

UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” SUCEAVA

ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE ȘI INGINEREȘTI

Domeniul de doctorat: ȘTIINȚE INGINEREȘTI

Specializarea: SILVICULTURĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof. univ. dr. ing. Gianina-Laura BOURIAUD

DOCTORAND:

Marius Dan ȘANDRU

Suceava
2024

UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” SUCEAVA

ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE ȘI INGINEREȘTI

Domeniul de doctorat: ȘTIINȚE INGINEREȘTI

Specializarea: SILVICULTURĂ

**CERCETĂRI MONOGRAFICE
ASUPRA UNOR SPECII
CU VALOARE FURAJERĂ PREZENTE
ÎN ECOSISTEMELE FORESTIERE**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof. univ. dr. ing. Gianina-Laura BOURIAUD

DOCTORAND:

Marius Dan ȘANDRU

Suceava

2024

Cuprins

Mulțumiri.....	3
Introducere	5
CAPITOLUL I. STADIUL CUNOȘTINȚELOR.....	7
1.1. Protejarea biodiversității specifice, structurale și genetice.....	7
1.2. Istoricul cercetărilor din regiunea luată în studiu	8
1.3. Importanța și răspândirea speciilor cu valoare furajeră.....	9
CAPITOLUL II. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE LUCRĂRII.....	12
2.1. Scopul cercetării.....	12
2.2. Obiectivele care au condus la atingerea scopului propus sunt următoarele:	12
CAPITOLUL III. MATERIAL ȘI METODE DE CERCETARE	14
3.1. Material.....	14
3.2. Metodologie de cercetare	14
3.2.1. Metoda de eșantionare și amplasare a suprafețelor de probă în zonele de studiu ..	14
3.2.2. Metode și tehnici de înregistrarea variabilelor microclimatice și a datelor topografice.....	15
3.2.3. Metode și tehnici de înregistrarea datelor floristice	16
3.2.4. Metode și tehnici de colectarea probelor de <i>Trifolium pratense</i>	16
3.2.5. Metode și tehnici de colectarea mostrelor de ierbar	17
3.3. Analiza statistică a datelor.....	17
3.3.1. Analiza plantelor vasculare ierboase.....	17
3.3.2. Analiza diversității și abundenței speciilor în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal	17
3.3.3. Analiza dinamicii variabilelor de microclimat în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal	18
3.3.4. Analiza influenței variabilelor de microclimat asupra structurii calitative a fitocenozelor în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal.....	19
3.3.5. Analiza indicelui valorii de importanță (IVI) pentru speciile cu valoare mare furajeră prezente în trei tipuri de ecosisteme (pajiște, liziera pădurii, pădure).	19
3.3.6. Identificarea și descrierea variabilității genetico-moleculară la genotipurile de <i>Trifolium pratense</i> din rezervația Codrul Secular Slătioara.....	19
3.4. Localizarea cercetărilor	20
CAPITOLUL IV. REZULTATE	22
4.1. Determinarea structurii calitative a fitocenozelor plantelor furajere, ca parte a covorului vegetal, din patru tipuri de ecosisteme din rezervația Codrul Secular Slătioara	22
4.1.1. Conspectul floristic	22
4.1.2. Spectrul formelor biologice (bioformelor)	24

4.1.3. Spectrul elementelor floristice (geoelemente)	25
4.1.4. Spectrul preferințelor ecologice pentru umiditate (U), temperatura (T) și reacția solului (R).....	26
4.1.5. Spectrul preferințelor ecologice pentru lumină (L), gradul de aprovizionare a substratului cu azot (N) și continentalism (K).....	28
4.2. Identificarea modului în care compoziția și diversitatea speciilor furajere, ca parte a covorului vegetal și variabilele microclimatice se modifică în condiții diferite de altitudine	30
4.2.1. Caracterizarea diversității și distribuției speciilor din stratul erbaceu, inclusiv a fracțiunii furajere, în condiții diferite de altitudine	30
4.2.2. Dinamica variabilelor de microclimat în condiții diferite de altitudine	34
4.2.3. Efectul variabilelor de microclimat asupra compoziției și diversității speciilor ierboase, inclusiv furajere, în condiții diferite de altitudine.....	41
4.3. Identificarea modului în care compoziția și diversitatea speciilor furajere, ca parte a covorului vegetal și variabilele microclimatice se modifică în ecosisteme distincte	46
4.3.1. Caracterizare diversității și distribuției speciilor în ecosisteme distincte (pajiște, margine exterioară și interioară pădurii și ecosistemul de pădure)	46
4.3.2. Dinamica variabilelor de microclimat în condiții diferite de ecosisteme (pădure-pajiște-margine internă-margine externă)	47
4.3.3. Efectul variabilelor de microclimat asupra compoziției și diversității speciilor din ecosisteme distincte	54
4.4. Identificarea și descrierea variabilității genetico-moleculară la genotipurile de <i>Trifolium pratense</i> din rezervația Codrul Secular Slătioara	56
4.5. Identificarea și prioritizarea speciilor de plante cu valoare furajeră în vederea conservării (ca resursă genetică importantă)	59
4.6. Propunerea unor măsuri de monitorizare și conservare a speciilor furajere prioritizate	61
4.6.1. Măsuri de monitorizare	61
4.6.2. Măsuri de conservare	61
CAPITOLUL V. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI RECOMANDĂRI...63	
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	70

Mulțumiri

În primul rând, doresc să-mi exprim profunda recunoștință față de coordonatorul meu științific, prof. univ. dr. ing. Laura BOURIAUD, pentru îndrumarea și sprijinul acordat pe parcursul întregului proces de cercetare. Sub îndrumarea sa, am reușit să îmi dezvolt gândirea critică și să îmi structurez ideile într-un mod logic, în vederea realizării acestei lucrări, dar și să devin un cercetător independent.

De asemenea, mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare: CS I dr. biolog Silvia STRĂJERU, conf. univ. dr. ing. Anca MĂCIUCĂ, șef lucrări dr. ing. Cezar TOMESCU, pentru sugestiile valoroase și comentariile constructive, care au contribuit semnificativ la îmbunătățirea acestei teze.

De asemenea, aș dori să mulțumesc domnului prof. dr. ing. CURTU Alexandru Lucian, decanul Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere din cadrul Universității Transilvania din Brașov, pentru ajutorul acordat în procesarea probelor de trifoi roșu și analizarea structurii genetice a acestora și pentru interpretarea datelor statistice.

Mulțumiri sincere referenților tezei de doctorat, respectiv prof. univ. dr. ing. Cătălin-Constantin ROIBU, prof. univ. dr. ing. Alexandru Lucian CURTU, CS I dr. ing. Cristian Gheorghe SIDOR și conf. univ. dr. ing. Mihai-Leonard DUDUMAN, pentru eforturile acestora de a analiza teza și pentru sugestiile oferite pentru a o îmbunătăți.

Doresc să mulțumesc în mod special domnului prof. univ. dr. ing. Cătălin-Constantin ROIBU, care mi-a făcut onoarea să accepte să fie președintele comisiei de doctorat.

Aș dori să aduc mulțumiri prietenilor și colegilor mei, CS III Blaga Dumitru Dorel și ing. Ciobăniței Cezar, pentru contribuția lor esențială la cercetarea de teren din rezervația Codrul Secular Slătioara. Activitatea în teren, deși foarte solicitantă și plină de provocări, a fost posibilă datorită sprijinului, cooperării și expertizei lor valoroase. Le sunt profund recunoscător pentru asistența profesională oferită, care a fost fundamentală pentru realizarea acestei lucrări.

Nu în ultimul rând, doresc să mulțumesc familiei și prietenilor mei, pentru înțelegerea și susținerea necondiționată pe parcursul acestor ani, în care am dedicat mult timp și energie acestui proiect. Această realizare nu ar fi fost posibilă fără contribuția fiecăruia dintre voi. Vă sunt recunoscător tuturor.

Vă mulțumesc!

Drd. Marius Dan Șandru

Introducere

În ecosistemele forestiere, deși arborii constituie cea mai mare parte a biomasei vii, plantele din stratul erbaceu prezintă un rol esențial în diversitatea acestor ecosisteme, în procesele ecosistemice și în conservarea acestora (Gilliam 2014). Astfel, stratul ierbaceu reprezintă mai puțin de 1% din biomasa pădurii, dar poate conține 90% sau mai mult din speciile de plante din pădure și poate contribui cu până la 20% din compoziția și structura literei pădurii care are în general un conținut mai mare de nutrienți decât cea a arborilor.

Mai mult, în cadrul stratului erbaceu sunt prezente o multitudine de interacțiuni biotice (Whigham 2004; Gilliam 2014) care pot acționa ca filtre biotice pentru regenerarea naturală a pădurii (Royo și Carson 2008), influențează procesele de regenerare naturală a ecosistemelor forestiere prin interacțiunile complexe cu semințișul și puieții speciilor lemnoase (Holeksa, 2003). Vegetația ierboasă din stratul inferior al pădurii are un rol esențial în menținerea funcțiilor ecosistemului și în păstrarea diversității biologice (Landuyt et al., 2019).

Astfel, biodiversitatea joacă un rol crucial în reziliența și stabilitatea ecosistemelor, acționând ca un mecanism de asigurare naturală. Conform lui Walker (1992), această funcție de „asigurare” a biodiversității sunt două aspecte principale: protecție împotriva schimbărilor dramatice, astfel, o diversitate mare de specii poate amortiza impactul perturbărilor majore asupra ecosistemului, când unele specii sunt afectate negative, altele pot compensa, menținând funcțiile ecosistemului; menținerea stabilității sistemului, astfel, varietatea de specii și interacțiunile dintre ele contribuie la păstrarea unui echilibru dinamic în ecosistem și permite o adaptare la schimbări fără a suferi modificări fundamentale în structură sau funcție.

Biodiversitatea poate influența rezistența ecosistemelor la diverse niveluri, de la cel genetic până la cel al peisajului (Thompson et al., 2009). De exemplu, comunitățile cu o diversitate mare de specii au o probabilitate mai mare de a include specii care oferă rezistență la perturbări, deoarece, pe măsură ce numărul de specii crește, crește și șansa ca una dintre ele să aibă trăsături care le permit să se adapteze la un mediu în schimbare (Oliver et al., 2015).

Astfel, unele specii au caracteristici similare sau identice și răspund asincron la schimbările de mediu (fenomen cunoscut ca redundanță ecologică), ceea ce contribuie la menținerea stabilității sistemului în timpul perturbărilor (Elmqvist et al., 2003; Walker, 1992).

Speciile furajere sunt esențiale nu doar pentru alimentația animalelor, ci și pentru sănătatea mediului înconjurător, acestea contribuie semnificativ la producția de hrană și fibre, dar impactul lor pozitiv se extinde mult dincolo de acest aspect. Comunitățile de plante furajere sunt responsabile pentru generarea oxigenului necesar vieții pe Pământ, prin procesul de fotosinteză, aceste plante absorb dioxidul de carbon din atmosferă și eliberează oxigen, contribuind astfel la purificarea aerului, aceasta fiind o funcție vitală, având în vedere problemele globale legate de poluare și schimbările climatice.

De asemenea, plantele furajere au un rol crucial în prevenirea eroziunii solului, astfel terenurile cultivate sunt mai susceptibile la eroziune, având cu 10-50% mai multe șanse să fie afectate comparativ cu pășunile și pajiștile de furaje deoarece, rădăcinile plantelor furajere ajută la stabilizarea solului, reducând riscul ca acesta să fie spulberat sau spălat de apă.

Un alt exemplu al utilității acestor specii cu valoare furajeră este reprezentat de faptul că plantele furajere oferă hrană și adăpost faunei sălbatice, astfel diverse specii de animale depind de aceste ecosisteme pentru supraviețuire, iar diversitatea plantelor furajere contribuie la menținerea biodiversității în regiunile respective.

Mai mult de atât, în ultimele 4-5 decenii, amelioratorii de plante au adus contribuții importante la productivitatea animalelor prin dezvoltarea de soiuri furajere cu randament ridicat, cu toleranțe la stresul biotic și abiotic (Miles et al., 2006; Miles și Hare, 2007; Aguirre et al., 2013; Cardoso et al., 2013; Rao et al., 2016; Hernandez et al., 2017; Abd El-Naby et al.,

2019).

În acest sens, creșterea randamentelor acestor culturi furajere poate contribui semnificativ la sporirea disponibilității și accesibilității produselor zootehnice, aceasta, la rândul său, poate diminua presiunea asupra resurselor de teren, care devin tot mai limitate, permițând astfel o densitate mai mare a efectivelor pe pășunile existente.

În concluzie, furajele joacă un rol multifuncțional esențial atât în producția agricolă cât și în protecția mediului natural, acestea nu doar că susțin alimentația animalelor, dar contribuie activ la menținerea echilibrului ecologic prin producția de oxigen, prevenirea eroziunii solului, menținerea sedimentelor curate în ape, furnizarea unui habitat pentru fauna sălbatică și îmbunătățirea esteticii peisagistice.

CAPITOLUL I. STADIUL CUNOȘTIȚELOR

1.1. Protejarea biodiversității specifice, structurale și genetice

Conform Dicționarului de Biologie Oxford (1999), biodiversitatea este definită astfel: „marea varietate de specii (diversitatea speciilor) sau de alți taxoni de plante, animale și micro-organisme existente într-un habitat, diversitatea biocenozelor dintr-o anumită regiune (diversitate ecologică) sau variabilitatea genetică din cadrul unei specii (diversitate genetică)” (Martin și Hine, 2015).

Astfel, se evidențiază patru nivele de organizare ale biodiversității: diversitatea genetică (variabilitatea intraspecifică), diversitatea specifică (alpha (α) - diversitatea locală (în biocenoză); beta (β) - diversitatea de-a lungul unui gradient; delta (δ) - diversitatea geografică), diversitatea ecosistemelor (diversitatea gamma (γ) – diversitatea ecosistemelor componente; diversitatea epsilon(ϵ) – diversitatea regională și macroregională a ecosistemelor) și diversitatea antropică (care face referire la diversitatea etnică, culturală și lingvistică a comunităților umane) (Nora et al., 2020).

Conservarea biodiversității și menținerea ecosistemelor naturale cât mai apropiate de starea lor inițială, neperturbată, reprezintă obiectivele principale ale înființării și managementului ariilor naturale protejate. În aceste sens, ariile protejate vizează protejarea unui eșantion reprezentativ al diversității biologice (specii, habitate, ecosisteme) dintr-o anumită regiune biogeografică, prin menținerea proceselor și funcțiilor ecologice naturale, a structurii și compoziției cât mai puțin afectate de impactul antropic (Brady, 2018; De Miguel, 1994; Stoiculescu, 1995; Cristea et al., 1996).

Cu toate acestea, utilizarea exclusivă a diversității (indiferent cum este măsurată - bogăție de specii, indici etc.) ca unic criteriu pentru fundamentarea deciziilor de conservare a naturii are limitări semnificative.

Cercetătorii și conservatoriștii folosesc adesea nivel local, criterii suplimentare pentru a determina prioritățile de conservare. Printre acestea se numără evaluarea diversității genetice și identificarea speciilor indicatoare. Aceste abordări permit o focalizare mai precisă a eforturilor de conservare, conform lui Balram (2004).

În contextul regional și global, stabilirea zonelor prioritare pentru protejarea biodiversității se bazează pe mai multe criterii cheie precum numărul de specii prezente (bogăția speciilor), prezența speciilor rare, gradul de endemism (specii unice unei anumite zone), reprezentativitatea ecosistemelor, complementaritatea cu alte zone protejate.

Aceste criterii ghidează strategiile de conservare la scară largă, permițând o alocare mai eficientă a resurselor și eforturilor de protecție a naturii. Această abordare este susținută de cercetări precum cele ale lui Myers et al., 2000; Woodhouse et al., 2000; precum și Kier et al., 2001.

În arealele slab cercetate din punct de vedere științific, conceptul de reprezentativitate poate fi mai util decât cel de diversitate, cel puțin inițial, deoarece, reprezentativitatea vizează conservarea unui eșantion mai omogen al tuturor tipurilor de habitate/ecosisteme dintr-o regiune, indiferent de diversitatea lor actuală cuantificată (Moss, 1991). Această abordare permite evitarea riscului de a neglija anumite tipuri de habitate valoroase dar cu diversități aparent mai reduse, asigurând astfel conservarea diversității ecologice generale.

Abordarea conservării la nivel regional este esențială pentru protejarea biodiversității, în acest sens trebuie acordată atenție atât ecosistemelor dominante și abundente, cât și celor mai puțin comune. Comunitățile vegetale rare, fragmentate sau de dimensiuni reduse, deși adesea trecute cu vederea, pot fi de o importanță deosebită. Aceste așa-numite habitate „reziduale” pot adăposti specii unice, endemice pentru zona respectivă. Prin urmare, strategiile de conservare ar trebui să ia în considerare întregul mozaic de ecosisteme dintr-o regiune, indiferent de dimensiunea sau prevalența lor, pentru a asigura protecția completă a biodiversității locale.

Criteriul unicității, alături de raritate și gradul de amenințare, joacă un rol crucial în stabilirea priorităților pentru conservarea speciilor amenințate. Strategiile mondiale de conservare, cum ar fi cele elaborate de IUCN, oferă un cadru esențial pentru protejarea biodiversității, asigurând că resursele și eforturile sunt direcționate către speciile și habitatele cu cea mai mare nevoie. Conservarea speciilor unice și endemite este vitală pentru menținerea diversității biologice și ecologice la nivel global (Margueles și Usher, 1981).

Suprafața reprezintă un alt criteriu extrem de important în fundamentarea strategiilor și acțiunilor de conservare a biodiversității pe termen lung și pentru prevenirea extincției cauzate de izolarea și fragmentarea habitatelor. Dimensiunea arealelor și habitatelor are implicații majore asupra numărului de specii care pot fi protejate, precum și asupra ratelor de extincție și cerințelor specifice ale diverselor specii. Designul și dimensionarea rezervațiilor naturale trebuie să țină cont de suprafețele necesare pentru conservarea tuturor speciilor țintă, precum și de interconectivitatea dintre coridoarele și rețelele de habitate, care sunt esențiale pentru facilitarea dispersiei și a menținerii biodiversității pe arii extinse (Margueles și Usher, 1981; Kimmins, 1987; Hansen, 1992; Mooney, 1996; Peters, 1998).

1.2. Istoricul cercetărilor din regiunea luată în studiu

Studiile și cercetările floristice în Moldova au o istorie de aproximativ două secole. Inițial, acestea erau empirice și de caracter general, dar treptat au devenit, din ce în ce, mai elaborate și s-au concentrat pe teritorii mai restrânse.

În ceea ce privesc studiile floristice, acestea au documentat numeroase specii de plante, inclusiv specii rare și endemice, contribuind la inventarierea și monitorizarea biodiversității vegetale din Moldova, iar cercetările asupra vegetației au oferit informații valoroase despre evoluția vegetației în timp, evidențiind schimbările în compoziția floristică și impactul factorilor antropici și naturali.

O gamă largă de studii care se concentrează pe floră și vegetație au fost realizate în Moldova de-a lungul timpului, contribuind semnificativ la cunoașterea și conservarea diversității botanice a regiunii.

În lucrarea realizată de Duduman et al. (2010), „The influence of competition and dimensional spatial characteristics of trees on their radial growth in Old-Growth Slătioara forest” s-a determinat modul în care creșterile radiale ale arborilor din arborete cu structuri pluriene naturale sunt influențate de o serie de elemente structurale dar și de unele caracteristici biometrice ale arborilor.

Jalubă (2010), prin lucrarea sa „The Influence of stational factors over indicator species”, au fost analizate legăturile directe dintre vegetația erbacee și pH-ul solului, luând în considerare și alte elemente staționale (altitudinea, rețeaua hidrografică, microtopografia și unele elemente de climă).

Duduman et al. (2014) analizează, în lucrarea „Variabilitatea dimensională a arborilor și diversitatea florei vasculare în amestecuri de rășinoase cu fag din rezervația Codrul Secular Slătioara”, relația dintre diversitatea structurală a etajului arborilor și diversitatea compozițională a plantelor vasculare dintr-un arboret cu tipul de habitat: R4101 păduri sud-est carpatice de molid (*Picea abies* L.), fag (*Fagus sylvatica* L.) și brad (*Abies alba* Mill.) cu *Pulmonaria rubra* L. din Codrul Secular Slătioara.

Alte lucrări realizate în Codrul Secular Slătioara au fost realizate de Jalubă (2013), „Cercetări asupra relației dintre structura pădurii și regenerarea naturală în Codrul Secular Slătioara” și Ion Popescu-Sireteanu: Vasile Diacon, „Codrul Secular Slătioara, perlă pe Suha bucovineană”.

Dănilă et al. (2013) în lucrarea „A dendroecology analysis in Slătioara ancient forest of disturbance dynamics” din anul 2013, au analizat un model dendroecologic, prin care au urmărit perturbările și dinamica ecosistemului în timp pentru a explora relația dintre variabilitatea

climei și creșterea arborilor.

Tomescu, prin studiile și cercetările de teren întreprinse în perioada 2000 - 2005, a sporit inventarul floristic din bazinul Sucevei cu încă 237 de specii, 38 de subspecii și 4 varietăți. Din totalul taxonilor cuprinși în conspect, 192 de specii, 6 subspecii și 4 varietăți nu au fost regăsite ca urmare a cercetărilor de teren efectuate în zona studiată.

Având în vedere lucrările enumerate mai sus, se poate concluziona că eforturile de cercetare și studiu în zona Sucevei și mai ales în rezervația Codrul Secular Slătioara, s-au concentrat, în principal, pe studiul ecosistemelor de pajiște sau de pădure. Astfel, nu s-au identificat studii floristice sau ecologice a ecosistemelor de tranziție, între pajiște și pădure, ecosisteme prezente în această rezervație.

Majoritatea lucrărilor științifice existente fac referire la regiunea mai largă a Bucovinei sau a județului Suceava în ansamblul său, dar, relativ, puține abordează în mod direct și specific zona cercetată în acest studiu. În consecință, este evidentă necesitatea unor eforturi suplimentare de cercetare și inventariere a fitodiversității în ecosistemele din Codrul Secular Slătioara, ceea ce se realizează prin studiul de față.

Unul dintre avantajele conservării *in situ* este că permite fitotaxonilor să rămână dinamici din punct de vedere genetic și să continue să evolueze ca răspuns la selecția naturală și artificială, îmbunătățindu-le astfel capacitatea de adaptare la mediile în care aceștia se întâlnesc (Bohra et al., 2022).

1.3. Importanța și răspândirea speciilor cu valoare furajeră

Gramineele au cerințe mai mari față de apă comparativ cu o mare parte a plantelor cultivate, acest fapt datorându-se regenerării multiple în cursul perioadei de vegetație. Majoritatea gramineelor au frunze lungi și înguste, care formează o suprafață mare de expunere la lumină, cu un nivel ridicat al transpirației, ceea ce înseamnă că plantele au nevoie de o cantitate mai mare de apă pentru a-și menține procesele fiziologice. (Vîntu et al, 2004; Rotar și Carlier, 2010).

Gramineele perene au o perioadă de vegetație mai lungă decât cerealele anuale, ceea ce înseamnă că necesită apă pentru o perioadă mai mare de timp pe parcursul anului pentru a-și menține creșterea și activitatea metabolică (Jans, 1982; 1986).

Majoritatea gramineelor perene sunt adaptate la o gamă variată de temperaturi și sunt capabile să suporte atât temperaturile scăzute din timpul iernii, cât și temperaturile ridicate din timpul verii. Rezistența la temperaturi scăzute este influențată de diverse însușiri biologice și de modul în care plantele exploatează aceste caracteristici.

Leguminoasele cuprind o gamă foarte largă de specii, răspândite pe tot globul, incluzând forme erbacee, arbuști și arbori, fiecare cu caracteristici unice și adaptări la diferite medii pedo-climatice. Un număr de aproximativ 670 – 750 de genuri, cu peste 18 000 de specii sunt prezente în pășuni, păduri și sisteme agro-forestiere.

O caracteristică distinctivă a leguminoaselor este abilitatea lor de a forma simbioză cu bacteriile fixatoare de azot din sol, cum ar fi *Rhizobium*, proces care permite preluarea azotului atmosferic și transformarea într-o formă utilizabilă de către plante, contribuind astfel la îmbogățirea solului cu azot și la creșterea fertilității acestuia. Acest aspect face din leguminoase plante importante în rotația culturilor și în agricultura durabilă.

Prin urmare, leguminoasele au o importanță ecologică și economică semnificativă fiind esențiale, atât pentru agricultură, cât și pentru conservarea mediului înconjurător.

Valoarea furajeră este o noțiune complexă, care ia în considerare următoarele aspecte: compoziția chimică, gradul de consumabilitate; palatabilitatea (acceptanța animalelor); digestibilitatea, procentul de frunze și tulpini, pilozitatea organelor plantei și felul ei, gradul de toxicitate etc (Vîntu et al, 2004; Rotar și Carlier, 2010).

Speciile consumate de animale sunt caracterizate prin: conținut ridicat în proteină,

palatabilitate sporită, digestibilitate ridicată, ritmul de îmbătrânire este mai lent și prezintă o elasticitate mare a gradului de folosință, pretându-se la recoltarea în la faze fenologice târzii (Jans, 1982; 1986).

Factorii agronomici, integrați într-un management practic particular, pot aduce informații suplimentare, deosebit de utile în explicarea compoziției floristice și abundenței sau dimpotrivă a minimei prezențe a anumitor specii, care concură la formarea covorului ierbos (Vîntu et al, 2004).

Factorii agronomici sunt reprezentați de toleranța la perturbațiile mecanice și valoarea furajeră. Cunoașterea toleranței speciilor la presiunile (perturbațiile) mecanice (toleranța la cosit, strivit și pășunat) este esențială în elaborarea managementului practic pentru anumite ecosisteme de pajiști cu statut special de conservare și nu numai (Vîntu et al, 2004).

Strategiile actuale de conservare a plantelor tind să neglijeze variabilitatea genetică intra și inter populațională a speciilor cultivate în sistemul agricol tradițional. Prin acest studiu, propunem o nouă metodă de conservare, focalizată pe speciile furajere și a rudelor lor sălbatice și în care ținem cont de diversitatea lor genetică în diverse ecosisteme.

Speciile sălbatice înrudite cu plantele cultivate (CWR) care au legături genetice cu speciile cultivate utilizate în alimentație, ca furajare sau diverse aplicații agricole, nu sunt neapărat cele mai vulnerabile și nu necesită conservarea. Cu toate acestea, menținerea variabilității lor genetice, atât în cadrul speciilor cât și între specii, este crucială pentru progresul viitor al ameliorării plantelor, conform lui Dempewolf et al., 2017. În plus, aceste specii sălbatice (spontane), spre deosebire de cele domestice, nu au fost supuse unei presiuni stricte de selecție antropică, dar, prin evoluție, au fost expuse și adaptate la condiții meteorologice extreme și schimbătoare ceea ce le conferă acestor specii un grad mare de adaptabilitate la condiții climatice diferite și o prezență mai diversă în ecosisteme distincte ca structură și funcție.

În ceea ce privește prezența speciilor furajere în Codrul Secular Slătioara, Ștefureac și Raclaru (1978) în studiul *Considerații asupra caracterului Florei din rezervația Plaiul Todirescu — Slătioara (Bucovina)* au identificat o serie de specii cu valoare furajeră în ecosistemul practic al plaiului Todirescu: *Fragaria vesca*, *Potentilla erecta*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Trifolium montanum*, *Trifolium pratense*, *Trifolium alpestre*, *Trifolium pannonicum*, *Anthyllis vulneraria*, *Lotus corniculatus*, *Vicia cracca*, *Vicia sepium*, *Lathyrus pratensis*, *Lathyrus vernus*, *Pimpinella major*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago media*, *Plantago lanceolata*, *Galium verum*, *Achillea millefolium*, *Leontodon autumnalis*, *Leontodon hispidus*, *Taraxacum officinale*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca rupicola*, *Brachypodium pinnatum*, *Poa annua*, *Poa alpina*, *Poa nemoralis*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Cynosurus cristatus*, *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Agrostis tenuis*, *Phleum pratense*, *Phleum pheoides*, *Phleum alpinum* și *Anthoxanthum odoratum*.

Mititelu et al. (1979) în lucrarea „Cercetări sinecologice în rezervația Codrul Secular Slătioara – Jud. Suceava”, a identificat speciile furajere din ecosistemul de pădure: *Festuca rubra*, *Festuca pratensis*, *Festuca rupicola*, *Fragaria vesca*, *Plantago media*, *Poa nemoralis*, *Potentilla erecta*, *Poa trivialis*, *Lotus corniculatus*, *Taraxacum officinale*, *Deschampsia caespitosa*, *Lathyrus vernus*, *Molinia coerulea*.

Oprea și Sîrbu (2012, 2013) în lucrarea *The Vascular flora of Rarău Massif (Eastern Carpathians, Romania). Note I și Note II* au semnalat prezența unor specii furajere în ecosistemul de pădure din rezervația Codrul Secular Slătioara: *Symphytum cordatum*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca heterophylla*, *Poa nemoralis*, *Brachypodium sylvaticum*, *Festuca rubra*, *Poa nemoralis*, *Potentilla erecta*, *Lathyrus vernus*, *Trifolium hybridum*, *Trifolium medium*, *Trifolium montanum*, *Trifolium repens*, *Vicia sepium*, *Carum carvi*, *Fragaria vesca*,

În ecosistemul de pajiște din plaiul Todirescu au identificat prezenta speciilor furajere:

Galium verum, *Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Leontodon hispidus*, *Taraxacum officinale*, *Anthoxanthum odoratum*, *Festuca nigrescens*, *Festuca rupicola*, *Festuca supina*, *Trifolium pannonicum*, *Vicia sativa* var. *cordata*, *Carum carvi*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *vulneraria*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*, *Lathyrus pratensis*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium alpestre*, *Vicia cracca*, *Vicia sepium*, *Fragaria vesca*, *Astragalus cicer*, iar în zona de liziera: *Astragalus cicer*, *Lathyrus vernus*, *Trifolium aureum*, *Trifolium pratense*.

CAPITOLUL II. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE LUCRĂRII

2.1. Scopul cercetării

Prezentul demers științific are ca scop principal ameliorarea și îmbogățirea cunoștințelor cu privire la speciile de plante (furajere) din rezervația Codrul secular Slătioara, prin analiza biodiversității, a modelelor de distribuție și a relației dintre variabilele de microclimat și modelele de distribuție a speciilor respective.

S-a urmărit de asemenea completarea acestui tablou de ansamblu cu evidențierea unor aspecte legate de variabilitatea genetică intra-și inter-populațională a speciei furajere *Trifolium pratense* L. (care a fost aleasă pentru analizele genetice datorită valențelor ei ecologice exprimate prin prezența ei în toate ecosistemele din aria de studiu, ce denotă o amplă plasticitate ecologică și o adaptare la o gamă largă a condițiilor de sol și de mediu, precum și datorită valențelor economice); toate aceste informații sunt esențiale în inițierea unui sistem de monitorizare sistematică și în propunerea unor măsuri de conservare specifice pentru speciile studiate

2.2. Obiectivele care au condus la atingerea scopului propus sunt următoarele:

1. Determinarea structurii calitative a fitocenozelor plantelor furajere, ca parte a covorului vegetal, din patru tipuri de ecosisteme (pădure-pajiște-margine internă-margine externă) din rezervația Codrul Secular Slătioara;
2. Identificarea modului în care compoziția și diversitatea speciilor furajere, ca parte a covorului vegetal și variabilele microclimatice se modifică în condiții diferite de altitudine;
3. Identificarea modului în care compoziția și diversitatea speciilor furajere, ca parte a covorului vegetal și variabilele microclimatice se modifică în ecosisteme diferite (pădure-pajiște-margine internă-margine externă);
4. Identificarea și descrierea variabilității genetico-moleculare la genotipurile de *Trifolium pratense* (trifoi roșu) din rezervația Codrul secular Slătioara;
5. Identificarea și prioritizarea speciilor de plante cu valoare furajeră în vederea conservării (ca resursă genetică importantă);
6. Propunerea unor măsuri de monitorizare și conservare a speciilor furajere prioritizate.

Cuvinte cheie: variabile microclimatice, gradient altitudinal, variabilitate genetică, diversitate, specii furajere, strat erbaceu.

Listă de abrevieri

ADN	Acidul dezoxiribonucleic
ADNcp	ADN cloroplastic
ANOVA	Analiza de varianță unifactorială
ccmp4	Microsateliți cloroplastici
ccpm10	Microsateliți cloroplastici
ccmp7	Microsateliți cloroplastici
CBD	Convenția privind Diversitatea Biologică
CCA	Analiza canonică a corespondențelor
CGr	Orizontul de roca gleică
CINB	Codul Internațional de Nomenclatură Botanică
CWR	Rude sălbatice ale plantelor de cultură
D	Indicele Simpson
DR	Densitatea relativă
Da	Indicele de diversitate Margalef

Db	Indicele de diversitate Menhinick
E	Uniformitatea
FM ₃	Etajul montan de molidișuri
FM ₂	Etajul montan de amestecuri
FR	Frecvența relativă
GPS	Sistemul de poziționare globală
H'	Indicele Shannon-Weaver
H _{aer}	Umiditatea aerului
H _{sol}	Umiditatea solului
IUCN	Uniunea Internațională pentru Conservarea Nat
IVI	Indicele valorii de importanță
LDA	Analiza Discriminantă Liniară
LD	Coeficient discriminant liniar
LSD	Diferența cea mai mică semnificativă
MAREXT	Margine exterioară pădurii
MARINT	Margine interioară pădurii
MARINT_A	Marginea interioară pădurii de la altitudine <1200 m
MAREXT_A	Marginea exterioară pădurii de la altitudine <1200 m
MARINT_B	Marginea interioară pădurii de la altitudine >1000 m
MAREXT_B	Marginea exterioară pădurii de la altitudine >1000 m
MANOVA	Analiza multivariată a varianței
ONU	Organizația Națiunilor Unite
O.S.	Ocol silvic
PADURE	Pădure
PAJISTE	Pajiște
PADURE_A	Pădurea de la altitudine <1200 m
PAJISTE_A	Pajiștea de la altitudine <1200 m
PADURE_B	Pădurea de la altitudine >1000 m
PAJISTE_B	Pajiștea de la altitudine >1000 m
PAR	Radiația activă fotosintetic
PC	Componente principale
PCA	Analiza componentelor principale
Pop_1	Populația colectată din zona pârâului Cregii
Pop_2	Populația colectată din zona Muntele Diacu
Pop_3	Populația colectată din zona plaiul Todirescu
SCI	Situl de Importanță Comunitară
U.P.	Unitatea de producție
SPA	Zone de protecție specială
T _{aer}	Temperatura aerului
T _{sol}	Temperatura solului
Tukey HSD	Test de diferență semnificativă
UNESCO	Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură
Valoarea F	Raportul dintre varianța dintre mediile grupului (semnal) și varianța în cadrul fiecărui grup (zgomot)
Valoare Pr(>F)	Semnificația statistică a diferențelor observate între mediile grupului
WIND	Intensitatea vântului

CAPITOLUL III. MATERIAL ȘI METODE DE CERCETARE

3.1. Material

Materialele utilizate pentru colectarea datelor destinate elaborării inventarelor floristice includ: bandă de nailon pentru delimitarea transectului și a suprafețelor de probă de 4 m², GPS (Global Position System) pentru localizarea în teren a transectelor. Pentru alcătuirea ierbarului s-au folosit: presă de teren, hârtie absorbantă, busolă, clinometru, foarfecă și caiet de înregistrare a datelor din teren (date floristice și ale variabilelor microclimatice).

