

Stresul energetic la *Archaea*: adaptare, evoluție, ecologie

Dr. Mădălin Enache

Institutul de Biologie București al Academiei Române
madalin.enache@ibiol.ro

Microorganismele care trăiesc în condiții extreme de viață, cum ar fi punctul de fierbere sau de îngheț al apei, sunt denumite extremofile. Dacă mediul în care se dezvoltă organismul extremofil se caracterizează printr-o combinație de condiții extreme atunci organismul poate fi considerat poliextremofil. Un exemplu în acest sens poate fi considerat *Sulfolobus acidocaldarius*, un archaean care se dezvoltă la pH 3 și temperaturi de 80°C. Mediile extreme, similare probabil celor care au existat la începutul vieții pe pământ au stat la baza termenului “extremofil” și reprezintă principalul habitat care oferă condiții pentru organismele extremofile. Un mediu poate fi considerat extrem fie din punct de vedere al condițiilor fizice (de exemplu: temperatură, radiații, presiune) fie al celor geochimice (de exemplu: desicare, salinitate, pH, specii reactive ale oxigenului sau specii cu potențial redox).

Microorganismele extremofile cunoscute până în prezent, aparțin la diferite grupe taxonomice în cadrul domeniilor *Archaea*, *Bacteria* și *Eucarya* însă majoritatea se regăsesc în domeniul *Archaea*. Cele mai reprezentative dintre extremofile pot fi considerate hipertermofilul *Pyrococcus furiosus* (temperatura optimă de creștere în jur de 100°C), termoacidofilul *Sulfolobus acidocaldarius* (temperatura optimă de creștere 80°C și pH <3), alcalifilul *Natronomonas pharaonis* (creștere optimă la valori de pH în jur de 10), halofilul *Haloferax mediterranei* (creștere optimă la concentrații de NaCl mai mari de 10%) și psihrofilul *Cenarchaeum symbiosum* (crește numai la temperaturi sub 20°C).

Archaea rămâne cel mai enigmatic dintre cele trei domenii ale lumii vii. În general, reprezentanții acestui domeniu se deosebesc de bacterii pe baza diferențelor întâlnite la nivelul tRNA și rRNA, al membranei citoplasmice și în compoziția peretelui celular, precum și pe baza restrângerii posibilităților de creștere și dezvoltare în habitate considerate extreme sau ostile. Studiile de biologie moleculară au evidențiat diferențe în aparatul transcripțional și translațional al archaeanelor, fapt ce a contribuit la diferențierea *Archaea* ca domeniu separat al lumii vii. Investigațiile recente demonstrează că adaptarea la stresul energetic cronic poate reprezenta un factor crucial care să deosebească *Archaea* de *Bacteria*. Această adaptare se bazează pe compoziția membranei precum și pe anumite modificări secundare la nivelul căilor metabolice. În acest context, stresul energetic cronic devine important pentru evoluția archaeanelor și generează unele probleme fundamentale referitoare la ecologia altor domenii ale vieții.

Stresul energetic acționează în diferite forme asupra tuturor organismelor. În acest sens, stresul energetic poate fi definit pentru *Archaea* în relație cu alte domenii ale lumii vii. Concret, pot fi considerate două condiții strâns corelate: mentenanța energetică (ME) și cuantumul energiei biologice (BEQ). ME se definește ca fiind fluxul energetic minim rezultat din catabolism, necesar pentru a menține activitatea celulară și este diferit de energia necesară pentru creștere sau pentru supraviețuire. BEQ se definește ca fiind energia catabolică minimă produsă și care este necesară pentru conservare. Incapacitatea de a obține ME conduce la înfometare în timp ce incapacitatea de a atinge BEQ conduce la decuplarea conservării energiei de catabolism. În acest context, celulele care sunt incapabile să obțină ME pot susține sinteza de ATP dar la o viteză insuficientă pentru a corespunde cerințelor celulare; celulele incapabile să obțină BEQ pot beneficia de substrat din abundență, dar sunt incapabile să cupleze metabolizarea substratului cu sinteza de ATP datorită condițiilor termodinamice nefavorabile. Oricare dintre aceste situații, reprezintă o condiție letală pentru supraviețuire.

Archaea cultivabile pot fi divizate în cinci grupe: fiziologice (halofile, termofile și acidofile) sau metabolice (nitrificatoare și metanogene). Un grup metabolic suplimentar (anaerob metan-oxidante), a fost definit de curând (2000 – 2004), pe baza unor ample studii de laborator, studii în mediile naturale și studii de metagenomica. De asemenea, au fost identificate în probe din mediu, numeroase grupe archaeane pentru care funcțiile biochimice sau fiziologice nu sunt cunoscute, prin investigații filogenetice pe baza 16S rRNA.

Capacitatea generală a archaeelor de a domina sau de a elimina din competiție bacteriile în condițiile stresului energetic cronic au condus la presupunerea că adaptarea la acesta poate fi factorul primar care diferențiază ecologia *Archaea* de *Bacteria*.

Răspunsul biocenozelor acvatice deltaice la impactul indus de eutrofizarea antropică

Doina Ionica și V. Zinevici

Institutul de Biologie București al Academiei Române
doina.ionica@ibiol.ro; victor.zinevici@ibiol.ro

Delta Dunării face parte din sistemul vast și complex al întregului bazin fluvial al Dunării și reprezintă zona de vărsare a fluviului în Marea Neagră așa încât, reflectă activitatea întregului fluviu și a bazinului, dar și influența mării.

Sunt prezentate forțele care au declanșat și susținut procesul de eutrofizare atât în Dunăre cât și în Delta Dunării și modul cum au acționat:

- a) nivelul mereu crescând al concentrației azotului și fosforului în Dunăre;
- b) fertilizarea bazinelor piscicole în Delta Dunării;
- c) regimul circulației apei în interiorul deltei.

Au acționat asupra circuitelor azotului și fosforului prin modificarea și intensificarea ratelor de circulație ducând la creșterea gradului de trofie de la mezo trofie la eutrofie și chiar hipertrofie.

Toate aceste modificări au fost determinate de influența antropică manifestată prin construcții hidrotehnice și poluarea chimică care au declanșat procesul de eutrofizare.

În aceste condiții total schimbate, biocenozele au trebuit să găsească strategii de supraviețuire care s-au reflectat în restructurarea majoră a organizării lor în cadrul ecosistemelor.

Perioada la care ne referim pentru a surprinde modificările amintite se împarte în trei etape:

- a) înainte de 1980, considerată ca „perioadă de referință” caracterizată printr-un domeniu de fluctuație al concentrației nutrienților destul de îngust și stabil când raportul N/P are valoare peste 10. Aceste caracteristici sunt tipice pentru condițiile de mezo și început de eutrofie;
- b) perioada între 1980-1990, caracterizată prin concentrații mai mari ale nutrienților, domeniul de fluctuație este mai larg, iar raportul N/P are valoarea sub 10, caracteristic condițiilor eutrofe și hipertrofe;
- c) perioada după 1990, caracterizată prin reducerea concentrației nutrienților cu o tendință incipientă de reducere a trofiei.

Din analiza a numeroase ecosisteme acvatice se diferențiază câteva categorii de ecosisteme aflate în stadii sucesionale diferite care sunt prezentate prin două modele homomorfe și anume: lacuri cu adâncimea peste 2m (A) și lacuri cu adâncimea sub 2m (B). Acestea sunt prezentate în perioada de referință și în perioada după 1980 pentru a sublinia modificările structurale și funcționale care au apărut după 1980.

Strategii adaptative la plante ca răspuns la stresul abiotic

Anca Păunescu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
ancuta_paun@yahoo.com

Adaptarea reprezintă procesul prin care un organism răspunde pozitiv (supraviețuire și perpetuare), pentru perioade îndelungate, la acțiunea mediului înconjurător. Capacitatea de adaptare este o însușire fundamentală a viului, fiind una din deosebirile esențiale dintre materia vie și nevie. Adaptarea se poate manifesta la nivel individual și are ca etape *acomodarea* (atunci când presupune doar modificări fiziologice) și *aclimatizarea* (atunci când modificările fiziologice sunt exprimate și la nivel morfo-anatomic). De asemenea, adaptarea se manifestă și la nivel populațional prin structuri genetice dominante la nivelul genotipurilor eficiente în lupta pentru existență, care le asigură supraviețuirea și perpetuarea. Procesul complex al adaptării poate fi abordat și la niveluri superioare cum ar fi *biomul*. Biomul poate fi definit ca un complex de ecosisteme care ocupă un teritoriu extins caracterizat prin factori abiotici, floră și faună specifice. Se cunosc două categorii mari de biomi: terestre și acvatice. Extrem de diverse sunt biomurile terestre, acestea cuprinzând: tundra, taigaua, padurea de conifere (subtropicală și temperată), padurea mixtă (subtropicală și temperată), padurea de foioase (temperată, subtropicală, tropicală, ecuatorială și musonică), padurea de mangrove, biomul montan, vegetația ierboasă (stepa, silvostepa, savana, preeria și pampasul), semideșertul și deșertul. În ceea ce privește distribuția globală a biomurilor terestre, cel mai extins este deșertul (19%), urmat de taiga (17%), tundra (13%), padurea tropicală (13%) și savana (10%), celelalte biomi ocupând sub 10% din suprafața uscatului.

Strategiile adaptative la plante sunt foarte diverse și complexe, manifestându-se atât fiziologic cât și la nivel morfo-anatomic. O modalitate de abordare a tipurilor de adaptări din lumea vegetală este cea pe categorii de biomi care se dezvoltă în medii extreme caracterizate prin factori abiotici strict limitanți. Aceste categorii de biomi sunt: deșertul, vegetația ierboasă, padurea tropicală, biomul acvatic, taigaua (padurea boreală) și tundra.

Biomul deșert are ca factori limitanți temperaturile ridicate, deficitul hidric și lumina intensă. Principalele strategii de adaptare sunt scurtarea ciclului de viață (plante efemere) și adaptarea propriu-zisă la condițiile extreme din deșert (xerofite perene). La nivel fizio-morfo-anatomic xerofitele demonstrează adaptări specifice mai ales privind pierderile de apă cum ar fi: reducerea, uneori până la dispariție (spini) a suprafeței foliare; apariția de frunze sezoniere; organe aeriene tomentoase (protecție contra căldurii, a efectului de *albedo* și a transpirației); formarea de rădăcini superficiale extinse pe orizontală (*Cactaceae*) sau extrem de lungi ajungând până la pânza freatică (freatofite); cuticula este extrem de groasă și acoperită cu ceară; stomatele sunt puține și adânc înfundate în parenchimul subepidermic, au cameră suprastomatică și uneori sunt separate de mediul extern prin canale de cutină; presiunea osmotică a celulelor epidermice și a celor parenchimatice este foarte crescută; formarea unui țesut protector

multistratificat între țesutul palisadic și epidermă; țesuturile mecanice sunt bine dezvoltate; procesele fiziologice sunt lente, etc.

Biomul vegetație ierboasă are ca factori limitanți circulația maselor de aer, deficitul hidric și temperaturile extreme (sezonul cald și sezonul rece). Principalele adaptări morfo-fiziologice constau în: alungirea limbii foliare (frunze sesile în formă de panglică), dezvoltarea de tulpini subțiri rezistente și flexibile, asocierea cu fungi endofitici intercelulari cu rol în creșterea rezistenței la secetă și la atacul insectelor (micotoxine), formarea de fructe uscate indehiscente monosperme (cariopse) foarte bogate în nutrienți, polenizare și răspândire anemofilă, etc. La nivel structural, principalele inovații adaptative sunt silicificarea pereților celulari, apariția celulelor epidermice buliforme și a stâlpilor de sclerenchim.

Biomul padure tropicală se caracterizează prin stratificarea vegetației datorită competiției pentru lumină. Umiditatea atmosferică (până la 90%), competiția pentru lumină și temperaturile ridicate, sunt principalii factori limitanți. Adaptările morfo-anatomice constau din apariția rădăcinilor contrafort, a ramifloriei, caulifloriei și a varfului foliar de drenaj, precum și a unor structuri specifice epifitismului cum ar fi *velamen radicum* sau specializate pentru eliminarea surplusului hidric (stomatele acvifere sau hidatodele).

Biomul acvatic are ca factori limitanți excesul hidric, deficitul de oxigen și de lumină, aceștia determinând dezvoltarea de organe cu aerenchim, a frunzelor epistomatice și a cloroplastelor helionastice.

Biomul padure boreală (taiga) are ca principal factor limitant temperatura de aceea modificările constau din adaptări la deficitul termic și la seceta fiziologică și anume: rădăcini superficiale ramificate excretoare de acizi, limb foliar redus, lucios și sempervirescent, cuticulă groasă, parenchim asimilator cu celule septate sub ambele epiderme, apariția de structuri secretoare (celule taninifere, canale rezinifere), etc.

