ACADEMIA ROMÂNĂ

SCOSAAR

Anexa nr. 6

REZUMATUL TEZEI DE ABILITARE*

TITLU: BIODIVERSITATEA SOLULUI LA DIFERITE SCĂRI: DE LA TAXONOMIA INTEGRATIVĂ A COLEMBOLELOR LA EVALUAREA ȘI MONITORIZAREA LA NIVEL EUROPEAN

Domeniul de abilitare: BIOLOGIE

Autor: FIERA CRISTINA

*în cazul în care teza va fi redactată într-o limbă străină, textul în limba română va fi adaptat

REZUMAT

Fundamentarea științifică și cadrul general al cercetării

Biodiversitatea solului este o componentă fundamentală a ecosistemelor terestre și susține procese esențiale precum descompunerea materiei organice, ciclul nutrienților, stocarea carbonului, reglarea comunităților microbiene, menținerea structurii solului și reglarea climei. Cu toate acestea, biodiversitatea subterană rămâne insuficient documentată în comparație cu cea de la suprafață, în special în regiunile în care expertiza taxonomică, studiile ecologice pe termen lung și monitorizarea standardizată au fost, de-a lungul timpului, limitate. Aceste lacune de cunoaștere sunt deosebit de relevante în Europa de Est și de Sud-Est, inclusiv în România și în regiunea Carpaților, unde inventarele taxonomice incomplete și datele de distribuție inegale limitează în continuare integrarea informațiilor regionale în evaluările continentale privind biodiversitatea.

Teza mea de abilitare sintetizează peste două decenii de activitate științifică desfășurată în principal la Institutul de Biologie din București al Academiei Române, cu accent special pe cercetările efectuate după finalizarea doctoratului în 2012. Grupul Collembola constituie principalul model biologic al acestei cercetări. Colembolele sunt microartropode edafice abundente și diverse, implicate în descompunere, ciclul nutrienților și interacțiunile cu comunitățile microbiene, iar sensibilitatea lor ecologică le conferă valoare ca organisme-model pentru studierea schimbărilor de mediu. Teza este organizată în jurul unei idei centrale: biodiversitatea solului trebuie investigată la scări biologice și spațiale interconectate. O taxonomie riguroasă definește unitățile biologice care urmează să fie studiate; ecologia comunităților explică modul în care aceste unități răspund la factorii de mediu și se asamblează la nivel local; biogeografia evidențiază modul în care procesele istorice și spațiale le modelează distribuția; iar monitorizarea la scară largă transpune aceste cunoștințe în evaluări comparabile, relevante pentru biodiversitatea și sănătatea solului.

Teza este structurată în **patru capitole principale**: o Introducere, care definește fundamentarea științifică și cadrul general de cercetare; un capitol central care prezintă **Realizările științifice, profesionale și academice** prin prisma a trei direcții de cercetare interconectate — taxonomia grupului Collembola, factorii de mediu și asamblarea comunităților, precum și tiparele biogeografice și filogenetice la scară europeană; un capitol dedicat T**raiectoriei profesionale, leadershipului academic și dezvoltării viitoare a cercetării;** și un capitol final care prezintă **Concluziile generale.**

În consecință, programul meu științific s-a dezvoltat de-a lungul a **patru direcții**

interconectate: taxonomia și sistematica Collembola; ecologia comunităților și răspunsurile la factorii de mediu și antropici; biogeografia, macroecologia și filogeografia la scara carpatică și europeană; și, mai recent, integrarea cercetării naționale în bazele de date europene privind biodiversitatea, rețelele de monitorizare și inițiativele privind sănătatea solului. Această evoluție reflectă, de asemenea, transformarea profilului meu științific de la taxonomia clasică și faunistică spre abordări din ce în ce mai integrative, care combină morfologia, metodele moleculare, statistica ecologică, analiza spațială și cercetarea colaborativă internațională.