Probele biologice vegetale (frunze tinere de trifoi roșu) s-au recoltat în pungi de plastic cu fermoar și silicagel ISOLAB, cu indicator de culoare, în vederea monitorizării nivelului de saturație al umidității, când culoarea portocalie a mărgelilor de siliciu - gel se transformă în alb.

În analizele moleculare ale probelor de trifoi roșu au fost utilizate echipamente specifice: tuburi sterile, pipete automate, kit extracție ADN, vârfuri sterile, suporturi reci, centrifugă, eprubete etc.

3.2. Metodologie de cercetare

3.2.1. Metoda de eșantionare și amplasare a suprafețelor de probă în zonele de studiu

Pentru îndeplinirea obiectivelor cercetărilor, de cunoaștere a distribuției speciilor vasculare ierboase și de cuantificare a variabilelor de microclimat din ecosisteme prezente în aria de studiu, s-au selectat în șase zone pe linia de demarcație a rezervației, care cuprind atât ecosisteme de pădure cât și de pajiște (Figura 1.a).

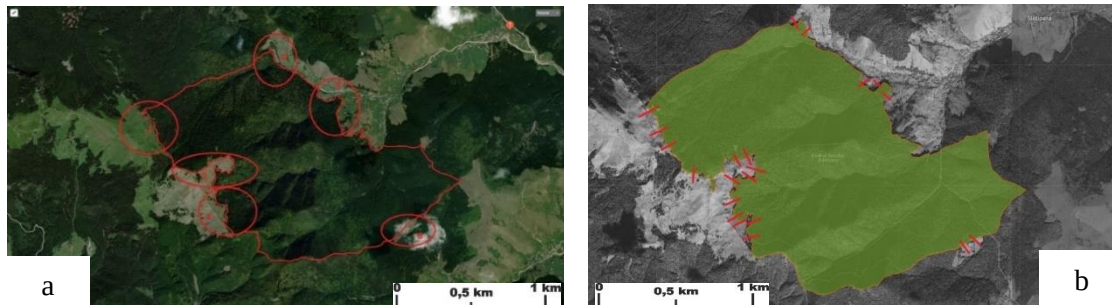


Figura 1. a) Localizarea zonelor de studiu b) Amplasarea transectelor în zonele de studiu

Amplasarea, numărul și dimensiunea suprafețelor de probă răspund scopului și obiectivelor studiului, datele obținute permițând analiza prin metode statistice relevante. În perioada 2020 - 2022 au fost amplasate 21 de transecte în cele șase zone țintă din rezervația Codrul Secular Slătioara (Figura 1.b).

Pentru analiza structurii orizontale a fitocenozelor (comunităților vegetale) din ecosistemele țintă s-au utilizat metoda specifică, detaliată în cele ce urmează.

Date precise privind distribuția și compoziția vegetației s-au obținut prin metoda de eșantionare a transectelor liniare tip bandă, ceea ce a presupus trasarea unei linii (transect) prin ecosistemul țintă, dinspre pajiște spre interiorul pădurii.

Pentru studiile detaliate privind speciile ierboase (furajere) și variabilele de microclimat din ecosistemele din rezervație s-au delimitat patru tipuri de habitate: pajiște - până la 30 m în pajiște, liziera externă a pădurii - 5 m în exterior, de la linia de demarcație a lizierei, liziera internă - 5 m în interiorul pădurii de la linia lizierei și interiorul pădurii - până la 125 m în profunzimea pădurii (Figura 2.)

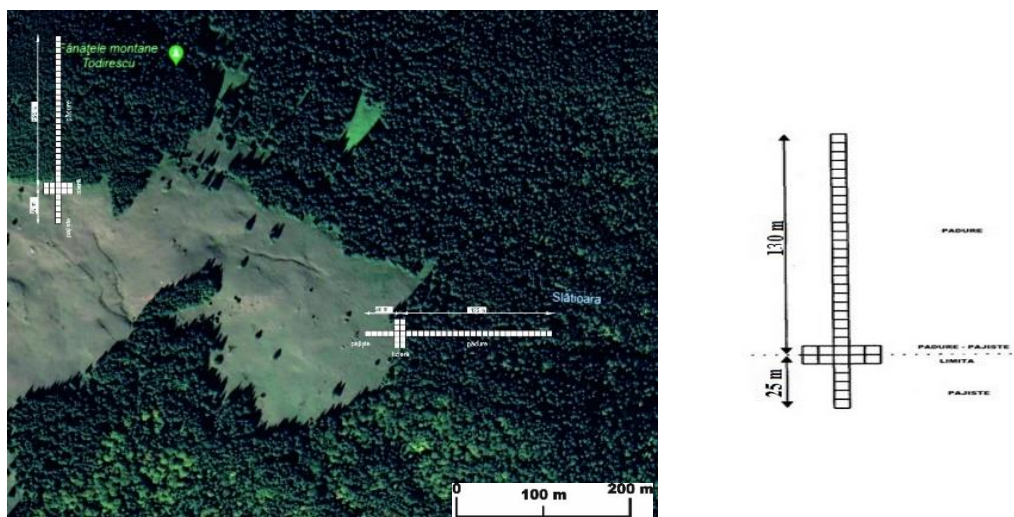


Figura 2. Dispunerea suprafețelor de probă în transect și poziționare pe zona de inventariere

Fiecare transect are forma unei cruci și conține câte 39 de suprafețe de probă, de 2 x 2 m și numerotate progresiv, de la lizieră spre interiorul pădurii și spre pajiște.

3.2.2. Metode și tehnici de înregistrarea variabilelor microclimatice și a datelor topografice

Pentru o acoperire statistică unitară, toate variabilele de microclimat s-au înregistrat în fiecare din cele 819 suprafețe de probă, de 4 m², ale celor 21 de transecte amplasate în cele șase zone de studiu.

Toate măsurătorile au fost înregistrate în timpul zilelor cu condiții meteorologice similare de cer însoțit sau puțini nori, într-un interval de timp de 4 zile, în lunile iunie, iulie și august, între orele 11:00 și 15:00, pentru a obține date uniforme și comparabile.

Datele topografice respectiv, aspectul, expoziția, înclinarea versantului, altitudinea și coordonatele geografice s-au măsurat cu ajutorul unui clinometru și a GPS-ului Garmin 60.

Intensitatea luminii a fost notată la lumină continuă timp de 30s, folosind un luxmetru digital portabil de mână (Luxmetru digital Voltcraft MS-1300, interval 0.1 - 50000 lx), cu senzorul, întotdeauna, plasat orizontal, la 1,8 m deasupra solului, pentru a evita umbra operatorului (Aude și Lawesson, 1998). Pentru conversia intensității luminii măsurate în radiația activă fotosintetic s-a folosit echivalența pentru lumina solară, 1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s} \approx 54 \text{ lux}$.

Temperatura și umiditatea aerului au fost măsurate la înălțimea de 1,30 m de la nivelul solului, cu un Termo higroanemometru cu elice - Testo 410-2, legat de un stâlp de lemn, plasat în centrul fiecărei parcele și care a fost protejat pentru a evita radiația solară directă asupra senzorilor. La fiecare punct marcat a fost un timp de așteptare, de două până la cinci minute, înainte de a face citiri de temperatură și umiditate și s-a făcut o fotografie a coronamentului folosind o cameră digitală (GoPro H10B Bundle, 5.3K, 23MP), direcționată în sus către coronament, la o înălțime constantă de 1,8 m.

S-au măsurat temperatura și umiditatea solului, la o adâncime de 10 cm, cu un Tester digital 4 in 1 PM-MG-4W1T Powermat PM1038, iar pH-ul solului s-a măsurat cu Testerul digital 4 in 1 PM-MG-4W1T Powermat PM1038. Măsurătorile s-au efectuat în 5 locații diferite în fiecare suprafața de probă (2x2m) din apropierea centrului acesteia. S-a calculat media și s-a obținut o valoare pentru fiecare suprafață de probă în parte.

Viteza vântului a fost luată la o înălțime de aproximativ 2 metri de la sol, cu un Termohigroanemometru cu elice - Testo 410-2, utilizându-se scara Beaufort, prin calcularea mediei valorilor înregistrate pe o durată de 10 minute.

3.2.3. Metode și tehnici de înregistrarea datelor floristice

Inventarierea tuturor speciilor vasculare erbacee, nu doar a speciilor furajere, din ecosistemele luate în studiu, oferă o perspectivă amplă asupra diferențierii și a delimitării fitocenozelor prezente în aceste ecosisteme. În același timp, inventarierea tuturor speciilor prezente în fitocenozele studiate, ajută la identificarea preferințelor speciilor pentru anumite condiții microclimatice și la înțelegerea modului lor de distribuție, în funcție de variabilele de mediu.

Pentru analiza structurii orizontale a fitocenozelor celor patru tipuri de ecosisteme s-a utilizat metoda proiecțiilor orizontale (Cristea et al., 2004), care presupune notarea speciilor întâlnite în fiecare ecosistem și suprafață de probă.

S-au realizat: notarea densității speciilor (numărul de indivizi din fiecare specie), aprecierea abundenței - dominanței speciilor, precum și înregistrarea speciilor incluse în lista roșie (amenințate și aproape amenințate) de pe întreaga suprafață de studiu.

În aprecierea abundenței-domanței speciilor s-a utilizat rama metrică pentru reducerea erorilor datorate subiectivității fiecărui observator, precum și fotografierea unor suprafețelor de probă clar delimitate și s-a calculat raportul dintre suprafața acoperită și cea neacoperită (goală), la care s-a adăugat și suprafața acoperită de speciile edificatoare (Weaver și Clements, 1938; Cristea, 1993).

Pentru determinarea speciilor s-au folosit: Flora RSR, vol I-XIII (1952-1976), Flora ilustrată a României, Ciocârlan (2000, 2009) și Flora Europaea (<http://rbg-web2.rbge.org.uk/FE/fe.html>).

Nomenclatura speciilor spontane identificate a fost actualizată ținându-se cont de Codul Internațional de Nomenclatură Botanică (<https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>), adoptat la cel de al XVII-lea Congres de Botanică de la Viena (2005), cunoscut sub numele de Vienna Code și publicat în 2006. Încadrarea sistematică a speciilor s-a făcut după sistemul de clasificare adoptat de Cristea (2007).

3.2.4. Metode și tehnici de colectarea probelor de *Trifolium pratense*

S-au prelevat probe de material biologic din trei zone cu caracteristici eco-geografice distincte, din punct de vedere al gradientului altitudinal, al condițiilor pedoclimatice și al managementului terenurilor adiacente pădurilor din zonă, ținând cont și de distanța medie dintre zone (Figura 3).



Figura 3. Zonele de colectare a probelor de *Trifolium pratense* (trifoi roșu)

Probele de material biologic recoltat au constat din câte 5 - 10 frunze tinere, proaspete de la un număr de 10 indivizi aleși aleatoriu (care acoperă mai mult de 90% din diversitatea

(epi)genetică totală), iar distanța dintre fitoindivizii a fost de aproximativ 2,0 m, pentru a evita includerea indivizilor care provin din același rizom/clonă, prelevându-se, în total, 30 de eșantioane, câte 10 din fiecare zonă.

După recoltare, care s-a efectuat în iunie, anii 2019 și 2023, probele au fost etichetate, ambalate în pungi de plastic, prevăzute cu silicagel cu indicator de culoare, depozitate apoi, până la extragerea ADN-ului, în laborator, la temperatura camerei.

Distanța dintre zonele de colectare ar trebui să fie de minim 10 km, asta pentru a evita fluxul direct de gene în cadrul aceleiași populații, cunoscându-se faptul că distanța medie a evenimentelor de împerechere sau de dispersie a polenului sau a semințelor, la această specie este destul de mică, de la 10 – 324 m.

3.2.5. Metode și tehnici de colectarea mostrelor de ierbar

Speciile care nu au putut fi identificate în aria de studiu, au fost fotografiate și colectate, presate și etichetate pentru herborizare și identificate cu ajutorul cheilor analitice, al bibliografiilor specializate și al consultărilor cu taxonomiști.

Pentru colectarea mostrelor de ierbar s-a urmat protocolul Kew Royal Botanic Garden, iar materialul floristic colectat, însumat la peste 100 coli de herbar, a fost depus în Herbarul Băncii de Resurse Genetice Vegetale Suceava.

3.3. Analiza statistică a datelor

3.3.1. Analiza plantelor vasculare ierboase

Pentru prelucrarea datelor și realizarea spectrelor bioformelor, geoelementelor, a categoriilor economice și ecologice (în funcție de U, T, R, N, L, K) s-a utilizat Office Excel.

3.3.2. Analiza diversității și abundenței speciilor în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal

Pentru exprimarea diversității fitocenozelor din ecosistemele analizate s-au calculat următorii indici de biodiversitate: Shannon-Weaver, Simpson, Margalef și Menhinick.

Pe baza frecvenței (F%) a fiecărei specii, s-a calculat indicele Shannon-Wiener (H') pentru uniformitatea relativă a speciilor, indicele Simpson (CD) pentru concentrația relativă a dominanței speciilor și indicii de diversitate alfa Margalef (M) au fost măsurate pentru fiecare tip de ecosistem și pentru ambele zone.

Indicii de diversitate ai comunității de plante au fost calculați pe baza valorilor densității sau a numărului total de indivizi ai plantelor în toate transectele și în ambele păduri de altitudine diferită, precum și între cele patru tipuri de ecosisteme.

Indicele Shannon-Weaver (H') exprimă diversitatea compozițională a speciilor dintr-un ecosistem, luând în considerare, atât numărul de specii (bogăția speciilor), cât și abundența relativă a fiecărei specii (echitabilitatea), valoarea lui H' fiind mai mare, când diversitatea este mai mare (Shannon, 1963).

Indicele de diversitate Simpson (D) este tot o măsură a diversității speciilor, dar prezintă o mai mare sensibilitate la schimbările în abundența speciilor comune, în timp ce receptivitatea la speciile rare este mai mică. Există o corelație negativă între valoarea acestui indice și diversitate, deoarece este mică probabilitatea ca două indivizi selectați aleatoriu să aparțină aceleiași specii (Simpson, 1949).

Indicele Margalef ia în considerare atât numărul de specii, cât și numărul total de indivizi observați, astfel acesta este un instrument util în analiza biodiversității, oferind o imagine elocventă a bogăției speciilor în raport cu abundența totală, iar valorile mai mari indică o diversitate mai mare (Thukral, 2017).

Indicele Menhinick oferă o metodă rapidă și simplă de a estima diversitatea speciilor,

fiind util în special în studii comparative sau în evaluări preliminare ale biodiversității (Thukral, 2017).

Acești indici s-au calculat, pentru fiecare tip de ecosistem analizat (pajiște, margine exterioară, margine interioară, interiorul pădurii), precum și pentru fiecare din suprafețele de probă aflate la distanțe diferite față de marginea pădurii (5 suprafețe de probă din pajiște și 24 de suprafețe de probă din interiorul pădurii). În același timp, acești indici de diversitate s-au calculat pentru cele patru ecosisteme, care se întâlnesc la altitudini mai mici de 1000 m (856-998 m) și altitudini mai mari de 1200 m (1244-1480 m).

Pentru a evidenția distribuția speciilor în fitocenozele analizate, s-a utilizat Diagrama Venn, metodă de vizualizare care oferă o reprezentare clară și intuitivă a modului în care speciile se suprapun sau sunt unice în diferite fitocenozes.

În vederea generării profilurilor de diversitate ale fitocenozelor din ecosistemele studiate s-a utilizat analiza varianței unifactoriale (ANOVA), în care s-au folosit ca variabile independente: tipul de ecosistem și gradientul altitudinal, iar ca variabile dependente s-au folosit indicii de diversitate bogăția specifică și indicele Shannon-Weaver. Profilurile de diversitate generate în urma acestei analize, arată cum se schimbă diversitatea măsurată, în funcție de importanța acordată speciilor rare versus cele comune.

3.3.3. Analiza dinamicii variabilelor de microclimat în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal

Pentru evidențierea modelelor de microclimat au fost testate șase variabile ale acestuia, după cum urmează: temperatura și umiditatea aerului și a solului, viteza vântului și intensitatea radiației active fotosintetice. De asemenea, s-a evaluat dinamica variabilelor de microclimat și în raport cu gradientul altitudinal (altitudine < 1000 m și > 1200 m) și cu tipul de ecosistem (pajiște-margine exterioară-margine interioară- pădure).

Analiza de varianță unifactorială (ANOVA) s-a utilizat pentru testarea semnificației efectului variabilelor independente (tipul de ecosistem, gradientul altitudinal), asupra fiecărei variabile dependente (variabilele de microclimat) individual, urmată de metoda Tukey HSD (Honestly Significant Difference Test) care testează simultan toate diferențele dintre perechile de medii ale valorilor variabilelor de microclimat, pentru a determina dacă cel puțin una dintre acestea este diferită semnificativ de zero.

Pentru a examina efectul simultan a unei variabile independente asupra mai multor variabile dependente corelate s-a apelat la analiza multivariată a varianței MANOVA (Multivariate Analysis of Variance). Această analiză oferă o imagine de ansamblu asupra efectului tipului de ecosistem, a gradientului altitudinal și al gradientului de distanță asupra variabilelor de microclimat.

Analiza Discriminantă Liniară (LDA) este o tehnică de clasificare și reducere a dimensiunii care poate fi utilizată pentru a evidenția influența tipului de ecosistem și a altitudinii asupra variabilelor de microclimat luate în studiu. LDA maximizează separarea dintre clase (în acest caz, tipurile de ecosisteme, altitudini diferite) și ajută la identificarea variabilelor de microclimat care contribuie cel mai mult la diferențierea între ecosisteme diferite și altitudini diferite.

În același sens, pentru a vizualiza și evidenția relațiile dintre diferitele variabile de microclimat și tipul de ecosistem și gradientul altitudinal, s-a utilizat tehnica statistică multivariată, Analiza Componentelor Principale (PCA). Analiza PCA implică trei etape principale: analiza de corelație a datelor variabilelor de microclimat, interpretarea vectorilor proprii ale acestor variabile și calculul valorilor sintetice (combinat) ale componentelor principale.

3.3.4. Analiza influenței variabilelor de microclimat asupra structurii calitative a fitocenozelor în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal

Pentru a explora și evidenția relațiile dintre variabilele de microclimat și structura calitativă a fitocenozelor (distribuția și componența speciilor), în raport cu tipul de ecosistem și gradientul altitudinal, s-a aplicat tehnica de ordonare multivariată, Analiza corespondenței canonice (CCA). Această analiză este reprezentată printr-o diagramă de ordonare prin care se vizualizează modelul de variație al comunităților de plante și principalele caracteristici ale distribuției speciilor de-a lungul variabilelor de microclimat, determinându-se astfel relațiile dintre specie și mediu.

3.3.5. Analiza indicelui valorii de importanță (IVI) pentru speciile cu valoare mare furajeră prezente în trei tipuri de ecosisteme (pajiște, liziera pădurii, pădure).

Indicele valorii de importanță (IVI) a fiecărui fitotaxon din fiecare suprafață de probă este calculat ca suma frecvenței relative, a densității relative și a dominanței relative, care descrie dominanța unei specii în întregul transect.

Indicele a fost utilizat pentru a descrie și compara speciile dominante din fiecare tip de ecosistem (pajiște, margine externă, margine internă și pădure) și din fiecare zonă de studiu (șase zone).

Indicele valorii de importanță (IVI) = DR + AR + FR

Densitatea relativă – DR = (Densitatea unei specii)/(Densitatea totală a tuturor speciilor) x100

Acoperirea relativă – AR = (Acoperirea unei specii)/(Acoperirea tuturor speciilor) x100

Frecvență relativă – FR = (Frecvența unei specii)/(Suma frecvențelor tuturor speciilor) x100

Specia care are cel mai mare IVI este considerată dominantă în tipul de ecosistem sau în zona respectivă. Valoarea IVI variază de la 0 la 300 iar fiecare dintre aceste valori este exprimată în procente și variază de la 0 la 100.

Astfel, IVI nu doar că oferă o metodă robustă pentru descrierea și compararea speciilor furajere în fiecare tip de ecosistem și zonă, dar asigură și o bază solidă pentru decizii informate privind conservarea și managementul durabil al mediului.

Indicele valorii de importanță (IVI) poate fi folosit ca un instrument de monitorizare a schimbărilor în compoziția speciilor și a stării generale a ecosistemului, iar modificările valorilor acestuia pentru speciile ierboase în general și pentru cele furajere în mod special, pot indica perturbări ale habitatului, cum ar fi degradarea terenurilor, schimbările climatice sau presiunea exercitată de activitățile umane.

3.3.6. Identificarea și descrierea variabilității genetico-moleculare la genotipurile de *Trifolium pratense* din rezervația Codrul Secular Slătioara.

Descrierea variației genetice în interiorul populațiilor s-a realizat prin calcularea principalilor parametri ai variației genetice (proporția locilor polimorfi (P), numărul mediu de alele pe locus (Na), numărul efectiv de alele pe locus (Ne), heterozigoția așteptată (Ho), heterozigoția observată (He), indicele de fixare, echilibrul Hardy-Weinberg, indicele bogăției alelelor (A)) pentru fiecare populație în parte.

Majoritatea indicilor (frecvența alelelor, P - proporția locilor polimorfi, Na - numărul mediu de alele per locus, Ne - numărul efectiv de alele per locus, Ho - heterozigoția observată, He - heterozigoția așteptată și F - indicele de fixare) s-au calculat cu ajutorul softului GenAEx 6.2 (Peakall și Smouse, 2006). Indicele bogăției alelelor (A) s-a determinat cu ajutorul softului FSTAT 2.9.3.2 (Goudet, 1995).

Pentru extragerea ADN-ului s-au luat aproximativ 60-70 mg parte de planta, s-a introdus într-un tub de 2 ml, etichetat cu numărul arborelui și populația din care provine, împreună cu două bile de wolfram. Cu ajutorul unei mori de tipul Tissue Lyser Rotch MM400 s-a efectuat

măcinarea probelor, în două etape succesive a câte 2-3 minute, cu o frecvență de 30 Hz. Izolarea propriu-zisă a ADN-ului s-a realizat cu ajutorul protocolului CTAB (Doyle și Doyle 1987, 1990), protocol ce presupune izolarea ADN – ului în mai multe etape.

Într-o primă etapă, pentru ruperea membranelor celulare s-a adăugat 1000 μ l 2 x CTAB Extraction Buffer (substanță ce conține CTAB, PVP și β -mercaptoethanol) și 10-15 μ l Proteinase K, după care tuburile astfel pregătite s-au introdus într-un thermomixer pentru 30 de minute la o temperatură de 65°C și 550 rotații pe minut.

Într-o etapă ulterioară s-au adăugat 200 μ l Wet Chlorophorm, pentru a separa și denatura unele proteine existente, 600 μ l Izopropanol (-20 oC) și 1000 μ l de Wash Buffer (50 μ l acetat de amoniu + 40 ml etanol 76% + 10 ml H₂O) pentru eliminare unor reziduri de CTAB și purificarea ADN-ului extras. La final, peste produsul rezultat s-au adăugat 50 μ l Elution Buffer.

După izolarea ADN-ului s-a făcut testarea calității și concentrației acestuia, testare ce s-a realizat cu ajutorul spectrofotometrului NanoDrop 8000. Pentru aceasta, s-a utilizat un volum de 1 μ l de ADN din soluția stoc. În funcție de cantitatea și calitatea ADN-ului s-au efectuat diluții 1:10 - 1:30, pentru a obține o concentrație a acestuia de aproximativ 20 – 30 ng/ μ l.

3.4. Localizarea cercetărilor

Cercetările din cadrul acestui studiu au fost localizate în Rezervația Codrul Secular Slătioara, situată în nordul Carpaților Orientali, limita de sud-est a Munților Rarău, între valea pârâului Slătioara (790 m) și vârful Todirescu (1353 m) (Figura 4), cu următoarele coordonate: Vest: 47°26'49" N, 25°36'06" E; Nord: 47°27'18" N, 25°37'29"E; Est: 47°26'37" N, 25°38'59" E; Sud: 47°26'03" N, 25°37'00" E (Duduman et al., 2014).

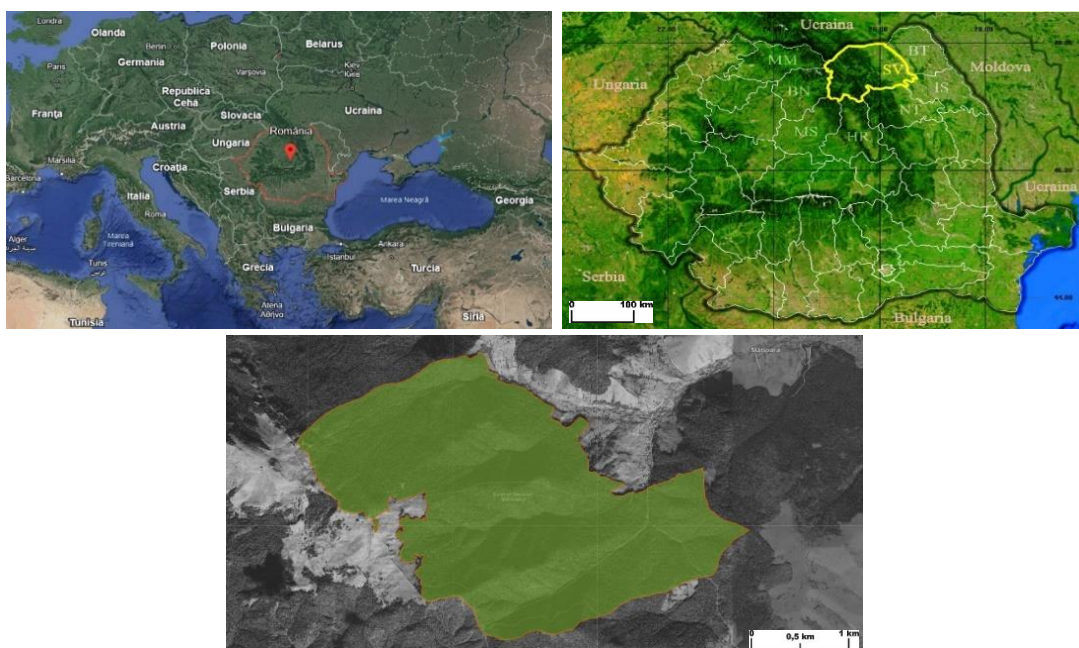


Figura 4. Localizarea rezervației Codrul Secular Slătioara

Rezervația are o suprafață de 1064,2 hectare, din care 1044,8 ha sunt păduri, ceea ce permite conservarea unor eșantioane reprezentative de ecosisteme și biodiversitate. Este situată în apropierea satului Slătioara, în comuna Stulpicani, făcând parte din fondul forestier gestionat silvotehnic și silvologic de Ocolului Silvnic Stulpicani, iar din punct de vedere administrativ se află în U.P. VIII Slătioara.

Rezervația se încadrează în categoria IV-a IUCN ca „zonă de management pentru

habitate/specii”, fiind administrată special pentru conservare, cu intervenții antropice interzise.

Această încadrare IUCN, reprezintă un nivel strict de protecție, axat pe menținerea habitatelor naturale și a proceselor ecologice cu cât mai puține perturbări.

Zona tampon a rezervației cuprinde 429,4 hectare, iar extinderea regimului de protecție absolută și asupra acesteia, din anul 2006, înseamnă izolarea și mai eficientă a ariei virgine față de orice potențial impact sau amenințări antropice.

Mai mult de atât, includerea acestei rezervații în anul 2007 în, Situl de Importanță Comunitară ROSCI0212 Rarău-Giumalău și Aria de protecție specială avifaunistică ROSPA0083 Munții Rarău-Giumalău are o semnificație majoră pentru conservarea biodiversității din această regiune montană.

CAPITOLUL IV. REZULTATE

4.1. Determinarea structurii calitative a fitocenozelor plantelor furajere, ca parte a covorului vegetal, din patru tipuri de ecosisteme din rezervația Codrul Secular Slătioara

4.1.1. Conspectul floristic

Conspectul floristic s-a realizat în toate cele șase zone de interes, de-a lungul a 21 de transecte în care s-au inventariat 819 suprafețe de probă (2x2m), din care 504 ploturi în ecosistemul de interior de pădure, 210 în ecosistemul de lizieră și 105 în ecosistemul de pajiște. În toate acestea s-au identificat un număr de 281 specii aparțin la 168 de genuri, reunite în 41 de familii botanice. (Tabelul 1.)

Tabelul 1. Repartiția taxonilor pe unități sistematice

	Total specii ierboase		Specii furajere	
	<i>Spermatophyta</i>		<i>Spermatophyta</i>	
Familii	41		7	
	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Liliopsida</i>
	32	9	6	1
Genuri	168		30	
	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Liliopsida</i>
	135	33	18	12
Specii	281		54	
	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Liliopsida</i>
	232	49	33	21

În figura 5 se poate observa că familiile cu cei mai mulți reprezentanți sunt: *Asteraceae* (74 specii), *Poaceae* (36 specii), *Ranunculaceae* (23 specii), *Apiaceae* (17), *Lamiaceae* (20 specii) *Fabaceae* și *Rosaceae* (22 specii), care pot fi corelate cu tipul de ecosistem în care s-a făcut observația și anume: pajiște – pădure – lizieră. În ceea ce privesc specii furajere, în toate ecosistemele s-au identificat 55 de specii care aparțin la 30 de genuri încadrate taxonomic în 7 familii botanice.

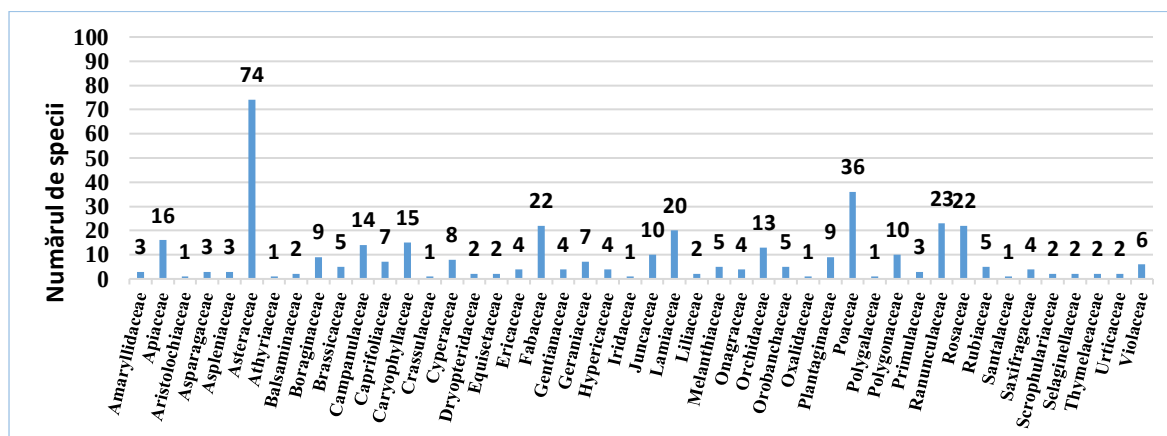


Figura 5. Distribuția numărului de specii din perimetrul studiat pe familii botanice

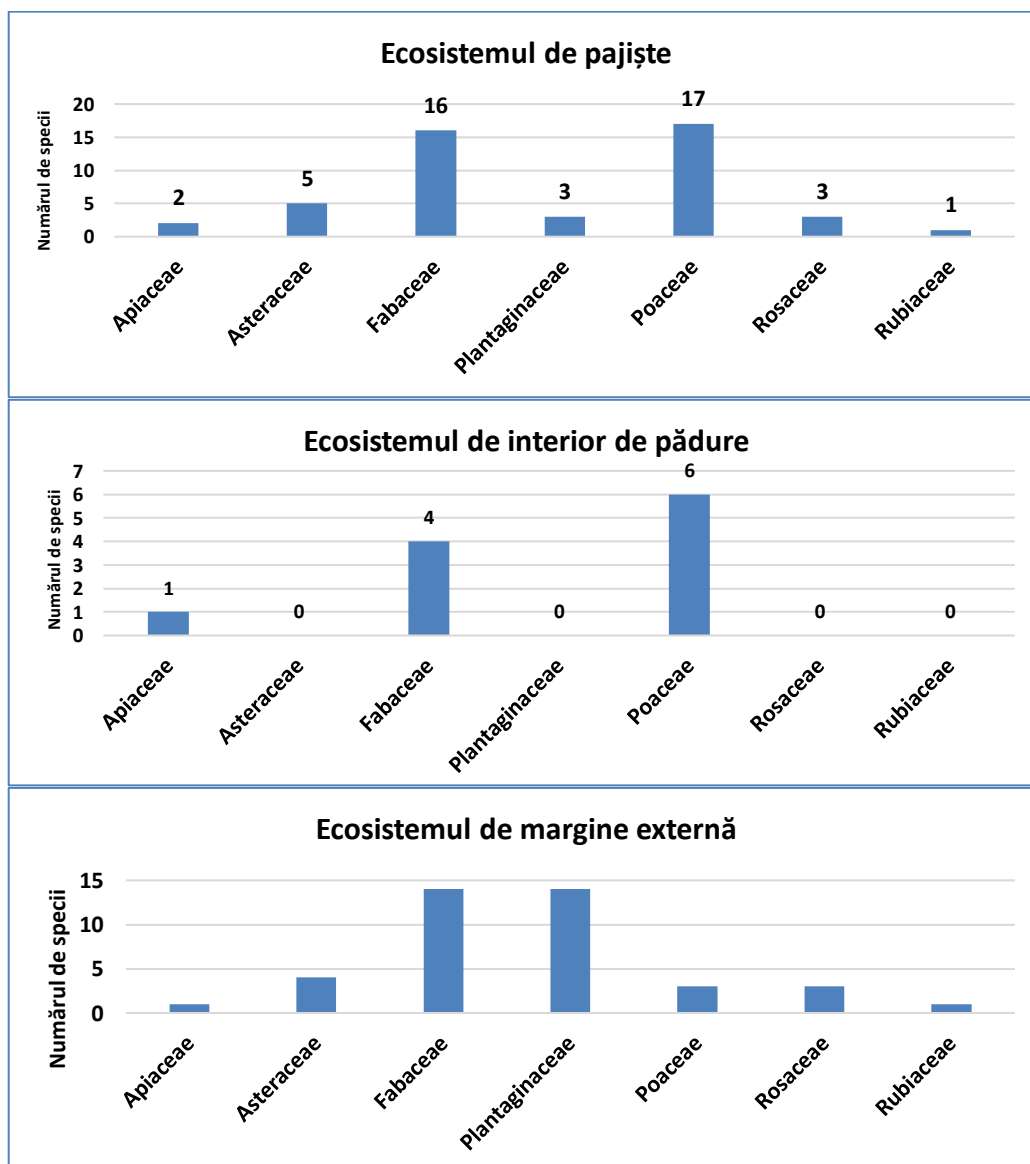
Speciile furajere din ecosistemul de pădure sunt prezente în număr de 12 specii care fac parte din 9 genuri și incluse în 4 familii botanice. Astfel în *Fabaceae* sunt incluse 4 specii, în *Poaceae* 6 specii, *Apiaceae* și *Rosaceae* au câte o singură specie (Tabelul 2, Figura 6).