Biomul tundră se caracterizează prin temperaturi scăzute, vânturi puternice și precipitații puține. În acest biom predomină mușchii, lichenii și ciperaceele. Plantele din tundră au perioadă scurtă de vegetație, sunt perene, au talie mică, rădăcini superficiale (până la stratul de permafrost), frunzele sunt reduse, indivizii se asociază în pernițe și pâlcuri, florile sunt helionastice și au semnale cromatice diferențiate pentru atragerea polenizatorilor, țesuturile sunt compacte, au cuticulă groasă și stomate puține poziționate în cripte, etc.

În concluzie:

- factorii abiotici determinanți ai biodiversității vegetale sunt regimul termic, hidric și de lumină
- biomul cu biodiversitatea cea mai mare este padurea tropicală (o treime din fitotaxonii globului) iar cel cu biodiversitatea cea mai scăzută, tundra
- strategiile de adaptare la stresul abiotic sunt complexe și foarte diverse, chiar și cadrul aceluiași biom.

Supraviețuirea fungilor pe termen lung în diferite condiții de mediu

Ioana Gomoiu

Institutul de Biologie Bucuresti al Academiei Române

ioana.gomoiu@ibiol.ro

Fungii sunt microorganisme eucariote care se dezvoltă în mediul acvatic și terestru, a căror morfologie variază de la celule microscopice solitare (levuri) la forme multicelulare (fungi microscopici) și puternic ramificate (bazidiomicete); unii fungi prezintă dimorfism (capacitatea de a exista sub formă unicelulară sau filamentosă, în anumite condiții de mediu).

Hifa este unitatea structurală de bază și se formează prin germinarea sporului; are formă tubulară, crește apical și se ramifică. Hifa prezintă un perete celular format din 4 straturi cu grosime și cantitate diferită de glucani în care sunt incluzionate fibre de chitină dispuse sub formă de rețea. Complexul chitină-glucan are rol structural și protector pentru hifă dar este implicat și în procesul de atașare la substrat. O caracteristică de specie este prezența pigmentilor. La exteriorul peretelui celular, unele specii au un strat de exopolizaharide de grosimi diferite. Rezistența hifelor în condiții de mediu ostile este diferită în funcție de structura peretelui celular, stadiul din ciclul biologic și poziția în miceliu (totalitatea hifelor) și informația genetică specifică.

Procesul de diferențiere a hifelor în spori ca structuri specializate se numește sporulare. Unii fungi formează în ciclul biologic spori asexuați (prin diviziune mitotică) numiți conidii. Acestea au formă sferică sau ovalară, cu capete rotunjite sau ascuțite, și diametrul de 5-50 μm; se formează la exteriorul unui vârf de hifă modificată numită conidiofor sau a sterigmelor (celule situate pe conidiofor). Conidiile sunt protejate de un perete celular multistratificat în structura căruia se găsesc polizaharide, proteine și pigmenți; materialul extracelular electronodens poate fi organizat în ornamentații de diferite forme. Hifele și sporiile sunt elemente structurale ale miceliului cu rol în răspândirea speciei. Sporiile, spre deosebire de hife sunt considerați forme de viață latentă deoarece au metabolismul extrem de redus. Dimensiunile reduse, starea de latență, caracteristicile peretelui celular și prezența pigmentilor (în principal melanici) le conferă rezistență la condiții nefavorabile de mediu (cantitate redusă de apă, temperatură, pH, radiații). Unii fungi formează spori sexuați (prin diviziune meiotică) numiți ascospori iar alții formează atât spori asexuați cât și sexuați. La fungii primitivi, sporiile se numesc sporangiospori și se individualizează în interiorul unei structuri numite sporange.

În condiții de mediu nefavorabil se pot forma scleroții - formațiuni sferice (1mm-10mm), care apar ca rezultat al ramificării dichotomice repetate a hifelor, secundată de conturarea pereților despărțitori; scleroții au pereții celulari groși.

Microorganismele sunt considerate pe Pământ ca formă de viață dominantă din punct de vedere cantitativ. Mediile ostile (cu valori extreme de temperatură, conținut de apă și implicit de săruri, pH și presiune) limitează numărul și diversitatea colonizatorilor. Rocile reprezintă habitate în care condițiile de

mediu sunt fluctuante ceea ce determină modificări chiar și în diversitatea colonizatorilor. Principalii factori de stres la suprafața și în profunzimea rocilor sunt: radiația solară, desicația și rehidratarea, fluctuațiile de temperatură, reducerea cantitativă a nutrienților, etc. La suprafața rocilor naturale sau puse în operă, aflate la diferite altitudini sau zone geografice, dar în contact direct cu atmosfera și radiația solară se află micro-habitatul numai biofilm subaerian (BS) care conține comunități de fungi, alge, protozoare, cianobacterii și bacterii heterotrofe. Deoarece modificările climatice influențează structura comunităților din BS, este considerat ca bioindicator al acestora.

Creșterea microorganismelor la suprafața rocilor este dependentă de topografia substratului: particule minerale, material de cimentare, pori, fisuri. În consecință, fungii prin hifele de formă tubulară dar ramificate cresc în pori și printre fisuri, iar algele, cianobacteriile și levurile cresc la suprafață. Microorganismele care aderă la suprafața rocilor alcătuiesc o rețea menținută în formă de hifele ramificate și matricea extracelulară polizaharidică (EP) dispusă fie în jurul fiecărei celule, fie în jurul microcoloniilor. Semnificația EP se poate pune în evidență atât la nivel individual unde are rol de osmoprotectanți cât și la nivelul ecosistemului microbial (miniatural) prin facilitarea difuziei nutrienților și capacitatea de a reține apa din precipitații sau sub formă de vapori, care devine foarte importantă pentru supraviețuire în perioadele de desicație. Opus, în cazul biofilmelor acoperite de apă (cascade, fundul râurilor puțin adânci, fântâni arteziene, pereții exteriori ai vapoarelor), EP protejează de stresul provocat de apă.

La suprafața rocilor deșertice se pun în evidență biofilme subaeriane microscopice care sunt formate din comunități de actinomicete și fungi epilitici caracterizate prin morfologie asemănătoare dar formă diferită de organizare celulară. În stratul imediat următor al rocilor deșertice se găsesc cianobacterii și bacterii heterotrofe. Toate microorganismele de pe/din structura rocilor deșertice supraviețuiesc datorită faptului că sunt poikilotolerante. Toți fungii formează spori care au în structura peretelui celular melanină iar unele specii au acest component chiar în perețele hifal. Forma rotundă a sporilor și a celulelor vegetative conferă avantaje termodinamice (raportul S/V). Agregatele celulare și sporii speciilor rezistente în condiții deșertice sunt răspândite de vânt asigurându-se menținerea speciilor. Coexistența substratului mineral și a comunităților din biofilm duce în timp la degradarea rocilor și apariția în profunzime a condițiilor de colonizare. Substratul mineral reprezintă habitatul comunităților de microorganisme dar și nișa lor protectoare față de fluctuațiile din mediu. Rocile sunt transformate de EP în suprafețe adezive care rețin depunerile din atmosferă, compușii volatili și microorganismele. Prezența bacteriilor nitrat reducătoare și sulf oxidante la suprafața rocilor este un indicator al poluării atmosferice.

Pentru a supraviețui în condiții ostile, fungii adoptă strategii diferite care își găsesc expresia în modificări ale caracterelor de cultură, de structură, activarea unor gene, mutația genică, respectiv apariția unor noi produse de biosinteză implicate în rezistență și asigurarea supraviețuirii.

Coloniile sunt mici și au formă compactă ceea ce asigură o bună protecție față de temperatură cu valori ridicate și condițiile de desicație. Acestea pot fi acoperite de o matrice polizaharidică ce conține melanină și compuși minerali. Când mediul devine mai ostil, microcoloniile se aplatizează și conțin 100-500 celule viabile care supraviețuiesc până la reparația condițiilor optime de creștere și dezvoltare.

Levurile caracterizate prin dimorfism nu mai au morfologie filamentoasă și creștere apicală ci morfologie unicelulară și creștere izodiametrică. În cazul în care ostilitatea mediului sporește, celula poate crește apical formând o hifă care se îndreaptă spre micronișa ce conferă un mediu favorabil.

Multiplicarea celulelor devine restrictivă datorită compușilor organici aflați în cantități reduse deși fungii sunt poikilotrofi ca și celelalte microorganisme. Gradul de ramificare a hifelor este redus pentru a se asigura penetrarea porilor și utilizarea eficientă a nutrienților. În zona arctică, miceliul fungic are caracteristici unice: conține celule intercalare cu pereți groși, diametru mare; se pot organiza în cordoane ce au în capete clamidospori (structuri de rezistență). Creșterea rapidă nu este necesară pentru a dobândi o șansă în plus la supraviețuire deoarece competiția este redusă ca rezultat al biodiversității reduse.

Prezența pigmentilor melanici sau a pigmentilor carotenoizi precum și a micosporinelor în peretele sporal, uneori și în peretele hifal conferă rezistență la UV și la concentrațiile crescute de săruri (ca urmare a evaporării apei din structura poroasă a rocii). Pigmenții melanici sunt compuși cu greutate moleculară mare și se formează prin polimerizarea compușilor fenolici. Ei acționează ca mediatori ai schimburilor de electroni, participând ca stadiu intermediar în reacțiile de oxido-reducere dar și ca protectori față de radicalii liberi de oxigen și azot. S-a demonstrat rolul lor protector și față de valorile ridicate de temperatură dar mecanismul nu a fost elucidat. Se presupune că melanina anihilează rolul toxic al radicalilor de oxigen liberi care se formează în membrana celulară ca răspuns la temperatura ridicată. De asemenea, pigmentii melanici opresc penetrarea în celulă a radiației UV. În structura peretelui hifal, pigmentii melanici conferă rezistență în penetrarea porilor și a fisurilor.

Micosporinele acționează ca osmoliți suplimentari la fungii extremofili din eflorescențe și au activitate anti-oxidantă. Biosinteza compusului micosporina-glutaminol-glucosid este indusă de prezența sărurilor iar micosporina-glutamicol-glucosid de lumină.

Fungii au capacitatea de a adapta metabolismul în funcție de condițiile de mediu și de nutrienții disponibili. Când fluctuațiile de mediu depășesc limita de toleranță a celulelor vegetative sporii și/sau formațiunile de rezistență reprezentate de scleroți asigură rezistența, perpetuarea speciei, respectiv o nouă colonizare, când condițiile devin favorabile.

Diversitatea genetică din natură nu este întâmplătoare ci se corelează direct cu stresul abiotic și biotic. În medii extreme diversitatea se reduce la câteva genotipuri adaptate și pare să fie orientată de selecția de purificare.

Strategii de adaptare a microorganismelor la hidrocarburi, în condiții de poluare a mediului cu petrol și produse petroliere

Mihaela Marilena Lăzăroaie

Institutul de Biologie București al Academiei Române
mihaela.lazaroaie@ibiol.ro

Petrolul și produsele petroliere sunt surse importante de energie utilizate frecvent în industrie și în viața de zi cu zi. Deversările de petrol și produse petroliere în mediul marin sunt foarte frecvente, ele reprezentând surse majore de poluare a acestuia. Petrolul ajunge în mediul marin fie din surse antropogene (industrie, încărcarea, descărcarea sau curățarea vapoarelor, debalastări ale tancurilor petroliere, deversări deliberate), fie ca rezultat al scurgerilor naturale, accidente ale platformelor marine și accidente ale tancurilor petroliere. Petrolul și produsele petroliere sunt în general toxice pentru majoritatea organismelor și pot fi tolerate de un număr redus de specii, cauzând serioase probleme de mediu. Deși deversările de petrol și produse petroliere sunt limitate prin legislație, cantități mari de asemenea compuși au ajuns deja în mediul marin, fiind necesară eliminarea lor.

Ca rezultat al deversării petrolului și produselor petroliere în mediul marin, procesul complex de degradare începe imediat prin intervenția proceselor fizice, chimice și biologice. Biodegradarea petrolului și produselor petroliere în mediul marin este realizată în special de bacterii, la care se adaugă o serie de fungi și unele alge. Hidrocarburile alifatiche cu greutate moleculară mică și hidrocarburile aromatice mononucleare sunt ușor biodegradate în mediul marin. Hidrocarburile aromatice polinucleare, mai ales cele cu mai mult de patru nuclee aromatice, sunt în general rezistente la biodegradare. Asfaltenele și rășinile cuprind compuși cu greutate moleculară mare, mai puțin cunoscuți din punct de vedere chimic și în ceea ce privește biodegradarea lor în mediu marin.

