

Tendințe în taxonomia fungilor – “revoluția moleculară”

Cu câteva decenii în urmă, vechea sistematică ce stabilea într-o manieră cvasisimplistă apartenența lumii vii la doar două regnuri (vegetal și animal) a fost abandonată. În locul acesteia, s-a impus o nouă clasificare, mai obiectivă și mai realistă, însă permanent perfectibilă în structura ei, datorită noilor criterii adoptate. Astfel, cele peste 1.400.000 de specii eucariote cunoscute au fost încadrate în regnurile: *Protozoa*, *Chromista*, *Fungi*, *Plantae* și *Animalia*.

Fungilor li s-a atribuit un regn aparte, a cărui structură a fost obiectul a numeroase modificări și adăugiri. Acestea s-au datorat în principal faptului că organismele considerate ca aparținând în mod obișnuit fungilor sunt deosebit de complexe și diverse. În plus, studiile de biologie moleculară au arătat că gradul de omologie al genomului este mai mare în cazul fungilor și animalelor, decât în cel al fungilor și plantelor.

Regnul *Fungi* este alcătuit din unități taxonomice majore denumite *phylum*-uri și diviziuni subsecvente ale acestora – clasele, ordinele, familiile și genurile – fiecare dintre acestea putând fi ușor recunoscută pe baza terminației:

- *Phylum*-ul: - *mycota*
- *Subphylum*-ul: - *mycotina*
- Clasa: - *mycetes*
- Ordinul: - *ales*
- Familia: - *aceae*

Apartenența fungilor la o unitate taxonomică sau alta, are la bază criterii morfologice, biochimice și genetice, care fac posibilă discriminarea între diversele categorii de microorganisme. În cazul fungilor, noțiunea de specie este un concept insuficient elucidat. Dacă în cazul fungilor sexuați, specia este considerată a fi o populație izolată prin bariere reproductive intrinseci, în cazul fungilor asexuați, noțiunea de specie capătă alte conotații. În acest caz, specia este reprezentată de un grup de indivizi care au în comun o combinație de caractere, în principal morfologice și biochimice. Însă, principalul impediment este reprezentat în acest caz de stabilirea numărului minim de caractere diferențiale care să permită considerarea unei tulpini fungice ca nouă specie. Demersurile taxonomiștilor devin cu

atât mai anevoioase, cu cât utilizarea tehnicilor moleculare de analiză a ADN-ului au demonstrat o inconstanță secvențională a fragmentelor genice, chiar la tulpini considerate ca aparținând aceleiași specii. De pildă, secvența D_2 – o regiune variabilă a genei codante pentru subunitatea ribozomală 25S, este suficient de polimorfă pentru descrierea de noi specii, chiar în cazul în care gradul de substituție al nucleotidelor este mai mic de 1%.

Taxonomia modernă utilizează analiza secvențelor de nucleotide din componența ADN-ului, urmărind reclasificarea fungilor pe baza conceptului filogenetic de specie. Dezvoltarea tehnicilor de amprentare ADN a făcut posibilă compararea genomului diverselor tulpini de fungi și stabilirea gradului de omologie al acestora. Pe această bază sunt reclasificate în prezent microorganismele acestui regn. Tehnicile moleculare, prin stabilirea secvențelor nucleotidice ale diferitelor fragmente de ADN, permit clasificarea cu acuratețe a întregii biodiversități. Ele ținesc de elucidarea dispunerii nucleotidelor în diverse gene sau porțiuni de gene. ADN-ul ribozomal este regiunea genomului fungic cea mai intens studiată deoarece ribozomii sunt prezenți în toate organismele și, în plus, porțiunile genice comune, existente în toată lumea vie, alternează cu porțiunile variabile, specifice, permițând evaluarea gradului de coeziune taxonomică a entităților vii studiate.

În cazul fungilor filamentoși, este vizat ADN-ul codant al subunității ribozomale 18S, iar în cazul levurilor – domeniile variabile D_1 și D_2 ale fragmentului genic pentru subunitatea 25S. Alături de ADN-ul ribozomal, sunt folosiți uneori și intronii unor gene codante ale diverselor proteine sau enzime celulare ca β -tubulina, actina, chitin-sintetaza, acetylCoA-sintetaza, gliceraldehid-3-fosfat dehidrogenaza sau lignin-peroxidaza.

ADN-ul mitocondrial este de asemenea folosit ca marker genetic, atât pentru identificarea unei tulpini fungice cât și pentru obținerea de date importante pentru studiile epidemiologice. Dimensiunea mică a moleculei de ADN mitocondrial – câteva zeci de kilobaze perechi, și existența a câtorva copii identice ale moleculei reprezintă caractere care facilitează extracția și purificarea sa comparativ cu moleculele de ADN

nuclear a căror lungime mai mare le face vulnerabile în timpul procesării.