Tabelul 2. Distribuția numărului de specii din familiile botanice prezente în ecosistemele studiate

Familia botanică	Tipul de ecosistem			
	Pajiște	Margine externă de pădure	Margine internă de pădure	Interior de pădure
<i>Apiaceae</i>	2	1	1	1
<i>Asteraceae</i>	5	4	2	-
<i>Fabaceae</i>	16	14	7	4
<i>Poaceae</i>	17	14	7	6
<i>Plantaginaceae</i>	3	3	-	-
<i>Rosaceae</i>	3	3	1	1
<i>Rubiaceae</i>	1	1	-	-

În ecosistemul de margine internă a pădurii s-au identificat 18 specii furajare aparținând la 10 genuri și 5 familii botanice iar în ecosistemul de margine externă s-au identificat 40 de specii încadrate în 25 de genuri și 7 familii botanice (Tabelul 2, Figura 6.).

Referitor la prezența și distribuția speciilor furajare în familii botanice, în ecosistemul de pajiște sunt prezente 47 de specii cuprinse în 30 de genuri și 7 familii botanice (Tabelul 2, Figura 6).



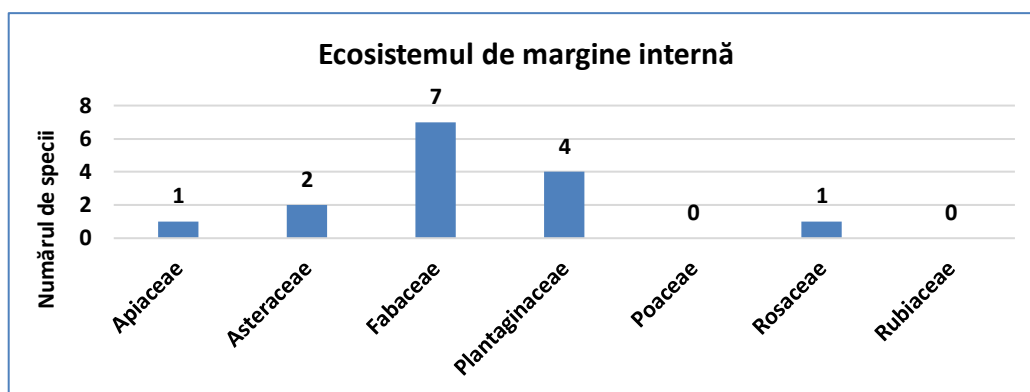


Figura 6. Distribuția numărului de specii din familiile botanice prezente în ecosistemele analizate

4.1.2. Spectrul formelor biologice (bioformelor)

Bioformele reprezintă categorii de plante, ce aparțin diferitor unități taxonomice, dar care în cursul evoluției, au dobândit o serie de particularități morfo-anatomo-fiziologice asemănătoare, rezultate în urma convergenței dictate de interacțiunile reciproce cu factorii edafo-climatici și biotici specifici ecotopului în care s-au format.

Spectrul bioformelor din zona adiacentă pădurii (ecosistemul de pajiște) este alcătuit din hemicriptofite (67,16%), geofite (11,27%), terofite anuale (8,82%), terofite bianuale (3,43%), camefite (9,31%), și fanerofitele care lipsesc din acest ecosistem (Figura 7).

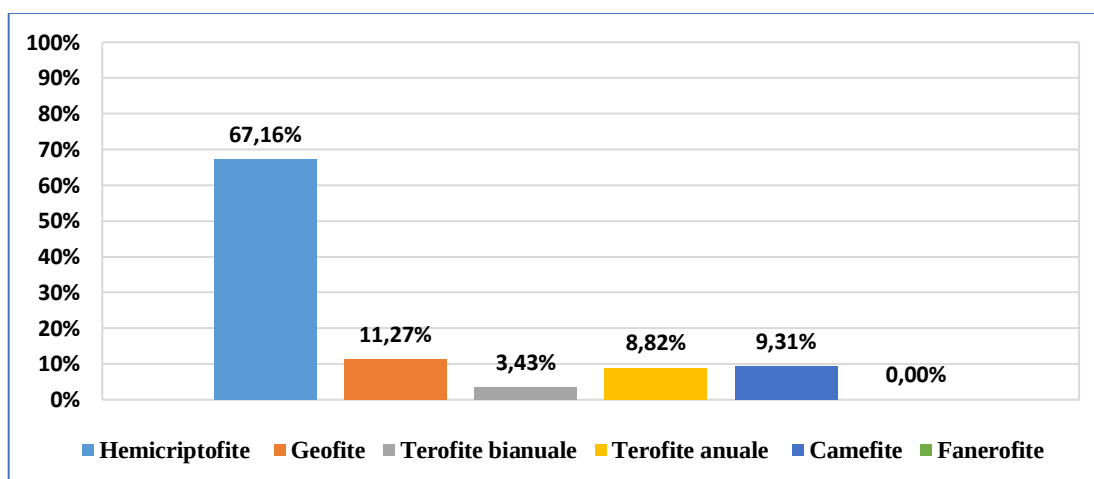


Figura 7. Spectrul bioformelor pentru speciile furajere din ecosistemul de pajiște

În zona de marginea internă și externă a pădurii spectrul bioformelor relevă preponderența hemicriptofitelor (63,33%) urmate de geofite (19,17%) aceste fiind plante cu organele de rezistență aflate în sol care se întâlnesc în ecosistemele care experimentează perioade scurte și intense de creștere, cum ar fi peisajele de tranziție (Figura 8).

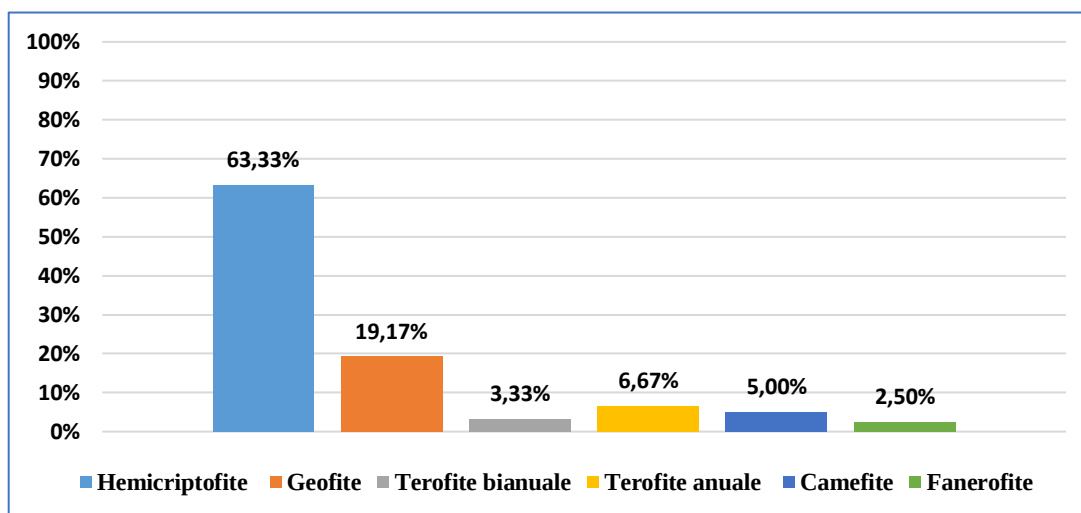


Figura 8. Spectrul bioformelor pentru ansamblul florei vasculare din ecosistemul de margine (externă și internă) a pădurii.

În zona de interior a pădurii, spectrul bioformelor evidențiază procentul mare hemicriptofitelor (67,05%) acestea având mugurii regenerativi la colet sau pe rădăcina fiind protejați de litieră - stratul de frunze moarte sau de mușchi, urmate de geofite (20,45%), iar terofitele (bianuale – 2,27% și anuale – 6,82%) depășesc anotimpul nefavorabil sub formă de semințe (Figura 9).

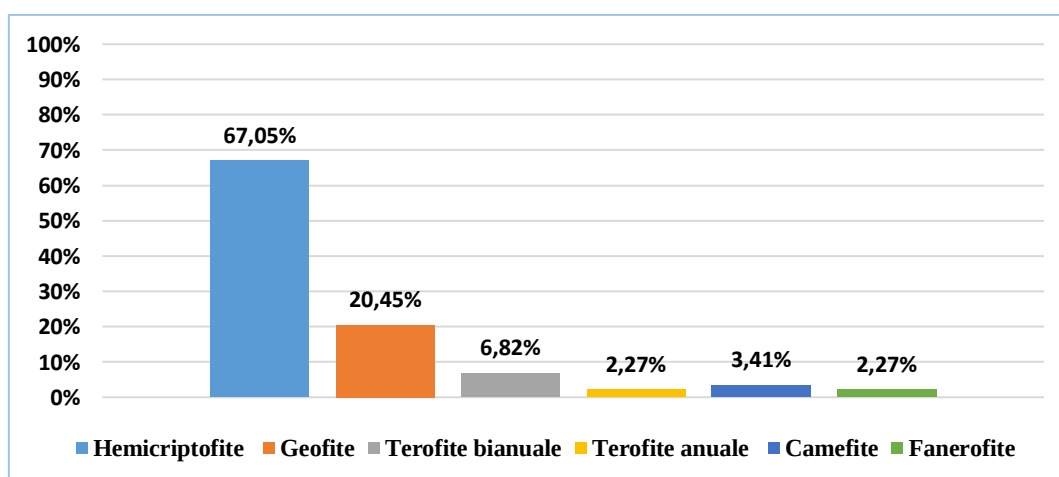


Figura 9. Spectrul bioformelor pentru ansamblul florei vasculare din ecosistemul interiorului pădurii

4.1.3. Spectrul elementelor floristice (geoelemente)

Scopul analizei spectrului elementelor floristice (geoelementelor) din ecosistemele studiate este de a evidenția date și informații despre clima în care speciile prezente au apărut și s-au dezvoltat, tipul de cenoze vegetale care le-au stabilit arealele actuale, precum și originea fitogeografică a acestora (limitele de extindere).

În ceea ce privește prezența geoelementelor în funcție de tipul de ecosistem, observăm că în interiorul pădurii (Figura 10), predomină elementele eurasiatice (36,67%), urmate de europene (20%), circumpolar (11,11%), european montan (6,44%).

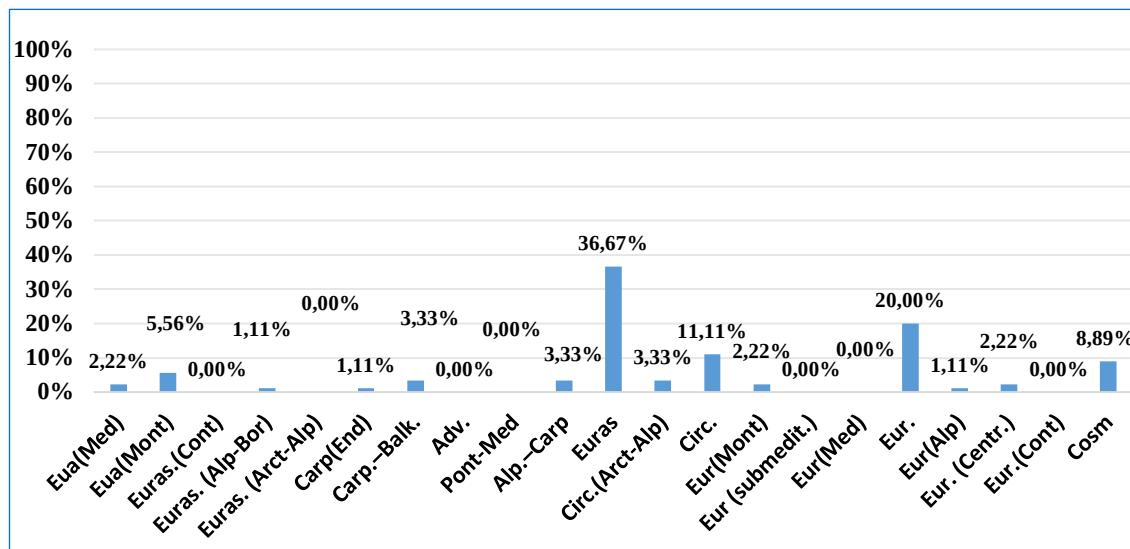


Figura 10. Spectrul geoelementelor prezente în ecosistemul interiorului pădurii

Dacă ne referim la pajiște, în figura 11., se poate observa ponderea dominant a elementelor euroasiatice (33,66%), urmate de cele europene (23,76%), circumpolare (9,90%) și europene montane = (6,44%).

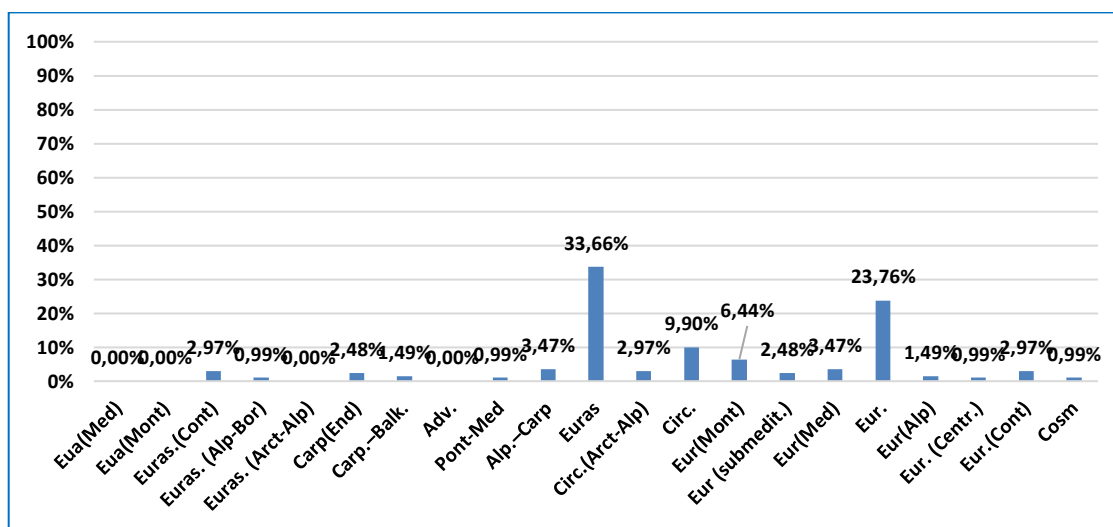


Figura 11. Spectrul geoelementelor prezente în ecosistemul de pajiște

4.1.4. Spectrul preferințelor ecologice pentru umiditate (U), temperatura (T) și reacția solului (R)

În figura 23 se observă că în ecosistemul de pajiște predomină speciile furajere mezo-xerofile (30%), din care exemplifică: *Achillea millefolium*, *Trifolium medium*, urmate de speciile mezofile (26%) dintre care: *Leontodon autumnalis*, *Dactylis glomerata* (Figura 12).

În ceea ce privește reacția solului, ecosistemul de pajiște este dominat de specii furajere euriacidofile (45%) și avem ca exemplu: *Briza media*, *Festuca pratensis*, iar acestea sunt secundate de cele slab alcalinofile (26%), ca exemplu avem speciile: *Anthyllis vulneraria subsp. alpestris*, *Bromus mollis* (Figura 12).

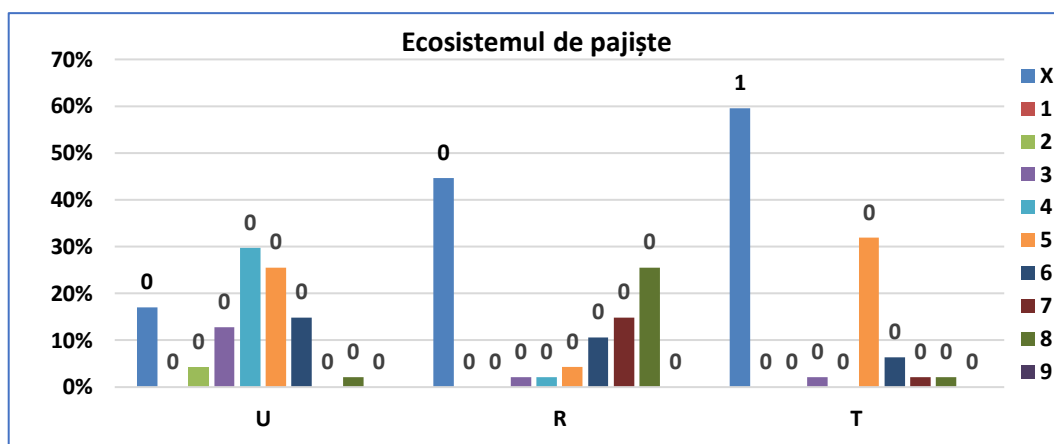


Figura 12. Spectrul indicilor ecologici U (umiditatea edafică), T (temperatura aerului), R (reacția solului) pentru speciile furajere din ecosistemul de pajiște.

Analiza indicilor de umiditate edafică ilustrează ca în flora ecosistemului de pădure, predomină speciile furajere mezofile (42%), ca exemplu avem: *Brachypodium pinnatum*, *Festuca heterophylla*, iar în ceea ce privește exigențele față de reacția solului, se observă predominanța speciilor extrem acidofile (33%) având ca exemplu: *Vicia sepium*, *Lathyrus vernus*, iar speciile furajere euriterme sunt predominante (58%) ca exemplu avem speciile furajere: *Anthyllis vulneraria* subsp. *vulneraria*, *Festuca pratensis* (Figura 13).

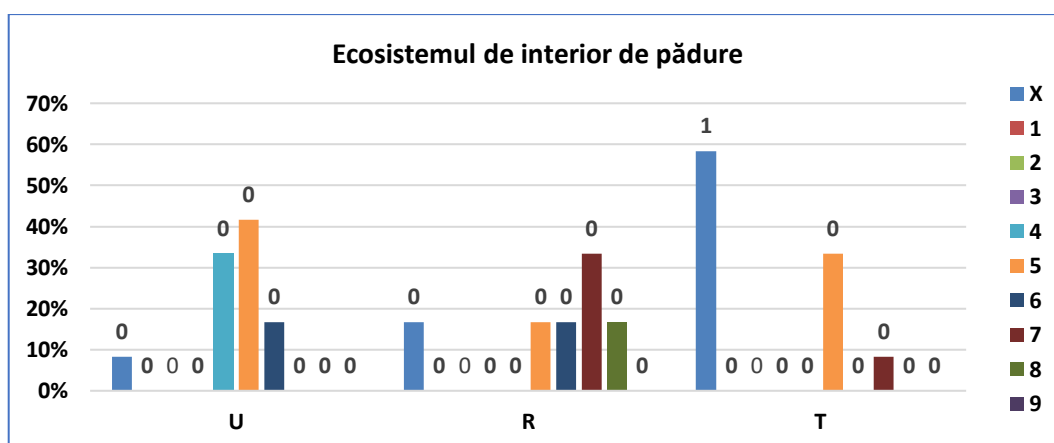


Figura 13. Spectrul indicilor ecologici U (umiditatea edafică), T (temperatura aerului), R (reacția solului) pentru speciile furajere din ecosistemul interiorului de pădure

În ecosistemele de tranziție, cele de margine internă și externă a pădurii sunt dominante specii furajere euriterme: *Festuca pratensis*, *Fragaria vesca*, *Phleum pratense*, *Trifolium montanum* și de furajere euriacidofile: *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale*, *Phleum pratense* (Figura 14 a și b).

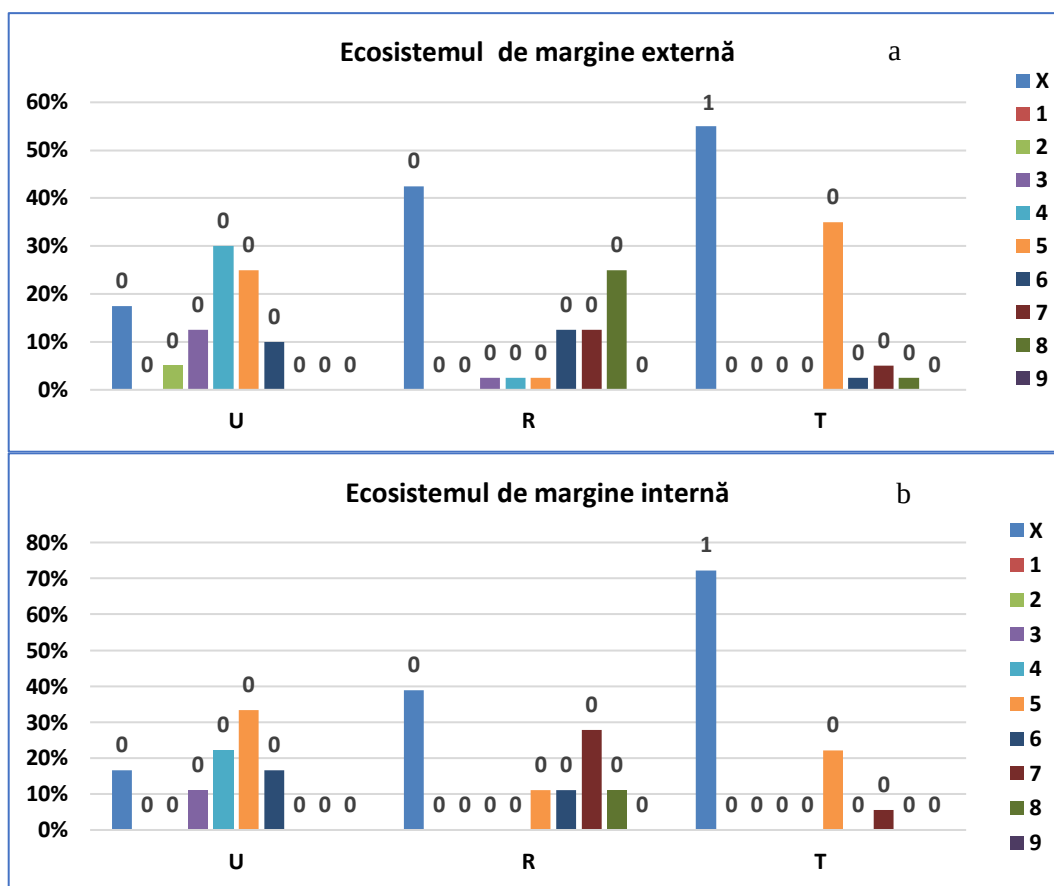


Figura 14. Spectrul indicilor ecologici U (umiditatea edafică), T (temperatura aerului), R (reacția solului) pentru speciile furajere din ecosistemele de tranziție a) margine externă și b) margine internă

4.1.5. Spectrul preferințelor ecologice pentru lumină (L), gradul de aprovizionare a substratului cu azot (N) și continentalism (K)

În figura 15, se observă că în ecosistemul de pajiște predomină speciile furajere heliofile (70%) și avem ca exemplu: *Achillea millefolium*, *Phleum phleoides*, *Trifolium repens*, *Cynosurus cristatus*, *Cichorium intybus* iar în ceea ce privește gradul de aprovizionare a substratului cu azot, sunt predominante speciile euritrofe (eurinitrofile), din care enumerăm: *Medicago lupulina*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium pratense*, *Trifolium pannonicum* (Figura 15).

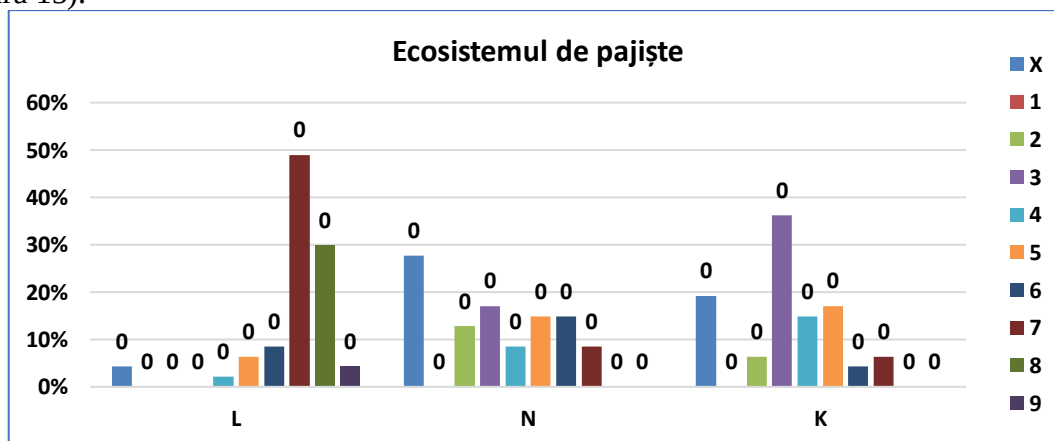


Figura 15. Spectrul preferințelor ecologice ale speciilor furajere față de N (conținutul de azot), L (lumină) și K (continentalitate) din ecosistemul de pajiște

În ecosistemul de pădure sunt predominante speciile furajere mezotrofe (mediu nitrofile) care preferă substrat cu un conținut mediu de azot, spre exemplu: *Brachypodium sylvaticum*, *Vicia sepium*, *Poa nemoralis*, *Festuca heterophylla* și speciile mezo-heliofile care cresc în lumină, dar suportă o umbră moderată, spre exemplu: *Brachypodium pinnatum*, *Fragaria vesca*, *Poa nemoralis* (Figura 16).

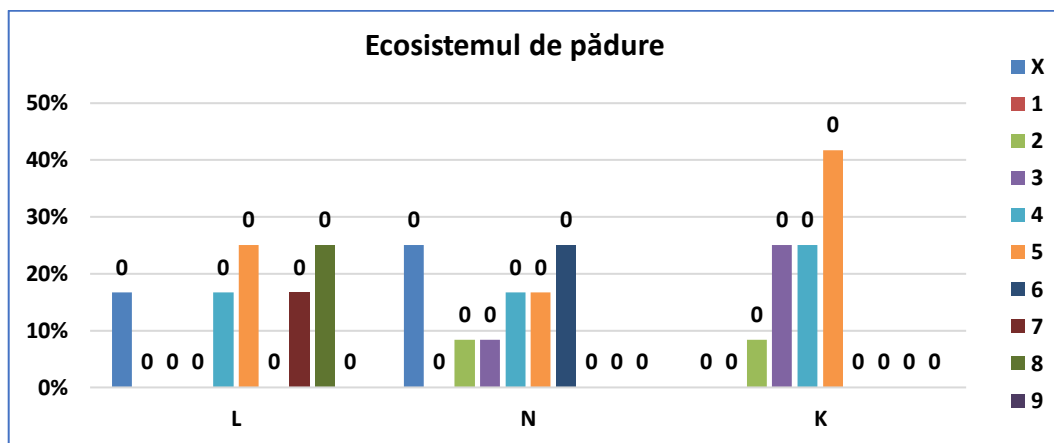
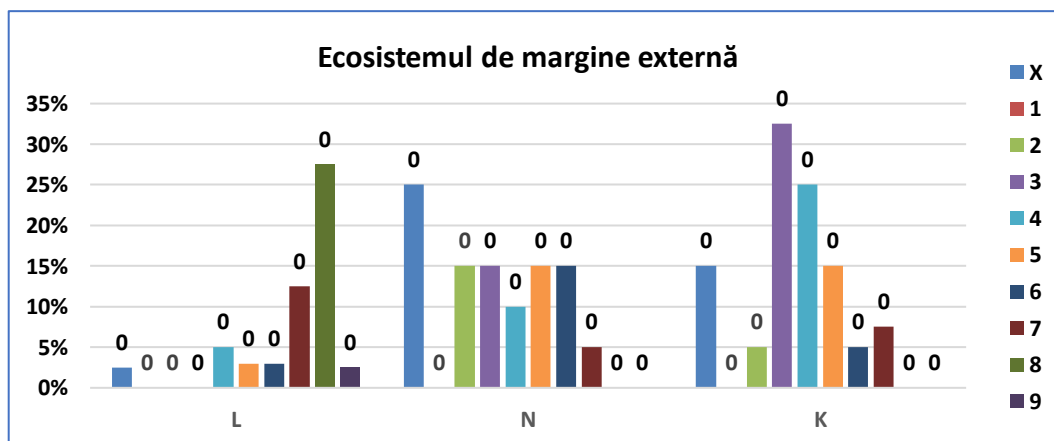


Figura 16. Spectrul preferințelor ecologice ale speciilor furajere față de N (conținutul de azot), L (lumină) și K (continentalitate) din ecosistemul interiorului de pădure

În ecosistemul de pădure sunt predominante speciile furajere mezotrofe (mediu nitrofile) care preferă substrat cu un conținut mediu de azot, spre exemplu: *Brachypodium sylvaticum*, *Vicia sepium*, *Poa nemoralis*, *Festuca heterophylla* și speciile mezo-heliofile care cresc în lumină, dar suportă o umbră moderată, spre exemplu: *Brachypodium pinnatum*, *Fragaria vesca*, *Poa nemoralis* (Figura 16).



a

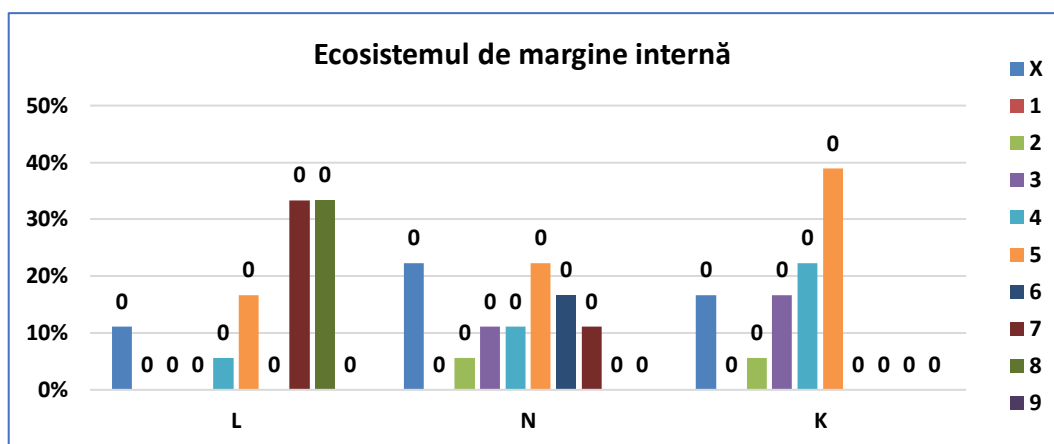


Figura 17. Spectrul preferințelor ecologice ale speciilor furajere față de N (conținutul de azot), L (lumină) și K (continentalitate) din a) ecosistemul de margine externă b) ecosistemul de margine internă.

În ecosistemele de margine internă și externă, predominante sunt de asemenea speciile furajere heliofile, de exemplu: *Agropyron cristatum*, *Trifolium pratense*, *Plantago major*, *Leontodon autumnalis* și specii furajere euritrofe, de exemplu: *Bromus mollis*, *Festuca rubra*, *Lathyrus vernus*, *Plantago major* (Figura 17 ași b).

4.2. Identificarea modului în care compoziția și diversitatea speciilor furajere, ca parte a covorului vegetal și variabilele microclimatice se modifică în condiții diferite de altitudine

4.2.1. Caracterizarea diversității și distribuției speciilor din stratul erbaceu, inclusiv a fracțiunii furajere, în condiții diferite de altitudine

Pentru evidențierea relației dintre bogăția specifică și a distribuției speciilor furajere ca parte a stratului ierbos, în funcție de altitudine s-au luat în studiu două zone distincte din punct de vedere altitudinal, zona A și B, în care s-a analizat câte un trup de pădure aflat la altitudini de peste 1200 m, respectiv sub 1000 m. Analiza s-a realizat prin separarea a următoarelor patru tipuri de ecosisteme: interior de pădure = PADURE_A și B; margine interioară = MARINT_A și B; margine exterioară = MAREXT_A și B; pajiștea limitrofă pădurii = PAJISTE_A și B).