Hidrocarburile sunt compuși cu toxicitate mare pentru cele mai multe microorganisme, deoarece ele pătrund prin procese de transport pasiv și uneori activ în membrana celulară și determină apariția unor modificări structurale (mărirea spațiului periplasmic, formarea de vezicule și/sau incluziuni, dezorganizarea membranei citoplasmatică, deformarea peretelui celular) și funcționale (pierderea de ioni, metaboliți, lipide și proteine, modificarea gradientului de pH, a potențialului electric, inhibarea funcțiilor proteinelor membranare). Aceste modificări pot duce adesea la moartea celulei.

Sensibilitatea microorganismelor la hidrocarburi este legată de logaritmul coeficientului de distribuție al hidrocarburiilor într-un amestec n-octanol și apă ($\log P_{OW}$). Toxicitatea hidrocarburiilor este invers corelată cu $\log P_{OW}$, astfel încât hidrocarburiile cu $\log P_{OW}$ cuprins între 1,5 și 4 sunt toxice pentru cele mai multe microorganisme. Cu toate acestea, fiecare microorganism are propriul nivel intrinsec al toleranței la hidrocarburi. Toleranța la hidrocarburi nu pare a fi legată de degradare, multe microorganisme fiind capabile să tolereze o gamă largă de hidrocarburi, dar sunt incapabile să le

degradeze. Absența plasmidelor în cele mai multe dintre aceste microorganisme indică faptul că factorii de rezistență sunt localizați pe cromosomi.

Deși mecanismele toleranței la hidrocarburi nu sunt încă pe deplin cunoscute, rapoartele din ultimii 10 ani au arătat că toleranța mare a anumitor microorganisme la hidrocarburi implică: 1) **difuzia hidrocarburii și distribuția preferențială în membrana citoplasmatică**; 2) **apariția unor modificări în structura membranei citoplasmatică**; 3) **îndepărtarea hidrocarburii prin degradare**; 4) **formarea în interiorul celulelor de incluziuni de hidrocarburi**; 5) **îndepărtarea hidrocarburii prin sisteme active de excreție**, așa cum sunt sistemele de rezistență multiplă la antibiotice, care implică pompe de eflux din familia RND; 6) **intervenția sistemului de export flagelar** prin care pot fi transportate în spațiul periplasmic sau în membrana externă una sau mai multe proteine importante în toleranța la hidrocarburi; 7) **întârzierea pătrunderii hidrocarburii ca rezultat al creșterii impermeabilității membranei externe** și 8) **eliminarea hidrocarburilor din membrana externă prin formarea de vezicule**. Toleranța diferită manifestată de microorganisme față de hidrocarburi poate fi explicată prin existența unor diferențe în exprimarea anumitor gene, existența mai multor sisteme active de excreție a hidrocarburilor la aceeași tulpină sau prin existența unor componente neidentificate până în prezent ca fiind implicate în toleranța la hidrocarburi. Datorită existenței acestor mecanisme, unele microorganisme sunt capabile să tolereze prezența în mediu a hidrocarburilor chiar și în concentrație mare. Aceste microorganisme sunt de interes atât pentru bioremedierea mediilor puternic contaminate cu petrol și produse petroliere sau biotransformarea compușilor cu solubilitate scăzută în apă, cât și pentru obținerea de tulpini care pot fi folosite ca bioindicatori pentru detecția *in situ* a prezenței petrolului și produselor petroliere.

Influența stresului în procesul de carcinogeneză

Drd. Mirela Simionescu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
mirela72simionescu@yahoo.com

Stimulii adversivi pot produce mai mult decât un răspuns emoțional negativ, ei pot să producă efecte negative sănătății oamenilor. Multe din aceste efecte negative sunt produse nu de stimulii în sine ci de reacția noastră la ei. Expresia negativă a emoțiilor poate avea efecte adverse, atât asupra noastră cât și asupra oamenilor cu care interacționăm. Walter Cannon introduce termenul de stres pentru a denumi reacția psihologică determinată de percepția unei situații adverse. Cuvântul „stres” a fost împrumutat din inginerie, unde desemnează acțiunea unei forțe fizice în structurile mecanice. Selye este pionierul studiului stresului și el sugerează că cele mai periculoase efecte ale stresului sunt produse de secreția prelungită a glucocorticoizilor.

Appley și Trumbull definesc stresul ca fiind „starea întregului organism aflat în condiții extenuante, mai curând decât un eveniment al ambianței”. Aceiași autori relevă că există mari diferențe individuale în reacțiile la situațiile stresante, ca indicatorii modificărilor fiziologice și diversele criterii de măsurare a stresului nu contează, existând mari variații de la o situație la alta și deosebiri mari între situațiile de laborator și cele naturale.

Un alt factor de maximă importanță este contextul social. Stresul implică mecanisme adaptive care să ușureze confruntarea activă a individului cu situația. Printre aceste mecanisme se numără intrerelația și interacțiunea. Parametrii „ecuației personale” definesc caracterul stresant al stimulului.

Stresul este dezastruos pentru sănătate; unele boli, ca ulcerul peptic sunt adeseori răspunsul psihologic care acompaniază emoțiile negative. Alte boli, ca atacurile de inimă, șocurile, astma, problemele menstruale, eritemele sunt agravate de stres.

În situațiile de stres este activat sistemul nervos simpatic și glandele adrenergice secretă epinefrina, norepinefrina și hormoni steroizi de stres. Epinefrina afectează mecanismul glucozei, cauzând stocarea acesteia în mușchi. Împreună cu norepinefrina, hormonul crește irigarea cu sânge a mușchilor și inimii. crește și tensiunea sângelui, care pe termen lung conduce la boli cardiovasculare.

Unele dintre răspunsurile comportamentale și fiziologice produse de stimulii adversivi sunt mediate de neuronii noradrenergici, însă rolul principal în mobilizarea resurselor pentru a face față situațiilor stresante o au catecolaminele. Acestea sunt secretate de medulosuprarenală, care este un imens ganglion simpatic. Catecolaminele au un nucleu catecolic, ele sunt dopamina, noradrenalina și adrenalina. Sinteza catecolaminelor are loc după următoarea schemă:



DOPAMINA \Rightarrow NORADRENALINA

NORADRENALINA \Rightarrow ADRENALINA

Neutralizarea catecolaminelor în momentul în care situația stresantă încetează, se face prin recaptarea în elementele presinaptice. Se poate reintroduce mediator în vezicule sau este adus în citoplasma elementului presinaptic, dar aici este distrus sub acțiunea monoaminoxidazei (MAO).

Catecolaminele cresc tensiunea arterială a sângelui. În astfel de împrejurări se folosește rezerpina, care provoacă spargerea granulelor de secreție în interiorul celulei.

Catecolaminele în stres determină intensificarea activității cardiace, creșterea frecvenței cardiace, a forței de contracție și vasoconstricția în diferite zone ale corpului și la nivel renal. Are loc intensificarea ventilației, a activității cerebrale, midriaza. Se produc modificări metabolice prin disponibilizarea rezervelor energetice. Se intensifică glicogenoliza hepatică, este stimulată gliconeogeneza. de asemeni, e stimulată lipoliza, se face mobilizarea acizilor grași, a glicerolului și e stimulată proteoliza hepatică.

Noradrenalina și adrenalina își exercită influențele lucrând asupra unor receptori α și β .

S-a urmărit legarea de receptori a unor droguri simpatomimetice, care se leagă de receptori în moduri diferite; se diferențiază receptorii respectivi.

Nicotina are afinitate pentru anumiți receptori, muscarina se leagă de alți receptori polimerici, acetilcolina se leagă de toți receptorii colinergici, adrenalina și noradrenalina de cei adrenergici. În condiții de stres, adrenalina și noradrenalina au acțiuni diferite.

Dacă sistemul simpatic se află în condiții de stres, informația e trimisă medulosuprarenalei care determină creșterea concentrației catecolaminelor.

În condiții de stres, secreția e reglată și de factorii fizici tisulari. Dacă receptorii sunt privați de catecolamine mai mult timp, crește afinitatea, numărul și densitatea lor. mici cantități de mediator apar cu efect facilitant. Dacă există catecolamine în cantități crescute și pe perioade îndelungate, scade afinitatea receptorilor și numărul lor, scade efectul excesului, dar peste anumite limite nu se mai face față.

În condiții de stres moderate, creșterea este de 3-4 ori, iar într-un stres fizic sau psihosocial intens, creșterile sunt pronunțate.

Variațiile nivelului excreției de adrenalină ca indicator al stresului au fost cercetate cu ajutorul testului Stroop. Testul constă în prezentarea unor cuvinte care indică anumite culori însă cuvintele sunt imprimare în culori diferite de cele pe care le semnifică. Cuvântul roșu e imprimat în albastru; aceasta produce un conflict perceptual. Selye a numit toate aceste reacții din corp sindrom de adaptare generală.

Teoria expresiilor emoționale (James, Lange și Selye), care susține că starea emoțională este secundară perturbațiilor vegetative, se bazează pe această relație corticoviscerală. Reacțiile emoționale sunt greu stăpânite iar voința le influențează puțin.

Protiste din medii hipersaline

Dr. Doina Codreanu-Bălcescu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
doina.codreanu@ibiol.ro

Protistele înglobează eucariotele unicelulare, categorie de viețuitoare impresionantă prin extraordinara biodiversitate, complexitatea ultrastructurală și fiziologică, precum și multitudinea relațiilor ecologice. În ultimile 2-3 decenii, asistăm la o explozie a cunoștințelor fundamentale asupra acestei „lumi” microscopice, datorită progresului tehnicilor de ME, biochimie, imunologie, genetică moleculară, care au avut un cuvânt hotărâtor în încadrarea lor în sistemul viețuitoarelor. Acest ansamblu uriaș, însumând în prezent peste 200.000 spp., actuale și fosile, libere sau parazite, are reprezentanți în toate cele 5 regnuri ale Domeniului Eukaryotelor, printre care Regnurile Protozoa și Chromista sunt alcătuite în exclusivitate din unicelulare (Cavalier-Smith, 2004). Protozoarele (peste 80.000 spp. nominalizate), privite în acest cadru ca unități vii foarte complicate și aflate într-o fază evolutivă avansată, sunt în marea majoritate holozoice, dar și saprozoice, incolore, mobile, larg răspândite într-o mulțime de habitate.

Biologia apelor hipersaline naturale a căpătat un interes crescut în urmă cu aproape 30 de ani, cu privire la mecanismele fundamentale ale adaptării organismelor la salinități ridicate, dar și la posibilitățile de aplicare în biotehnologii, pe baza unor produse asociate cu această adaptare. Astfel, s-a realizat un prim studiu calitativ asupra speciilor de protozoare însoțind culturi ale algei chlorofite *Dunaliella salina* (cea mai bogată sursă naturală de β -caroten) în apă provenind dintr-o lagună hipersalină din vestul Australiei (Post *et al.*, 1983); ulterior, aceste cercetări au fost dezvoltate (M.A. Borowitzka, 2007).

Ultimii 10 ani au înregistrat o explozie a cercetării protistelor (alge unicelulare, diatomee, protozoare fagotrofe și heterotrofe, unele fungi) izolate din medii hipersaline, în diferite regiuni ale globului, cu descrierea din medii hipersaline de noi genuri și specii halofile, cu toleranță largă, până la salinități ridicate, ca de ex.: nanoflagelatul *Halocafeteria seosinensis*, *Platyamoeba pseudovannelida* și alte specii de Gymnamoebae, specii ale flagelatului prădător *Colpodella* (Apicomplexa), o specie nouă de *Tetramitus* în bentosul unui lac salin antarctic, ciliatele *Fabrea salina*–moderat halofil și *Prorodon utahensis*–extrem halofil și altele (Patterson și Simpson, 1996; Oren și Ventosa, 1999; Hauer, 2001; Al Rasheid, 2001; Murtaghet *et al.*, 2002; Barria de Cao, 2003; Hauer și Rogerson, 2005; Park, 2006).

Rezultatele au arătat că diversitatea protozoarelor în asemenea medii de viață este mult mai mare decât s-a presupus și că morfologia, măcar la unele forme adaptate, variază odată cu salinitatea. Protozoarele își reglează presiunea osmotică în apa dulce prin vacuolele contractile care elimină excesul de apă, dar în mediile hipersaline mecanismele de osmoreglare nu au fost investigate. Dintre mecanismele moleculare de adaptare la condiții de hipersalinitate, se cunoaște acela de excludere a sării prin sinteza unei concentrații înalte, egale de osmoliți, sau prezența unor macromolecule stabile care se opun efectelor

denaturante ale sărurilor. Cercetările recente vizează stabilirea genelor implicate în sinteza și acumularea de osmoliți și reglarea acestora.