Taxonomia și sistematica Collembola

Cercetarea taxonomică reprezintă fundamentul tezei la nivel de specie. Identificarea precisă a speciilor este indispensabilă pentru inventarierea biodiversității, interpretarea ecologică, bazele de date privind distribuția și programele de monitorizare, în special în cazul grupului Collembola, unde speciile strâns înrudite pot prezenta diferențe subtile la nivelul caracterelor morfologice și chetotaxice. Activitatea mea s-a concentrat pe descoperirea și descrierea speciilor, evaluarea comparativă a caracterelor diagnostice, reevaluarea taxonilor insuficient caracterizați, precum și pe dezvoltarea sau actualizarea instrumentelor de identificare.

Studiile selectate în teză se concentrează asupra a patru genuri dificile din punct de vedere taxonomic – *Pseudosinella, Hymenaphorura, Deuteraphorura* și *Friesea* – aparținând familiilor Entomobryidae, Onychiuridae și Neanuridae. Cercetările privind genul *Pseudosinella* au combinat comparații morfologice și chetotaxice detaliate cu descrierea speciei *Pseudosinella hartnerae* din Ungaria și România și reevaluarea taxonilor înrudiți. Lucrările privind genul *Hymenaphorura* au condus la descrierea a două specii din România, *H. kalindera* și *H. urbana*, la realizarea unor diagnoze comparative și la actualizarea cheii de identificare pentru acest gen. Studiile asupra genului *Deuteraphorura* au contribuit la recunoașterea și caracterizarea unor specii nedescrise anterior din solurile forestiere din România, precum și la o identificare îmbunătățită a speciilor lipsite de pseudoceli pe primul tergit toracic. Revizuirea genului *Friesea* în România a combinat descrierea a trei specii noi — *F. posada, F. mirceai* și *F. stampa* – cu noi semnalări faunistice și o evaluare mai amplă a diversității și distribuției genului.

Aceste contribuții depășesc simpla adăugare de noi taxoni. Ele îmbunătățesc interpretarea variației morfologice, clarifică caracterele cu valoare diagnostică și consolidează cadrul de identificare pentru Collembola din România. Informațiile taxonomice rezultate constituie baza analizelor ecologice

și biogeografice dezvoltate în secțiunile următoare ale tezei și facilitează integrarea înregistrărilor din România în baze de date mai ample privind biodiversitatea și în infrastructurile de cercetare.

Factorii de mediu și asamblarea comunităților

A doua direcție majoră de cercetare extinde analiza de la speciile individuale la procesele ecologice care structurează comunitățile de colembole. Am investigat modul în care condițiile de mediu, caracteristicile habitatului, perturbările antropice, dispersia și izolarea afectează bogăția speciilor, compoziția comunității și înlocuirea spațială a speciilor (turnover). Podgoriile gestionate agricol și peșterile izolate natural au oferit sisteme-model contrastante pentru examinarea acestor mecanisme în contexte ecologice diferite.

Cercetarea desfășurată în 16 podgorii comerciale din regiunea viticolă Târnave din Transilvania a evaluat efectele managementului agricol asupra comunităților de colembole active la suprafața solului. Au fost înregistrate în total 4.692 de exemplare aparținând unui număr de 24 de specii. Practicile de management, în special frecvența lucrărilor solului, fertilizarea, aplicarea erbicidelor și gestionarea covorului vegetal, au influențat compoziția și abundența comunităților. Creșterea intensității managementului nu a produs o scădere liniară simplă a bogăției speciilor; dimpotrivă, răspunsurile au reflectat mai degrabă efectele combinate ale practicilor individuale și capacitatea colembolelor de a persista sau de a recoloniza habitatele perturbate. Managementul cu intensitate redusă, incluzând aratul alternativ și menținerea permanentă a covorului vegetal, a susținut populații relativ stabile și abundente. Aceste rezultate demonstrează că producția agricolă și conservarea biodiversității nu sunt neapărat incompatibile și susțin dezvoltarea unor practici de management care reduc presiunea asupra artropodelor edafice non-țintă.