Tabelul 3. Indicii de diversitate pentru speciile furajere, în raport cu gradientul altitudinal

Ecosistem	Numărul total de indivizi (N)	Bogăția specifică (s)	Nr de familii botanice	Indicele Simpson (D)	Indicele Shannon (H)	Echitabilitatea (E)	Indicele de diversitate Margalef (Da)	Indicele de diversitate Menhinick (Db)
PAJISTE_A	357	40	7	0,04	3,37	0,09	6,63	2,11
MAREXT_A	426	23	5	0,08	2,69	0,86	4,03	1,12
MARINT_A	125	11	4	0,14	2,11	0,88	2,07	0,98
PADURE_A	65	10	3	0,16	2,00	0,87	2,15	0,06
PAJISTE_B	399	37	7	0,03	3,40	0,94	6,01	1,85
MAREXT_B	862	28	7	0,6	2,91	0,87	3,99	0,95
MARINT_B	157	5	5	0,32	1,19	0,74	0,79	0,39
PADURE_B	52	4	3	0,30	1,26	0,90	0,75	0,55

Indicele Simpson are valori de 0,16 în PADURE_A și $D=0,01$ în pajiștea limitrofă acesteia (PAJISTE_A), ceea ce ne sugerează că pajiștea are o comunitate mai diversă în care bogăția și uniformitatea speciilor este mai mare față de pădure, unde bogăția specifică este redusă, iar abundența este mare. Aceeași diferență de diversitate se observă și între marginea interioară (MARINT_A) și cea exterioară a pădurii (MAREXT_A), unde indicele Simpson are valorile $D=0,14$ respectiv $D=0,08$, indicând o bogăție și o abundență mai mare de specii la nivelul marginii exterioare.

În ceea ce privește zona la altitudine mică (< 1000 m), în pajiștea limitrofă pădurii (PAJISTE_B) s-a notat cel mai mic indice Simpson, de $D=0,03$, dintre toate tipurile de ecosisteme, exprimând cea mai înaltă bogăție a comunității de specii vegetale. În interiorul pădurii de altitudine joasă (PADURE_B) același indice are valoarea de $D=0,30$, foarte apropiată de cea ecosistemului de margine interioară de pădure (MARINT_B), de $D=0,32$ ceea ce demonstrează că ambele ecosisteme au o diversitate redusă, mai mică și în comparație cu aceleași tipuri de ecosisteme din pădurea de altitudine mare (MARINT_A, $D=0,32$ și PADURE_A, $D=0,030$).

Indicii Shannon-Weiner și de uniformitate au fost mari în pajiștile (PAJISTE_A, $H=3,37$ și $E=0,09$; PAJISTE_B, $H=3,40$ și $E=0,94$) și marginile exterioare (MAREXT_A, $H=1,19$ și $E=0,86$; MAREXT_B, $H=2,91$ și $E=0,87$) din ambele trupuri de pădure.

În marginea interioară acești indici sunt mai mari în pădurea de altitudine mare (MARINT_A, $H=2,11$ și $E=0,88$) față de pădurea de altitudine mică (MARINT_B $H=3,49$ și $E=0,74$) (Tabel 3).

În marginea interioară acești indici sunt mai mari în pădurea de altitudine mare (MARINT_A, $H=2,11$ și $E=0,88$) față de pădurea de altitudine mică (MARINT_B $H=3,49$ și $E=0,74$) (Tabel 7).

Indicele de diversitate comunitară al lui Margalef pentru speciile furajere, are valori mari pentru ambele tipuri de pajiște, de altitudine mare (PAJISTE_A, $Da=6,63$) și mică (PAJISTE_B, $Da=6,01$). Pentru marginea internă a trupului de pădure de altitudine mare (MARINT_A, $Da=4,03$) s-a notat o valoare mai ridicată comparativ cu cele ale pădurii de altitudine mică (MARINT_B, $Da=0,79$) și a interiorului aceleiași păduri (PADURE_B, $Da=0,75$). (Tabel 3).

Rezultatele acestui studiu au evidențiat că ecosistemele de pajiște de altitudine mare prezintă cea mai mare diversitate specifică dintre toate ecosistemele analizate, deși abundența speciilor pare a fi mai redusă ceea ce se observă și la ecosistemele de margine exterioară poziționate la aceeași altitudine.

Datele noastre, referitoare la diversitatea și abundența speciilor din ecosisteme distincte situate la altitudini diferite, arată că diversitatea speciilor crește de la marginea externă spre pajiște și scade din marginea internă spre profunzimea pădurii, iar speciile furajere sunt mai abundente în margine internă și interiorul pădurii, comparativ cu pajiștea și marginea externă a pădurii.

Pentru a evidenția grafic numărul de specii întâlnite în acest studiu, limitate la un singur ecosistem și numărul de specii care sunt prezente în două sau mai multe ecosisteme, s-au construit diagrame Venn pentru toate cele patru tipuri de ecosisteme situate la două altitudini diferite (Figura 18).

Diagramele au fost proiectate atât pentru numărul total de specii cât și pentru cele furajere întâlnite în acest studiu, utilizând funcția venn.diagram, în pachetul „VennDiagram” în *R environment*.

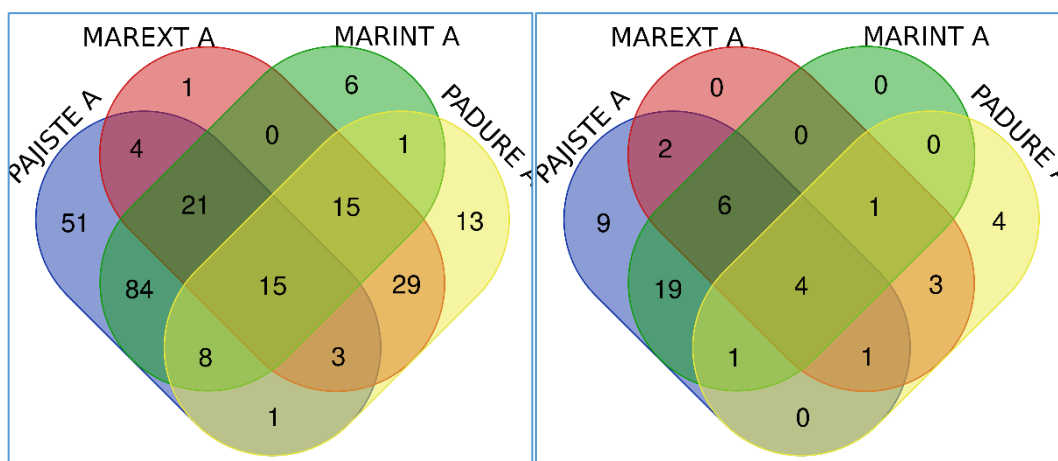


Figura 18. Diagrama Venn pentru ecosisteme de altitudine >1200 m
a - total specii ierboase; b - specii furajere

Reprezentarea din figurile 18 a și b și arată că, în cele patru tipuri de ecosisteme situate la altitudine de peste 1200 m, sunt comune 15 specii, dintre care 4 furajere (*Trifolium pratense* L., *Poa nemoralis* L., *Festuca pratensis* Huds., *Fragaria vesca* L.).

În ecosistemele de margine externă, margine internă și pădure sunt prezente 15 specii, una singură aparținând categoriei plantelor furajere (*Lathyrus vernus*), iar între ecosistemele de margine externă, margine internă și pajiște sunt 21 specii comune, 6 dintre ele având valoare furajeră (*Trifolium alpestre*, *Trifolium montanum*, *Achillea distans*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *vulneraria*, *Trifolium hybridum* subsp. *hybridum*, *Trifolium repens*).

Referitor la speciile exclusiviste, din totalul de 205 specii identificate în ecosistemele aflate la altitudine mai mare de 1200 m, 51 taxoni sunt prezenți doar în ecosistemul de pajiște, dintre care 9 sunt specii furajere (*Plantago media*, *Cichorium intybus*, *Lathyrus pratensis*, *Melilotus officinalis* etc.) și 13 specii se găsesc exclusiv în ecosistemele de pădure, din care 4 cu valențe furajere.

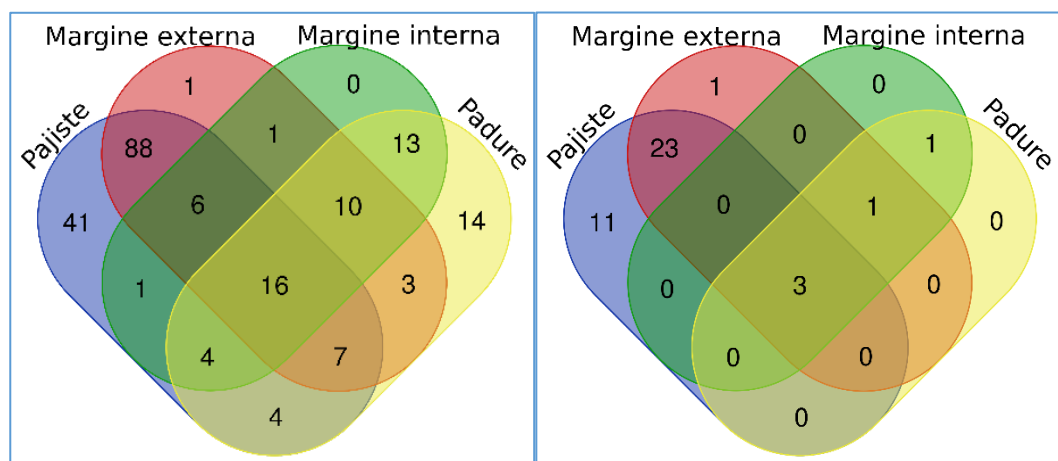


Figura 19. Diagrama Venn pentru ecosisteme de altitudine < 1000 m
A - Total specii ierboase; B - Specii furajere

Figurile 19 a și b și datele cuprinse în tabelul 10 indică faptul că, în cele patru tipuri de ecosisteme situate la altitudine mai mică de 1000 m, sunt comune 16 specii, 2 cu rol furajer (*Poa nemoralis* și *Fragaria vesca*). Ecosistemul de pajiște și cel de pădure au în comun 4 specii fără valoare furajeră.

În ecosistemele de margine externă, margine internă și pădure s-au identificat 15 specii, doar, una cu valoare furajeră (*Festuca rubra*), iar în ecosistemele de margine externă, margine

internă și pajiște s-au găsit 21 de specii comune, dintre care 6 furajere (*Phleum pratense*).

Ecosistemele de pajiște și margine externă au 88 de specii comune, dintre acestea, 27 au rol furajer (*Trifolium pratense*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Mellilotus officinalis*, *Trifolium mediu*, *Trifolium ochroleucon* etc).

Rezultatele diagramei Venn care fac referire la speciile exclusiviste relevă că 41 de specii sunt specifice ecosistemelor de pajiște, iar cu valoare furajeră sunt 10 specii (*Tragopogon pratensis*, *Trifolium montanum*, *Plantago major*, *Filipendula vulgaris*, *Anthoxantum odoratum*, *Phalaris arundinacea* etc). În ceea ce privește ecosistemele de pădure, din totalul de 14 specii întâlnite, doar *Vicia sepium* are valoare furajeră.

Analiza comparativă a speciilor cu valoare furajeră comune ecosistemelor similare, situate la altitudini diferite, arată că pajiștile au în comun 31 de specii, în pajiștile de altitudine mare s-au găsit 13 specii (*Phleum alpinum*, *Lathyrus pratensis*, *Medicago lupulina*, *Pimpinella major*, *Cynosurus cristatus*, *Cichorium intybus* etc), iar în cele de altitudine mică au fost identificate 10 (*Anthylis sylvestris*, *Poa pratensis*, *Leontopodium autumnalis*, *Galium verum*, *Briza media*, *Holcus lanatus*, *Phalaris arundinacea* etc) (Figura 20).

Aceeași analiză aplicată ecosistemelor de margine exterioară a avut următoarele rezultate: 5 specii furajere comune (*Trifolium pratense*, *Anthylis vulneraria*, *Poa nemoralis*, *Festuca rubra* și *Fragaria vesca*), 28 de specii la altitudine sub 1000 m (*Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Mellilotus officinalis*, *Trifolium mediu*, *Festuca pratensis*, *Plantago lanceolata*, *Lotus corniculatus* etc) și 11 specii în ecosistemul similar situat la altitudine mai mare de 1200 m (*Vicia sepium*, *Pimpinella saxifraga*, *Galium verum*, *Trifolium repens* etc).

Speciile cu valoare furajeră din ecosistemele de margine internă de altitudine mare sunt mult mai numeroase, 12 (*Vicia sepium*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Pimpinella saxifraga*, *Festuca heterophylla* etc.), în comparație cu ecosistemele similare de la altitudine mică, unde s-au găsit 2 specii (*Phleum pratense*, *Taraxacum officinale*).

În ecosistemele de pădure de altitudine mică este prezentă doar specia *Fragaria vesca*, iar în pădurea de altitudine mare sunt identificate 9 specii (*Vicia sepium*, *Festuca pratensis*, *Trifolium pratense*, *Brachypodium pinnatum*, *Brachypodium sylvaticum* etc).

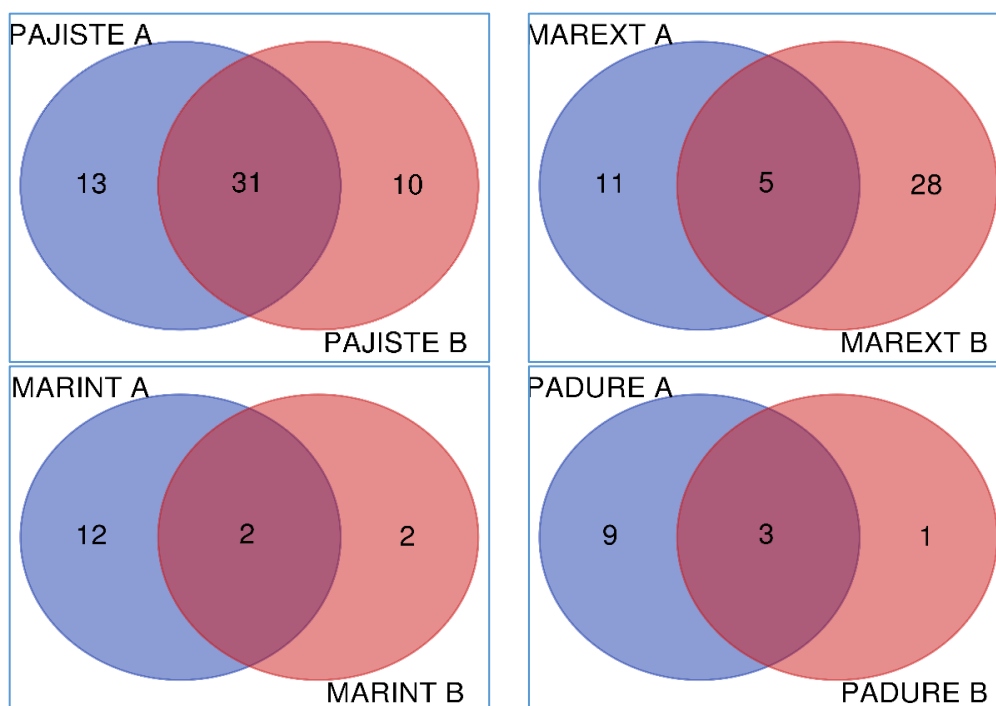


Figura 20. Prezența și distribuția speciilor furajere în ecosisteme similare, situate la altitudini diferite A >1200 m; B <1000 m

4.2.2. Dinamica variabilelor de microclimat în condiții diferite de altitudine

Analiza de varianță unifactorială (ANOVA) s-a folosit pentru a testa semnificația efectului variabilelor independente (altitudinea), asupra fiecărei variabile dependente și, în al doilea rând, s-a utilizat un test de cea mai mică diferență semnificativă (LSD), în care variabile dependente diferă între ele în raport cu cele trei variabile independente.

Având în vedere că valoarea p este mai mică de 0,05 (Tabelul 4), respingem ipoteza nulă, conform căreia toate mediile sunt egale. Rezultatele arată că cel puțin o medie a unui grup din cadrul variabilelor dependente este diferită de celelalte în raport cu altitudinea (valoarea $p < 0,001$). Altitudinea are un impact real asupra acestor variabile microclimatice, fapt dovedit și de testul post-hoc Fisher's Least Significant Difference (LSD) (Figura 21).

S-a identificat o diferență semnificativă statistic în toate mediile variabilelor dependente în raport altitudinea (Tabelul 12).

Tabelul 4. Rezultatele ANOVA ale variabilelor de microclimat în raport cu altitudinea

Variabile	Valoare F	Valoare Pr (>F)
Temperatura aerului	23,15	<0,001
Umiditatea aerului	17,55	<0,001
Temperatura solului	73,47	<0,001
Umiditatea solului	43,82	<0,001
Radiația activă fotosintetic	58,87	<0,001
Viteza vântului	92,72	<0,001

Rezultatele ANOVA au indicat că toate cele șase variabile microclimatice înregistrate în diferite ecosisteme situate la altitudini diferite au valori distincte.

Astfel, intensitatea vântului a fost diferită între grupuri (Figura 21), fiind semnificativ mai ridicată la altitudine mare, la nivel de pajiște înregistrând valorile cele mai mari, urmată de marginea externă de altitudine mare și pajiștea de altitudine mică. Gradientul intensității vântului este descrescător de la pajiști la margini externe spre margini interne și păduri, cu influență semnificativă a altitudinii, în fiecare tip de ecosistem.

Intensitatea radiației active fotosintetice are aceeași tendință de creștere de la marginea externă ($290 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) spre pajiște ($1092 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) și de descreștere de la marginea internă ($166 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) spre interiorul pădurii ($83 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

În interiorul pădurii de altitudine mare intensitatea vântului este mult mai mare în raport cu pădurea de altitudine joasă, aceeași tendință observându-se și între ecosistemele de margine externă și cele de interior de pădure (Figura 21).

Temperatura solului, de asemenea, are o variabilitate între ecosisteme de altitudini diferite, astfel, ecosistemele de margine externă și de pădure de altitudine mică au un sol mult mai cald față de cele de la altitudine mare.

Valorile medii ale temperaturii aerului sunt aproximativ similare între ecosistemele de pajiște de altitudine mare și mică (liniile mediane ale ambelor quartile sunt apropiate), dar în pajiștile de la altitudine mare, temperatura aerului prezintă o variabilitate mai mare a valorilor (dimensiunea quartilelor diferă) față de ecosistemul similar de la altitudine mică (Figura 21).

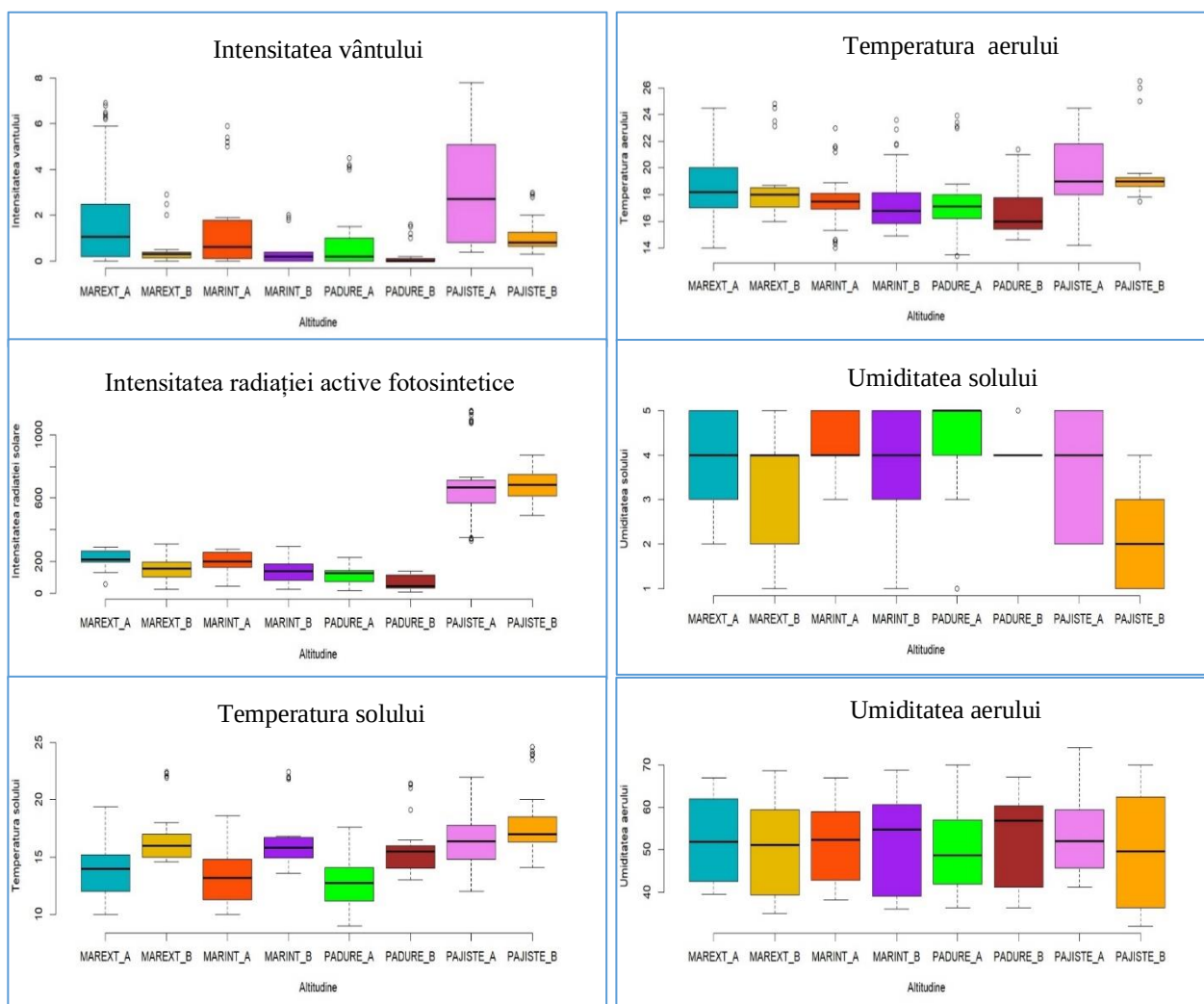


Figura 21. Diagramele mediilor grupurilor variabilelor dependente în condiții diferite de altitudine

Media valorilor umidității aerului sunt similare în ecosistemele de margine interioară și exterioară indiferent de altitudine, probabil din cauza unor factori specifici care influențează umiditatea solului în aceste zone de tranziție între pădure și pajiște.

La marginile pădurii există o circulație a aerului între interiorul pădurii și ecosistemul adiacent de pajiște, flux de aer care poate uniformiza umiditatea acestor zone, menținând valori similare, atât în marginea interioară, cât și în cea exterioară.

Această analiză susține ideea că marginile interioare și exterioare ale pădurilor tind să aibă o umiditate similară, posibil datorită influențelor ecologice comune din aceste zone de tranziție.

În ceea ce privește umiditatea aerului, altitudinea influențează această variabilă microclimatică în ecosistemele de pădure, valorile mediane ale umidității aerului fiind mai scăzute la altitudine mai mare (PADURE_A) comparativ cu altitudinile mai joase (PADURE_B).

Analiza multivariată a varianței (MANOVA oferă informații suplimentare asupra efectelor variabilei independente asupra variabilelor dependente care nu sunt furnizate de ANOVA.

Pentru a verifica semnificația MANOVA s-a folosit Testul Pillai Trace. Înainte de analiza

multivariată, toate variabilele dependente (variabilele microclimatice) au fost testate pentru intercorelare și cele care au fost corelate semnificativ (R^2 Alte Y > 0,99) au fost eliminate, prin urmare, analiza a luat în considerare toate cele șase variabile microclimatice.

Tabelul 5. Analiza multivariată a varianței (MANOVA) pentru evaluarea efectului altitudinii asupra variabilelor microclimatice care caracterizează diferite tipuri de ecosisteme

Variabila independentă	df (H)	df (E)	Pillai Trace test	Valoare F	Valoare p
Altitudinea < 1000 m	12	3262	0,63	18,50	<0,001
Altitudinea > 1200 m	6	1630	0,92	22,28	<0,001
< 1000 m + > 1200 m	6	2450	0,85	82,52	<0,001

Testul Pillai's trace este o statistică cu valori pozitive care variază de la 0 la 1, o valoare mare a acestuia însemnând că efectul variabilei independente (altitudinea) este puternic.

Datele din tabelul 12 indică că valoarea testului Pillai Trace, pentru efectul altitudinii asupra variabilelor microclimatice, este **0,63** și testul F, de **18,50** fiind semnificativ la un nivel de 5%, ceea ce denotă că altitudinea mai mică de 1000 m influențează semnificativ variabilele de microclimat.

O situație similară, dar cu niveluri valorice crescute, s-a înregistrat și pentru efectul altitudinii >1200 m asupra variabilelor microclimatice, când valoarea testului Pillai Trace a fost **0,92** și testul F de **22,87** de asemenea, semnificativ la nivel de 5%. (Tabelul 6.)

Eta parțială pătrat măsoară proporția de varianță explicată de o variabilă dată din variația totală rămasă după luarea în considerare a varianței explicate de alte variabile din model.

Tabelul 6. Măsura mărimii efectului (Eta parțială pătrat η^2)

Variabile independente	Eta ² (parțial)	95% CI
Altitudinea < 1000 m	0,06	(0,04; 1,0)
Altitudinea > 1200 m	0,14	(0,10; 1,0)
< 1000 m + > 1200 m	0,14	(0,10; 1,0)

Măsura mărimii efectului (Eta parțială pătrat; η_p^2) pentru altitudinea mică este **0,06** ceea ce indică un efect mediu a acestei altitudini asupra variabilelor dependente combinate (variabilele de microclimat). Această valoare indică că aproximativ 6% din variația în variabilele microclimatice combinate poate fi atribuită diferențelor de altitudine în zonele joase (<1000 m) (Tabelul 6).

În privința altitudinii mai mari de 1200 m, măsura mărimii efectului (Eta parțială pătrat; η_p^2) este 0,14 indicație a unui efect puternic a acestei altitudini asupra variabilelor dependente combinate (variabilele de microclimat). Această valoare a Eta parțială pătrat sugerează că aproximativ 14% din variația în variabilele microclimatice combinate poate fi atribuită diferențelor de altitudine în zonele înalte (>1200 m) (Tabelul 6).

Rezultate obținute sunt în concordanță cu valorile Pillai Trace discutate anterior, care sugerau un efect mai puternic al altitudinii ridicate în comparație cu altitudinea mică, variabilele microclimatice etalând mai multă sensibilitate la schimbările de altitudine în zonele înalte.

Acest lucru poate fi datorat condițiilor extreme și schimbărilor mai rapide în factorii de mediu odată cu creșterea altitudinii.

Pentru a investiga mai în profunzime relația dintre altitudine și variabilele microclimatice s-a efectuat o analiză discriminantă liniară (LDA), identificându-se combinațiile liniare ale celor 6 variabile microclimatice care diferențiază cel mai bine între grupurile de altitudinale (< 1000 m și > 1200 m).

În continuare, s-au calculat coeficienții discriminanților liniari care sunt utilizați pentru a crea o combinație liniară a variabilei predictive, altitudinea, care maximizează separarea dintre

categoriile grupurilor, model folosit pentru a clasifica observațiile în diferite grupuri bazate pe valorile variabilelor independente.

Tabelul 7. Coeficienții discriminanților liniari pentru variabila predictivă – altitudinea

Variabile dependente	Altitudine < 1000 m		Altitudine > 1200 m	
	LD1	LD2	LD1	LD2
Temperatura solului (T_soil)	-0,1398	0,1137	-0,7662	0,0555
Temperatura aerului (T_air)	-0,1949	0,1665	0,2646	0,0915
Umiditatea solului (H_soil)	-0,1710	0,7836	-0,2379	0,2054
Umiditatea aerului (H_air)	0,0449	-0,6627	0,1131	-0,1152
Radiația activă fotosintetic (PAR)	-1,5959	0,5062	-0,1793	1,6785
Intensitatea vântului (WIND)	-0,0678	-1,0230	1,6442	-0,6434

Pentru altitudinea mai mică de 1000 m, LD1 este dominată de intensitatea radiației active fotosintetic (PAR) și temperatura aerului (T_air), sugerând că aceste variabile microclimatice sunt esențiale pentru discriminarea la altitudini mai mici (Tabelul 7).

LD2 este influențată semnificativ de intensitatea vântului (WIND) și umiditatea aerului (H_air), demonstrând că aceste variabile microclimatice sunt importante în separarea pe a doua funcție discriminantă.

La altitudine mai mare de 1200 m, LD1 este dominată de intensitatea vântului, semnalând că aceasta este crucială pentru separarea la altitudini mai mari, în timp ce LD2 este puternic influențată de intensitatea radiației active fotosintetic, ceea ce sugerează că variabila respectivă este importantă pentru discriminarea în cadrul acestui grup (Tabelul 7).

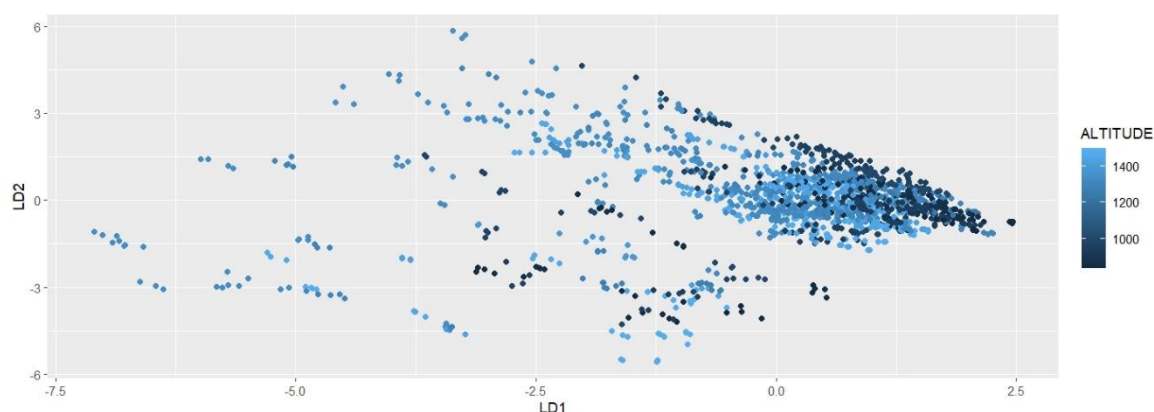


Figura 22. Rezultatele analizei LDA în două dimensiuni pentru altitudine > 1200 m și < 1000 m

Graficul de mai sus arată o tendință clară legată de altitudine și descrie o tranziție graduală de-a lungul unui gradient de mediu (altitudine). Culoarea punctelor indică altitudinea, conform scalei din dreapta, unde intensitatea culorii scade odată cu creșterea altitudinală (Figura 22).

Graficul ilustrează că temperatura aerului și a solului scad odată cu creșterea altitudinii, iar umiditatea aerului și a solului tind să crească cu altitudinea, posibil datorită formării mai frecvente a norilor și precipitațiilor, dispersia mai mare a punctelor la înălțimi mari indicând variații mai mari ale umidității (Figura 22).

Tranziția graduală a culorilor de la dreapta la stânga sugerează o zonare altitudinală a condițiilor microclimatice, cu schimbări treptate în variabilele studiate, iar clusteruri mici de puncte pot indica prezența unor microhabitate cu condiții microclimatice specifice la diferite altitudini, influențate de factori locali precum expoziția, panta sau vegetația (Figura 22).

Deoarece variabilele microclimatice din acest studiu sunt corelate între ele, s-a aplicat

analiza PCA pentru a reduce dimensiunea datelor și pentru decorelarea acestora și transformarea într-o distribuție multivariată corelată în combinații liniare ortogonale ale variabilelor microclimatice originale. De asemenea, s-a apelat la această analiză pentru a obține o înțelegere mai profundă a variabilelor microclimatice latente, care nu sunt evidențiate prin analizele univariate.

În prima etapă, s-a generat matricea de covarianță / corelație pentru a reduce efectul diferitelor unități de măsură ale datelor variabilelor microclimatice, fiecare element diagonal al matricei de corelație fiind unitar, iar matricea respectivă simetrică (Figura 23).