Mecanismele de adaptare la stresul osmotic din apă, sau la tipul de nutriție sunt puțin cunoscute, protozoarele hrănindu-se cu bacterii, alge sau alte protozoare. Un mecanism de răspuns la șocul supersalin este păstrarea viabilității în mediul hipersalin, cu revenirea manifestărilor odată cu scăderea salinității. Astfel, studii asupra diversității ciliatelor dintr-un habitat supersalin (81 g/l) au relevat inițial, în apa nediluată 24 spp. dulcicole (14 raportate pentru prima oară în ape hipersaline), iar în cursul diluțiilor gradate s-au mai dezvoltat alte 12 spp. tipice de apă dulce sau salmastră, indicând faptul că ele persistat la salinități înalte în stare viabilă, s-a concluzionat că speciile respective de ciliate au o adaptabilitate largă la salinități variate, fapt ce implică originea lor în habitate variate cu regim de salinitate diferit (Esteban și Finlay, 2004). Mageed (2006) a arătat că în comunitățile din zooplanctonul unui lac supersalin din Egipt, odată cu creșterea salinității (variații t^0) descrește diversitatea și bogăția speciilor – ex. Tintinoide, Foraminifere). Printre amibele marine (Gymnamoebieni) s-a demonstrat experimental existența unor specii cu grade de toleranță diferită la variații de salinitate ale mediului, iar cele cu cel mai mare grad de adaptabilitate la reduceri ale acesteia (ex. *Platyamoeba* sp.) au șansa de a coloniza o paletă largă de habitate marine, unde să concureze alte specii mai puțin „elastice” (Cowie și Hannah, 2006). O altă cale de adaptare este închistarea, constatată de Post și col. (1983): crustele de sare provenite din laguna cu salinitatea 18% w/v conțineau chiști ai diferitelor protozoare (flagelate heterotrofe, ciliate bacteriofage și/sau consumatoare de alge, carnivore-alte ciliate, rhizopode consumatoare de alge și bacterii) cu origina în ochiuri de apă (salinitate >5% w/v) rezultate din influxul de apă din Oc. Indian și pânda freatică din continentul australian (amestec origină talasică cu atalasică). S-au mai evidențiat efectele șocului produs prin creșterea concentrației în săruri asupra comunităților de protozoare în nămoluri activate (Salvado et al., 2001).

Multe protiste halofile și halotolerante pot crește la variații ale concentrațiilor NaCl în limite foarte largi, necesitatea sau toleranța față de sare depinzând uneori de factori de mediu sau nutriționali. Ca răspuns la stresul osmotic, algele verzi (*Dunaliella salina* și *Asteromonas gracilis*) sintetizează și acumulează în citoplasmă cantități mari (până la 50% din greutatea uscată a celulelor) polyoli (glycerol) până la obținerea unui echilibru izoosmotic cu mediul; în cazul stresului de diluție moderată, glycerolul este metabolizat și transformat într-un material de rezervă inactiv osmotic (Das Sarma, 2001).

Protistele sunt prin excelență organisme ubicvitare, cu o răspândire foarte largă. Ele răspund șocului hipersalin, ca și șocului diluării saline, prin mecanisme de adaptare și cu cât speciile au un grad mai larg de adaptabilitate, ele populează mai multe medii.

Studiile noastre, începute în 2005, au urmărit investigarea prezenței protozoarelor în medii hipersaline din sistemul complexului de lacuri naturale din vechile exploatari saline de la Slănic Prahova, în scopul stabilirii structurii taxonomice a populațiilor existente în diverși biotopi, ca și al evidențierii unor protiste parazite la filopodul *Artemia salina*.

Adaptarea microorganismelor la prezența în mediu a diversilor poluanți, premiză pentru dezvoltarea unor tehnologii ecologice de decontaminare

Dr. Anca Voicu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
anca.voicu@ibiol.ro

Principalii agenți poluanți deversați în mediu pot fi grupați în 3 categorii principale: compuși organici, compuși anorganici și compuși reactivi. Microorganismele, cu precădere bacteriile, sunt cunoscute a juca un rol major în metabolizarea compușilor chimici din mediu, unele dintre ele fiind capabile de metabolizarea unor poluanți recalcitranti, din categoria substanțelor xenobiotice. În acest sens pledează imposibilitatea acumulării în mediu a acestora, precum și rolul esențial al microorganismelor în circulația elementelor biogene în natură.

Habitatele naturale sunt populate de comunități complexe de microorganisme, alcătuite din specii diferite care interacționează în mod sinergic, formând prin ansamblul lor o comunitate fiziologică cu o activitate metabolică intensificată, mult mai activă față de populațiile individuale. Modificările mediului datorate deversării diferiților poluanți determină modificări în structura comunităților de microorganisme reflectate în diversitatea acestora. Indicele de diversitate microbiană este foarte sensibil la poluare, fiind un parametru util pentru monitorizarea modificărilor provocate de poluare, ca factor perturbator al ecosistemului. Spre deosebire de habitatele nepoluate, în care se întâlnesc numeroase specii de microorganisme, dar reprezentate de un număr relativ mic de indivizi, prezența poluanților în mediu elimină speciile mai sensibile și favorizează proliferarea speciilor tolerante la factorii respectivi de stres. În felul acesta, este diminuat numărul speciilor, dar crește numărul indivizilor din fiecare specie tolerantă la poluant, evidențiindu-se o corelație negativă între diversitatea speciilor și densitatea indivizilor din fiecare specie. Acest fenomen nu se mai semnalează în cazul în care stresul provocat de poluare este foarte sever, putând provoca eliminarea întregii colectivități de microorgasnisme.

Comunitățile microbiene cu mare diversitate de specii sunt adesea mai rezistente la modificările produse de prezența unui poluant în mediu, decât cele cu o diversitate redusă. În natură, condițiile optime de viață se întâlnesc destul de rar și ca urmare, microorganismele au « învățat » să se adapteze la cea ce le oferă habitatul respectiv. Microorganismele din mediile naturale acvatice și terestre se caracterizează printr-o mare flexibilitate a materialului genetic, care le asigură o adaptabilitate rapidă ca răspuns la diversificarea substanțelor prezente în mediu, unele dintre ele servind drept sursă de hrană și energie. În mediile poluate microorganismele alohtone nu se pot multiplica și nu ar putea supraviețui. Diversitatea genetică și metabolică a microorganismelor este reflectată și în diversitatea metaboliților lor, ca de exemplu sinteza enzimelor degradative pentru o gamă foarte diversă de substraturi. Potențialul genetic al microorganismelor, în special procariote, le asigură supraviețuirea în condiții extreme de mediu

(temperatură, salinitate, pH) sau în prezența unui stres de substrat chimic (diferiți poluanți, unii chiar toxici).

Cu toate că o serie de poluanți din mediu sunt toxici pentru majoritatea microorganismelor, există tulpini care sunt capabile să tolereze prezența unor concentrații mari de astfel de compuși în mediu. Toleranța la diferiți poluanți nu este legată direct de degradarea lor, pentru că multe microorganisme sunt capabile să tolereze o gamă largă de compuși chimici, dar sunt incapabile să îi degradeze. Absența plasmidelor din genomul acestor microorganisme indică faptul că factorii de rezistență sunt localizați pe cromozomi. În concentrații moderate, unii compuși chimici deversați în mediu sunt benefici, stimulând dezvoltarea microbiotei, ca de exemplu toluenul, o hidrocarbură monoaromatică sau chiar unele pesticide. În metabolizarea diversilor poluanți se remarcă o selectivitate din partea microorganismelor. De exemplu, hidrocarburele sunt utilizate în următoarea ordine preferențială: n-parafine (n-alcani), izoparafine (izoalcani), aromatice mononucleare, cicloparafine (cicloalcani, naftene), aromatice polinucleare (PAHs), asfaltene.

Supraviețuirea bacteriilor în mediile poluate este posibilă datorită unor caracteristici structurale și fiziologice proprii. Această capacitate se manifestă cu maximă intensitate la bacterii dintre microorganisme, datorită dimensiunilor celulelor, caracteristicilor de suprafață și raportului mare suprafață/volum care permite un contact direct și prelungit cu substratul poluant. În mediile poluate predomină bacteriile Gram negative, al căror perete celular are o structură mai complexă, datorită prezenței membranei externe, care conferă acestor bacterii proprietăți deosebite în raport cu mediul înconjurător. Bacteriile capsulate sunt mult mai rezistente la prezența în mediu a unor poluanți, iar în cazul celor patogene, au o virulență mai mare. Rezistență crescută la condiții de mediu nefavorabile o conferă și atașarea celulelor microbiene la suprafețe și asocierea lor prin formarea de biofilme. Unele bacterii posedă magnetosomi, corpusculi de fier sub formă de magnetită, care acționează ca o busolă biomagnetică, asigurând orientarea și deplasarea bacteriilor în câmpurile magnetice. Bacteriile care au capacitatea de a metaboliza diferiți compuși poluanți din mediu sunt în general celule mobile cu flageli, fiind direcționate către un compus toxic metabolizabil prin chemotaxie. Toleranța la unii compuși toxici, cum ar fi de exemplu unele hidrocarburi aromatice se datorează existenței unor sisteme de excreție (“pompe de eflux”), folosite de bacterii pentru menținerea concentrației intracelulare a agentului hidrofob sub nivelul letal. Supraviețuirea bacteriilor în medii poluate este asociată cu natura echipamentului enzimatic, tipul de metabolism, tipul respirator, natura metaboliților secundari, toleranța la diferite condiții de mediu. Frecvent, microorganismele se adaptează la concentrații crescute de compuși toxici, dezvoltând mecanisme de rezistență care au rolul de a le proteja într-un mediu impropriu.

Mediile naturale poluate cu diferiți compuși organici și anorganici sunt sursele ideale pentru izolarea de microorganisme adaptate, cu valențe degradative, capabile să contribuie la atenuarea gradului de poluare a mediului prin tehnologii de bioremediere. Se vor exemplifica câteva asemenea tehnologii ecologice de decontaminare cu aplicație la mediile contaminate cu reziduuri petroliere, ioni metalici, compuși xenobiotici de tipul pesticidelor.

Stressul de supraaglomerare si dereglările endocrino-metabolice

Dr. Ioana Trandaburu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
ioana.trandaburu@ibiol.ro

În concepția lui Hans Selye (1950) stressul nu reprezintă decât o reacție biologică generală, adică *“o stare care se traduce printr-un sindrom specific corespunzător tuturor modificărilor nespecifice induse într-un sistem biologic”*. Ulterior, Jeammet și colab. (1989) au propus o altă definiție cuprinzătoare a aceluiași fenomen. Potrivit lor, *“ noțiunea de stress cuprinde orice agresiune asupra organismului, de origine externă sau internă, care întrerupe echilibrul homeostatic. Această acțiune poate fi fizică, sub forma stimulilor nociceptivi (temperatură, zgomot) sau a agenților traumatizanți, infecțioși sau toxici. Ea poate viza nivelurile cele mai înalte ale integrării senzoriale și cognitive, perturbarea afectând în acest caz sistemul de relație al subiectului cu mediul său.”*

Mecanismele de adaptare a organismului la acțiunea agenților stresori ar include cronologic, potrivit lui Selye (1936), un sindrom general de adaptare (SGA) caracterizat printr-un stadiu al reacțiilor de alarmă, specific perioadei infantile, un stadiu al activării mecanismelor de autoreglare, manifestat în perioada maturității și un al treilea stadiu, de epuizare aproape totală a resurselor adaptative ale organismului, corespunzător vârstei înaintate. Conform aceluiași autor (Selye, 1950), ar exista două forme de stress: stressul negativ (distress) și stressul pozitiv (eustress), ambele forme diferențiate prin natura agenților stresori și prin consecințele acțiunii lor.

Potențialele efecte ale stressului au fost grupate în : efecte subiective, comportamentale, cognitive, funcționale și organizaționale. La rândul lor, răspunsurile la factorii de stress apar mediate de stimularea sistemului hipotalamo-hipofizo-adrenal și a sistemului nervos simpatic. O reactivitate prea mare sau prea scăzută față de situațiile de stress poate produce sau poate contribui indirect la apariția și dezvoltarea unor manifestări patologice.

În condițiile în care de cele mai multe ori investigațiile au demonstrat o corelație între stress și anumite răspunsuri morfofuncționale nu s-a putut dovedi totuși până în prezent o legătură directă între cauză și efect.