Ecosistemele subterane au oferit un cadru complementar caracterizat prin stabilitate ambientală, izolare puternică a habitatelor și dispersie limitată. Analizele comunităților de colembole din 187 de peșteri carstice din România, cuprinzând 141 de specii, au evidențiat o bogăție locală redusă, dar o înlocuire excepțional de ridicată a speciilor între peșteri (turnover). Multe specii au prezentat arii de distribuție restrânse, inclusiv taxoni limitați la sisteme de peșteri individuale. Bogăția speciilor a fost asociată în principal cu caracteristicile locale ale peșterilor, inclusiv adâncimea peșterii și condițiile solului, în timp ce clima și vegetația au avut o putere explicativă mai limitată. Analize suplimentare au indicat că limitarea dispersiei, izolarea istorică, procesele neutre de colonizare și dinamica pe termen lung a specierii și extincției pot avea o influență mai mare decât filtrarea ecologică recentă în

structurarea comunităților cavernicole.

Diversitatea beta foarte ridicată a colembolelor din peșterile României subliniază importanța peșterilor ca refugii pe termen lung și laboratoare evolutive. În același timp, aceasta demonstrează că diversitatea regională poate rezulta din acumularea unor comunități locale extrem de distincte, mai degrabă decât dintr-o bogăție ridicată a speciilor în cadrul peșterilor individuale. Împreună, studiile privind podgoriile și peșterile arată că structura comunităților de colembole este determinată de diferite combinații de perturbări, condiții de mediu, izolare, dispersie și procese istorice, în funcție de contextul ecosistemului și de scara spațială. Această cercetare la nivel de comunitate constituie, prin urmare, puntea conceptuală dintre taxonomia la nivel de specie și analiza biogeografică la scară continentală.

Tipare biogeografice și filogenetice la scară europeană

A treia direcție de cercetare plasează tiparele locale și regionale într-un context istoric și geografic mai amplu. Distribuția contemporană a colembolelor în Europa reflectă nu numai condițiile de mediu actuale, ci și procesele pe termen lung de izolare, dispersie, extincție, speciație și recolonizare postglaciară. O analiză continentală a 2.078 de specii distribuite în 55 de țări europene și insule majore a investigat variația geografică a înrudirii filogenetice și a dimensiunii arealului de distribuție al speciilor în raport cu istoria climatică a Pleistocenului.

Analiza a evidențiat o structură geografică pronunțată. Speciile cu areal restrâns s-au concentrat în special în regiunile sud-europene asociate refugiilor glaciare, inclusiv Peninsula Iberică, sudul Franței, Grecia și alte zone cu topografie complexă. Stabilitatea climatică pe termen lung și eterogenitatea geografică din aceste regiuni au favorizat persistența, izolarea și diferențierea evolutivă. În schimb, comunitățile din zonele din nordul și centrul Europei, care au fost acoperite de ghețari în trecut, au păstrat semne caracteristice recolonizării postglaciare. Analizele au indicat, de asemenea, căile principale de recolonizare care converg în Europa Centrală și în Bazinul Panonic. Aceste descoperiri demonstrează că structura comunităților actuale de colembole din Europa nu poate fi interpretată exclusiv pe baza condițiilor de mediu contemporane și că procesele climatice istorice au lăsat urme persistente în structura lor geografică și filogenetică.

O sinteză complementară s-a axat pe speciile de colembole troglobionte din Europa, pentru care izolarea habitatului și dispersia limitată sunt deosebit de pronunțate. Setul de date compilat a

documentat 338 de specii obligat cavernicole, aparținând unui număr de 50 de genuri și 12 familii. Aproximativ 90% dintre aceste specii erau cunoscute doar dintr-o singură țară, în timp ce multe aveau arii de distribuție mult mai restrânse, limitate la peșteri individuale sau sisteme carstice. Marile regiuni montane și carstice, inclusiv Alpii, Carpații, Pirineii, Dinaridele și Caucazul, s-au evidențiat ca centre importante de diversitate subterană, endemism și persistență pe termen lung. Sinteza a examinat, de asemenea, adaptările morfologice convergente la viața subterană, inclusiv reducerea sau pierderea pigmentației și a ochilor, precum și modificările apendicelor și ghearelor. Împreună, aceste tipare ilustrează modul în care izolarea geografică, dispersia limitată și specializarea ecologică au modelat evoluția colembolelor cavernicole europene.