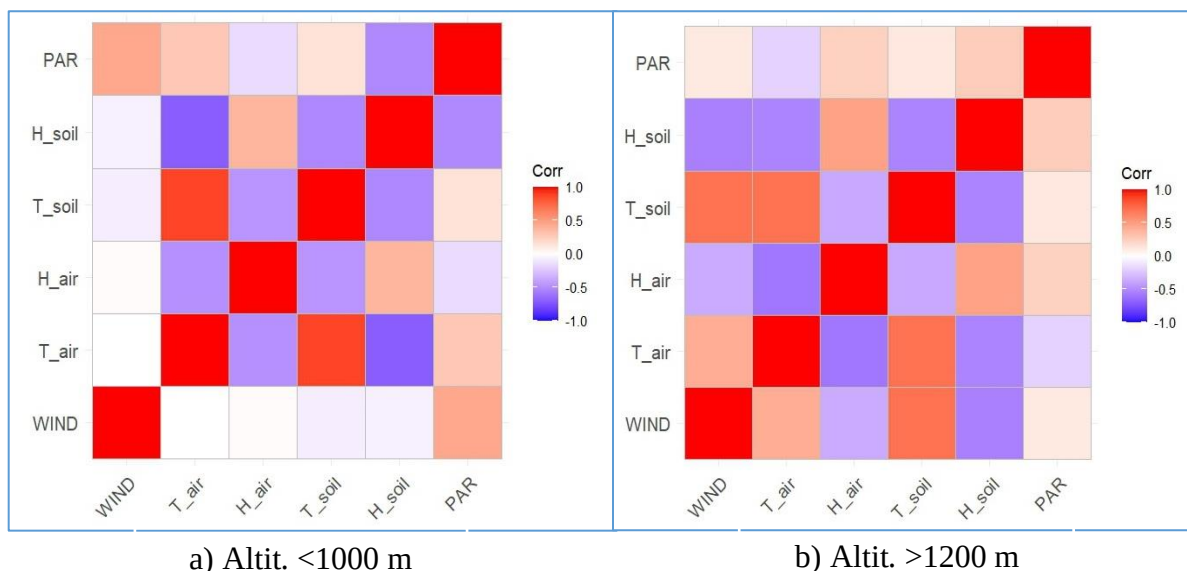


Figura 23. Matricea de covarianță a variabilelor de microclimat înregistrate în condiții de
a) altitudine mică (< 1000 m) și b) altitudine mare (>1200 m)

Analizând valorile din tabelul figura 23a, se observă că la altitudine mică, cea mai puternică corelație pozitivă și directă ($r=0,7-0,9$) se înregistrează între temperatura aerului (T_{aer}) și temperatura solului (T_{sol}) și o corelație pozitivă slabă ($r=0,3-0,5$) între intensitatea radiației active fotosintetice (PAR) și intensitatea vântului (WIND) și, de asemenea, între umiditatea solului (H_{sol}) și cea a aerului (H_{aer}). Corelații puternic negative s-au evidențiat ($r=0,7-0,9$) între temperatura aerului (T_{aer}) și umiditatea solului (H_{sol}) și de nivel mediu ($r=0,5-0,7$) între temperatura solului (T_{sol}) și umiditatea solului (H_{sol}), precum și între umiditatea solului (H_{sol}) și intensitatea radiației active fotosintetice (PAR).

În tabelul figura 23b, se evidențiază corelațiile între variabilele de microclimat măsurate în condiții de altitudine mare și se observă că există o corelație pozitivă ($r=0,7-0,9$) între intensitatea vântului (WIND) și temperatura solului (T_{sol}) și între temperatura aerului (T_{aer}) și temperatura solului (T_{sol}). Corelații negative moderate ($r=0,5-0,7$) s-au identificat între temperatura aerului (T_{aer}) și umiditatea aerului (H_{aer}); temperatura aerului (T_{aer}) și umiditatea solului (H_{sol}); temperatura solului (T_{sol}) și umiditatea solului (H_{sol}) și între intensitatea vântului (WIND) și umiditatea solului (H_{sol}).

La altitudine mai mică de 1000 m, în PC1 (prima componenta principală, variabilele care au coeficienți de ponderare (autovecitori) cei mai mari și cea mai mare contribuție sunt temperatura aerului ($T_{\text{aer}}=0,5377$), urmată de cea a solului ($T_{\text{sol}}=0,4882$), la care se adaugă și variabila corelată negativ, umiditatea solului ($H_{\text{sol}}=-0,4934$). PC2 are în componență variabilele: intensitatea vântului ($WIND=0,6577$) și intensitatea radiației active fotosintetice ($PAR=0,6284$). Aceste variabile au fost strâns legate între ele și se consideră a fi cele mai mult influențate într-un climat de joasă altitudine, de sub 1000 m (Tabelul 8).

Dacă ne referim la altitudinea mai mare de 1200 m, PC1 cuprinde ca variabile cu cei mai

mari coeficienți de ponderare (autovectori) și contribuții: temperatura aerului ($T_{\text{aer}}=0,4685$), temperatura solului ($T_{\text{sol}}=0,44868$), umiditatea solului ($H_{\text{sol}}=-0,4643$) și intensitatea vântului ($WIND=0,4095$), iar în cazul PC2 variabila major contributivă este intensitatea radiației fotosintetice active ($PAR=0,8176$) (Tabelul 8).

Tabelul 8. Coeficienții de ponderare pentru cele șase variabile descriptive conform celor doua componente principale reținute pentru a) altitudine mică (< 1000 m) și b) altitudine mare (>1200 m)

Variabile	Altitudine <1000 m		Altitudine >1200 m	
	PC1	PC2	PC1	PC2
Viteza vântului (WIND)	0,0150	0,6577	0,4095	0,4104
Temperatura aerului (T_{aer})	0,5377	-0,1711	0,4685	-0,3142
Umiditatea aerului (H_{aer})	-0,4003	0,0555	-0,4219	0,1219
Temperatura solului (T_{sol})	0,4882	-0,3197	0,4486	0,1863
Umiditatea solului (H_{sol})	-0,4934	-0,1945	-0,4643	-0,1205
Radiația activ fotosintetică (PAR)	0,2616	0,6284	-0,1333	0,8176

Graficul de proiecție, din figura 24, reprezintă comportamentul fiecărei variabile de microclimat în funcție de corelațiile inerente distribuției componentelor și în funcție de unghiul format între vectori.

Temperatura solului indică o influență semnificativă asupra variabilității microclimatului, reflectând interacțiunile complexe dintre sol și atmosferă la aceste altitudini, generate, în principal, de factorii locali și condițiile meteorologice.

Prezența unui unghi obtuz ($> 90^\circ$) între vectorii care reprezintă intensitatea radiației active fotosintetice, umiditatea solului și umiditatea aerului, susține ideea că între aceste variabile există o corelație mare negativă, subliniind, complexitatea interacțiunilor din microclimatul de la altitudini joase. Umiditatea solului și a aerului sunt invers proporționale cu radiația solară intensă, datorită proceselor de evaporare și transpirație (Figura 24a).

Intensitatea vântului (WIND) este bine reprezentată pe Dim2 și sugerează că vântul contribuie la variabilitatea microclimatului, efect mai pronunțat pe a doua componentă principală, indicând o influență secundară, comparativ cu temperatura aerului și a solului și cu umiditatea solului.

Variabila intensitatea radiației active fotosintetice (PAR) este bine reprezentată pe Dim1, având o contribuție semnificativă la variabilitatea microclimatului, lucru de așteptat, deoarece radiația solară influențează direct temperaturile solului și aerului și procesele fotosintetice.

Reprezentarea grafică a primelor două componente principale PC1 (Dim1) și PC2 (Dim2) pentru altitudinea mai mare de 1200 m (Figura 24b), indică faptul că vectorii pentru variabilele temperatura aerului (T_{air}) și a solului (T_{sol}) sunt mai lungi și orientați aproape complet pe Dim1. Aceasta sugerează că dinamica acestor variabile microclimatice reprezintă un factor major care influențează microclimatul la altitudini mari.

Umiditatea aerului (H_{aer}) și a solului (H_{sol}) sunt vectori orientați în sens opus (unghi obtuz) intensității vântului, ceea ce reprezintă o corelație mare negativă, vântul intens accelerând uscarea stratului superficial al solului prin creșterea ratei de evaporare. Acest efect este mai pronunțat la altitudini mari, unde solul poate fi mai expus și mai vulnerabil la efectele directe ale vântului.

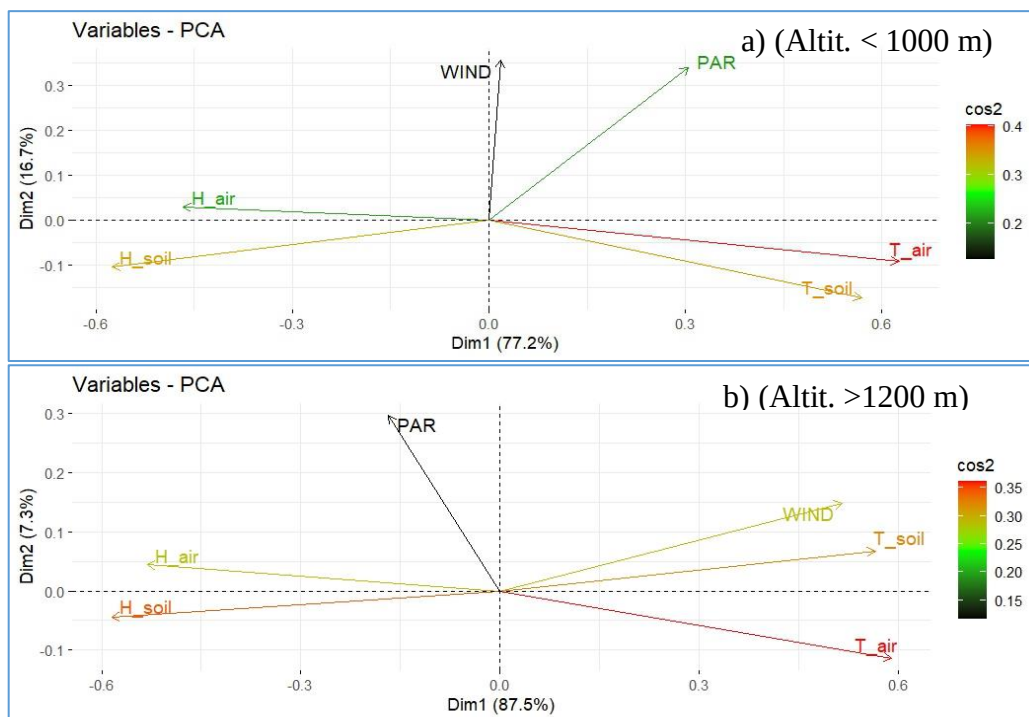


Figura 24. Reprezentarea grafică a primelor două componente principale PC1 (Dim1) și PC2 (Dim2) rezultate prin aplicarea PCA asupra variabilelor microclimatice pentru a) altitudine mică (< 1000 m) și b) altitudine mare (>1200 m)

Pentru a evidenția simultan, atât diferențele dintre valorile variabilelor microclimatice, cât și cele ale tipurilor de ecosisteme situate la altitudini diferite s-a realizat analiza factorială multiplă. Aceasta ne oferă o imagine complexă a ecosistemelor montane, cu o perspectivă holistică referitoare la influența altitudinii asupra variabilelor de microclimat, permițând astfel o interpretare detaliată și precisă a datelor.

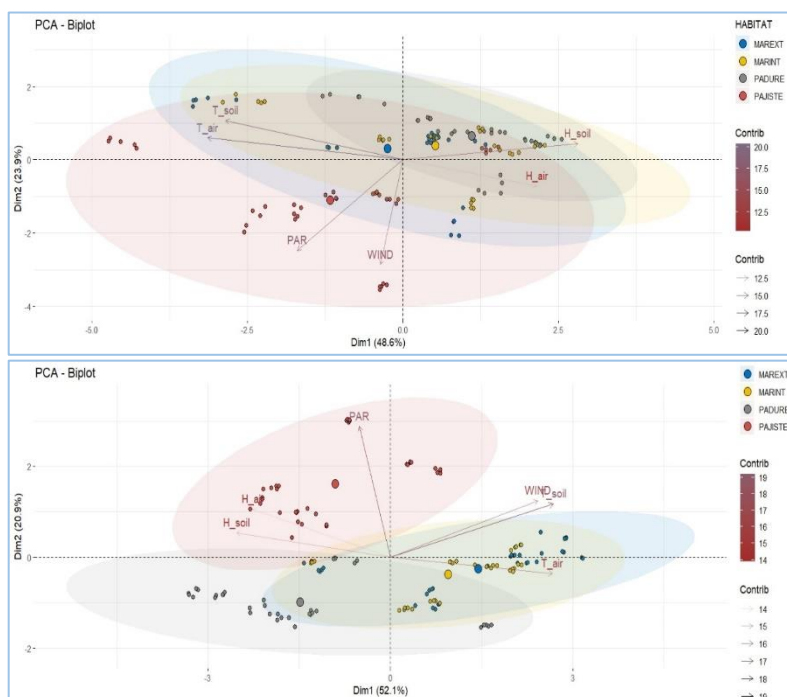


Figura 25. Analiza multifactorială a setului de date pentru variabilele microclimatice din patru ecosisteme diferite situate la a) altitudine mică (< 1000 m) și b) altitudine mare (>1200 m)

Clusterul ecosistemului de pădure ne indică o dispersie mai mică a valorilor variabilelor microclimatice comparativ cu pajiștile, relevând condiții mai omogene, micile fluctuații fiind datorate, probabil, diferențelor de structură a pădurii sau a factorilor locali. Contrastul puternic de poziționare în grafic (situat în partea opusă a graficului) subliniază diferențele majore în regimul de lumină și posibil în cel de umiditate între ecosistemul de pădure și cel de pajiște.

În ecosistemele de margine interioară și exterioară, temperatura solului (T_{sol}) este mai strâns legată de acestea, iar valorile variabilelor microclimatice sunt grupate și prezintă o dispersie redusă, reflectând o dinamică diminuată între aceste două ecosisteme.

Rezultatele studiului nostru arată că ecosistemele de margine interioară și exterioară pădurii sunt separate de cele din ecosistemele de pădure și pajiște pe Dim1, indicând diferențe semnificative în variabilele de temperatură și umiditate a aerului și solului, cu tendințe de creștere a temperaturilor (de aer și sol), reliefând condiții mai calde și uscate (Figura 25b).

Dispersie largă a punctelor pe diagrama, indică o variabilitate a condițiilor microclimatice la altitudini sub 1000 iar culorile punctelor sugerează o gradare (legată de altitudine) a acestora, cu roșu reprezentând valori mai mari și albastru valori mai mici. În aceeași diagramă se observă că umiditatea aerului și radiația fotosintetică activă au o influență mare pe a doua componentă principală având direcții opuse ceea ce sugerează ca variabilele au o relație invers proporțională la această altitudine mică, posibil legată de topografie sau expunere versanților (Figura 25a).

4.2.3. Efectul variabilelor de microclimat asupra compoziției și diversității speciilor ierboase, inclusiv furajere, în condiții diferite de altitudine

Utilizând testul Monte Carlo pentru analiza corespondenței canonice (CCA) s-a evaluat efectul variabilelor de microclimat (temperatura și umiditatea solului și a aerului, viteza vântului și intensitatea radiației active fotosintetice asupra compoziției și distribuției speciilor ierboase din două zone aflate la altitudini diferite.

Analiza CCA pentru ecosistemele situate la altitudine mare (>1200 m)

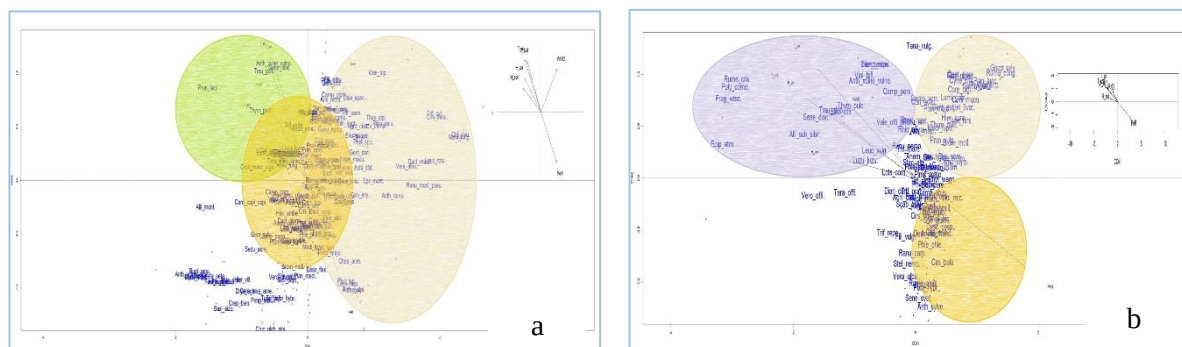


Figura 26. Analiza de corespondență canonică (CCA) între speciile ierboase (furajere) și variabilele de microclimat din a) ecosistemul de pajiște, b) ecosistemul de margine exterioară a pădurii situate la altitudine >1200 m.

În analiza CCA pentru ecosistemul de pajiște situat la altitudine de peste 1200 m, axa CCA1 explică 23,33% din varianță și are o puternică corelație pozitivă cu valorile intensității radiației fotosintetice active (PAR) și ale intensității vântului (WIND), aceste variabile afectând semnificativ compoziția și distribuția speciilor. Cea de-a doua axă (CCA2) explică 20,47% din varianță și are o puternică corelație pozitivă cu valorile temperaturii și umidității aerului și a solului (T_{aer} , T_{sol} , H_{aer} , H_{sol}) (Figura 26a).

Comunitatea de plante din acest ecosistem de pajiște alpină este compusă din specii ale categoriilor moderat termofilă, termofilă și heliofilă, cu plante perene cu frunze mici, groase

sau aciculare pentru a reduce pierderea de apă, dotate cu sisteme radiculare robuste. S-au identificat speciile furajere: *Dactylis glomerata*, *Achillea distans*, *Festuca pratensis*, *Trifolium pratense*, *Trifolium montanum*, *Briza media*, *Medicago lupulina*, *Trifolium cylindricum* și alte specii: *Campanula glomerata*, *Hieracium aurantiacum*, *Carduus acanthoides*, etc (Figura 26a).

În compoziția și gruparea speciilor în jurul vectorului temperatura solului, reprezentat pe axa 2 (CCA2), s-au identificat specii iubitoare de soluri umede mezo-higrofile furajere: *Trifolium repens*, *Achillea distans* și alte specii ca: *Thymus pulegioides*, *Allium schoenoprasum* subsp. *sibiricum*, *Stachys officinalis*. De asemenea, se observă gruparea speciilor microterme și micro-mezoterme furajere: *Fragaria vesca*, *Anthyllis vulneraria* *Tragopogon pratensis* (Figura 26a).

Rezultatele analizei CCA, aplicată speciilor și variabilelor climatice din ecosistemul marginii exterioare pădurii de altitudine mare (Figura 26b), indică faptul că, prima axă (CCA1) explică 23,24% din varianță și are o corelație pozitivă puternică, doar, cu valoarea intensității radiației active fotosintetice (PAR), cu toate celelalte variabile microclimatice fiind corelată negativ. În consecință, PAR este variabila semnificativ determinantă a compoziției și distribuției speciilor din acest tip de ecosistem (Figura 26b).

Axa a 2-a (CCA2) explică 20,74% din varianță, corelând puternic pozitiv cu temperatura și umiditatea aerului și a solului (T_aer, T_sol, H_aer, H_sol) și intensitatea vântului (WIND) și negativ cu intensitatea radiației active fotosintetice (PAR).

Pe axa CCA1 găsim, în partea dreaptă jos a graficului, o grupare a speciilor iubitoare de lumină (heliofile) și rezistente la vânt și care preferă soluri mai umede (mezofile și mezo-higrofile) și o temperatură a aerului mai scăzută (microterme și micro-mezoterme), subliniind, astfel caracterul alpin al habitatului (Figura 26b).

Speciile cu valoare furajeră care fac parte din această grupare sunt: *Phleum phleoides*, *Trifolium alpestre*, *Trifolium pratense*, *Anthyllis vulneraria*, *Achillea millefolium*, *Plantago major*, *Plantago lanceolata* și alte specii: *Viola reichenbachiana*, *Campanula abietina*, *Stellaria graminea*, *Deschampsia cespitosa*, *Senecio ovatus*, *Rumex alpinus*, *Petasites hybridus*, *Cirsium palustre* etc (Figura 26b).

Tot pe axa CCA 1, în dreapta sus, există o grupare de specii care preferă aceleași condiții de temperatură a aerului și a solului cu grupul din dreapta jos, acestea, însă, sunt mai pretențioase față de intensitatea luminii, favorizând habitate parțial umbrite. Comunitatea de specii furajere este alcătuită din: *Trifolium montanum*, *Trifolium hybridum* subsp. *hybridum*, *Pimpinella major* și alte specii: *Tanacetum vulgare*, *Sedum acre*, *Caltha palustris*, *Bromus mollis* etc (Figura 26b).

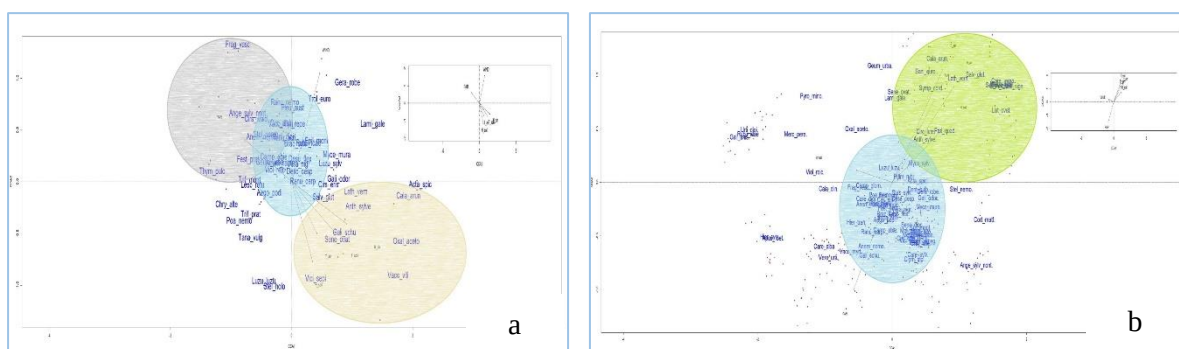


Figura 27. Analiza de corespondență canonică (CCA) între speciile ierboase (furajere) și variabilele de microclimat din a) ecosistemul de margine interioară, b) ecosistemul interiorului de pădure situate la altitudine >1200 m.

În relație cu analiza CCA (Figura 27a) pentru ecosistemul de margine interioară pădurii, situat la altitudine de peste 1200 m, prima axă (CAA1) explică 25,66% din varianță și are o corelație înalt pozitivă cu valorile temperaturii și umidității aerului și solului (T_aer, T_sol, H_aer, H_sol) și cu intensitatea vântului (WIND) și corelație negativă cu intensitatea radiației active fotosintetice (PAR). Cea de-a doua axă (CCA2) justifică 19,43% din varianță, prezintă o corelație pozitivă puternică cu valorile intensității radiației active fotosintetice (PAR) și a intensității vântului și corelează negativ cu temperatura și umiditatea aerului și solului.

Față de axa CCA 1, în partea dreaptă inferioară a cadranelui, se observă prezența speciei furajere umbrofile *Vicia sepium*, la care se adaugă: *Oxalis acetosella*, *Geranium robertianum*, *Epilobium montanum*, *Luzula sylvatica*, *Brachypodium sylvaticum*, *Lamium galeobdolon* etc. S-au mai semnalat specii care preferă soluri mai umede, mezo-higrofile furajere: *Lathyrus vernus*, *Anemone nemorosa*, *Dentaria bulbifera*, *Galium odoratum*, *Euphorbia amygdaloides*, *Aposeris foetida* și specii adaptate la temperaturi mai ridicate, dar cu preferințe pentru umbră, specii micro-mezoterme: *Verbascum nigrum*, *Streptopus amplexifolius*, *Aposeris foetida* etc. (Figura 27a).

În legătură cu ecosistemul interiorului de pădure (Figura 27b), situat la altitudine mare, rezultatele obținute atestă că, prima axă CCA1 explică 27,21% din varianța compoziției și distribuției speciilor, iar variabilele microclimatice cu care corelează puternic pozitiv sunt temperatura și umiditatea aerului și a solului (T_aer, T_sol, H_aer, H_sol), variabile orientate spre partea dreaptă a graficului, indicând faptul că speciile situate în această parte sunt asociate cu condiții mai calde și mai umede. A doua axă (CCA2) explică 22,75% din varianță, care relaționează moderat pozitiv cu temperatura solului (T_sol) și umiditatea aerului (H_aer), aspect evidențiat în partea superioară dreaptă a graficului din figura 43. Intensitatea radiației active fotosintetice (PAR) are o ușoară orientare negativă pe axa CCA2, sugerând că speciile din partea inferioară a graficului pot fi mai adaptate la niveluri superioare de lumină.

S-a observat că pe axa CCA1 se grupează speciile tipice pentru interiorul pădurii, cu temperament de umbră și temperatură mai mare a aerului (cadranel dreapta sus), de exemplu specia furajeră micro-mezotermă *Lathyrus vernus*, însoțită și de alte specii, precum: *Calamagrostis arundinacea*, *Symphytum cordatum*, *Sanicula europaea*, *Lamium galeobdolon* etc. De asemenea, sunt prezente specii mezofile și mezo-higrofile, cu preferință pentru soluri relativ umede (soluri reavăn jilave până la jilav-umede), de exemplu: *Lactuca serriola*, *Listeria ovata*, *Carex remota*, *Circaea lutetiana*, *Paris quadrifolia*, *Anthriscus sylvestris*, *Salvia glutinosa* etc.

Analiza CCA pentru ecosistemele situate la altitudine mică (<1000 m).

În următoarele pagini prezentăm rezultatele analizei corespondenței canonice (CCA) aplicate celor patru tipuri de ecosisteme situate la altitudine mai mică de 1000m.

Figura 28a este ilustrativă pentru ecosistemul de pajiște aflat la altitudine mică (<1000 m), în care axa CCA1 justifică 26,78% din varianța compoziției și distribuției speciilor. Se remarcă corelația puternic pozitivă cu intensitatea radiației active fotosintetice (PAR), aceasta reprezentând variabila microclimatică predictoare, cu rol principal în structurarea comunității de plante. A doua axă (CCA2) explică 21,48% din varianță și are o corelație moderat pozitivă cu temperatura solului (T_sol), temperatura aerului (T_aer) și intensitatea vântului (WIND) și o corelație puternic pozitivă cu umiditatea solului (H_sol), dar și o corelație moderat negativă cu umiditatea aerului (H_aer) (Figura 28a).

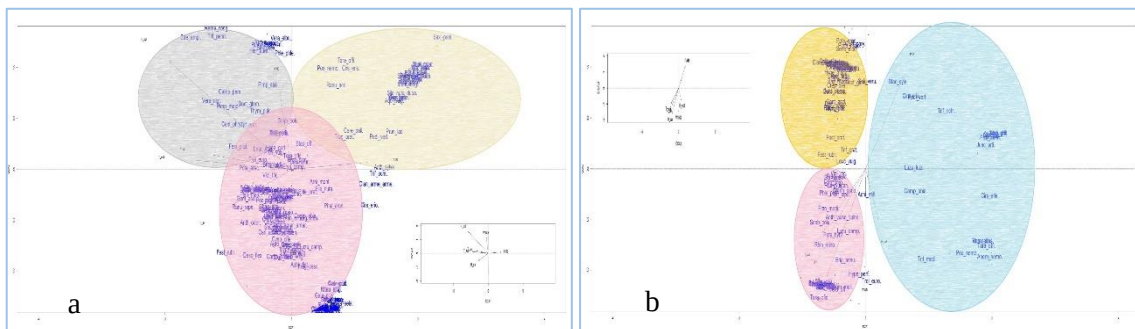


Figura 28. Analiza de corespondență canonică (CCA) între speciile ierboase (furajere) și variabilele de microclimat din a) ecosistemul de pajiște; b) ecosistemul de margine exterioară pădurii situate la altitudine <1000 m.

Asocierea speciilor în apropierea și direcția vectorului PAR sugerează că acestea sunt preponderent heliofile, cu exemplificarea următoare pentru speciile furajere: *Tragopogon pratensis*, *Taraxacum officinale* și a altor taxoni: *Ranunculus acris*, *Cirsium eriophorum*, *Mentha longifolia*, *Pedicularis verticillata*, *Carex pallescens*, *Anthriscus sylvestris* etc.

În cadranul din stânga sus, se observă o asociere a speciilor cu preferințe clare pentru o umiditate crescută a solului și, în același timp, pentru temperaturi crescute ale aerului și solului. În ecosistemul de pajiște analizat s-au identificat specii moderat termofile și termofile (*Festuca pratensis*, *Briza media*, *Hypericum perforatum*, *Leucanthemum vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Trollius europaeus* etc.), mezo-higrofile până la higrofile, dintre care plante furajere: *Trifolium pannonicum*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Poa nemoralis*, *Trifolium pratense*, precum și alte specii: *Scabiosa columbaria*, *Pimpinella saxifraga*, *Pilosella officinarum*, *Ranunculus acris* etc (Figura 28a).

În analiza CCA pentru ecosistemul marginii exterioare pădurii, exprimată grafic prin figura 28b, speciile individuale au fost utilizate, de asemenea, ca variabile dependente, 53% din varianță fiind conectată de variabilele microclimatice, care au avut o influență semnificativă asupra compoziției și structurii vegetației ierboase (testul Monte Carlo, $P = 0,005$). Valorile proprii ale axelor 1 și 2 au fost 29,09% și, respectiv, 23,91%.

Cele mai importante variabile de microclimat au fost intensitatea radiației active fotosintetic (PAR) și umiditatea aerului (H_{aer}), așa cum este indicat de lungimea săgeților din figura 48. Axa CCA1 a fost corelată puternic pozitiv cu intensitatea radiației active fotosintetic (PAR) și moderat pozitiv corelată cu umiditatea solului (H_{sol}).

Axa CCA2 reflectă corelații de natură pozitivă cu intensitatea radiației active fotosintetic (PAR) și negative cu temperatura aerului (T_{aer}), temperatura solului (T_{sol}) și umiditatea aerului (H_{aer}).

Dacă ne raportăm la axa CCA1, se observă o altă grupare de specii, este cea situată în partea stângă jos a graficului (valori negative ale CCA1), specii care sunt asociate cu umiditatea aerului mai ridicată și temperaturile solului și aerului moderate și o influență redusă a intensității vântului (WIND). Aici găsim specii furajere moderat termofile (*Plantago media*, *Briza media*, *Trifolium alpestre*, *Phleum pratense*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *vulneraria* și alte specii: *Hypericum perforatum*, *Luzula campestris*, *Scabiosa columbaria*, *Petasites hybridus*, *Rhinanthus minor*, *Erigeron annuus*, *Veronica officinalis* etc.) și mezo-higrofile (*Trifolium pratense*, *Fragaria vesca*, *Achillea millefolium*), dar și alte categorii de plante: *Crepis biennis*, *Primula veris*, *Gentiana asclepiadea*, *Thymus pulcherrimus*, *Deschampsia cespitosa*, *Dactylorhiza maculata*, *Crepis biennis*, *Cynosurus cristatus*, *Dianthus deltoides*, *Hypericum maculatum* etc (Figura 28b.)

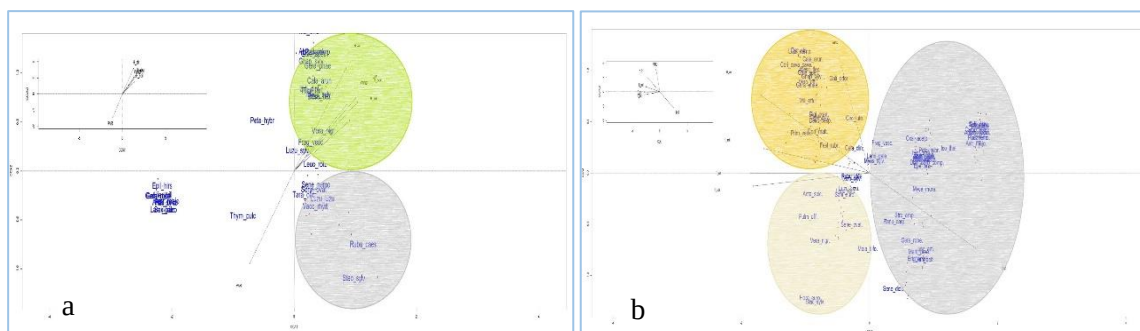


Figura 29. Analiza de corespondență canonică (CCA) între speciile ierboase (furajere) și variabilele de microclimat din a) ecosistemul de margine interioară; b) ecosistemul interiorului pădurii situate la altitudine <1000 m

În ceea ce privește rezultatele analizei CCA (Figura 49, Tabelul 21) pentru **ecosistemul marginii interioare de pădure**, axa CCA1 explică 25,62% din varianța compoziției și distribuției speciilor, iar temperatura și umiditatea solului și a aerului, plus intensitatea vântului sunt variabilele predictoare, corelate puternic pozitiv (lungimea vectorilor este mare) cu această axă, fiind variabilele cheie care structurează comunitatea de specii furajere. Axa CCA2 explică o parte mai mică de 23,82%, dar semnificativă a variației compoziției speciilor furajere, variabila intensitatea radiației active fotosintetice (PAR) are cel mai lung vector, orientat spre stânga jos, indicând o influență puternic negativă asupra compoziției speciilor din acest tip de ecosistem.

Asocierea vegetală este poziționată opus vectorului PAR (care este orientat spre stânga), sugerând că majoritatea speciilor care-o compun preferă condiții de umbră sau lumină difuză, reflectând adaptarea lor la condiții tipice de margine interioară pădurii de joasă altitudine, unde este mai cald, mai umed și mai puțin expus la radiația solară directă, comparativ cu zonele deschise. Menționăm prezența speciilor furajere: *Fragaria vesca*, *Poa nemoralis*, plus alte specii fără valențe furajere: *Geranium sylvaticum*, *Calamagrostis arundinacea*, *Verbascum nigrum* etc (Figura 29a).

Diagrama CCA pentru ecosistemul **interiorului pădurii** înfățișează influența semnificativă a variabilelor microclimatice asupra compoziției și distribuției floristice a stratului ierbos, varianța cumulată de-a lungul primelor 2 axe având valoarea de 54,88% (CCA1 – 32,03%; CCA2 – 22,85%) (Figura 29b).

Prima axă de ordonare CCA1 evidențiază intensitatea radiației active fotosintetice (PAR) ca fiind principala variabilă care determină variații în compoziția speciilor din acest tip de ecosistem. Speciile grupate în partea dreaptă a diagramei preferă sau sunt mai bine adaptate la condiții de umbră (furajere: *Fragaria vesca*, *Poa nemoralis* și alte specii *Oxalis acetosella*, *Myosotis scorpioides*, *Lamium galeobdolon*, *Astrantia major* etc).

Axa CCA2 adaugă informații suplimentare privind legătura înalt pozitivă a variației compoziției speciilor raportată la umiditatea aerului și a solului. Astfel, s-au notat specii mezo-higrofile și higrofile: *Milium effusum*, *Circaea alpina*, *Luzula luzuloides*, *Galium odoratum*, *Corydalis cava*, *Calamagrostis arundinacea* etc. și din grupul plantelor cu rol furajer *Festuca rubra* (Figura 29b).