În contextul celor de mai sus se înscriu și alterările morfofuncționale de la nivelul pancreasului endocrin și al ductelor ovariene apărute în condițiile expunerii rozătoarelor (șoareci și hamsteri) la stressul provocat prin aglomerarea indivizilor. Un astfel de stress, considerat de unii autori stress psihosocial, a indus fără îndoială tulburări comportamentale și neuroendocrine ale animalelor, manifestate în ultimă instanță printr-o stare de subdiabet, respectiv prin sterilitate. Efectele citologice, ultrastructurale și glicemice consecutive expunerii pe termen scurt (48 ore) sau prelungit (30 zile) a acestor animale la condițiile stressului de supraaglomerare (cercetări efectuate în Institutul de Biologie) au demonstrat că

reacția organismului nu este restricționată numai la activarea sistemului neuroendocrin hipotalamo-hipofizo-adrenal, ci include mai degrabă o reacție endocrină globală, exprimată prin răspunsuri hormonale interdependente prin efectele lor metabolice. La cele de mai sus se adaugă fără îndoială și stimularea eliberării neurotransmițătorilor aminergici (serotonina și catecolaminele) cu o largă distribuție neurală și neuroendocrină. Referitor la neurotransmițători, dacă inițial a fost acreditată ipoteza potrivit căreia diabetul zaharat ar fi cauzat de o hiperactivitate a sistemului nervos simpatic, ulterior acestui sistem i s-a atribuit numai un rol de facilitare a instalării maladiei.

În prezent, asistăm la achiziționarea unui volum imens de dovezi, potrivit cărora constituția genetică individuală a animalelor și omului joacă un rol major în etiologia maladiei diabetice. Același rol major este atribuit și factorilor de stress, cum sunt cei psihosociali, care nu numai că influențează debutul, dar și amploarea și incidența manifestărilor clinice ale maladiei, cu precădere în marile aglomerări urbane.

Dacă ne referim strict la factorii de stress psihosociali cu rol diabetogen, inclusiv la stressul de supraaglomerare (overcrowding), investigațiile efectuate cu ani în urmă în Institutul de Biologie concordă cu datele clinice și epidemiologice, demonstrând niveluri înalte ale insulinei serice asociate cu hipoglicemii în faza timpurie a inducerii obezității animalelor. Disfuncția facilitează cu mare probabilitate apariția fazei hiperglicemice, tipice diabetului zaharat, reflectată de regulă în alterări microscopice și submicroscopice la nivelul insulelor pancreatice. Severitatea și extinderea alterărilor structurale apar dependente de durata expunerii rozătoarelor la stressul de supraaglomerare.

Efectul aceluiași stress de supraaglomerare la nivelul cortico- și medulosuprarenalelor, dar și al oviductelor, au fost de asemenea abordate în Institutul de Biologie în cadrul unor modele experimentale pe rozătoare. Rezultatele acestor investigații, expuse într-o serie de publicații, au demonstrat o dinamică a afecțiunilor structurale cu localizare suprarenaliană și la nivelul oviductelor, care pledează în favoarea unei autoreglări a densității și implicit a natalității populațiilor de rozătoare, în funcție de durata și severitatea factorului stresant.

Strategii de adaptare a briofitelor la deficit hidric

Dr. Sorin Ștefanuț

Institutul de Biologie București al Academiei Române
sorin.stefanut@ibiol.ro

Briofitele reprezintă grupul de plante a căror toleranță la factorii limită este cea mai mare în cadrul regnului Plantae. Însă, majoritatea mecanismelor prin care se realizează această toleranță rămân necunoscute pentru majoritatea briologilor și chiar a fiziologilor. Briofitele au o fiziologie unică, ce le permite să supraviețuiască în condiții de căldură și uscăciune. Aceste abilități fiziologice fac posibil ca aceste plante să ocupe cele mai bizare habitate, precum obiectele de fier, anvelopele de cauciuc, gheața, zăpada, peșteri întunecoase; o hepatică fiind singura ce a putut supraviețui pe suprafața unei roci selenare.

Când ne gândim la briofite, ne vin în minte habitatele umede, unde mușchii cresc aproape de apă. Acestea sunt habitatele comune unde briofitele pot fi întâlnite, dar există stațiuni precum rocile expuse la soare și vânt, nisipurile sau chiar dunele, unde aceste plante supraviețuiesc, ocupând habitate inaccesibile plantelor vasculare. În funcție de dependența de apă, briofitele au fost împărțite în acvatic, mezofile și poichilohidre (plante ce se deshidratează la uscăciune și își reiau activitățile metabolice normale la rehidratare). Poichilohidrele reușesc astfel să colonizeze stațiuni xerice extreme precum stâncile nude sau trunchiurile copacilor.

Din punct de vedere structural au fost identificate patru căi de control al pierderii apei:

1. La nivel de comunitate – prin gregarism
2. La nivel de plantă – prin densitatea și dimensiunea frunzelor, înălțimea plantelor etc.
3. La nivel de organe – prin răsucirea, încrețirea frunzelor etc.
4. La nivel molecular – prin ceara de la suprafața frunzelor.

La acestea se adaugă structura internă și fiziologia la nivel celular, ca factori importanți în controlul pierderii apei.

Traheofitele și-au dezvoltat multe variante de evitare a deshidratării, prin depozitarea apei în rădăcini sau pierderea treptată a frunzelor pentru reducerea suprafeței de evaporare. Aceste variante nu au putut fi adoptate de briofite, doar câteva specii și-au dezvoltat *tuberculi* subterani, iar, pe de altă parte, structura lor nu permite pierderea frunzelor, deoarece nu posedă muguri axilari la baza fiecărei frunze. O altă metodă de a evita deshidratarea este aceea de a absorbi cât mai multă apă în perioadele umede (până la 2.200 % din greutate).

Spre deosebire de traheofite, briofitele sunt capabile să realizeze o fotosinteză pozitivă în condiții de secetă severă. Una din adaptările briofitelor pentru menținerea apei este aceea de creștere a valorii osmotice a celulelor. Toleranța la secetă permite unor biofite să supraviețuiască în stare vegetativă mulți ani (până la 23 de ani).

Toleranța plantelor vasculare la stres - factor de modelare cenotică

Dr. Mihaela Paucă – Comănescu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
mihaela.pauca@ibiol.ro

Ce este stresul?

Conform definiției din Dicționarul Explicativ al Limbii Române (2007), editat de Academia Română, STRESUL este “un nume dat oricărui factor sau ansamblu de factori de mediu, care provoacă organismului uman o reacție anormală”;

Conform Enciclopediei franceze, Larousse, ediția 1994, STRESUL este “un ansamblu de perturbări biologice și psihice, provocate de o agresiune oarecare asupra unui organism”;

Dacă în sensul general stresul este privit egocentric, legat numai de existența umană, în ecologia plantelor, sensul lui este adaptat și interpretat în legătură cu **existența și constituirea covorului vegetal**.

Astfel, după J.Ph. Grime (1979), ecolog la Universitatea din Sheffield (U.K.), în lucrarea sa “Strategii ale plantelor și procese fitocenotice”, STRESUL poate fi simplu definit ca, „orice constrângere a factorilor de mediu extern, care limitează rata producției de masă a tuturor componentelor vegetației sau chiar a diferitelor părți ale plantelor”.

D.Tilman, în 1997, fără să dea o definiție a stresului, referindu-se la mecanismele de competiție în lumea plantelor, afirmă că „intensitatea competiției interspecifice este măsurată prin mărimea creșterii determinată de fiecare unitate de biomasa sub influența speciilor vecine” și tot el afirmă că, probabil, competiția interspecifică este forța majoră în orice comunitate naturală de plante.

J.M. Craine (2005) încearcă să reconcilieze diferențele de interpretare a modului de desfășurare a competiției în lumea plantelor în viziunea celor doi autori citați anterior, precum și a rolului ei în constituirea asociațiilor vegetale, prin crearea unui nou model de strategie a plantelor, CSR, care recunoaște sindromul stres-tolerator.

Deci, cu toate diferențele conceptuale menținute sau chiar dezvoltate (J.Ph. Grime, 2007 și D. Tilman 2007), rezultă că în cazul plantelor vasculare (terestre sau acvatic), **biomasa și producția primară sunt trăsăturile ce răspund global la stres** din partea plantelor și prin intermediul lor modelează compoziția, structura și funcțiile fitocenozelor.

Diferența esențială conceptuală a ecologilor, asupra competiției plantelor (inter și intraspecifică) este **recunoașterea rolului categoriei de plante stres-tolerante și a faptului că, în habitate productive și neproductive, competiția și ca urmare asocierea plantelor vasculare, este diferită**.

(Plantele vasculare, denumite și plante superioare sau tracheophytes sunt toate plantele care diferențiază țesut conducător libero-lemnos, fiind mai evolute ca dezvoltare filogenetică și cu o capacitate mai mare

de producție, etalată ca biomasă). Producția de masă uscată în cadrul vegetației este afectată de o varietate de restricții ale mediului, cele mai frecvente fiind legate de scurtarea sau extinderea aprovizionării cu energie solară, apă și substanțe minerale.

Speciile de plante și chiar genotipurile pot să difere în privința sensibilității la forme speciale de stres, în consecință, fiecare dintre ele poate exercita un efect diferit asupra compoziției vegetației. Pentru că peste un timp, pot apărea alte stresuri în același habitat, eventual cuplate, analiza influenței stresului poate fi în realitate chiar un complex de stresuri și însăși vegetația sau componentele ei pot amplifica efectul lui inițial.

Între cele mai importante tipuri de stres indus de plante sunt cele provocate de umbră, de scăderea nivelului de nutrienți în sol, urmând acumularea lor în biomasa plantelor. Mai mult, pot fi considerați inhibitori ai creșterii chiar unii factori biotici, cum ar fi unele substanțe acumulate biogen în sol, secrețiile unor plante, sau unele rezidii ale plantelor rezultate în urma descompunerii lor microbiene.

În privința reacțiilor diferite ale plantelor, se observă că esențială este capacitatea productivă:

- în habitatele productive, neperturbate, vegetația este compusă din plante potențial mari, repede crescătoare și stresul apare în principal ca o urmare a reducerii resurselor de către competitori, fie în spațiu, fie în timp. În aceste habitate, punctul de vedere al lui Grime este comun cu cel al lui Tilman, susținătorul creșterii corespunzătoare factorului R^* (concentrației de resurse); selecția naturală acționează la fel ca în cazul plantelor favorizate, la care expunerea la stres, determină răspunsuri morfogenetice rapide, care continuă să maximalizeze capacitatea lor de a lua din resursele existente în mediul lor și a mări producția de masă uscată.

- în habitatele permanent nefavorabile (neproductive sau slab productive) apar mai rar oportunități pentru răspunsuri morfologice sau fenologice care să provoace mecanisme de evitare a stresului și cel mai probabil efect al unui stres continuu și sever este să elimine sau să debiliteze specia cu abilitate competitivă mare (planta favorizată) și să determine înlocuirea ei cu plante care sunt capabile să tolereze formele de stres predominante. Deși sunt variate tipuri de specii stres-tolerante, care diferă prin posesia unor mecanisme adaptate la formele specifice de stres ce acționează în habitatul lor, toate prezintă o suită de caracteristici care le permit să supraviețuiască în condiții în care nivelul de producție rămâne evident mai scăzut.

În urma interpretării a numeroase experimente efectuate în ultimii 20 de ani se pare că se poate concluziona că, **reacția speciilor stres-tolerante** în medii nefavorabile (stresante) diferă față de speciile competitive, acele „specii favorizate”, dar și față de speciile ruderales, o altă categorie foarte aparte, și anume, **adaptările stres-toleranțelor sunt defensive** (se mulțumesc cu puțin) în perioadele dificile și **nu agresive** față de resursele disponibile (nu extrag mai mult față de celelalte) așa cum s-a presupus, dar ele sunt singurele care se pot menține în acele condiții.

Stresul – factor major in instalarea mortii celulare (mc) la plante

Dr. Aurelia Brezeanu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
aurelia.brezeanu@ibiol.ro

Pentru intelegerea mecanismelor prin care stresul influenteaza procesele de dezvoltare la plante si implicit si moartea celulara (MC), parte integranta a acestora, se impune a da raspuns la cateva intrebari:

- Ce se intelege prin stres?
- Ce se intelege prin moartea celulara si care sunt principalele tipuri de moarte celulara la plante?
- Care sunt interactiile dintre stres si MC?

- **Ce este stresul?** – Stresul poate fi definit drept oricare factor extern care influenteaza negativ cresterea, productivitatea, capacitatea reproductiva si supravietuirea plantei. Acesta include o gama larga de factori care pot fi grupati in doua categorii principale:

- **abiotici** sau stresul produs de actiunea unor factori ai mediului inconjurator precum deficit sau exces hidric, temperaturi sub sau supraoptimale, exces sau deficit in elemente nutritive, stres mecanic , stres chimic (xenobiotice, metale grele, erbicide), etc.