În ansamblul acestor studii, mărimea arealului, capacitatea de dispersie, izolarea geografică și istoria climatică a Pleistocenului se conturează ca factori determinanți care interacționează în formarea diversității contemporane. Rezultatele consolidează cadrul central al tezei: scările taxonomică, ecologică și biogeografică nu sunt domenii de cercetare separate, ci componente interdependente ale unei abordări integrate a biodiversității.

Traiectoria științifică, leadershipul și integrarea europeană

Cariera mea științifică s-a dezvoltat pe parcursul a mai bine de două decenii la Institutul de Biologie din București, unde am evoluat de la asistent de cercetare la cercetător științific gradul I. Activitatea doctorală a pus bazele unei abordări multidisciplinare care integrează taxonomia, ecologia, studiile trofice și biogeografia. După 2012, am consolidat un program de cercetare din ce în ce mai independent în domeniul sistematicii colembolelor și l-am extins treptat către ecologia comunităților, macroecologie, filogeografie, abordări moleculare și cercetarea biodiversității solului la scară europeană. Stagiile internaționale de cercetare și colaborările pe termen lung cu specialiști din mai multe țări europene au contribuit la această dezvoltare metodologică și conceptuală.

Independența științifică a fost consolidată prin obținerea și gestionarea a 13 granturi de cercetare competitive, precum și prin asumarea unor responsabilități de conducere din ce în ce mai mari în cadrul proiectelor naționale și europene. O responsabilitate majoră actuală este coordonarea parteneriatului românesc în cadrul proiectului „Horizon Europe SOB4ES”, cu un buget de 400.000 de euro alocat Institutului de Biologie din București. Participarea la EUdaphobase, BOTTOMS-UP, GINTONIC, SoilBON, SOB4ES și la inițiativele conexe a permis integrarea datelor românești privind biodiversitatea solului în infrastructurile de cercetare și cadrele de monitorizare europene.

Responsabilitățile mele au evoluat de la participarea științifică la coordonare, incluzând reprezentarea României în Comitetul de Management COST, coordonarea unui pachet de lucru în cadrul proiectului EUdaphobase, coordonarea echipelor naționale de cercetare și conducerea contribuției românești în proiecte internaționale.

Mentoratul și dezvoltarea grupurilor de cercetare au devenit componente din ce în ce mai importante ale profilului meu academic. Am coordonat și format asistenți de cercetare, cercetători postdoctorali și cercetători aflați la începutul carierei, inclusiv cercetători aflați în stagii de mobilitate, în domenii precum eșantionarea în teren, taxonomia clasică, identificarea moleculară, DNA barcoding și metabarcoding, analiza biogeografică, bioinformatica, statistica și redactarea științifică. Aceste activități, împreună cu evaluarea inter pares, colaborarea internațională și participarea la rețele științifice, constituie o bază solidă pentru îndrumarea doctoranzilor și pentru dezvoltarea unui grup interdisciplinar de cercetare în domeniul biodiversității solului.

Cercetarea viitoare și dezvoltarea academică

După obținerea abilitării, obiectivul meu principal este consolidarea unui program de cercetare și a unui grup de cercetare în biodiversitatea solului, cu vizibilitate internațională, în cadrul Institutului de Biologie din București. Dezvoltarea viitoare se va baza direct pe continuitatea științifică stabilită în teză și va integra taxonomia fundamentală cu abordări moleculare, ecologia cantitativă, monitorizarea europeană, datele deschise privind biodiversitatea și formarea doctoranzilor.

Prima prioritate este dezvoltarea taxonomiei integrative și a sistematicii moleculare prin combinarea expertizei morfologice cu DNA barcoding de mare capacitate, metabarcoding și, acolo unde este cazul, abordările filogenetice. Se va acorda o atenție deosebită diversității criptice și complexelor de specii dificile, dezvoltării unor biblioteci moleculare de referință de înaltă calitate, corelate cu specimene de referință (voucher) identificate cu certitudine, precum și digitalizării colecției de colembole a IBB. Conectarea colecțiilor și seturilor de date cu infrastructuri precum GBIF și EUdaphobase va spori accesibilitatea și valoarea acestora pentru cercetare și monitorizare.