4.3. Identificarea modului în care compoziția și diversitatea speciilor furajere, ca parte a covorului vegetal și variabilele microclimatice se modifică în ecosisteme distincte

4.3.1. Caracterizare diversității și distribuției speciilor în ecosisteme distincte (pajiște, margine exterioară și interioară pădurii și ecosistemul de pădure)

Pentru a cuantifica bogăția specifică și distribuția speciilor furajere în fitocenozele din cele patru tipuri de ecosisteme analizate, s-au calculat o serie de indici de biodiversitate (Indicele Simpson, Indicele Shannon-Weaver, Echitabilitatea, Indicele Margalef, Indicele Menhinick).

Tabelul 9. Indicii de diversitate a speciilor furajere prezente în ecosistemele studiate

Ecosistem	Numărul total de indivizi (N)	Bogăția specifică (s)	Nr de familii botanice	Indicele Simpson (D)	Indicele Shannon (H)	Uniformitatea (E)	Indicele de similaritate (1-D)	Indicele de diversitate Margalef (Da)	Indicele de diversitate Menhinick (Db)
PAJISTE	776	47	7	0,03	3,59	0,92	0,96	7,06	1,72
MAREXT	324	40	7	0,06	3,16	0,86	0,94	6,57	2,16
MARINT	58	18	5	0,12	2,48	0,84	0,87	4,43	2,49
PADURE	114	12	4	0,17	1,93	0,83	0,82	1,90	0,93

Pădurea, cu un indice Simpson de 0,17, prezintă o structură comunitară diferită. Această valoare mai ridicată sugerează o distribuție mai puțin uniformă a speciilor furajere, deși pot exista numeroase plante furajere, câteva specii par să fie predominante. Acest lucru ar putea indica un mediu mai specializat sau condiții care favorizează anumite specii în detrimentul altora. (Tabelul 9.). Analizând zonele de tranziție ale pădurii, se observă o gradare a diversității speciilor astfel, marginea interioară a pădurii (MARINT) prezintă un indice Simpson de 0,12, în timp ce marginea exterioară (MAREXT) are o valoare mai scăzută, de 0,06. Această diferență indică o creștere treptată a diversității speciilor pe măsură ce ne îndepărtăm de interiorul pădurii către zona deschisă.

Indicele Shannon-Weiner ($H'=3,59$) calculat pentru ecosistemul de pajiște, indică o diversitate foarte ridicată a speciilor furajere, ceea ce înseamnă că nu doar numărul de specii este mare, dar și distribuția indivizilor între aceste specii este relativ uniformă iar indicele de uniformitate ($E=0,92$) aproape de valoarea maximă (1), sugerează că speciile sunt distribuite foarte echitabil, fără ca o specie să domine în mod semnificativ (Tabelul 9).

Cu un indice Margalef de $Da=4,43$ această ecosistemul de margine interioară, prezintă o diversitate moderată, deși mai bogată în specii furajere decât interiorul pădurii, MARINT rămâne mai puțin diversificată comparativ cu zonele mai deschise. Înregistrând un indice Margalef de $Da=6,57$ MAREXT demonstrează o diversitate specifică considerabil mai mare, ceea ce sugerează o comunitate de plante furajere mult mai bogată și variată, apropiindu-se de caracteristicile pajiștii.

Marginea interioară a pădurii are cea mai mare diversitate specifică relativă la numărul de indivizi ($Db=2,49$) dintre toate ecosistemele studiate. Aceasta sugerează că, deși poate exista o tranziție către condiții mai specializate, această zonă susține un număr mare de specii furajere în raport cu abundența acestora. Probabil, acest ecosistem de tranziție între pajiște și pădure combină caracteristici de la ambele, favorizând astfel o diversitate ridicată.

Pentru a evidenția grafic numărul de specii furajere limitate la un singur ecosistem și numărul de specii care sunt prezente în două sau mai multe ecosisteme, s-a construit o diagramă Venn pentru toate cele patru tipuri de ecosisteme analizate.

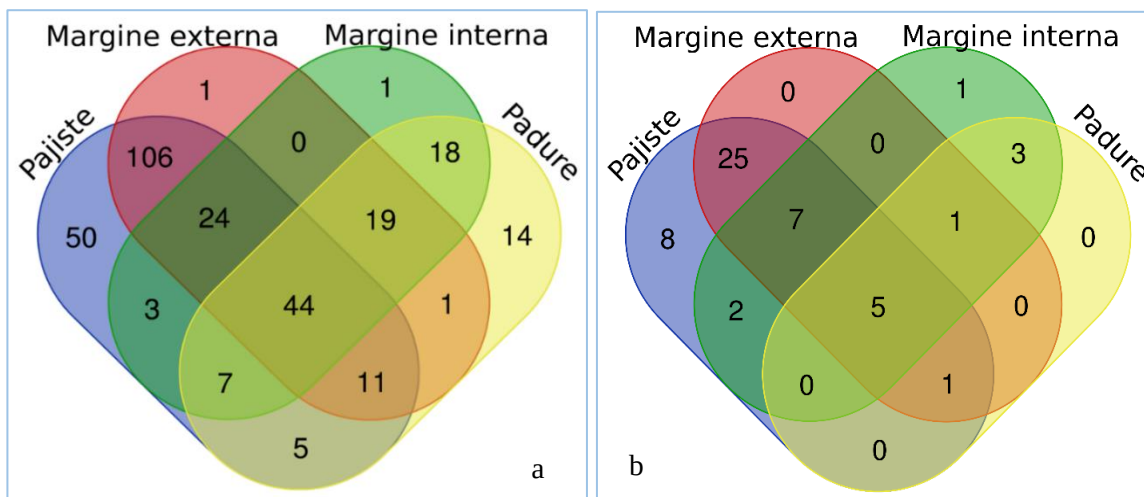


Figura 30. Diagrama Venn pentru a). Toate speciile ierboase b). Speciile furajere din patru tipuri de ecosisteme (pajiște, margine externă, margine internă, interior de pădure)

În ecosistemul de pajiște sunt din totalul de 50 specii ierboase edificatoare pentru fitocenoza acestui ecosistem, 8 specii furajere fidele, dintre care enumerăm: *Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*, *Lathyrus pratensis* var. *pubescens*, *Anthoxanthum odoratum*, *Leontodon hispidus*, *Cichorium intybus* etc, iar în zona de suprapunere cu marginea exterioară sunt prezente 25 specii furajere sunt comune între pajiște și marginea exterioară, avem ca exemplu: *Trifolium cylindricum*, *Holcus lanatus*, *Filipendula vulgaris*, *Leontodon autumnalis*, *Briza media*, *Cynosurus cristatus* etc (Figura 30).

Speciile furajere *Brachypodium sylvaticum*, *Festuca heterophylla* și *Taraxacum officinale* se regăsesc în două ecosisteme asociate, cel de margine internă și de pădure, iar speciile *Trifolium pannonicum* și *Pimpinella saxifraga* se întâlnesc atât în pajiște cât și în marginea internă a pădurii.

4.3.2. Dinamica variabilelor de microclimat în condiții diferite de ecosisteme (pădure-pajiște-margine internă-margine externă)

Pentru a evalua diferențele de-a lungul transectelor, fiecare dintre măsurătorile celor șase variabile de microclimat au fost testate printr-o ANOVA unidirecțională cu variabila independentă distanța față margine, urmată de testul Fisher Least Significant Difference (LSD) de transformare liniară și pentru a afla la care distanțe față de margine diferă semnificativ unele de altele. Statistica testului F ne indică cât de aproape datele observate se potrivesc cu distribuția așteptată în ipoteza nulă a testului statistic ANOVA, astfel, cu cât valoarea F este mai mare, cu atât este mai probabil ca variația cauzată de variabila independentă să fie reală și nu datorată întâmplării.

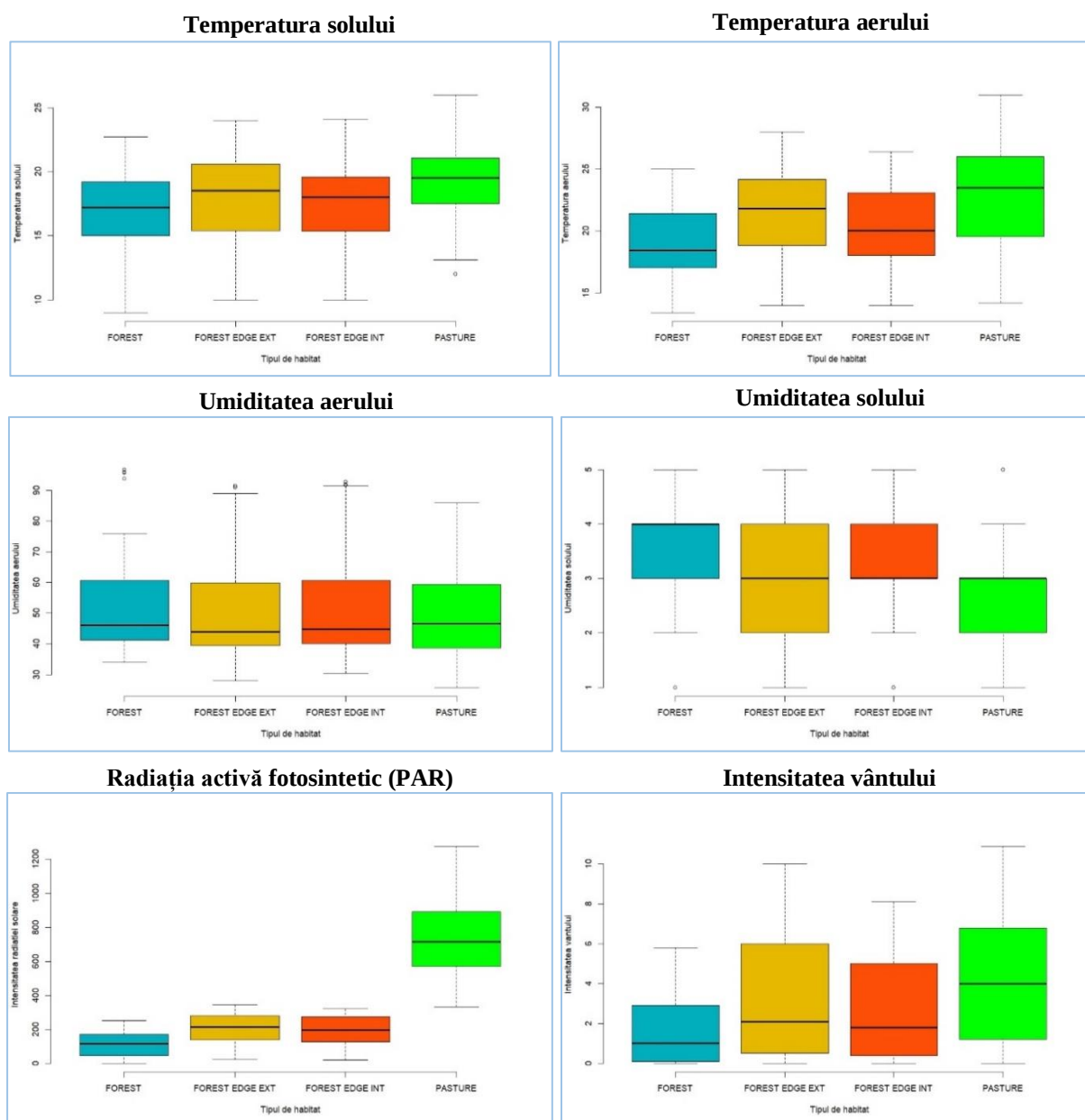


Figura 31. Valorile medii (± 1 SE) pentru variabilele de microclimat în funcție de tipul de ecosistem

În grupul variabilei dependente radiația activă fotosintetic (PAR) se observă o variație ridicată a măsurătorilor în interiorul grupului, precum și între grupuri, iar referitor la umiditatea aerului se identifică o variație mică în interiorul grupului și o variație mică între grupuri.

Mediile valorilor măsurate, care exprimă umiditatea aerului, de asemenea sunt diferite între pajiște și pădure, dar nu diferă între pajiște –margine exterioară și exterioară și între pădure și margine exterioară, dar nu diferă nici între margine interioară și pădure.

Valorile intensității radiației fotosintetice-actice (PAR) nu prezintă diferențe între marginea interioară și cea exterioară, dar sunt evidente diferențe între pajiște și interior de pădure precum și între interior de pădure și cele două tipuri de margine (interioară și exterioară).

Referitor la variabilele: temperatura solului, umiditatea aerului și radiația fotosintetică activă, intervalele de încredere pentru valoarea medie între grupuri conțin valoarea zero, astfel se evidențiază următoarele: valorile umidității solului nu sunt diferite între marginea interioară și marginea exterioară, dar sunt diferite în celelalte combinații ale tipului de ecosistem (pajiște-

margine interioară; pajiște-margine exterioară; pajiște-interior de pădure; margine exterioară-interior de pădure; margine interioară-interior de pădure).

Rezultatul analizei ANOVA sugerează că există diferențe semnificative statistic între variabilele microclimatice determinate de tipul de ecosistem, dar pentru a cunoaște mărimea efectului tipului de ecosistem (eta pătrat) și pentru a evalua importanța practică a acestor diferențe s-a aplicat analiza multivariată MANOVA utilizând metoda testului Pillai Trace.

Având în vedere matricea de varianță-covarianță a datelor și pe efectul de grup, rezultatul testului Pillai Trace sugerează că există diferențe semnificative între grupurile variabilelor microclimatice analizate.

Rezultatul testului Pillai Trace a fost transformat într-o statistică F pentru a permite evaluarea semnificației statistice și a determina dacă diferențele observate sunt semnificative (Tabelul 10).

Tabelul 10. Statistica F pentru variabilele microclimatice în raport cu tipul de ecosistem

Variabilele dependente	Tipul de ecosistem	
	Valoare F	Pr(>F)
Temperatura solului	42,336	<0,001
Temperatura aerului	290,59	<0,001
Umiditatea solului	224,15	<0,001
Umiditatea aerului	6,1659	<0,001
Radiația fotosintetică activă	3391,9	<0,001
Intensitatea vântului	359,01	<0,001

Rezultatele statisticii F indică valorile F și semnificațiile (Pr(>F)) pentru toate variabile dependente în funcție de tipul de ecosistem. Valorile F foarte mari și valorile $p < 0.001$ sugerează că există diferențe semnificative între tipurile de ecosisteme pentru toate variabilele măsurate.

Tabelul 11. Statistica testului Pillai's Trace

Variabila independentă	Pillai'sTrace	Valoarea F	Pr(>F)
Tipul de ecosistem	0,99	201,77	<0,001

Rezultatul testului Pillai'sTrace pentru variabila independentă tipul de ecosistem este semnificativ statistic [Pillai's Trace = 0,99; $F(18, 7350) = 201,77$; $p < 0,001$], ceea ce sugerează că există o diferență semnificativă globală între tipurile de ecosisteme pentru ansamblul variabilelor T_soil, T_air, H_soil, H_air, PAR și WIND (Tabelul 11).

Pentru a identifica magnitudinea diferențelor sau a relațiilor observate între tipurile de ecosisteme și variabilele microclimatice analizate, s-a calculat Eta parțială pătrată, care măsoară proporția varianței totale între variabilele de microclimat având în vedere tipul de ecosistem.

Tabelul 12. Măsura mărimii efectului (Eta parțială pătrat η^2_p)

Variabila independentă	Eta ² (parțial)	95% CI
Tipul de ecosistem	0,33	[0,32; 1,00]

Rezultatul mărimii efectului (Eta parțială pătrat; η^2_p) este 0,33, indică faptul că 33% din variabilitatea totală a variabilelor dependente (Temperatura solului, Temperatura aerului, Umiditatea solului, Umiditatea aerului, PAR și Viteza vântului) poate fi explicată de tipul de ecosistem. Aceasta este o mărime a efectului considerată mare, sugerând că tipul de ecosistem

are un impact semnificativ asupra variabilelor măsurate (Tabelul 12).

Un interval de încredere de $[0,32; 1,00]$ sugerează că, deși valoarea calculată este 0,33, valoarea reală ar putea fi la fel de mică ca 0,32 sau, în cel mai extrem caz, ar putea atinge 1,0 ceea ce ar însemna o explicare completă a variabilității de către tipul de ecosistem.

Pentru a identifica care grupări (combinații liniare) din cele șase variabile de microclimat prezintă o variabilitate mai mare a datelor s-a folosit metoda Analiza discriminativă liniară (LDA), prin care s-a redus dimensiune date și s-a maximizat dispersia datelor între variabilele de microclimat dar s-a minimizat dispersia datelor în interiorul fiecărei clase de variabilă de microclimat.

S-a generat un grafic de dispersie pentru cele șase variabile dependente (variabilele de microclimat), în care se evidențiază variabilitatea în interiorul fiecărei variabile de microclimat (în interiorul grupului), precum și variabilitatea între toate cele 6 variabile de microclimat (între grupuri) (Figura 32).

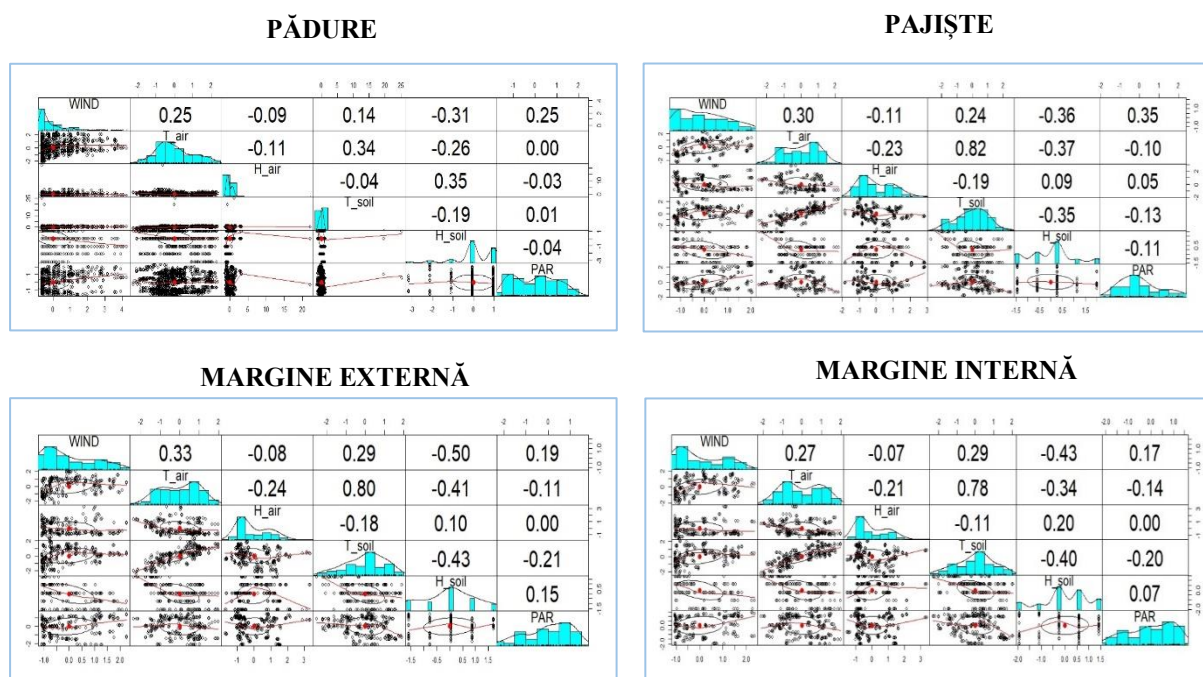


Figura 32. Diagramă de dispersie, histogramă și valori de corelație pentru variabilele de microclimat din diferite tipuri de ecosisteme

Din figura 32 se poate concluziona ca variabilele microclimatice, temperatura aerului și temperatura solului sunt corelate pozitiv în toate cele patru tipuri de ecosisteme, această corelație pozitivă indică o relație constantă între cele două variabile, independent de tipul de ecosistem, sugerând un transfer de căldură similar între aer și sol în diferite condiții ecologice.

Intensitatea vântului și umiditatea solului sunt variabilele care corelează negativ de asemenea în toate cele patru ecosisteme, aceasta sugerează că, indiferent de tipul de ecosistem, pe măsură ce intensitatea vântului crește, umiditatea solului tinde să scadă. Această corelație negativă consistentă arată că vântul joacă un rol important în evaporarea apei din sol, ceea ce se observă în mod similar în toate cele patru ecosisteme analizate.

În ecosisteme de tranziție, cele de margine interioară și exterioară pădurii, temperatura solului este corelată negativ cu umiditatea solului. Această corelație negativă sugerează că în zonele de tranziție, solul mai cald este asociat cu condiții mai uscate, probabil din cauza evaporării mai intense sau a unui drenaj mai rapid al apei în solurile mai calde (Figura 32).

În ecosistemele de pajiște și cel de pădure, temperatura aerului este corelată negativ cu umiditatea solului. Aceasta poate fi explicată prin faptul că temperaturile mai ridicate ale aerului

favorizează evaporarea apei din sol, reducând astfel umiditatea acestuia. Acest fenomen este evident atât în pajiște, unde expunerea la soare este maximă, cât și în pădure, unde acoperirea vegetativă poate modera temperaturile, dar unde totuși se observă această relație inversă.

Diagrama de dispersie LDA discriminează mai multe tipuri de ecosisteme pe baza valorilor celor șase variabile dependente și le codifică pe culori, pentru a se potrivi cu variabilele independente (Figura 33).

Astfel, în figura 33 se poate observa că valorile variabilelor dependente sunt diferite semnificativ în pajiște în comparație cu marginea exterioară, interioară și pădure.

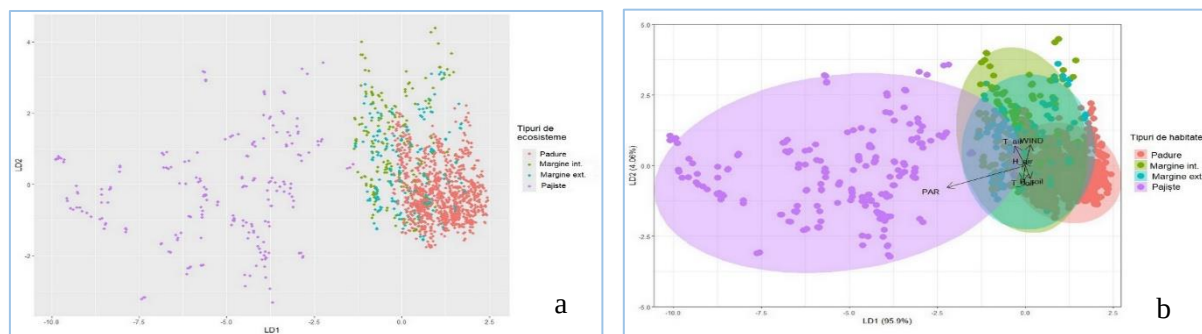


Figura 33. Setul de date LDA (a) și graficul de dispersie (b) pentru tipurile de ecosistem studiate

În figura 33a se identifică distribuția observațiilor de-a lungul discriminanților liniari și separarea claselor, astfel LD1 separă ecosistemul de pajiște (mov) de celelalte ecosisteme, iar LD2 separă ecosistemul de interior de pădure. De asemenea se observă o suprapunere a ecosistemelor, astfel ecosistemul de pădure (roșu) și marginea internă (albastru) se suprapun parțial, sugerând similități microclimatice iar marginea externă (verde) este intermediară între pajiște și celelalte ecosisteme forestiere.

În figura 33b se observă că vectorul radiației fotosintetice active (PAR) este orientat spre stânga, în direcția ecosistemului de pajiște, ceea ce sugerează că aceste ecosisteme sunt asociate cu niveluri mai ridicate de PAR, ceea ce este logic având în vedere că sunt zone deschise iar ecosistemele de pădure și de margine sunt poziționate opus vectorului PAR, indicând niveluri mai scăzute de lumină directă.

Variabilele care au cea mai mare contribuție sunt evidențiate în graficul cu bare (Figura 34). Linia roșie întreruptă prezentată în grafic corespunde procentului mediu așteptat al varianței explicate, pentru fiecare tip de ecosistem.

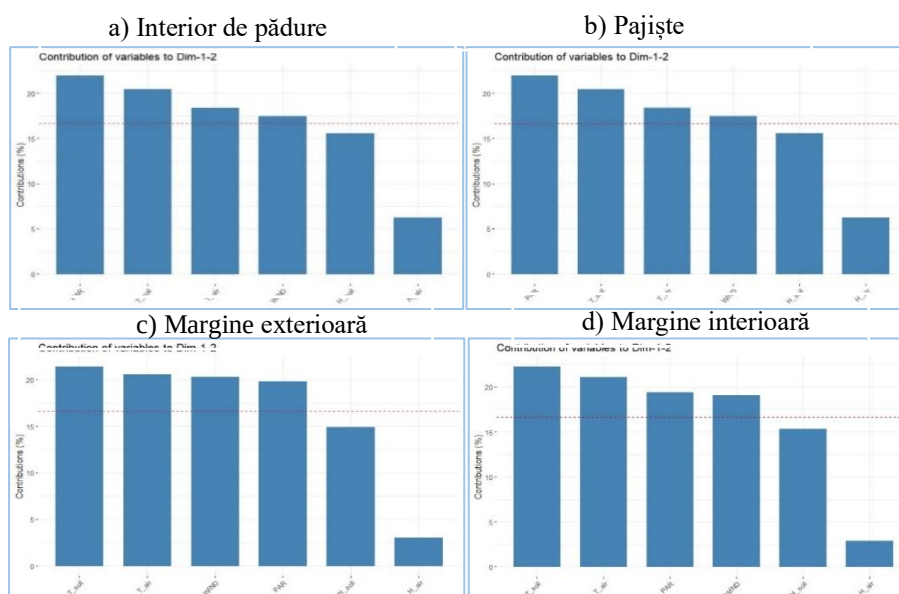


Figura 34. Contribuția variabilelor microclimatice în primele doua componente principale pentru a) Interior de pădure; b) Pajiște; c) Margine exterioară; d) Margine interioară

În ecosistemul din interiorul pădurii (Figura 34a), s-au evidențiat pentru PC1, temperatura solului (T_{soil}), temperatura aerului (T_{air}) și umiditatea solului (H_{soil}). Pentru PC2 cea mai mare contribuție o au intensitatea vântului (WIND) și intensitatea radiației fotosintetice active (PAR), iar pentru PC3, umiditatea aerului (H_{air}) (Figura 34a).

Pentru ecosistemul de pajiște (Figura 34b), variabilele care s-au evidențiat în PC1 sunt temperatura aerului (T_{air}), temperatura solului (T_{soil}) și umiditatea solului (H_{soil}), în PC 2 sunt intensitatea radiației fotosintetice active (PAR) și intensitatea vântului (WIND), iar în PC3 numai umiditatea aerului (H_{air}).

În ecosistemul de margine exterioară a pădurii (Figura 34c), în PC1 sunt evidente variabilele temperatura aerului (T_{air}), temperatura solului (T_{soil}) și umiditatea solului (H_{soil}), în PC2 sunt variabilele intensitatea vântului (WIND), intensitatea radiației fotosintetice active (PAR) și umiditatea aerului (H_{air}) iar în PC3 umiditatea aerului (H_{air}), intensitatea vântului (WIND) și umiditatea solului (H_{soil}).

În ceea ce privește ecosistemul de margine interioară (Figura 34d), în PC1 sunt evidente variabilele temperatura aerului (T_{air}), temperatura solului (T_{soil}) și umiditatea solului (H_{soil}), în PC2 sunt variabilele intensitatea vântului (WIND), intensitatea radiației fotosintetice active (PAR) și umiditatea aerului (H_{air}) iar în PC3 umiditatea aerului (H_{air}), intensitatea vântului (WIND) și umiditatea solului (H_{soil}).

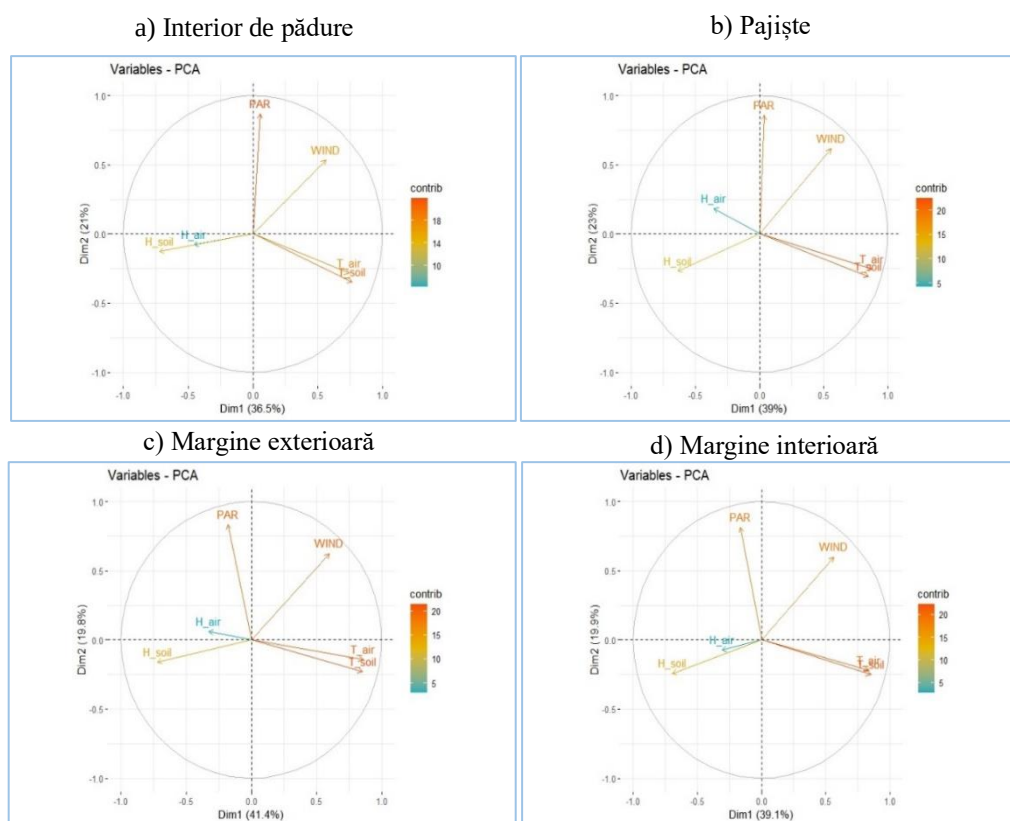


Figura 35. Reprezentarea grafică a primelor două componente principale PC1 (Dim1) și PC2 (Dim2) rezultate prin aplicarea PCA asupra variabilelor microclimatice pentru patru tipuri de ecosisteme

În ecosistemul de pădure, PC1 evidențiază rolul crucial al temperaturii și umidității în definirea condițiilor microclimatice din interiorul pădurii, PC2 subliniază importanța variației luminii în pădure, un factor critic pentru creșterea plantelor în mediul umbrat al pădurii. (Figura 34a). Variațiile de temperatură și umiditate (PC1) pot influența semnificativ procesele biologice, inclusiv descompunerea materiei organice și ciclul nutrienților iar Variația luminii și a vântului (PC2) poate afecta structura verticală a pădurii, regenerarea naturală și distribuția speciilor de plante ierboase.

Cele două componente principale evidențiază interacțiunile complexe dintre diferiți factori abiotici în ecosistemul de pajiște (Figura 34b). Astfel, PC1 sugerează că temperatura și umiditatea sunt factori critici care influențează variabilitatea în ecosistem iar PC2 subliniază importanța luminii și a mișcării aerului, factori esențiali pentru procesele ecologice din pajiște.

Variațiile de temperatură și umiditate (PC1) pot avea un impact semnificativ asupra creșterii plantelor și a activității microbiene din sol iar radiația activă fotosintetic și vântul (PC 2) pot influența rata de evapotranspirație, distribuția semințelor și polenizarea.

Există asemănări notabile între structura componentelor principale în pădure și cea din pajiște, sugerând că acești factori abiotici au importanță generală în diverse ecosisteme terestre.

Structura componentelor principale la marginea exterioară pădurii (Figura 34c) prezintă caracteristici intermediare între ecosistemul de pajiște și cel din interiorul pădurii, reflectând natura sa de zonă de tranziție. PC1 evidențiază rolul crucial al temperaturii în definirea condițiilor microclimatice la marginea exterioară pădurii, similar cu celelalte ecosisteme analizate. Prezența vântului în ambele componente principale sugerează că acesta are un rol mai complex și mai important la marginea pădurii, posibil datorită expunerii mai mari față de interiorul pădurii. PC2 subliniază importanța variației luminii la marginea exterioară pădurii, un factor crucial pentru structura vegetației în această zonă de ecoton. Corelația negativă mai slabă a umidității solului în PC1 sugerează un gradient de umiditate mai puțin pronunțat

comparativ cu interiorul pădurii sau pajiștea.

Structura componentelor principale în marginea interioară a pădurii prezintă asemănări cu cea observată în interiorul pădurii și la marginea exterioară, dar cu unele diferențe subtile.

În ecosistemul de margine interioară pădurii (Figura 34d), PC1 evidențiază existența unui gradient puternic termic-hidric între temperatură și umiditate, similar cu cel observat în interiorul pădurii iar PC2 subliniază rolul crucial al variației luminii și vântului în acest microhabitat, probabil influențat de structura coronamentului și poziția în raport cu marginea exterioară. Corelațiile observate sugerează că marginea interioară a pădurii are un microclimat distinct, care combină elemente atât din interiorul pădurii, cât și din zona de margine exterioară pădurii. Variațiile de temperatură și umiditate (PC1) pot influența semnificativ procesele biologice, inclusiv descompunerea materiei organice și ciclul nutrienților în acest microhabitat specific. Variația luminii și a vântului (PC2) poate afecta structura verticală a vegetației, regenerarea naturală și distribuția speciilor de plante adaptate la condițiile de margine interioară.