- **biotici** sau stresul indus de factori biologici ce include o gama larga de patogeni (fitopatogeni), bacterii, fungi, virusuri.

- **Ce este moartea celulara (MC)** Moartea celulara incluzand moartea unei singure celule sau a unui anumit set de celule constituie un element esential al cresterii si dezvoltarii multor organisme eucariote (plante si animale) si in acelasi timp unul dintre raspunsurile importante ale celulei la stresul biotic si abiotic. Se cunosc doua tipuri de moarte celulara: necroza (N) si moartea celulara programata (MCP).

Necroza (N) este o moarte celulara pasiva sau accidentala determinata de factori perturbatori severi (biotici si/sau abiotici), reprezinta o forma patologica a mortii celulare ce se manifesta in urma unor leziuni celulare acute; este un fenomen nonfiziologic care in mod normal nu este asociat proceselor de dezvoltare si nu este reglat genetic. Apare de regula cand celula, sub actiunea unor factori agresivi nu-si mai poate mentine homeostazia ionica si implicit homeostazia metabolica.

- **Moartea celulara programata (MCP)** cunoscuta si sub numele de **apoptoza (A)** este in mod paradoxal un proces fiziologic activ cu raspandire ubiquitara in lumea vie. Ca si la animale, MCP la plante este o componenta esentiala pentru dezvoltarea normala si supravietuirea organismului. Pe langa procesul de transdiferentiere, dediferentiere, si rediferentiere celulara in decursul dezvoltarii are loc si eliminarea activa dupa un program genetic bine definit a unor celule nedorite sau devenite nefolositoare.

Ca urmare, programele genetice ale morții celulare reprezintă o componentă a celor de dezvoltare, aceste programe sunt activate de factori endogeni și modulate de factori exogeni, factori de stres, ai mediului înconjurător jucând un rol important.

Mecanismele de semnalizare care activează MCP la plante sunt extrem de complexe și diverse, datorate complexității structurale și funcționale a celulei vegetale și a multiplelor semnale primite din mediul înconjurător. S-a demonstrat că în instalarea MCP la plante mitocondriile joacă un rol important întrucât pot să integreze semnale de stres care să grăbească procesul, după modelul descris la celula animală.

Se pune întrebarea, este MCP o componentă a răspunsului plantelor la stres?

Răspunsul este afirmativ. Se cunosc câteva exemple de MCP indusă ca răspuns la acțiunea factorilor de stres între care reprezentative sunt: formarea aerenchimului lizigen ca răspuns la stresul hipoxic determinat de excesul de apă; senescența -sindromul de senescență; instalarea reacției de hipersensibilitate ca răspuns la atacul patogenilor.

Formarea aerenchimului lizigen rezultă prin MCP a unui grup specific de celule și anume a celulelor corticale situate între endodermul și hipodermul țesutului radicular, al unor specii (*Zea*, *Oryza*) care în condiții de hipoxie suferă un proces de lizigenie în urma căruia, atât protoplastul cât și matricea extracelulară (peretele celular) se degradează formând canale aerifere de-a lungul radacinii (spațiu columnar intercelular) care permit radacinii submergente să beneficieze de oxigenul din zonele superioare ale tulpinii. Senescența – sindromul de senescență (Bleeker, 1997) este considerată o fază în derularea MCP ce reprezintă stadiul terminal al diferențierii vegetative și/sau reproductive;

- apare la sfârșitul ciclului de viață, este o moarte lentă și implică dezamblarea ordonată a componentelor celulare, în țesutul senescent; în decursul senescenței, nutrienții sunt redirectionați dintr-un organ/țesut care nu mai este util organismului spre altul în curs de dezvoltare sau cu funcție de depozitare și prin aceasta se asigură reciclarea nutrienților spre organele ce supraviețuiesc; un fenomen reversibil, reglat genetic (s-au evidențiat și caracterizat peste 30 de gene asociate senescenței – SAGS) și influențat de semnale: hormonale (kinetina, etilena)

- externe – acțiunea factorilor de mediu cu efect de stres ce pot determina acest proces ca parte a strategiilor lor adaptative. Un exemplu clasic este intrarea masivă în senescență a frunzelor arborilor în cursul toamnei paralel cu micșorarea zilei, a intensității luminoase, scăderea temperaturii, etc. Pe plan infrastructural se asociază cu modificări dramatice ale sistemului plastidial, perforări ale tonoplastului, eliberarea enzimelor litice în citoplasmă și declanșarea lizei celulare.

MC și reacția de hipersensibilitate (RH). RH indusă de interacția patogen - plantă gazdă reprezintă o altă formă de MC specifică plantelor, declanșată însă de stresul biotic. RH determinată de invazia patogenilor este produsă la zona de contact direct și în jurul acesteia. Rolul său nu este recuperarea de nutrienți și de re folosire a lor ulterioară de către plantă, așa cum se petrece în cazul

senescentei ei, acela de a localiza, de a bloca printr-o execuție rapidă răspândirea agentului infecțios în țesuturile din jurul și posibil în întregul organism; stabilește asadar o barieră secundară pentru răspândirea patogeniei.

Inițial s-a presupus că este o moarte celulară de tip necrotic. Ulterior s-a remarcat că la periferia leziunii necrotice indusă de patogen sunt prezente procese “apoptotic like” ceea ce sugerează că în decursul HR sunt transmise semnale capabile să inducă apoptoza celulară.

Cercetări de genetică și biochimie au pus în discuție dacă mecanismele ce intervin în RH sunt asociate MCP de către celulele plantei sau este în întregime o consecință a produselor derivate de la celulă în contact cu patogenul. Aceștia sugerează că MC asociată RH ca răspuns la acțiunea patogenului ar putea fi mai degrabă programată de celulă gazdă la contactul cu acestea decât ca rezultat al uciderii directe de către patogen, prin intermediul fitoalexinelor produse.

Dintre dovezile în sprijinul caracterului apoptotic al MC prin RH sunt acumularea speciilor reactive de oxigen – ROS (O_2^- și H_2O_2) ce conduc la creșterea nivelului calciului citosolic care facilitează peroxidarea lipidică și inițierea unor procese de moarte celulară mediate de proteinkinaze plasmalemale, proces care din punct de vedere fiziologic este similar apoptozei.

Cu toate că moartea celulară ce apare ca răspuns la invazia patogenilor reprezintă unul dintre procesele cel mai intens studiate vizând MCP sub acțiunea stresului la plante se cunoaște încă destul de puțin despre MC apoptotic like ca rezultat al HR iar rezultatele sunt adesea contradictorii.

De aici ideea conform căreia chiar în cursul unui anumit tip specific de MC pot fi prezente concomitent patenuri multiple de MC. Multe tipuri de stres abiotic și biotic pot manifesta modele de semnalizare comune. Se sugerează, de asemenea, că genele de rezistență mediază recunoașterea elicitorului de către gazdă pentru declanșarea modelului endogen al morții.

În concluzie considerăm că numai abordări integrative și interdisciplinare complexe vor putea da răspunsuri pertinente asupra interacțiilor complexe dintre căile de semnalizare și metabolismul în stres și implicit dintre stres - MC.

O problemă ce urmează a fi studiată cu prioritate în viitor legată de acest subiect la plante presupune evidențierea interacțiilor dintre procesele celulare programate și îmbătrânirea întregului organism în condițiile acțiunii stresului biotic și/sau abiotic.

Strategii de răspuns la stresul oxidativ determinat de deficitul hidric la plante

Dr. Monica Elena Carasan

Institutul de Biologie București al Academiei Române
monica.carasan@ibiol.ro

Adaptarea plantelor la viață în medii ostile implică lupta lor pentru supraviețuire în condiții de stres și menținerea homeostaziei la nivel celular. Deficitul hidric la plante se exprimă printr-o serie de modificări morfologice, fiziologice, metabolice și moleculare, care în mod nefavorabil afectează creșterea și productivitatea acestora.

Cele mai multe studii au fost concentrate pe răspunsurile fiziologice și biochimice ale plantelor supuse la stres, dar recent o atenție majoră a fost acordată izolării genelor reglate de stres și studiului mecanismelor moleculare de bază ce controlează toleranța la secetă a plantelor. Există variatele tipuri de răspuns la stresul indus de deficitul de apă printre acestea mecanismele de evitare, eliminare și toleranță. Dacă mecanismele de evitare a stresului sunt datorate în principal schimbărilor morfologice și fiziologice ale plantei ca întreg, mecanismele de toleranță, pe de altă parte, sunt determinate de modificări celulare și moleculare care deschid calea manipulărilor biotehnologice.

Plantele monitorizează constant mediul înconjurător și realizează ajustări metabolice, structurale și fiziologice corespunzătoare pentru acomodarea la condițiile schimbătoare de mediu. Astfel, integrează diverse semnale ale mediului într-o rețea de căi de transducție care reglează expresia genelor. Plantele folosesc un sistem comun de semnalizare ce implică hormoni, oxidanți și antioxidanți pentru a asigura un răspuns defensiv adecvat și pentru a furniza o protecție împotriva agresiunii mediului. Astfel, ele au dezvoltat variate mecanisme biochimice și fiziologice de răspuns și adaptare la stres, ulterior de achiziție a stres toleranței și de reluare a creșterii.

Seceta este unul dintre cei mai semnificativi factori responsabili pentru pierderile substanțiale și imprevizibile în producția plantelor de cultură. Mecanismele fiziologice care guvernează răspunsul plantelor la secetă sunt determinate de deficitul de apă. Seceta produce o descreștere a potențialului apei în sol și scăderea disponibilității ei pentru plantă. Astfel, deficitul hidric este perceput inițial ca un stres osmotic care afectează procese fiziologice majore precum expansiunea celulară, creșterea, sinteza proteică și fotosinteza.

Modificările potențialului osmotic al apei în mediu conduc la instalarea unui stres osmotic la nivelul celulelor plantei care este prima dată perceput ca alterări ale plasmalemei cauzate de scăderea presiunii de turgescență, prima consecință fiind modificarea fluxului de apă și ioni prin membrane. Ulterior, vor fi activate mecanismele de semnalizare secundare care pot fi de tipul fitohormonilor (acid abscisic, etilena, acidul jasmonic, sistemina), speciilor reactive de oxigen (SRO) și a mesagerilor

intracelulari secundari (fosfolipidele). Astfel, plantele răspund la stres în parte prin modularea expresiei genice care conduce la restaurarea homeostaziei, detoxificării celulare și restabilirea creșterii .

S-a demonstrat că în procesul deshidratării celulare indus de modificări ale potențialului osmotic extracelular, se produc specii activate ale oxigenului ca radicalul superoxid, prin funcționarea acestuia ca acceptor de electroni la nivelul sistemului NADPH oxidazic din membrana plasmatică. Radicalul superoxid și produsul său de reducere, hidroperoxidul de oxigen sunt compuși potențial toxici, care se pot, de asemenea, combina prin reacții Haber-Weiss cu formarea de radicali hidroxil foarte toxici. Radicalul hidroxil poate cauza peroxidarea lipidelor membranare, denaturarea ADN, inactivarea enzimelor celulare. Detoxificarea de radicalul superoxid este de primă importanță, astfel, organismele au evoluat prin apariția unor mecanisme de control a concentrației SRO. Diferite mecanisme pentru debarasarea de aceste SRO sunt prezente în plante atât cele de natură enzimatică care cuprind superoxid dismutaza, ascorbat peroxidaza, glutathion reductaza, catalaza, peroxidaza, dar și nonenzimatică, precum metaboliți ca glutathionul, acidul ascorbic, α -tocoferolul și carotenoizii care protejază sistemele celulare și subcelulare de efectele citotoxice.

SRO sunt de obicei generate prin activități celulare normale ca fotorespirația sau β -oxidarea acizilor grași, însă nivelele lor cresc când plantele sunt expuse condițiilor de stres biotic și abiotic. Plantele au dezvoltat sisteme defensive împotriva formării de SRO, dar și pentru eliminarea acestor radicali), astfel încât în condiții normale formarea și îndepărtarea SRO este în echilibru. Când formarea de SRO crește în condiții de stres, plantele răspund eficient printr-un sistem antioxidant enzimatic și nonenzimatic care realizează debarasarea de acești radicali liberi și protecția celulelor de distrugerile oxidative. Localizarea subcelulară și proprietățile biochimice ale enzimelor antioxidante, inductibilitatea diferențiată, nivelul exprimării genelor/enzimelor fac din sistemul antioxidant o unitate flexibilă și versatilă care poate controla spațial și temporal acumularea de SRO. De aceea, activarea sistemelor antioxidante responsabile de eliminarea acestor specii reactive, toxice este de primă importanță în management-ul sistemului defensiv al plantelor.