Sistemul clasic de taxonomie a microorganismelor utilizează exclusiv caractere morfologice și biochimice, a căror capacitate discriminatorie este oarecum limitată. Ele sunt încă destul de uzitate în sistematică, cu caracter orientativ însă, verdictul final de încadrare a unei specii într-un gen sau altul revenind tehnicilor de genetică moleculară. Această veritabilă „revoluție moleculară” care a condus la numeroase resistematisări ale lumii microorganismelor a debutat în anii '90 prin amplificarea și analiza genelor responsabile de sinteza ARN-ului ribozomal. În ultimul deceniu, odată cu avântul tehnicilor de biologie moleculară, prin analiza genică de tip *multi-locus*, s-a intenționat propunerea unei taxonomii moleculare viabile, bazată pe grupări sistematice monofiletice. Astfel, s-au produs modificări majore ale grupelor sistematice, la toate nivelurile de organizare, cu dispariția unor entități și apariția altora sau cu reclasificarea unor genuri și specii.

Până nu demult, cele 4 phylum-uri acceptate în regnul *Fungi* erau *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* și *Basidiomycota*; la acestea, se adăuga – cu statut incert, *Deuteromycota* – fungi fără înmulțire sexuată cunoscută. Astăzi, phylum-urile propuse în urma secvențializării mai multor gene sunt *Chytridiomycota*, *Neocallimastigomycota*, *Blastocladiomycota*, *Glomeromycota*, *Ascomycota*, *Basidiomycota* și *Microsporidia*. Microsporidiile (microorganisme unicelulare parazite la animale) au fost incluse în regnul *Fungi* pe baza similitudinii structurale la nivelul genelor codante pentru subunitățile ribozomale, α - și β -tubulina etc.

O categorie aparte de microorganisme, incluse tradițional în regnul *Fungi* datorită aspectelor clinice exprimate, sunt încă studiate în cadrul micologiei medicale, deși din punct de vedere taxonomic ele aparțin altor grupări sistematice. Este vorba de așa-numiții *pseudofungi* – microorganisme aparținând regnului *Protozoa* (phylum *Mesomycetozoa*, genul *Rhinosporidium*), respectiv regnului *Chromista* (phylum *Oomycota*, genurile *Pythium* și *Saprolegnia*).

Deuteromicetele, denumite și fungi imperfecti, fungi asexuați sau mitosporici, reprezintă o grupare de microorganisme artificial creată în care au fost incluși micromicetii fără înmulțire sexuată cunoscută. Morfologia majorității deuteromicetelor este similară cu cea a fazelor anamorfe ale ascomicetelor și mai rar, ale basidiomicetelor, unele studii moleculare susținând cu argumente irefutabile originea lor comună. De aceea, tendința actuală este de a reclasa acești fungi, incluzându-i în phylum-urile *Ascomycota* și *Basidiomycota*, în unități taxonomice aparte și bineînțelele dispariția acestui phylum denumit în trecut *Deuteromycota*.

Pentru phylum-urile *Ascomycota* și *Basidiomycota* a fost propusă o nouă supragrupare taxonomică care le include – subregnul *Dikarya*, datorită stadiului dicariotic (diploid) al hifelor care survine adeseori în ontogenia acestora. În cadrul phylum-ului *Basidiomycota*, vechile clase *Basidiomycetes*, *Urediniomycetes* și *Ustilaginomycetes* au fost înlocuite cu subphylum-urile *Agaricomycotina*, *Pucciniomycotina*, respectiv *Ustilaginomycotina*. Argumentul adus în favoarea acestei modificări este faptul că termenul *basidiomicete* este folosit generic pentru toți fungii din phylum *Basidiomycota*, ceea ce nu este corect.

Modificarea cea mai amplă au suferit-o zygomicetele al căror phylum (*Zygomycota*) nu mai este acceptat în cadrul regnului *Fungi*, deoarece analiza genetică a dovedit că este o grupare polifiletică, cu origini multiple. Astfel, taxoni tradițional incluși în phylum *Zygomycota* sunt astăzi redistribuiți în phylum *Glomeromycota* și în 4 subphylum-uri *incertae sedis* (care nu se regăsesc în nici unul dintre phylum-urile existente) – *Mucoromycotina*, *Entomophthoromycotina*, *Kickxellomycotina* și *Zoopagomycotina*.

Taxonomia fungilor este și va rămâne un domeniu extrem de dinamic, deoarece criteriile de referință pentru caracterizarea entităților sistematice sunt mereu adăugite și completate, pe măsura acumulării de noi cunoștințe și metode. Viitorul sistematicii fungilor stă în adoptarea unei taxonomii moleculare, filogenetice, care să includă grupări monofiletice, cu grad mare de omologie genotipică.

Dr. Mihai Mares