforma Moesică sau în Dobrogea. În Dobrogea sînt caracterizate localități cu floră Liasică. În flora liasică, localitatea cea mai importantă din Pânza Getică este Anina (rezervație paleobotanică din 1995, Rezervația Paleobotanică Ponor), Doman, în Pânza Getică, și localități din bazinul Sivinia, sau din bazinul Presacina – Mehadia, în bazinul Cerna – Jiu – Schela, Crasna, Novaci.

## Flora cretacică

Flora Cretacică cuprinde două flore:

O floră mezofitică (până în Cretacicul inferior), formată din bennettitale, cycadale, angiosperme subordonate, pteridospermele dispărînd aproape complet, și

O floră cretacic – superioară, unde se diversifică angiospermele, devenind dominante, dar supremația o dobîndesc abia din Terțiar.

Localități cu floră cretacică din România se găsesc în Munții Poiana Ruscă și zona Depresiunii Hațeg (din Cretacicul superior).

Microflora cretacică are importanță stratigrafică, ca și microflora jurasică.

## Flora terțiară

Este tipic neofitică, dominată total de angiosperme, foarte diversificată și prezentă în toate arealele, cu monocotiledonate și dicotiledonate. Diversificarea lor gradată a condus la fondul floristic actual, extrem de provincializat, care este aproximativ neschimbat de la ultima glaciațiune (10000 – 15000 de ani). Microflora terțiară, foarte diversificată, este dominată de polen de angiosperme, fiind și o bună unealtă stratigrafică pentru domeniul continental.