Diversitatea mecanismelor dezvoltate de către cianobacterii ca răspuns față de concentrații ridicate ale ionilor de sodiu

Dr. Ioan Ardelean

Institutul de Biologie București al Academiei Române
ioan.ardelean@ibiol.ro

Cianobacteriile, procariote fotosintetizante apărute acum aproximativ 3,5 miliarde de ani, sunt aclimatizate la medii cu parametri fizico-chimici la valori considerate normale, dar și la medii cu temperaturi extreme (70⁰ C- cianobacterii termofile) sau având concentrații foarte mari de clorură de sodiu (3 M NaCl- cianobacterii halofile) și, în unele cazuri, valori de pH puternic alcaline (pH = 11-12, cianobacterii haloalcalofile).

Studierea mecanismelor care permit unor cianobacterii creșterea și multiplicarea în medii (naturale sau artificiale) cu salinitate ridicată (0,5M NaCl- 3,5 M NaCl) este importantă sub aspect fundamental dar și sub aspect aplicativ pentru dezvoltarea unor strategii care să permită omului modificarea genetică dirijată a unor plante de cultură în sensul creșterii toleranței acestora la clorura de sodiu, ceea ce ar permite reintroducerea în circuitul agricol a terenurilor cu conținut mare de săruri minerale, de exemplu.

Datorită genomului mai mic decât al plantelor de cultură și al similarității mecanismului fotosintezei, cianobacteriile constituie un model experimental mai simplu. Astfel, cianobacteria cel mai intens studiată și în problematica prelegerii noastre este *Synechocystis* PCC 6803, primul procariot fotosintetizant al cărui genom a fost secvențializat în întregime, permițând analiza la nivel molecular a unora dintre mecanismele dezvoltate de către cianobacterii ca răspuns față de concentrații ridicate ale ionilor de sodiu. *Synechocystis* PCC 6803 este o cianobacterie halotolerantă deoarece poate crește și în medii cu concentrație relativ mică de NaCl (50mM) dar și în medii cu concentrație mai mare, limita superioară fiind de 1,2 M NaCl. Capacitatea acestei cianobacterii de a se aclimatiza la medii cu salinitate relativ ridicată este determinată de capacitatea ei de a dezvolta în mod coordonat modificări structurale și funcționale în sensul menținerii ionilor de sodiu din citoplasmă la concentrații mici, compatibile cu activitatea metabolică de ansamblu a celulei procariote (strategia “salt-out”). Ionul de sodiu este toxic pentru marea majoritate a procariotelor din domeniul *Bacteria*, cum este și cazul cianobacteriilor, aclimatizarea la salinități ridicate constând în dezvoltarea unor mecanisme prin care concentrația intracelulară a Na să fie compatibilă cu viața celulei.

În esență, strategia dezvoltată de cianobacterii, constă în:

1) Diminuarea intrării pasive a Na⁺ datorită diferenței de presiune osmotică dintre exteriorul celulei și interiorul acesteia; diminuarea diferenței de presiune osmotică se realizează prin declanșarea sintezei osmoliților biocompatibili, substanțe precum derivați de glucoză, glicerol, glicin betaină etc., care cresc presiunea osmotică intracitoplasmatică fără a afecta negativ procesele biochimice și biofizice

necesare vieții celulei. Sinteza osmoliților este un proces consumator de energie, materie și timp. De remarcat că, odată sintetizați, osmoliții acționează permanent în sensul încetinerii intrării Na^+ .

2) Intensificarea eliminării active a Na^+ la exteriorul celulei prin intermediul antiporterilor Na^+/H^+ a căror funcționare necesită aport energetic permanent, constituit în primul rând de către fotosinteză și respirație.

3) Intensificarea acestor principale procese bioenergetice se realizează prin intensificarea transcrierii și traducerii unor gene ce codifică proteine esențiale cum ar fi proteine ale fotosistemului 1 (FS1), citocrom c oxidaza, NADP reductaze etc.

4) Intensificarea transportului de electroni specific fotosintezei și respirațiile aerobe conduce la generarea, în cantități sporite față de condițiile de salinitate scăzută, a unor forme active chimice ale oxigenului, peroxidul de hidrogen de exemplu. Inactivarea acestor forme chimice, care altfel ar conduce la dezorganizarea structurală și funcțională a fotosintezei și respirației (dar și a altor procese) se realizează prin creșterea cantității unor enzime (catalaza, diferite tipuri de peroxidaze și superoxid dismutaze).

Tabelul 1 prezintă succint dinamica relației structură-funcție în cazul cianobacteriei *Synechocystis* PCC 6803, aclimatizată la salinitate ridicată.

Tabelul 1: Indicarea succintă a principalelor modificări structurale și funcționale la *Synechocystis* PCC6803 aclimatizată în medii cu salinitate moderată (0,4-0,5M NaCl)

Modificări structurale	Modificări funcționale
Intensificarea activității antiporterilor Na^+/H^+	Eliminarea la exteriorul citoplasmei a Na^+
Declanșarea sintezei osmoliților (sau/și preluarea lor activă din mediul extracelular)	Creșterea presiunii osmotice intracitoplasmatică preponderent datorită contribuției osmoliților
Creșterea numărului de molecule antiporter funcționale	Menținerea eliminării la exteriorul citoplasmei a Na^+ la un nivel ridicat și relativ constant ;
<ul style="list-style-type: none"> • Creșterea numărului de molecule P_{700}, centrul de reacție al FS1 ; • Creșterea numărului și tipurilor de feredoxin-NADP reductaze; • Sinteza sporită a ficobiliproteinelor 	Intensificarea activității ciclice a FS1, cu producerea suplimentară de peroxid de hidrogen
<ul style="list-style-type: none"> • Intensificarea metabolismului intermediar generator de cofactori reduși, care vor fi oxidați în cursul respirației • Intensificarea sintezei citocrom <i>c</i> oxidazei atât la nivelul plasmalemei cât și la nivelul tilacoidelor • Citocrom <i>c</i> oxidaza competiționează mai bine cu plastocianina (sau cu citocrom <i>c</i>₆, atunci când bacteria este crescută în carența de cupru) pentru electronii proveniți din fotoliza apei 	Intensificarea respirației aerobe la întuneric, cu producerea suplimentară de peroxid de hidrogen
	Intensificarea respirației aerobe la lumină
	Intensificarea respirației aerobe la întuneric la nivelul membranei plasmatică
	Intensificarea respirației aerobe la lumină la nivelul membranei plasmatică
La nivelul FS 2 nu sunt modificări structurale semnificative.	Diminuarea cantității de oxigen molecular eliberat prin fotosinteză (diminuarea activității FS2 sau efectul intensificării respirației la lumină ?)
Intensificarea sintezei și activității unor enzime implicate în detoxifierea unor forme active chimic ale oxigenului	Diminuarea continuă a concentrației unor forme active chimic ale oxigenului (preponderent peroxidul de hidrogen) pentru protejarea celulei față de stresul oxidativ

Răspunsul cianobacteriilor față de prezența ionului de sodiu în concentrații crescute în mediul extracelular oferă o imagine convingătoare a diversității metabolice a acestora, contribuind la înțelegerea mai aprofundată a microorganismelor halotolerante și halofile și a eucariotelor halotolerante, a plantelor de interes economic, de exemplu. În plus, aceste cercetări contribuie la dezvoltarea cercetărilor de Microbiologie marină, unul dintre cele mai dinamice domenii ale Microbiologiei, atât de important pentru înțelegerea și utilizarea Oceanului Planetar, inclusiv în contextul actual al îngrijorărilor referitoare la schimbările climatice.

Adaptarea plantelor la condițiile mediului alpin

Drd. Marilena Onete

Institutul de Biologie București al Academiei Române
marilena.onete@ibiol.ro

Viața în regiunile alpine este constrânsă în principal de componentele fizice ale mediului, unele plante putând supraviețui în condiții extreme chiar la altitudinea de 6000 m. Studiul trăsăturilor caracteristice care fac plantele să supraviețuiască în asemenea climate extreme a fascinat generații de biologi. Dar ce este un „extrem”? Odată ce s-a dezvoltat abilitatea de a supraviețui în condiții extreme, aceste extreme devin „normale”. Dacă mutăm plantele adaptate genetic la ceea ce – din perspectiva umană – poate fi mai puțin extrem, aceste plante specializate pot muri sau pot fi înlocuite de specii native ale noului habitat. În așa numitul „mediu limitativ”, îmbogățirea resurselor limitative sau eliminarea constrângerilor fizice, poate stimula (pe termen scurt) creșterea și reproducerea, dar pe termen lung poate elimina un organism din habitatul lui „limitativ” prin înlocuirea cu organisme mai competitive. Mediul este limitativ numai pentru cei care nu se adaptează.

Vor fi analizate:

- Definiții ale mediului alpin și factorii care influențează viața plantelor
- Abilitatea plantelor de a răspunde cerințelor unui mediu specific prin modificări ale organelor, ale habitusului, fenologice, de răspândire, etc
- Influența diverselor habitate caracteristice mediului alpin asupra creșterii și dezvoltării, a adaptărilor morfologice ale speciilor de plante cu răspândire mai largă decât cea a mediului alpin
- Noțiuni de origine și evoluție a plantelor din zonele alpine

Ciclul de viață lung este una dintre trăsăturile esențiale ale plantelor alpine și reprezintă motivul cel mai important pentru care plantele alpine sunt mai vulnerabile oricarui tip de factor disturbator decât plantele din regiunile mai joase. Izolarea geografică, schimbările climatice, glaciațiunile, diferențierea mare a microhabitatelor, migrarea plantelor și/sau evoluția lor, conduc către un grad ridicat al bogăției taxonomice. Multe regiuni alpine sunt centre („hotspot”) de biodiversitate cu un număr substanțial de specii endemice. Condițiile de existență a plantelor s-au schimbat și se vor schimba întotdeauna fără excepție pentru plantele din mediul alpin. Schimbările naturale sunt lente și în principal de natura fizică. Schimbările induse de om sunt rapide, de natură chimică (CO₂, N solubil, ploii acide) precum și de management, ceea ce induce impacte fără precedent. Un singur pas al turistului pe tufa unei plante poate rupe conexiunea dintre plantă, specii însoțitoare și sol, conexiune stabilită timp de secole și care nu mai poate fi refăcută.

Impactul încălzirii climatului la nivel global asupra ecosistemelor acvatice: efecte și adaptări

Dr. Cristina Sandu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
cristina.sandu@ibiol.ro

În ultimele decenii, efectele încălzirii climatului la nivel global s-au făcut resimțite din ce în ce mai acut, tot mai multe argumente științifice demonstrând faptul că această încălzire este datorată în mare parte activităților umane. Principalele cauze sunt creșterea emisiei de gaze ce contribuie la accentuarea efectului de seră (ca urmare a arderii combustibililor fosili, intensificării transporturilor, etc.) dar și modificarea utilizării pământului (ex: defrișări pe zone extinse, agricultură intensivă).

Concentrația gazelor cu efect de seră a crescut față de perioada anterioară dezvoltării industriale cu cca 170 ppm (estimat în unități echivalente de CO₂), contribuția majoră având-o CO₂ (61%) și CH₄ (19%); în absența unor măsuri de reducere a actualelor rate de emisie se estimează că această concentrație va atinge 650-1215 ppm la sfârșitul secolului (IPCC, 2007).

Temperatura aerului la nivel global a crescut în ultimul secol cu aproximativ 0,7°C, dar în emisfera nordică această creștere a fost mai accentuată (în Europa înregistrându-se o creștere de 0,95°C); dacă rata actuală de creștere a temperaturii nu va fi diminuată, se estimează că în anul 2100 se va atinge o creștere de 1,4-5,8 °C la nivel global, în timp ce în Europa temperatura va fi cu cca 0,5 °C mai ridicată decât aceste valori (EEA, 2004).

La nivel european, se constată că volumul precipitațiilor căzute în ultimele decenii a crescut cu 10-40 % în centrul și nordul continentului, în timp ce în sudul și sud-estul Europei a scăzut cu cca 20%, ducând la o redistribuire a rezervelor de apă; în plus, fenomene meteo extreme cum ar fi seceta, valurile de caldură și inundațiile au devenit mai frecvente, în timp ce perioadele de îngheț pe timpul iernii s-au redus considerabil (IPCC, 2007).