A doua prioritate constă în extinderea cercetării ecologice, macroecologice și biogeografice în sistemele montane europene și în habitatele vulnerabile, în special în Carpați, Balcani, Alpi, peșteri, turbării și păduri seculare. Aceste studii vor integra informații taxonomice, funcționale, filogenetice, moleculare și de mediu și se vor concentra din ce în ce mai mult pe analize predictive ale răspunsurilor

biodiversității la schimbările de utilizare a terenurilor și la schimbările climatice. Un obiectiv conex este consolidarea monitorizării ecologice pe termen lung și identificarea mecanismelor care determină persistența, endemismul și reorganizarea comunităților în contextul schimbărilor de mediu.

A treia prioritate se referă la monitorizarea biodiversității solului la scară europeană și la evaluarea sănătății solului. Pornind de la experiența acumulată în rețele internaționale, intenționez să contribui la dezvoltarea unor metode armonizate de eșantionare, a unor seturi de date interoperabile și a unor indicatori semnificativi din punct de vedere biologic și eficienți din punct de vedere al costurilor. Se va acorda o atenție deosebită corelării informațiilor taxonomice de înaltă calitate cu metodele moleculare, indicatorii comunității, trăsăturile funcționale și datele de mediu. Această activitate poate consolida contribuția biodiversității solului la agricultura durabilă, la gestionarea pădurilor, la refacerea ecosistemelor și la reziliența climatică, îmbunătățind în același timp baza științifică a inițiativelor naționale și europene privind sănătatea solului.

A patra prioritate este mentoratul academic și consolidarea capacității de cercetare. Abilitarea va sprijini dezvoltarea unui parcurs structurat de formare doctorală și postdoctorală, în cadrul căruia competențele taxonomice clasice să fie combinate cu abilități moleculare, computaționale, ecologice și cantitative. Viitorii cercetători vor fi încurajați să-și dezvolte profiluri științifice independente prin mobilitate internațională, cotutelă, colaborare interdisciplinară și participarea la proiecte europene competitive. Știința deschisă și principiile FAIR privind datele vor fi promovate pe tot parcursul acestui program, împreună cu integrarea seturilor de date privind biodiversitatea din România în infrastructurile europene și globale.

Concluzii

Cercetările sintetizate în această teză de abilitare demonstrează o traiectorie științifică coerentă și independentă, care leagă taxonomia la nivel de specie, ecologia comunităților, biologia subterană, biogeografia continentală și monitorizarea biodiversității solului la scară europeană. Studiile taxonomice au extins cunoașterea grupului Collembola din România și Europa prin descrierea de noi specii, revizuiri și îmbunătățirea instrumentelor de identificare. Cercetările ecologice au clarificat efectele managementului agricol, ale caracteristicilor habitatului, ale izolării și dispersiei asupra structurii comunităților, în timp ce studiile biogeografice au demonstrat influența persistentă a refugiilor glaciare, a recolonizării postglaciare, a arealelor restrânse și a izolării istorice asupra

diversității europene actuale.

Caracteristica definitorie a acestei traiectorii este continuitatea la toate nivelurile. Taxonomia riguroasă oferă unități fiabile de biodiversitate; studiile ecologice explică răspunsurile și asamblarea comunităților; biogeografia identifică procesele istorice și spațiale care modelează distribuțiile; iar cadrele de monitorizare transpun aceste cunoștințe în evaluări comparabile, relevante pentru sănătatea solului și funcționarea ecosistemelor. Integrarea progresivă a abordărilor morfologice, ecologice, moleculare și cantitative marchează o tranziție de la studii predominant descriptive către o cercetare a biodiversității din ce în ce mai integrativă, predictivă și scalabilă.

În același timp, colaborarea internațională, coordonarea proiectelor competitive, mentoratul și participarea la rețelele europene de cercetare au creat cadrul instituțional și academic necesar pentru următoarea etapă de dezvoltare. Prin îndrumarea doctoranzilor, consolidarea unui grup de cercetare interdisciplinar, cooperarea internațională continuă și legături mai strânse între știința fundamentală a biodiversității și evaluarea aplicată a mediului, îmi propun să consolidez capacitatea științifică a României în domeniul biodiversității solului și să sporesc contribuția și vizibilitatea acesteia în cadrul inițiativelor europene de cercetare și monitorizare.