Înțelegerea acestor dinamici a variabilelor microclimatice în diferite tipuri de ecosisteme, este esențială atât pentru gestionarea durabilă a pădurilor și pentru conservarea biodiversității asociate cu aceste microhabitate specifice, cât și pentru anticiparea potențialelor schimbări în condițiile de mediu.

4.3.3. Efectul variabilelor de microclimat asupra compoziției și diversității speciilor din ecosisteme distincte

Pentru a examina relațiile dintre variabilele de microclimat (temperatura și umiditatea solului și a aerului, viteza vântului și intensitatea radiației fotosintetice active (PAR) și comunitățile de plante din ecosistemele luate în studiu, s-a utilizat analiza corespondentei canonice (CCA).

În ecosistemul de pajiște, prima axa (CAA1) explică 23,37% din varianță iar intensitatea vântului (0,2326), umiditatea solului (0,3027) și intensitatea radiației fotosintetice (0,2758) au asocieri pozitive moderate, indicând o preferință a speciilor asociate acestei axe pentru condiții mai umede și cu lumină și vânt mai intens (Figura 36.a).

În ceea ce privește axa 2 (CCA2) aceasta explică 19,43% din varianță iar umiditatea solului (0,3647) are o asocierie pozitivă, sugerând că speciile de plante asociate cu această axă pot prefera condiții de sol mai umed iar intensitatea vântului (-0,5187) are o relație inversă puternică, ceea ce ar putea indica că aceste specii preferă condiții cu intensitate scăzută a vântului.

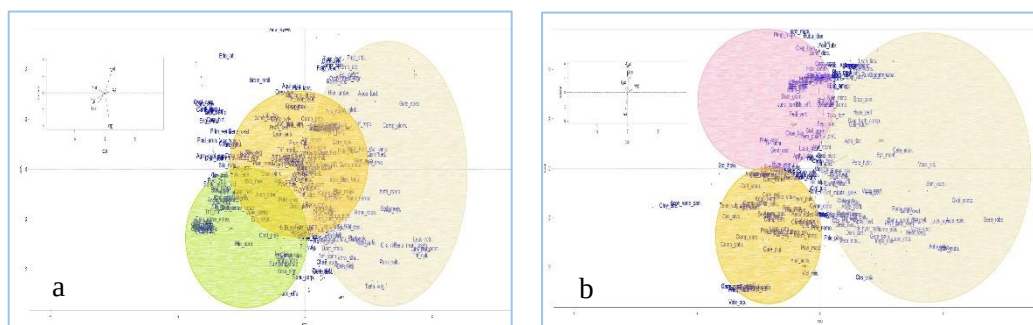


Figura 36. Diagrama de ordonare a CCA cu relevee (x), specii de plante (•) și variabile de microclimat (săgeată) pentru a) ecosistemul de pajiște; b) ecosistemul de margine externă pădurii

Analizând datele din figura 36.b se observă că în ecosistemul de margine externă pădurii, axa CCA1 explică 22,80% din varianță iar variabila intensitatea vântului (0.315) este corelată pozitiv cu prima axă, sugerând că o intensitate mai mare a vântului și determină o prezență unei comunități de plante care se situează de-a lungul acestui gradient. Umiditatea aerului (0.195) are o corelație pozitivă moderată cu axa CCA1 indicând faptul că aceasta influențează, dar nu foarte puternic, distribuția speciilor pe această axă. Axa CCA2 explică 20,46% din varianță și în care temperatura solului (0.747) și temperatura aerului (0.689) au o corelație puternică pozitivă, indicând că aceste variabile sunt extrem de importante pe axa CCA2.

Urmărind gruparea speciilor din dreapta diagramei (Figura 36.a) se observă că speciile sunt favorizate (corelate pozitiv cu axa CCA1) de o intensitate mare a radiației fotosintetice active și de umiditate ridicată a solului iar temperatura aerului și a solului precum și umiditatea aerului sunt factori inhibitori (corelație negativă) care determină prezența și asocierea acestor specii cu valoare furajeră mezo-higrofile și mezoterme care suportă bine zonele deschise și bine luminate: *Trifolium repens*, *Trifolium montanum*, *Poa nemoralis*, *Plantago major*, *Trifolium pannonicum*, *Trifolium alpestre*, *Lotus corniculatus*, *Phleum alpinum*, *Trifolium cylindricum*, *Trifolium alpestre* și alte specii: *Galeopsis speciosa*, *Campanula glomerata*, *Ranunculus repens*, *Leucanthemum rotundifolium*, *Dianthus barbatus* subsp. *compactus*, *Hieracium umbellatum* etc. De asemenea, identificăm specii cu valoare furajeră care au o plasticitate ecologică ridicată: *Festuca rubra*, *Agrostis capillaris*, *Achillea millefolium*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium medium*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*, *Lotus corniculatus*, *Leontodon autumnalis*, *Brachypodium pinnatum*, *Briza media* etc.

În figura 36.b, în partea inferioară stângă a diagramei, se observă gruparea unor specii a căror prezență și abundență sunt influențate de factorul intensitatea radiației fotosintetice active. Astfel, în ecosistemul de margine externă a pădurii, în care intensitatea radiației fotosintetice active este mare, sunt prezente speciile furajere cu temperament de lumină și semiumbră: *Anthyllis vulneraria*, *Festuca nigrescens*, *Medicago lupulina*, *Hieracium aurantiacum*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Viola reichenbachiana*, *Carex digitata*, *Rumex conglomeratus*.

În ceea ce privește speciile aflate la extremitatea stângă sus (Figura 36.b), acestea sunt prezente pe soluri cu umiditate ridicată (reavăn-jilave) cu temperatura aerului de asemenea ridicată, fiind în mare parte specii furajere mezohigrofile și moderat termofile: *Dactylis glomerata*, *Trifolium ochroleucon*, *Galium verum* și alte specii: *Stellaria graminea*, *Pedicularis verticillata*, *Stachys sylvatica*, *Crepis biennis* etc.

Din reprezentarea figurii 37.a, se poate remarca faptul că în ecosistemul de margine interioară pădurii, axa CCA1 explică 21,26% din varianță iar singura variabilă corelată pozitiv este radiația activă fotosintetic (0,3784), sugerând că o speciile se grupează de-a lungul acestui gradient care prezintă valori mai mari pozitive. Pe această axă, sunt corelate negativ toate cele cinci variabile, dar mai importante fiind temperatura aerului (-0,3301), temperatura solului (-0,3895) și umiditatea aerului (-0,3601).

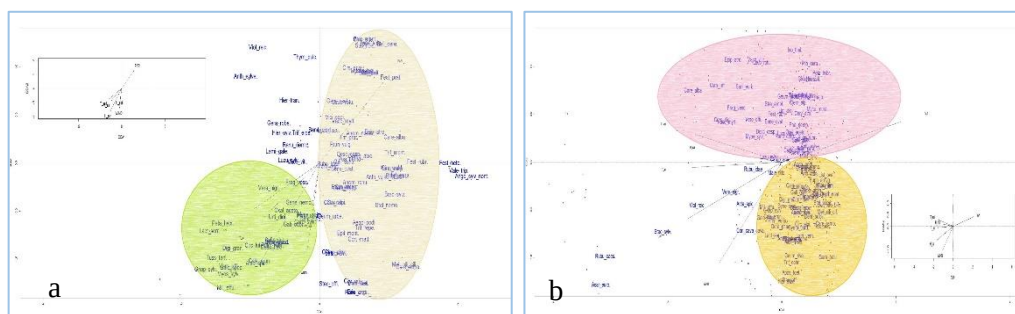


Figura 37. Diagrama de ordonare a CCA cu relevee (x), specii de plante (•) și variabile de microclimat (săgeată) pentru a) ecosistemul de margine interioară; b) ecosistemul de pădure

Axa CCA2 explică 20,31% din varianță iar radiația fotosintetică activă (0.3380) este de asemenea corelată pozitiv cu acesta axa, sugerând, pe măsură ce valorile radiației fotosintetice active cresc, valorile axei CCA2 tind să crească și ele.

În ecosistemul de pădure (Figura 37.b) se identifică faptul că axa CCA1 explică 27,84% din varianță iar variabila corelată pozitiv este radiația activă fotosintetic (0,4231), sugerând că o speciile se grupează de-a lungul acestui gradient care prezintă valori mai mari pozitive. De asemenea, pe această axă, sunt corelate negativ toate cele cinci variabile, dar mai importante fiind temperatura aerului (-0,3385), temperatura solului (-0,3321) și umiditatea aerului (-0,3358). De asemenea se poate observa complementaritatea celor două axe, în timp ce axa CCA1 evidențiază contraste mai puternice în condițiile de mediu, axa CCA2 pare să reflecte nuanțe mai fine ale habitatului.

Astfel, cu toate că aceste specii, gruparea de specii cu importanță furajeră care se întâlnesc în ecosistemul marginii interioare pădurii (Figura 37.a), este dominantă de specii care preferă o intensitate a luminii relativ mai mare și aici enumerăm speciile: *Trifolium pratense*, *Trifolium montanum*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra* și alte specii: *Epipactis atrorubens*, *Prunella vulgaris*. În aceeași asociere de specii se întâlnesc și cele care preferă condiții mai reci și mai umede, în care se evidențiază speciile furajere micro-mezoterme: *Trifolium repens*, *Poa nemoralis*, *Anthyllis vulneraria* L. subsp. *alpestris*, *Brachypodium sylvaticum* și alte specii asociate: *Aegopodium podagraria*, *Geum urbanum*, *Cortusa matthioli* etc.

Urmărind numai speciile din partea dreaptă a diagramei, se observă că cele din zona superioară sunt corelate negativ cu factorii microclimatici (temperatura aerului și a solului precum și cu umiditatea solului) ceea ce înseamnă ca speciile preferă valorile scăzute ale acestor variabile microclimatice, iar ca exemplu de specii sunt: *Vicia sepium*, *Poa nemoralis*, *Geum urbanum*, *Mercurialis perennis*, *Astrantia major*, *Melampyrum sylvaticum*, *Paris quadrifolia*, *Streptopus amplexifolius* etc (Figura 37.b). Grupul de specii din partea dreaptă jos a diagramei, este reprezentat de specii cu o plasticitate ecologică mare fiind tolerante la diferiți factori ecologici, astfel identificăm speciile furajere: *Trifolium ochroleucon*, *Lathyrus vernus*, *Festuca pratensis*, *Brachypodium pinnatum* și alte specii asociate: *Anemone nemorosa*, *Maianthemum bifolium*, *Galium odoratum* etc (Figura 37b).

4.4. Identificarea și descrierea variabilității genetico-moleculară la genotipurile de *Trifolium pratense* din rezervația Codrul Secular Slătioara

În acest studiu s-au analizat 3 populații de trifoi roșu: Pop_1= populația colectată din pajiște zona Cergii, Pop_2= populația colectată din pajiște zona Diacu și Pop_3=populația colectată din pajiște zona Todirescu.

Pentru fiecare populație (Pop_1, Pop_2, Pop_3), s-au comparat profilurile genetice ale indivizilor din aceeași populație pentru a evidenția gradul de diversitate genetică în cadrul fiecărei populații. S-a calculat heterozigozitatea observată și așteptată, numărul de alele per locus, și frecvențele alelice pentru fiecare populație.

S-au folosit trei primeri pentru amplificarea regiunilor microsatelit din genomul cloroplastic al trifoliului roșu. (Tabelul 13). Prin acești markeri am evidențiat polimorfismul la nivelul secvențelor repetitive simple (SSR) din cloroplast.

Tabelul 13. Microsateliți cloroplastici utilizați

Marker	Secvența primer 5'- 3'	Referințe
Ccmp4	AAT GCT GAA TCG AYG ACC TA CCA AAA TAT TBG GAG GAC TCT	Weising și Gardner, 1999
Ccmp7	CAA CAT ATA CCA CTG TCA AG ACA TCA TTA TTG TAT ACT CTT TC	
Ccmp10	TTT TTT TTT AGT GAA CGT GTC A TTC GTC GDC GTA GTA AAT AG	

S-a analizat haplotipul H01 de ADN cloroplastic (ADNcp), care are următorul șir de alele: 113/154/197 localizate în cele trei regiuni de ADNcp.

În figura 38, se evidențiază faptul că Locus 1 are o singură alelă (113) prezentă în toate cele trei populații, dar cu frecvențe diferite iar cea mai mare frecvență a alelei 113 se observă în populația Diacu. Locus 2 prezintă trei alele (154, 155, 156) cu distribuții variate între populații iar alela 154 (parte din haplotipul H01) are frecvența cea mai mare în populația Todirescu, iar Locus 3 este cel mai polimorf, cu 6 alele (192, 195, 196, 197, 198, 201) din care alela 197 are frecvența cea mai mare în populația Diacu.

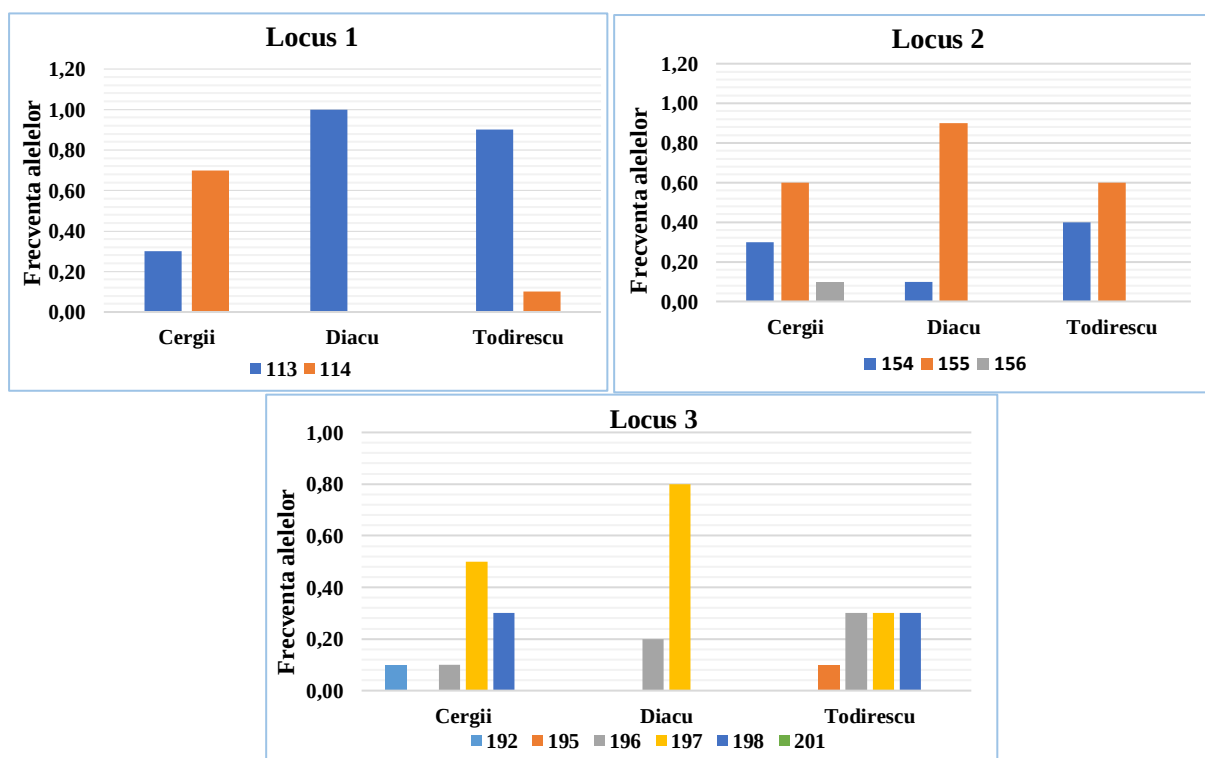


Figura 38. Locusul alelelor în haplotipurile studiate

Astfel, se observă că există o diversitate alelică variată între loci, Locus 3 fiind cel mai divers precum și diferențe clare în frecvențele alelice între populații, indicând o posibilă diferențiere genetică iar haplotipul H01 (113/154/197) pare să fie prezent în toate populațiile, dar cu frecvențe variabile.

În ceea ce privește diversitatea genetică intrapopulațională, rezultatele sugerează că populația Todirescu pare să aibă cea mai mare diversitate pentru Locus 2 și Locus 3, sugerând o potențială variabilitate genetică mai mare în această populație iar populația Diacu arată o dominanță puternică a unei singure alele pentru Locus 1 și Locus 3, ceea ce ar putea indica o

anumită uniformitate genetică sau un posibil efect fondator.

Diferențierea interpopulațională este evidențiată prin distribuția alelelor între cele trei populații, în special pentru Locus 2 și Locus 3, aceste diferențe sugerează un grad de izolare genetică între populații, datorate în principal de distanța geografică (peste 10 km) și de barierele de mediu (populațiile sunt distribuite pe versanți împăduși).

Astfel, figura 39 se observă că, cel mai mare număr de haplotipuri de ADN cloroplastic se regăsește în populație din zona Cergii și populația din Todirescu, cu șapte respectiv șase haplotipuri de ADNcp.

Cel mai mic număr de haplotipuri de ADNcp este în populația din zona Diacu. Ca urmare, strict din punct de vedere al numărului de haplotipuri ADNcp, populațiile din zona Cergii și Todirescu sunt superioare populației din zona Diacu.

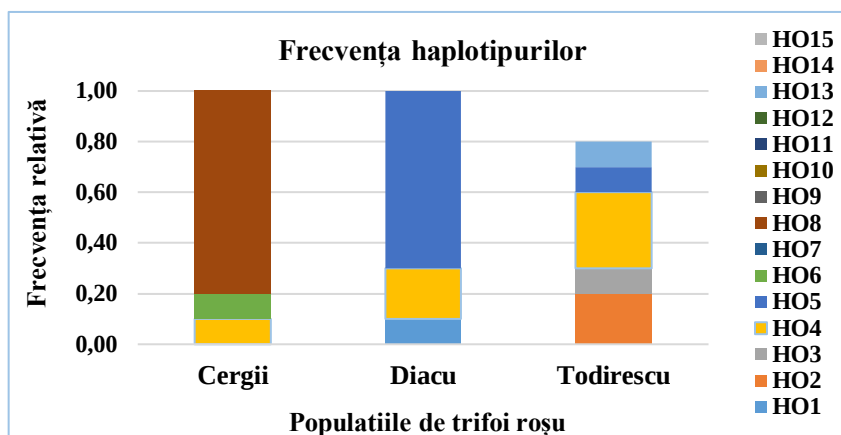


Figura 39. Frecvența haplotipurilor din genofondul populațiilor de trifoi roșu

Cel mai mic număr de haplotipuri de ADNcp este în populația din zona Diacu. Ca urmare, strict din punct de vedere al numărului de haplotipuri ADNcp, populațiile din zona Cergii și Todirescu sunt superioare populației din zona Diacu.

Toate cele trei haplotipuri ADNcp identificate în zona Diacu (H01, H04 și H05) se regăsesc în zona Todirescu, în timp ce numai un haplotip ADNcp (H04) este comun celor trei populații de trifoi roșu. Un haplotip ADNcp (H13), dar nu cel mai frecvent în fiecare din cele două populații, apare în zona Cergii și Todirescu. Astfel, populația din zona Diacu este mai diferită din punct de vedere genetic față de grupul format din Cergii și Todirescu.

Această afirmație este susținută și de numărul de haplotipuri de ADNcp specifice (adică care au fost observate într-o singură populație). Astfel, în populația Cergii au fost observate cinci haplotipuri ADNcp specifice (H06, H08, H09, H11 și H12) inclusiv cel mai frecvent haplotip ADNcp din populație (H09 – frecvența relativă = 0,3) (Figura 39).

În populația Todirescu au fost detectate numai două haplotipuri ADNcp specifice (H02 și H03), ambele cu frecvențe relative scăzute (frecvența relativă=0,1), iar populația Diacu nu are niciun haplotip ADNcp specific.

Având în vedere aceste date genetice, populația Cergii și Todirescu au o diversitate genetică la nivelul ADNcp mai ridicată decât cea din Diacu. Prin conservarea celor două populații, Cergii și Todirescu, se conservă întregul genofond al trifoiului roșu din zona de studiu (adică toate cele 11 haplotipuri ADNcp observate în analiza noastră). Adăugarea populației din Diacu nu aduce o creștere a variației de variante genetice (cuantificată în acest caz prin numărul de haplotipuri ADNcp).

Distribuția spațială a haplotipurilor ADNcp în interiorul populațiilor indică o tendință de grupare ceea ce corespunde cu modul de diseminare gravitațional în jurul plantei sau existența unor structuri clonale (Figura 40).

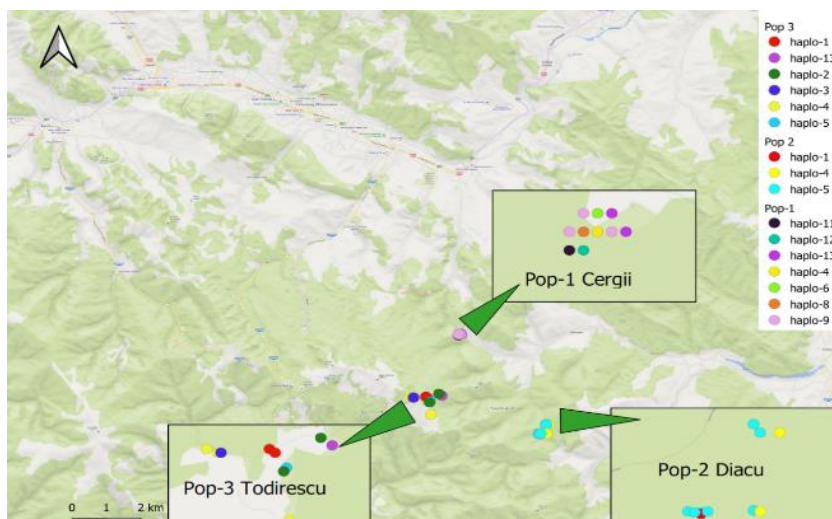


Figura 40. Distribuția haplotipurilor în zona de studiu

Prezența alelelor comune în toate populațiile sugerează un anumit nivel de flux genetic istoric sau recent iar diferențele în frecvențele alelice ar putea indica adaptări locale la condițiile specifice din fiecare zonă analizată (Cergii, Diacu, Todirescu).

Populația Todirescu, având cea mai mare diversitate alelică, ar putea fi considerată prioritară pentru conservare iar menținerea conectivității între aceste populații ar putea fi importantă pentru păstrarea diversității genetice generale din rezervația Codrul Secular Slătioara.

4.5. Identificarea și prioritizarea speciilor de plante cu valoare furajeră în vederea conservării (ca resursă genetică importantă)

Criteriile de selecție a speciilor furajere sălbatice, în vederea monitorizării și conservării active au fost realizate au fost: valoarea furajeră bună și foarte bună; apartenența speciilor la același genofond cu plantele furajere cultivate; alegerea speciilor care au cel mai mare indice al valorii de importanță (IVI).

Indicele a fost utilizat pentru a descrie și compara speciile dominante din fiecare tip de ecosistem (pajiște, margine externă, margine internă și pădure) și din fiecare zonă de studiu (șase zone). Indicele valorii de importanță (IVI) a fiecărui fitotaxon din fiecare suprafață de probă este calculat ca suma frecvenței relative, a densității relative și a dominanței relative, care descrie dominanța unei specii în întregul transect.

Indicele valorii de importanță (IVI) = DR + AR + FR

Densitatea relativă – DR = (Densitatea unei specii)/(Densitatea totală a tuturor speciilor) x100

Acoperirea relativă – AR = (Acoperirea unei specii)/(Acoperirea tuturor speciilor) x100

Frecvența relativă – FR = (Frecvența unei specii)/(Suma frecvențelor tuturor speciilor) x100

Specia care are cel mai mare IVI este considerată dominantă în tipul de ecosistem sau în zona respectivă. Valoarea IVI variază de la 0 la 300 iar fiecare dintre aceste valori este exprimată în procente și variază de la 0 la 100.

Nivelul scăzut al IVI al unor specii ar putea fi atribuită strategiilor scăzute de reproducere, unor factori antropici, inclusiv pășunatul animalelor, sau călcarea în picioare a unor specii selectate. Mai mult, un IVI scăzut al speciilor indică faptul că acestea sunt amenințate și au nevoie de conservare imediată. S-a raportat că unele specii ar putea fi dominante, în timp ce altele au abundență mai mică într-un anumit ecosistem datorită variației lor în mecanismul de supraviețuire, proprietăților speciilor și a factorilor de mediu care pot afecta distribuția spațială și dominanța a taxonilor specifici.

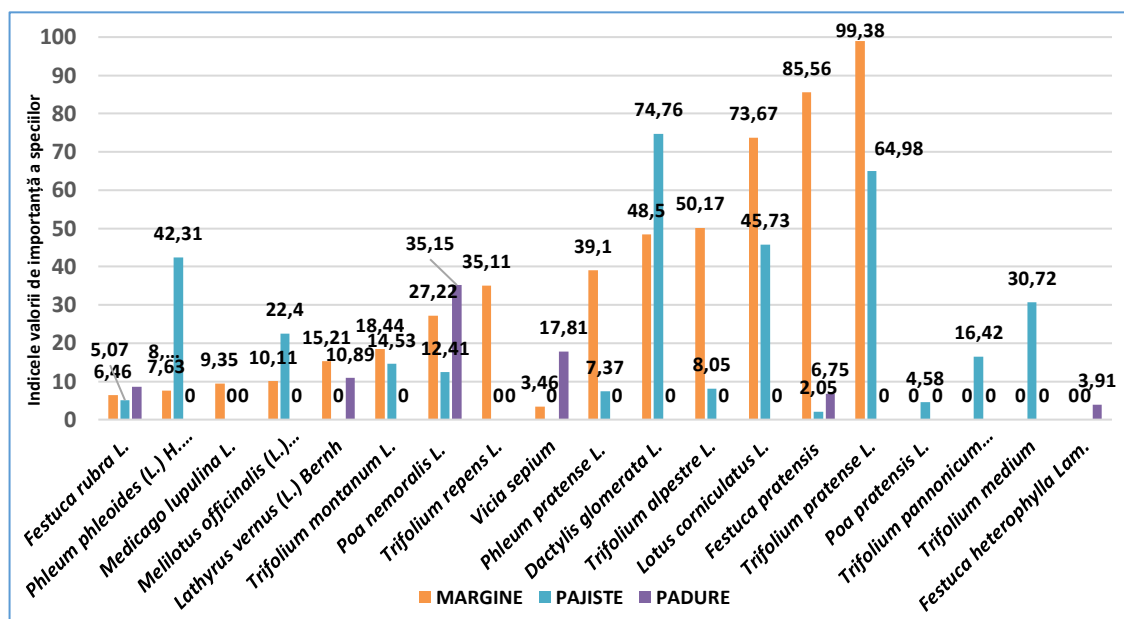


Figura 41. Dominanța speciilor pe baza indicelui valorii de importanță (IVI) în diferite ecosisteme din Rezervația Codrul Secular Slătioara

Indicii valorii de importanță ai speciilor furajere au variat considerabil între ecosistemele studiate (Figura 41). În ecosistemul de margine a pădurii, *Trifolium pratense* este cea mai importantă specie (99,38) și, de asemenea, dominantă în pajiște (64,98%).

Festuca pratensis a fost a doua ca importanță din zona de studiu, manifestând dominanță în ecosistemul de margine a pădurii (85,56%), urmată de *Lotus corniculatus* (73,67%). Pe de altă parte, *Dactylis glomerata* este specia dominantă în de pajiște (74,76%), locul secund revenind lui *Trifolium pratense* (64,98%).

Pentru interiorul de pădure, specia dominantă este *Poa nemoralis* (35,15%), următoarea fiind *Vicia sepium* (17,81%).

În acest studiu, speciile cu valoare furajeră: *Trifolium pratense*, *Festuca pratensis*, *Lotus corniculatus*, *Dactylis glomerata*, *Phleum phleoides* și *Vicia sepium* sunt cele mai importante specii care confirmă importanța lor în cele trei tipuri de ecosisteme analizate. Aceste specii au amplitudini ecologice largi și sunt printre cele mai răspândite în ecosistemul pădurii din rezervația Codrul Secular Slătioara.

Leguminoasele și gramineele furajere care, bazat pe nivelul IVI, se califică a fi incluse în lista speciilor prioritare pentru monitorizare și conservare sunt: *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Vicia sepium*, *Trifolium montanum*, *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Poa nemoralis*, *Festuca rubra*.

4.6. Propunerea unor măsuri de monitorizare și conservare a speciilor furajere prioritizate

4.6.1. Măsuri de monitorizare

Se recomandă monitorizarea periodică a populațiilor prin alegerea și stabilirea a 10 suprafețe permanente (suprafețe de probă fixe), reprezentative pentru fiecare ecosistem existent în aria de studiu.

Zonele în care sunt instalate aceste suprafețe fixe de probă, trebuie să includă o varietate de condiții ecologice, cum ar fi diferențe de altitudine, sol și grad de umiditate iar în fitocenozele respective, speciile furajere să fie dominante.

Pentru evaluarea prezenței și abundenței fiecărei specii furajeră din suprafața de probă, se va folosi metoda de numărare directă a indivizilor sau de estimare a procentului de acoperire utilizând o scară standard, cum ar fi scara Braun-Blanquet (acoperirea în procente: 1-5% = rare, 6-25% = frecvente, 26-50% = comune, etc.). Frecvența relativă a unei specii se va evalua ca numărul de suprafețe de probă în care specia este prezentă, raportat la numărul total de suprafețe iar pentru estimarea diversității, se poate utiliza Indicele Shannon sau alte metode de calcul pentru a estima diversitatea speciilor pe fiecare suprafață de probă.

Suprafețele de probă sunt revizitate la intervale regulate, astfel, în ecosistemul de pădure se va evalua în sezonul estival (în luna mai) și vernal (lunile iulie-august) iar în pajiște, în sezonul vernal (luna mai) și estival (lunile iunie-august), pentru a măsura dinamica abundenței și prezenței speciilor furajere.

Se recomandă montarea unor stații de monitorizare automatizate care sunt dotate cu senzori pentru temperatură, umiditate, radiație solară și alte variabile relevante și pot colecta date în timp real despre aceste variabilele climatice. În principal se vor monta senzorii de sol pentru măsurarea umidității și temperaturii, precum și senzori atmosferici pentru înregistrarea parametrilor aerieni, care sunt esențiali pentru o monitorizare detaliată.

Senzorii vor avea independența energetică și vor funcționa pe baza unor mini sisteme fotovoltaice (panouri solare) și vor transmite datele prin rețele wireless către o bază de date centralizată pentru analiza ulterioară.

Monitorizarea dinamicii abundenței și prezenței speciilor furajere prin suprafețe de probă fixe este o metodă eficientă și controlată pentru a urmări variațiile populațiilor de-a lungul timpului. Această metodă permite evaluarea modificărilor sezoniere sau anuale în structura comunității de plante, asigurând o comparație consistentă între perioade de timp.

4.6.2. Măsuri de conservare

Măsuri de conservare in situ

Populațiile speciilor cu valoare furajeră prioritizate pentru conservare (*Trifolium pratense*, *Festuca pratensis*, *Lotus corniculatus*, *Dactylis glomerata*, *Phleum phleoides* și *Vicia sepium*) au prezentat o abundență și o diversitate mare în diferite ecosisteme și condiții de microlimat dar și o variabilitate genetică moderată (*Trifolium pratense*).

Astfel, pe baza datelor ecologice și genetice evidențiate în acest studiu, se recomandă conservarea in situ prin:

1. Cartografierea și delimitarea habitatelor naturale unde speciile furajere prioritare sunt prezente, pe baza studiilor ecologice și genetice efectuate. Zonele identificate ca fiind critice pentru supraviețuirea acestor specii trebuie protejate prin măsuri legislative și administrative.

2. Crearea coridoarelor ecologice între habitatele fragmentate pentru a permite migrarea și dispersia speciilor, contribuind la menținerea diversității genetice și reducerea izolării populațiilor.

3. Limitarea activităților umane care degradează habitatul și promovarea utilizării durabile a pășunilor prin păstrarea tehnici de pășunat rotativ practicat în zona și prin limitarea

numărului de animale pentru a preveni supraîncărcarea pășunilor și degradarea habitatelor.

4. Restaurarea ecologică habitatelor degradate prin însămânțarea și replantarea speciilor native, controlul eroziunii solului și refacerea surselor de apă.

Conservarea speciilor furajere în habitatul lor natural din Codrul Secular Slătioara sau conservarea in situ, este cea mai potrivită abordare de conservare, deoarece astfel, se mențin interacțiunile complexe între specii, ceea ce permite continuitatea proceselor evolutive naturale, păstrându-se astfel diversitatea genetică în contextul său natural.

Cu toate acestea, este important de menționat că abordarea optimă pentru conservarea biodiversității implică adesea o combinație între metodele de conservare in situ și ex situ.

Măsuri de conservare ex situ

Rolul principal al conservării ex situ este păstrarea unei părți semnificative a diversității genetice a unei specii și crearea unei rezerve de material genetic pentru propagarea speciilor și pentru restaurarea și utilizarea ulterioară.

Conservarea în bănci de gene este crucială pentru menținerea diversității genetice a speciilor furajere, asigurând resurse pentru ameliorare și adaptare la schimbările climatice.

Deși colecțiile din băncile de gene sunt vulnerabile la pierderea diversității prin fenomenul de drift genetic, conservarea germoplasmei sub formă de semințe, rămâne metoda cea mai rentabilă și eficientă pentru conservarea și utilizarea durabilă a acestor specii pentru viitorul apropiat.

Conservarea sub formă de semințe rămâne cea mai eficientă metodă datorită costurilor relativ scăzute de stocare și întreținere, a capacității de a păstra unui număr mare de probe într-un spațiu limitat, prin menținerea longevității semințelor în condiții optime de stocare și a ușurinței relative de distribuire și utilizare a materialului genetic.

CAPITOLUL V. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI RECOMANDĂRI

Diversitate și abundența speciilor din covorul vegetal

Această cercetare, desfășurată între anii 2019 și 2024, a avut ca obiectiv studierea compoziției vegetale și a diversității floristice în rezervația Codrul Secular Slătioara, cu un accent particular pe identificarea și analiza speciilor furajere. În plus, studiul a investigat corelațiile dintre aceste elemente floristice și condițiile microclimatice specifice zonei.