Creșterea temperaturii atmosferice și a temperaturii la suprafața mărilor și oceanelor, a dus atât la topirea ghețarilor cât și a calotelor glaciare. Spre exemplu, numai în perioada 1978 – 2003 imaginile din satelit au relevat topirea a cca 7,4% din suprafața Arcticii; dacă inițial prognozele specialiștilor estimau perioada 2050-2100 ca dată probabilă a dispariției calotei glaciare pe timp de vară, în prezent, datorită ratei accelerate de topire, se consideră că Oceanul Arctic va deveni navigabil pe timpul verii în următorii 10-15 ani.

Un efect colateral al topirii calotelor glaciare și ghețarilor este creșterea nivelului mării, ceea ce duce la inundarea zonelor de coastă; pe lângă dispariția unor ecosisteme acvatice tipice, acest fenomen provoacă și probleme sociale grave, întrucât populația din aceste regiuni va trebui mutată în alte zone.

Modificarea circuitului hidrologic al apei afectează și ecosistemele acvatice continentale. Schimbările apărute în regimul precipitațiilor și creșterea temperaturii atmosferice afectează turnoverul și circuitul nutrienților în lacuri, precum și debitul și temperatura apei în râuri. Deși efectul asupra debitelor râurilor variază de-a lungul Europei, în principiu se înregistrează valori ridicate în nordul și vestul continentului, în timp ce zonele de sud și sud-est înregistrează valori mai scăzute, reflectând influența precipitațiilor.

Care sunt efectele acestor modificări climatice asupra biocenozelor acvatice? Pe termen lung se estimează că va avea loc o dispariție a speciilor criofile (sau migrarea lor către altitudini mai ridicate, în cazul în care habitatul permite) și înlocuirea lor cu specii care pot tolera temperaturi mai ridicate, ca și modificări ale productivității ecosistemelor. Au fost constatate modificări ale abundenței planctonului și peștilor în zonele oceanice aflate la latitudine ridicată, ca și creșteri ale abundenței planctonice în lacuri situate la latitudine și altitudine ridicată.

Pe termen scurt, fluctuațiile puternice ale debitului râurilor (inundații, secetă) ca și creșterea temperaturii apei pot afecta în primul rând macronevertebratele bentonice și speciile de pești; solubilizarea unei cantități mai reduse de oxigen (ca urmare a creșterii temperaturii) afectează capacitatea de auto-epurare a apei; scăderea debitului duce la o concentrare a poluanților, intensificarea proceselor de descompunere contribuind și ea la consumul oxigenului din coloana de apă.

În perioada de vară, speciile oxifile (*Salmo trutta fario*, *Thymallus thymallus*) pot dispărea ca urmare a perioadelor prelungite cu temperaturi de peste 25°C. În perioada de iarnă, ca urmare a duratei reduse de îngheț, insectele ale căror stadii larvare se desfășoară în mediul acvatic pot ecloza mai devreme, perturbând și verigile trofice superioare; în plus, creșterea ratei de supraviețuire a păsărilor (ca urmare a iernilor mai blânde) determină creșterea presiunii prădătorilor asupra comunităților acvatice, cu consecințe directe asupra întregului lanț trofic.

Ecosistemele acvatice au o adaptabilitate limitată la schimbările climatice, astfel încât reducerea impactului antropic poate fi vitală pentru multe dintre ele. Pentru prevenirea deteriorării severe a mediului, cu consecințe grave asupra societății, se impun strategii de adaptare ale politicilor de mediu la modificările climatului, care să permită exploatarea durabilă a resurselor de apă și a serviciilor oferite de ecosistemele acvatice. Menținerea zonelor umede, conservarea pădurilor ripariene, evitarea fragmentării habitatelor și asigurarea unor coridoare pentru migrație, reducerea poluării, reconstrucția ecologică, reducerea exploatării apelor subterane, optimizarea amplasării construcțiilor hidrotehnice pot fi doar câteva căi de atenuare a efectelor schimbărilor climatice asupra biodiversității acvatice; cooperarea interdisciplinară între limnologi, biologi, hidrologi și meteorologi este însă esențială pentru atingerea acestui scop.

Mecanisme de adaptare ale bacteriilor și archaeelor halofile la stresul salin

Dr. Gabriela Popescu

Institutul de Biologie București al Academiei Române
gabriela.teodosiu@ibiol.ro

Microorganismele supraviețuiesc și se dezvoltă în medii naturale cu condiții diferite de salinitate, de la cele cu concentrații foarte mici de săruri (apele râurilor și lacurilor) până la biotopurile marine și habitatele hipersaline ce conțin concentrații de NaCl apropiate de saturație (lacurile sărate, salternele marine, Marea Moartă, minele de sare).

În general, prezența concentrațiilor mari de săruri (în special cloruri) inhibă creșterea celor mai multe microorganisme obișnuite, datorită pierderii apei intracelulare și perturbării echilibrului ionic normal.

În raport cu concentrația de Na^+ sau respectiv de săruri tolerate, microorganismele pot fi clasificate în trei categorii: nehalofile sau halofobe, halofile moderate și halofile extreme. Evident, clasificarea nu este absolut riguroasă, deoarece există unele microorganisme moderat halofile, care se pot dezvolta la concentrații saline mici, după cum există și microorganisme de apă dulce (halotolerante), care se pot dezvolta în apa de mare sau chiar la concentrații ridicate de săruri. De asemenea, din apa de mare au fost izolate și microorganisme extrem halofile din genul *Halococcus*.

Microorganismele halofile se găsesc în toate cele trei domenii ale vieții: *Archaea*, *Bacteria* și *Eukarya*, ele fiind capabile să crească și să-și desfășoare activitățile metabolice în prezența concentrațiilor ridicate de săruri din habitatele hipersaline. Astfel, lacurile hipersaline și salternele marine conțin adevărate soluții saturate și sunt populate de comunități dense de microorganisme halofile, în special moderat și extrem halofile.

Bacteriile moderat halofile și microorganismele extrem halofile din domeniul *Archaea* (haloarchaeane) cresc în prezența concentrațiilor ridicate de NaCl (0.5 – 5.2 M) și se caracterizează prin trăsături fiziologice și biochimice specifice, care le permit adaptarea la condițiile ostile de viață.

Halofilia și halotoleranța sunt proprietăți celulare, care implică adaptări structurale și metabolice, necesare microorganismelor halofile pentru a suporta stresul osmotic la care sunt supuse în mediile lor de viață. Aceste proprietăți au limite gradate de la slab la moderat și extrem halofil. Halofilia reprezintă cerința unor concentrații mari de săruri pentru creștere optimă, iar halotoleranța constituie capacitatea organismelor de a se dezvolta la concentrații de sare mai mari decât cele optime.

Microorganismele extrem halofile din domeniul *Archaea* înving presiunea osmotică ridicată și tăria ionică a mediilor în care se dezvoltă, prin acumularea în citoplasmă a ionilor de potasiu (în concentrații molare) și eliminarea concomitentă a ionilor de sodiu (strategia “sărurilor interne” sau “salt - in”).

Puterea ionică ridicată din citoplasmă, induce adaptări structurale speciale la nivelul macromoleculilor care sunt potențial afectate. Astfel, proteinele microorganismelor haloarchaeane conțin

un număr mult mai mare de aminoacizi acizi comparativ cu cele ale bacteriilor nehalofile. În plus, la microorganismele extrem halofile majoritatea proteinelor sunt dependente de prezența concentrațiilor ridicate de săruri. Prezența constantă a sărurilor în celule este necesară pentru menținerea conformației și activității proteinelor, majoritatea lor fiind inactive în absența sărurilor.

În cazul bacteriilor halotolerante și moderat halofile, situația este aparent diferită. Rezistența la stresul salin este asociată cu prezența unor compuși organici compatibili cu funcțiile metabolice ale celulelor, care au fost denumiți soluți compatibili sau osmoliți (“strategia soluțiilor compatibili”).

La microorganismele halotolerante și moderat halofile a fost descrisă o diversitate mare de soluți compatibili. Principalele tipuri identificate cuprind: - polioli (glicerol, arabitol, manitol și sorbitol), - glucide și derivați (sucroză, trehaloză, glucozilglicerol), - aminoacizi și derivați ai acestora, - amine cuaternare (glicin betaina), - ectoina și derivatul său – hidroxiectoina.

În celulele bacteriilor halofile, soluții compatibili se găsesc în concentrații molare și asigură funcționarea eficientă a enzimelor, fără a fi necesare adaptări speciale ale acestora sau a altor componente intracelulare.

Chiar dacă există unele diferențe între microorganismele care aparțin diferitelor ramuri filogenetice (bacteriile moderat halofile și microorganismele archaeane extrem halofile) totuși, acestea și-au dezvoltat mecanisme de adaptare în scopul învingerii stresului salin și osmotic exercitat de concentrațiile ionice mari din mediile lor de viață.

Adaptari moleculare la temperaturi inalte

Dr. Cristina Purcarea

Institutul de Biologie Bucuresti al Academiei Române

Organismele identificate pana in prezent, uneori in cele mai neasteptate conditii de mediu, de la gheata polara la izvoarele hidrotermale submarine, ocupa o paleta larga de habitate ale caror temperaturi variaza intre -20°C si 121°C. In urma cu mai bine de un secol, cercetatorii au observat existenta unor organisme in medii acvatice la peste 45°C, unele depasind chiar bariera de 70°C. Acestea au fost denumite *termofile*, respectiv *hipertermofile*, majoritatea lor apartinand domeniilor Bacteria si Archaea.

Dintre microorganisme, Archaea ocupa nisele ecologice caracterizate de cele mai ridicate temperaturi. La nivelul celulei, temperaturile inalte induc fluidizarea excesiva a membranelor celulare, degradarea si denaturarea acizilor nucleici si a proteinelor, insotite de disfunctia cailor metabolice prin descompunerea produsilor intermediari termolabili. In consecinta, functionarea microorganismelor la temperaturi care depasesc cu mult pe cele considerate “normale” dupa modelul antropologic presupune o serie de adaptari ale componentilor moleculari pentru pastrarea unui echilibru intre stabilitatea si functionalitatea lor in aceste conditii.

Numeroasele studii, preponderent din ultimele trei decenii, au identificat o serie de “solutii” ale microorganismelor (hiper)termofile pentru pastrarea integritatii structurale si functionale la nivel molecular in conditii de temperatura inalta. Astfel, **lipidele** membranelor celulare din archaea hipertermofile prezinta catene laterale ramificate, care confera o hidrofobicitate crescuta, si fuzionarea bistraturilor lipidice cu formare de monostrat, alaturi de legaturi eterice intercatenare, mai stabile, caracteristice acestui domeniu de organisme.

Termostabilitatea **genomului** (ADN) si **transcriptomului** (ARN) microorganismelor (hiper)termofile se datoreaza atat *factorilor intrinseci* cum sunt continutul ridicat de baze purinice (A+G) care determina o utilizare preferentiala a codonilor, introducerea de supra-rasuciri catenare pozitive ale ADN rezistente la scindare prin interventia unei enzime specifice, revers-giraza, sau modificari post-translacionale ale tARN (tiolare, metilare), cat si *factorilor extrinseci* ca prezenta concentratiilor ridicate de saruri sau poliamine cationice, sau a proteinelor de tip histone in cazul archaea metanogene.

La nivelul **proteomului** microorganismelor (hiper)termofile, adaptarile la temperaturi ridicate sunt atat de natura *structurala*, afectand compozitia in aminoacizi, distributia acestora in structurile secundare, tertiare si cuaternare ale proteinelor, si interactiile corespunzatoare intra- si inter-catenare, cat si *functionala* prin utilizarea unor enzime specifice, metabolice sau de refolding (proteine heat-shock), prin adoptarea unor noi cai metabolice, precum si compartimentalizarea si transferul direct al metabolitilor instabili intre enzimele cuplate in reactiile metabolice. Marea cantitate de informatie structurala din

ultimii ani, ca urmare a determinării secvențelor genomice și proteomice din sute de specii procariote și eucariote, precum și a numeroaselor structuri tridimensionale obținute prin cristalografie de raze X sau RMN, a permis evaluarea mai corectă și cuprinzătoare a determinantilor termostabilității diverselor componente celulare prin prelucrări statistice și modelizări informatice.

Identificarea și caracterizarea de noi compuși moleculari proveniți din microorganisme care trăiesc la temperaturi ridicate, uneori chiar de peste 100°C, și cunoașterea diverselor mecanisme de adaptare la nivel structural și funcțional, general sau punctual, care asigură funcționarea celulei în aceste condiții, stau la baza elaborării unor strategii de *utilizare directă* sau de *stabilizare* a diverselor tipuri de molecule cu aplicații în biotehnologie, medicină, etc. și – nu în ultimul rând – contribuie la înțelegerea “construcției”, funcționării și evoluției organismelor.