Flora cuprinde 281 specii distribuite în 41 de familii (cele dominante fiind *Asteraceae* cu 74 de specii, *Poaceae* cu 36 de specii și *Fabaceae* și *Rosaceae* cu câte 22 de specii) și 168 de genuri.

Dintre acestea, 55 sunt specii cu valoare furajeră care aparțin la 30 de genuri încadrate taxonomic în 7 familii botanice (cele dominante fiind din familiile *Fabaceae* cu 17 specii și *Poaceae* cu 20 de specii).

În ceea ce privește distribuția speciilor cu valoare furajeră în ecosistemele analizate, s-a remarcat prezența în ecosistemul de pajiște a 47 specii încadrate în 30 de genuri și 7 familii botanice (16 specii din familia *Fabaceae* și 17 specii din *Poaceae*); în ecosistemul de margine externă sunt identificate în covorul ierbos 48 de specii furajere care fac parte din 25 de genuri și 7 familii (14 specii din familia *Fabaceae* și 14 specii din *Plantaginaceae*); în fitocenoza ecosistemului marginea internă sunt 18 specii furajere încadrate în 10 genuri și 5 familii (7 specii din familia *Fabaceae* și 4 specii din *Plantaginaceae*); iar în pădure s-a semnalat prezența a 12 specii furajere încadrate taxonomic în 9 genuri și 4 familii botanice (4 specii din familia *Fabaceae* și 6 specii din *Poaceae*).

Diversitatea speciilor ierboase și a celor furajere evidențiată în ecosistemele de altitudine mare (de peste 1200 m), poate fi rezumată astfel: în ecosistemul de pajiște sunt prezente în stratul ierbos 150 de specii încadrate în 31 de familii botanice iar dintre acestea, 40 sunt specii cu valoare furajeră și sunt încadrate taxonomic în 7 familii botanice; în ecosistemul marginii de pădure sunt prezente 103 specii ierboase care fac parte din 26 de familii din care 23 sunt furajere și sunt încadrate în 5 familii botanice; în ecosistemul de margine internă s-au identificat 65 de specii ierboase din 24 de familii botanice dintre care 11 au valoare furajeră și fac parte din 5 familii botanice iar în stratul erbaceu al ecosistemului interiorului de pădure s-au notat 58 de specii ierboase din 28 de familii botanice dintre care 10 sunt furajere și sunt încadrate taxonomic în 4 familii botanice.

Dinamica variabilelor de microclimat în condiții diferite de altitudine din ecosisteme distincte

Analizele univariate și multivariate au arătat că în ecosistemele de pajiște atât cele de la altitudine mare cât și cele de la altitudine mică, vântul și radiația activă fotosintetic sunt variabilele microclimatice care prezintă cea mai mare variabilitate și au o tendință de descreștere a intensității pe măsură ce se trece de la pajiște spre interiorul pădurii.

Studiul de față evidențiază o influență semnificativă a altitudinii asupra variabilelor climatice analizate, demonstrând că la altitudini de peste 1200 m, pe măsură ce vântul se intensifică, temperatura aerului tinde să crească. Fenomenul poate fi explicat prin efectul föhn, creat de vânturile descendente care încălzesc aerul prin compresie adiabatică, și prin amestecul straturilor de aer determinat de vânturile mai puternice, ceea ce duce la o distribuție mai uniformă a căldurii.

Constatarea subliniază rolul crucial al vântului în accelerarea evaporării apei din sol, un fenomen care pare să fie universal în toate ecosistemele studiate. Consistența acestui efect în diverse medii întărește ideea că vântul este un factor determinant în dinamica umidității solului, transcendând particularitățile specifice ale diferitelor ecosisteme.

Prin analiza multivariată am demonstrat că la altitudine mare, există o relație invers proporțională între temperatura aerului și umiditatea aerului dar și între temperatura și umiditatea solului, aceste relații sunt influențate de factorii orografici specifici zonei, cum ar fi versanții cu o înclinare medie de 36° și orientarea spre nord-est (zona plaiul Todirescu). În aceste condiții, intensitatea mare a vântului transportă aerul umed din zonele mai înalte către cele mai joase, acesta fiind înlocuit de aer cald și uscat și de asemenea, la această altitudine expunerea îndelungată la radiația solară directă contribuie la încălzirea rapidă a solului, accelerând evaporarea umidității solului.

Efectul variabilelor de microclimat asupra compoziției și diversității speciilor în condiții diferite de altitudine și din ecosisteme distincte

Analiza canonică a corespondenței (CCA) a arătat că în ecosistemul de pajiște situat la altitudine mare, intensitatea vântului și intensitatea radiației active fotosintetice au fost cei mai puternici factori responsabili pentru controlul modelului de distribuție a speciilor de plante în general și a celor furajere în particular precum și de modelul de grupare a acestor specii în diferite asociații. Acest gradient climatic influențează caracteristicile solurilor, care devin reavâne și jilave pe măsură ce climatul devine mai umed, favorizând predominanța speciilor furajere microterme și mezo-higrofile, evidențiind astfel adaptabilitatea speciilor vegetale la condițiile climatice variabile din acest ecosistem de pajiște subalpină.

În ceea ce privește ecosistemul pajiștilor de la altitudine joasă, s-a evidențiat că intensitatea radiației active fotosintetice este principala variabilă microclimatică ce influențează distribuția speciilor și structura stratului erbaceu, favorizând astfel dominanța speciilor furajere iubitoare de lumină (heliofile). În plus, covorul vegetal este completat de specii moderat termofile și mezo-higrofile, a căror codominanță este determinată de impactul temperaturii aerului și al umidității solului asupra vegetației.

Ecosistemele de margine exterioară ale pădurilor situate la altitudini mari se disting ca zone de tranziție atât din punct de vedere al condițiilor microclimatice, cât și al diversității vegetației ierboase. Factorii climatici principali, precum intensitatea radiației fotosintetice active și umiditatea aerului, influențează prezența și asocierea unor specii cu valențe ecologice variate. Astfel, se formează comunități vegetale dominate de specii heliofile și mezo-sciafile, precum și de specii microterme și micro-mezoterme, evidențiind capacitatea de adaptare diversificată a acestor specii la condițiile de mediu.

Rezultatele variabilității compoziției speciilor furajere din covorul erbaceu al ecosistemului de margine exterioară pădurii de la altitudine joasă, evidențiază aportul semnificativ al intensității radiației active fotosintetice ca factor esențial în stimularea diversității speciilor dar, de asemenea, prezența și distribuția acestor specii sunt restrânse de temperaturile aerului și solului, precum și de umiditatea aerului, care limitează adaptabilitatea speciilor în ecoton, favorizând dominanța speciilor mezoterme și mezo-higrofile în detrimentul speciilor heliofile.

De asemenea, un factor crucial în menținerea acestei comunități de plante, este stabilitatea relativă a microclimatului forestier cu variații moderate ale temperaturii și umidității, atât în aer cât și în sol, ceea ce creează un mediu propice pentru dezvoltarea acestor specii, ferindu-le de stresul asociat fluctuațiilor extreme ale condițiilor de mediu.

*Variabilitatea genetico-moleculară la genotipurile de *Trifolium pratense**

Diversitatea genetică superioară observată în populațiile din Cergii și Todirescu sugerează o mai bună capacitate de adaptare și o reziliență crescută în fața schimbărilor de mediu. În contrast, deficitul genetic aparent al populației din Diacu indică o necesitate potențială de intervenție pentru conservare. Aceste constatări subliniază importanța monitorizării continue a diversității genetice în populațiile naturale și pot ghida strategiile

viitoare de management și conservare a trifoiului roșu în aceste zone.

Identificarea și prioritizarea speciilor de plante cu valoare furajeră în vederea conservării (ca resursă genetică importantă)

În acest sens, considerăm ca prin acest studiu s-a constituit un prim pas către o înțelegere mai cuprinzătoare a cauzelor care determină modelele de diversitate a vegetației în mod particular a speciilor furajere în rezervația Codrul Secular Slătioara și a interacțiunilor dintre aceste specii și mediul lor.

Noutatea științifică

O noutate semnificativă a cercetării efectuate în rezervația Codrul Secular Slătioara este faptul că, pentru prima dată, s-a realizat un studiu corelat al dinamicii variabilelor microclimatice relevante în contextul schimbărilor climatice, cu structura floristica a fitocenozelor din ecosistemele existente în aria de studiu .

Această abordare integrată se concentrează în mod special asupra speciilor furajere din diverse ecosisteme prezente în rezervație, cum ar fi pajiștile, pădurile și marginile interioare și exterioare ale pădurii.

Astfel, datele obținute din acest studiu sunt extrem de valoroase pentru înțelegerea impactului schimbărilor climatice asupra biodiversității locale.

Un alt aspect inovator al cercetării este analiza genetică a variabilității intra și inter-populaționale a speciei *Trifolium pratense* (trifoiul roșu). Această analiză are ca scop identificarea coridoarelor fluxului genetic ale acestei specii, un aspect care nu a fost explorat anterior în cadrul rezervației. Prin studierea diversității genetice a trifoiului roșu, cercetătorii pot obține informații esențiale despre adaptabilitatea speciei la condițiile de mediu fluctuante și despre modul în care aceasta poate contribui la stabilitatea ecosistemelor locale.

Rezultatele cercetărilor aduc o contribuție semnificativă la cunoașterea științifică existentă și pot fi utilizate ca bază științifică pentru realizarea strategiilor de conservare in situ și ex situ a genofondului vegetal al plantelor de interes furajer și de asemenea, pentru dezvoltarea unor planurilor de restaurare a ecosistemelor naturale și de utilizare durabilă și sustenabilă a biodiversității în rezervația Codrul Secular Slătioara cât și în regiune Moldovei în ansamblu.

Contribuții originale

Pe baza cercetărilor întreprinse în acest studiu, s-au adus câteva contribuții originale dintre care se evidențiază:

1. Pe baza analizei detaliate a elementelor microclimatice și floristice furajere din ecosistemele de pajiște, marginea exterioară și interioară a pădurii, precum și din interiorul pădurii din rezervația Codrul Secular Slătioara, au fost evidențiate particularitățile microclimatice și floristice care definesc specificul ecologic și floristic al acestor ecosisteme;

2. S-a evidențiat impactul variabilelor de microclimat asupra specificului diversității și distribuției speciilor furajere în fitocenozele ecosistemelor analizate;

3. S-a explicat pe baza datelor reale din teren influența structurii spațiale a tipului de ecosistem asupra diversității și distribuției speciilor furajere în fitocenozele acestora

4. S-a evidențiat impactul gradientului altitudinal asupra distribuției și diversității speciilor furajere din ecosisteme distincte prezente în rezervația Codrul Secular Slătioara;

5. S-a explicat pe baze științifice în urma unei evaluări concise, dar reprezentative, variabilitatea genetică între-populațională a speciei furajere *Trifolium pratense* (trifoi roșu).

6. S-a făcut o analiză detaliată privind prioritizarea speciilor cu valoare furajeră în vederea conservării active a acestora în rezervația Codrul Secular Slătioara.

Sugestii pentru cercetări viitoare

Ca rezumat, lucrările viitoare de cercetare ar trebui să includă următoarele studii în ecosistemele bogate în plante furajere:

1. Studiile ar trebui să includă mai multe zone de studiu din cadrul rezervației, în special în golurile din coronamentul arboretului precum și în alte rezervații forestiere cu diversitate mare de specii furajere și sunt, de asemenea, necesare descrieri detaliate ale comunităților de plante pe tipuri de ecosisteme.

2. Explorarea succesiunii și căutarea unor zone de referință pentru diferite specii furajere prezente în ecosisteme este esențială pentru conservarea și utilizarea durabilă a acestor resurse vegetale. Aceste studii și/sau experimente trebuie să includă o analiză cu privire la impactul uman (de exemplu, reconstrucție ecologică sau managementul pădurii) și istoria ecosistemelor forestiere bogate în plante furajere pentru a cuantifica impactul post antropic și descrieri detaliate ale caracteristicilor edafice (profilul solului, proprietăților chimice și fizice, formarea solului) dar și analiza altor variabile microclimatice neevaluate în acest studiu.

3. Descrieri detaliate ale variabilității genetice inter- și intra-populațională la alte specii furajere cu importanță economică și ecologică prezente în ecosisteme distincte din regiuni diferite din România.

4. În ceea ce privește analiza diversității genetice inter- și intra- populaționale a speciilor cu valoare furajeră din aria de studiu, se recomandă, pe viitor utilizarea unor markeri genetici suplimentari (ex. markeri nucleari) pentru o analiză mai cuprinzătoare. De asemenea, se recomandă extinderea analizei la mai multe populații ale speciei *Trifolium pratense*, pentru a obține o imagine mai completă a structurii genetice regionale. și corelarea datelor genetice cu factori de mediu pentru a investiga posibile adaptări ecologice.

5. Investigarea detaliată a factorilor de mediu specifici fiecărei locații pentru a înțelege mai bine presiunile de selecție.

6. Studiarea mecanismelor de dispersie a semințelor și polenului între zona Cergii și zona Todirescu.

7. Analiza genetică a populațiilor intermediare de-a lungul gradientului altitudinal pentru a înțelege mai bine modelul de variație genetică.

Implicații pentru conservare

Pentru a menține diversitatea speciilor de plante vasculare în rezervația Codrul Secular Slătioara, este esențial să se protejeze diferitele tipuri de ecosisteme bogate în plante furajere.

Numărul speciilor furajere enumerate, care se găsesc în principal în ecosisteme distincte, este mare, iar multe specii, cum ar fi *Trifolium pratense* și *Festuca pratensis*, apar în principal în fitocenozele unor ecosisteme diferite ca structură spațială, în pajiște, în marginea externă și internă a pădurii.

Cu toate acestea, eterogenitatea ridicată a condițiilor microclimatice și a compoziției floristice furajere în contextul spațial al diferitelor tipuri de ecosisteme ar trebui să fie luate în considerare pentru o conservare activă și o utilizare durabilă a acestor resurse genetice vegetale cu importanță ecologică și economică.

În plus, factorii de microclimat de la scară fină dintr-un tip de ecosistem, sunt capabili să producă variații importante care afectează prezența și distribuția speciilor furajere iar efectuarea inventarelor floristice a ecosistemelor respective este esențială pentru planificarea unor acțiuni eficiente de conservare.

Soluțiile eficiente de conservare ar trebui să se bazeze pe o cunoaștere solidă a modelelor de distribuție a speciilor de interes furajer și pe planificarea locală, unde contribuția fiecărui tip de ecosistem la obiectivele de conservare poate fi evaluată la nivel de specie.

Majoritatea ecosistemelor din aria de studiu, care sunt bogate în plante furajere sunt

situate în zona tampon a rezervației Codrul Secular Slătioara iar altele în zona de delimitare a rezervației cu altă arie protejată sau zone neprotejată.

În ecosistemele cu diversitate mare de specii furajere care sunt localizate la interferența cu alta arie protejată (Rezervația naturală Fânețele montane Todirescu), care reprezintă zonă de protecție a Codrului secular Slătioara încă din 1933, se practică pășunatul sezonier care poate diminua calitatea ecosistemului prin degradarea fitocenozei.

Astfel, având în vedere ca pajiștea din zona Todirescu, este situată la altitudini de peste 1200 m, pe terenuri în pantă (30°) în care condițiile pedoclimatice sunt nefavorabile iar ciclul de dezvoltare și longevitatea speciilor furajere sunt mai scurte. În acest sens, se propun unele măsuri tehnico-organizatorice și anume, practicarea pășunatului prin rotație (prin rotația parcelor de pășunat); restricționare numărului de animale și selectarea speciei (de preferat ovinele care pășunează mai selectiv decât bovinele); respectarea timpului de pășunat și anume se va pășunat pe o perioadă de 4 -6 zile doar atunci când speciile componente din fitocenoza au înălțimea medie de 15-20 cm și de asemenea se va interzice pășunatul în perioade umede ale anului sau după ploile de vară, iar pentru ca plantele furajere să poată acumula substanțele de rezervă necesare traversării perioadei reci a anului, se va interzice pășunatul cu 3 săptămâni înainte de primul îngheț (începutul lunii septembrie).

În ceea ce privesc ecosistemele cu diversitate mare de specii furajere și care se învecinează cu pajiști care sunt întreținute prin cosit, se propune realizarea manuală a unei singure coase pe an (cositul an de an modifica structura compozițională prin favorizarea speciilor de talie înaltă în defavoarea celor mici) și schimbarea modului de administrare a pajiștilor (în același an sau o dată la 3-4 ani) prin pășunat, pentru a revitaliza și echilibra compoziția floristică a acestora.

Limitele studiului

Deși studiul prezintă contribuții valoroase sunt evidențiate și unele limitări ale cercetărilor prezentate în cadrul tezei de doctorat, iar acestea pot fi sintetizate astfel:

1. Abordarea pentru prima dată în rezervația Codrul Secular Slătioara, a modalității de analiză privind dinamica variabilelor de microclimat în patru tipuri de ecosisteme (pajiște, pădure, margine exterioară și interioară a pădurii) și corelarea acestora cu diversitatea și distribuția speciilor furajere prezente în fitocenozele acestor ecosisteme;

2. *Noutatea abordării*: nu există studii locale anterioare pentru comparație directă ceea ce poate face dificilă validarea rezultatelor în contextul local specific;

3. *Limitări temporale*: măsurătorile s-au desfășurat pe o perioadă de 3 ani, astfel, s-ar putea să nu fie captate variațiile sezoniere complete sau tendințele pe termen lung ale variabilelor microclimatice și ale distribuției speciilor furajere;

4. *Reprezentativitatea spațială*: deși studiul acoperă patru tipuri de ecosisteme, ar putea exista variații semnificative în cadrul fiecărui tip de ecosistem care nu sunt pe deplin reprezentate; dimensiunea zonelor de studiu și numărul de puncte de eșantionare pot limita generalizarea rezultatelor și la elaborarea unor concluzii eronate;

5. *Complexitatea interacțiunilor ecologice*: corelațiile observate între variabilele de microclimat și distribuția speciilor pot să nu reflecte pe deplin cauzalitatea, dată fiind complexitatea ecosistemelor forestiere;

6. *Limitări metodologice*: metodele de măsurare a variabilelor microclimatice și de evaluare a diversității speciilor pot avea limitări inerente sau erori, de asemenea, pot exista factori necunoscuți sau nemăsurați care influențează rezultatele;

7. *Specificitatea locală*: rezultatele pot fi foarte specifice pentru rezervația Codrul Secular Slătioara și ar putea să nu fie direct aplicabile altor zone forestiere;

8. *Limitări în analiza statistică*: în funcție de dimensiunea eșantionului și de metodele statistice utilizate, ar putea exista limitări în detectarea unor corelații subtile sau în

generalizarea rezultatelor.

9. Complexitatea domeniului abordat în cadrul tezei de doctorat a condus la simplificarea numărului de variabile și a suprafețelor analizate precum și modului de analiză a corelațiilor mediu-specie.

10. Metoda de eșantionare aleasă, metoda transectelor, deși utilă, poate să nu fie întotdeauna cea mai adecvată pentru toate tipurile de ecosisteme sau de specii. Limitările metodei transectelor includ, potențialul de a supraestima sau subestima anumite caracteristici ale populațiilor unor specii sau ale unor ecosisteme, în funcție de modul în care sunt amplasate transectele și de variabilitatea spațială a zonei studiate.

11. Numărul de suprafețe de probă alese (39 pentru fiecare transect) poate reprezenta un număr insuficient, ceea ce poate duce la o captare nesatisfăcătoare a variabilității floristice și a caracteristicilor microhabitatelor iar rezultatele pot fi neconcludente sau înșelătoare.

12. Metodologia abordată de înregistrare a variabilelor microclimatice, prin utilizarea unor aparate de măsurare portabile pot denatura precizia și acuratețea înregistrării și poate deprecia interpretarea corectă a rezultatelor și validitatea concluziilor.

13. În această analiză, nu s-a realizat o analiză a ADN-ului nuclear, au fost considerate doar variantele de ADN cloroplastic, care reflectă exclusiv linia maternă de moștenire, ceea ce poate duce la excluderea informațiilor din linia paternă. De asemenea mărimea eșantionului a fost relativ mică, iar odată cu creșterea numărului de probe analizate, este posibil să se identifice un număr mai mare de haplotipuri de ADNcp. Totodată, distanța dintre plantele de trifoi eșantionate a fost doar de 5 m, știindu-se faptul că evenimentele de diseminare pot influența semnificativ nivelul de diversitate genetică observat.

Lista publicațiilor

Diseminarea rezultatelor cercetărilor efectuate pe întreaga durată a studiilor doctorale s-au concretizat în următoarele lucrări științifice publicate sau comunicate la conferințe naționale și internaționale după cum urmează:

1. **Șandru M.D.** 2021. Analysis of the spatial structure of a natural spruce and beech mixed stand (Slătioara Secular Forest), Online ISSN 2067-6352; Print ISSN 2066-7639, AAB Bioflux,pg.30-41, Volume 13, Issue 2.,pg. 30-41.
2. **Șandru M. D.**, Golea M. C., Blaga D. D., 2023. Vascular flora from the ecoton zones of the Slătioara secular forest, Open Journal of Forestry, Volume 13, <https://doi.org/10.4236/ojf.2023.131006>.
3. **Șandru M.D.**, Blaga D.D., Golea, C.M.,2023. Conservation of crop wild relatives of to enhance food security. Agriculture and Forestry Biodiversity. Editura ASE. ISBN 978-606-34-0472-6.
4. **Șandru M.D.**, 2024. Spatial variability of microclimate characteristics in transition zone of the forest: A Case Study of Slătioara Secular Forest, Open Journal of Forestry, Volume 14. DOI: 10.4236/ojf.2024.144021.

Alte publicații care nu sunt pe problematica tezei de doctorat:

1. Golea, C.M., **Șandru, M.D.**, Codină, G.G., 2022, Mineral composition of flours produced from modern and ancient wheat varieties cultivated in România, Ukrainian Food Journal, 11(1), 78–89.<https://nuft.edu.ua/doi/doc/ufj/2022/1/9.pdf>.
2. **Șandru M.D.** 2021, National inventory and prioritization of crop wild relatives from România, Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXIV, No. 2, pg. 424-434.
3. Lorenzo Raggi, Diana Bațîr-Rusu, Silvia Străjeru, **Șandru M.D.** et al. 2022. Analysis of landrace cultivation in Europe: A means to support in situ conservation of crop diversity, Biological Conservation, Volume 267, Article 109460, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109460>.

Participări la conferințe naționale/internaționale:

1. **Șandru M. D.** 2021. National inventory and prioritization of crop wild relatives from România. Agriculture for Life. Life for Agriculture, USAMV București. 3-5 iunie 2021.
2. **Șandru M. D.**, Golea M. C., 2024. Inventory of traditional cultivars/local varieties, especially of important food legumes (chickpeas, common beans, lentils, lupine) kept in peasant households in România. Sesiunea anuală din cadrul proiectului european INCREASE, FAO, Roma, Italia, 8-10 mai 2024.
3. **Șandru M.D.** 2024. Spatial variability of microclimate characteristics in transition zone of the forest: A Case Study of Slătioara Secular Forest. Sesiunea anuală de referate și comunicări științifice, acțiune organizată sub patronajul Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu Șişești”, Secția de Cultura Plantelor de Câmp.

Membru proiecte de cercetare:

1. INCREASE - Colecții Inteligente de Resurse Genetice de Leguminoase Alimentare pentru Sistemele Europene de Produse Agroalimentare, Proiect european din cadrul programului HORIZON 2020, 2020-2026.
2. Extension of EURISCO for Crop Wild Relatives (CWR) *in situ* data and preparation of pilot countries. Proiect european GERMANY – BMEL. A1539 . 20 December 2021 – 31 December 2024.
3. DECIDE - dezvoltare prin educație antreprenorială și cercetare inovativă doctorală și postdoctorală”, Proiect cofinanțat din Programul Operațional Capital Uman 2014-2020.
4. Cercetări cu privire la colectarea germoplasmei, inițierea și dezvoltarea unui program de ameliorare a fasolei de câmp (*Phaseolus vulgaris* L.) cu rezistență față de stresul hydric, Proiect sectorial finanțat de MADR ADER 1.3.3., 2023-2026.
5. Inventorying wheat on farm diversity. Proiect european finanțat de ECPGR; Partener; Perioada de derulare 2023.
6. Ameliorarea de precizie a cultivarelor de grâu cu importanță agronomică ridicată (WBreed0.1) - Proiect național din cadrul programului PN-III-P2-2.1-PED-2019-0175; Partener; Perioada de derulare: 2020-2022.
7. Reprezentantul României în cadrul Grupului de lucru pentru Plante furajere în Programul SEEDNet (South East European Development Network on Plant Genetic Resources) în perioada 2007-prezent.
8. Reprezentantul României în cadrul grupului de lucru ECPGR - Crop Wild Relatives Working Group, 2017-prezent.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Abd El-Naby Z. M., Hafez W. A. E.-K., Hashem, H. A. (2019). Remediation of salt-affected soil by natural and chemical amendments to improve berseem clover yield and nutritive quality. *Afr. J. Range Forage Sci.* 36:49–60. doi: 10.2989/10220119.2018.1518929.
2. Aguirre L. M., Cardona C., Miles, J. W., Sotelo G. (2013). Characterization of resistance to adult spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp. *J. Econ. Entomol.* 106, 1871–1877. doi: 10.1603/EC11189.
3. Araujo, M. B. and Luoto, M. (2007). The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecol. Biogeogr.* 16: 743–753.
4. Aude E, Lawesson J. (1998). Vegetation in Danish beech forests: the importance of soil, microclimate and management factors, evaluated by variance partitioning. *Plant Ecol* 134:53–65. doi:10.1023/A:1009720206762.
5. Brady Emily, Isis Brook, Jonathan Prior. (2018). *Between Nature and Culture: The Aesthetics of Modified Environments (Global Aesthetic Research)*, London/New York: Rowman & Littlefield.
6. Bohra A., Kilian B., Sivasankar S., Caccamo M., Mba C., McCouch S. R., & Varshney R. K. (2022). Reap the crop wild relatives for breeding future crops. *Trends in Biotechnology*, 40(4), 412–431. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2021.08.009>.
7. Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A., Hooper DU, Perrings C., Venail P. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486 59–67. doi:10.1038/nature11148
8. Gilliam FS. (2014). *The herbaceous layer in forests of eastern North America*, 2nd edn. Oxford University Press, New York, NY.
9. Cardoso J. A., Jimenez J., Rincón J., Guevara E., Hoek R. van der Jarvis, A. (2013). Advances in improving tolerance to waterlogging in *Brachiaria* grasses. *Trop. Grass.* 1, 197–201. doi: 10.17138/TGFT(1)197-201.
10. Ciocârlan V. (2000). *Flora ilustrată a României - Pteridophyta et Spermatophyta*, Ed. Ceres, Bucuresti.
11. Ciocârlan V. (2009). *Flora ilustrată a României, Pteridophyta et Spermatophyta*, ISBN 978-973-40-0817-9.
12. Cristea V. (1993). *Fitosociologie si vegetatia României*, curs litografiat, Univ. “Babes-Bolyai”, Cluj-Napoca.
13. Cristea V., Denaeyer S., Herremans J.P., Goia I. (1996). *Ocrotirea naturii și Protecția Mediului în România*, Ed. University Press., Cluj – Napoca, p. 365.
14. Cristea V., Gafta D., Pedrotti F. (2004). *Fitosociologie*, Ed. Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca.
15. Cristea V. (2007). *Plante vasculare (Cormobionta): sistematică, diversitate, ecologie, importanță*, mscr. UBB, Biblioteca de Botanică.
16. Danilă I.C., Popa I, Roibu C.C. (2013). A dendroecology analysis in “Slătioara Ancient Forest” of disturbance dynamics, International Conference Integrated Management of Environmental Resources, Suceava, 1-2 November, 2013., <http://www.silvic.usv.ro/conference2013/>.
17. Dempewolf H., Baute G., Anderson J., Kilian B., Smith C., Guarino L. (2017). Past and future use of wild relatives in crop breeding. *Crop Sci.* 57 (3), 1070–1082. doi: 10.2135/cropsci2016.10.0885.
18. De Miguel, J. M., Casado, M. A., Ramirez, L., Castro, I., Costa, M. and Pineda, F. D. (1994). Plant diversity in the boundaries monte-pasture in the Mediterranean environment. Manuscript in preparation.
19. Doyle J. J., Doyle J. L.. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13–

- 1.
19. Doyle J.J., Doyle J.L. (1987). A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19, 11-15.
20. Duduman G., Roibu C.C., Duduman M.L., Miron Onciul M. (2010). The influence of competition and dimensional-spatial characteristics of trees on their radial growth in Old-Growth Slătioara forest, Romania. *AES Bioflux* 2(2): 215-230.
21. Duduman G., Tomescu C., Drăgoi M., Palaghianu C. (2014). Tree size variability and plant diversity in mixed coniferous-beech forests in Slătioara Forest Reserve. *Bucov. For.* 14(2): 135-147, 2014.
22. Elmqvist T., C. Folke, M. Nyström, G. Peterson J. Norberg, J. Bengtsson, B. Walker. (2003). Response diversity and ecosystem resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 488–494.
23. Goudet, J. (1995). FSTAT (Version 1.2): A Computer Program to Calculate F-Statistics. *Journal of Heredity*, 86, 485-486.
24. Harrison S., M. J. Spasojevic, L. Daijiang (2020). Climate and Plant Community Diversity in Space and Time. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (9). National Acad Sciences: 4464–4470.
25. Hernandez L. M., Sotelo G., Bonilla X., Álvarez E., Miles J., Worthington M. (2017). Phenotyping *Brachiaria* genotypes to assess *Rhizoctonia* resistance by comparing three inoculum types. *Plant Dis.* 101, 916–923. doi: 10.1094/PDIS-08-16-1160-RE.
26. Heywood Vernon, Alejandro Casas, Brian Ford-Lloyd, Shelagh Kell, Nigel Maxted. (2007). Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriculture Ecosystems & Environment* 121(3):245-255.
27. Jalubă Iuliana (2010). The Influence of Stational Factors over Indicator Species. *Bulletin UASVM Horticulture*, 69(1)/2012. Print ISSN 1843-5254; Electronic ISSN 1843-5394.
28. Jans F. (1982) Sommerfuetterung. Die bedeutang der botanischen zusammensetzung des gruenfutters. *UFA Review*.
29. Jans, F.(1986). Die Bedeutung der Qualität beim Wiesenfutter. *Ufa-Revue*.
30. Madrigal-González Jaime, Carlos Cano-Barbacil, Jaime Kigel, Pablo Ferrandis, Arantzazu L. Luzuriaga. (2020). Nurse plants promote taxonomic and functional diversity in an arid Mediterranean annual plant community. *Journal of Vegetation Science*. Volume 31, Issue.4. Pages 658-666. <https://doi.org/10.1111/jvs.12876>.
31. Martin E., Hine R. (2015). *A dictionary of biology*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
32. Miles J. W., Cardona C., Sotelo G. (2006). Recurrent selection in a synthetic *brachiariagrass* population improves resistance to three spittlebug species. *Crop. Sci.* 46, 1088–1093. doi: 10.2135/cropsci2005.06-0101.
33. Miles J. W., Hare M. D. (2007). Plant breeding and seed production of apomictic tropical forage grasses. *Bioforsk Fokus*. 2, 74–81. Available online at: <https://hdl.handle.net/10568/88944>
34. Oliver T.H., Heard M.S., Isaac N.J.B., Roy D.B., Procter D., Eigenbrod F., Freckleton R., Hector A., Orme C.D.L., Petchey O.L., Proença V., Raffaelli D., Suttle K.B., Mace G.M., Martín-López B., Woodcock B.A., Bullock J.M., (2015). Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions. *Trends Ecol. Evol.* 30, 673–684. doi.org/10.1016/J.TREE.2015.08.009.
35. Peakall R. Smouse P.E. (2006). GENALEX 6: Genetic Analysis in Excel. Population Genetic Software for Teaching and Research. *Molecular Ecology Notes*, 6, 288-295. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x>
36. Rao I. M., Miles J. W., Beebe S. E., Horst, W. J. (2016). Root adaptations to soils with low fertility and aluminium toxicity. *Ann. Bot.* 118, 593–605. doi: 10.1093/aob/mcw073.

37. Rotar I., Carlier L. (2010). *Cultura Pajiștilor*, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, ISBN 978-973-53-0420-1.
38. Rubio Teso M.L., Álvarez-Muñiz C., Gaisberger H. (2021). Crop wild relative conservation in the Natura 2000 network'. *Crop Wild Relative* 13:19–22.
39. Stoiculescu C, Achim F. (1998). Conservarea pădurilor virgine, un pas spre reintegrarea europeană a României. *Anale Vol.1/2001 – Lucrările sesiunii științifice 23 martie 2001. Secțiunea III. Management forestier*.
40. Thompson I., Mackey B., McNulty S., Mosseler A. (2009). Forest resilience, biodiversity, and climate change: A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems (CBD Technical Series - No. 43). Montreal, Quebec, Canada.
41. Tomescu Cezar Valentin. (2016). Biodiversitatea florei și vegetației ecosistemelor naturale din bazinul râului Suceava Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca.
42. Urban MC., Bokedi G., Hendry AP., Mihoub JB., Pe'er G., Singer A. (2016). Improving biodiversity prediction under climate change. *Science* 353:aad8466 10.1126/science.aad8466.
43. Vîntu V., Puia I., Motca Gh., Rotar I. (2004). *Cultura pajiștilor și plantelor furajere*. Editura Ion Ionescu de la Brad Iași.
44. Walker B.H. (1992). Biodiversity and Ecological Redundancy. *Conservation Biology*, 6, 18-23. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610018.x>.
45. Weaver J.E., Clements F.E. (1938). *Plant Ecology*. 2nd Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 601 p.
46. Whigham DF. (2004). Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35: 583–621.