

Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere

The dynamics of atmospheric mineral deposition and trees nutrition, in the main forestry ecosystems

Dr. ing. Ion Barbu

Tema se încadrează în programul de cercetare 11 - Monitoring Forestier din Programul Național pentru agricultură, silvicultură și industrie alimentară. Tema reprezintă un segment dintr-un program complex de cercetare în ecosistemele forestiere europene (Monitoring forestier nivel II) care are ca obiectiv principal determinarea influențelor antropice (poluarea) asupra funcționării ecosistemelor forestiere.

Scopul cercetărilor este de a stabili dinamica „intrărilor” în ecosistemele forestiere prin intermediul apelor din precipitații care spală atmosfera și antrenează pe organele externe ale arborilor și pe sol o serie de ioni minerali al căror rol fiziologic nu este încă bine precizat. Tema reprezintă o noutate pentru cercetarea științifică din țara noastră, iar pe plan european și mondial o continuare și o reluare a unor cercetări efectuate în studii pilot care au fundamentat abordarea unitară a evaluărilor depunerilor atmosferice de ioni poluanți. Anterior, în cadrul temelor de cercetare vizând cauzele declinului pădurilor s-au mai făcut încercări de evaluare pe baza unor sondaje periodice ale încărcărilor cu ioni poluanți ai precipitațiilor fără a se desfășura însă cercetări în dinamică precum cele ce se prezintă în continuare.

Rezultatele care se obțin în cadrul acestei teme vor permite înțelegerea mai profundă a funcționării ecosistemelor forestiere și fundamentarea pe baze moderne a gestionării pădurilor în zonele afectate de poluare cronică. La nivel european, rezultatele care se vor obține după cel puțin 5 ani de cercetări continue vor permite delimitarea unor zone evident afectate de poluare.

Sub raport științific **rezultatele preconizate** a fi obținute vor permite pentru fiecare zonă și ecosistem forestier reprezentativ:

- identificarea fluxurilor de ioni minerali în teren liber și sub coroanele arborilor
- stabilirea ecuațiilor de bilanț al ionilor pătrunși în ecosistemul forestier;
- calcularea (evaluarea) ratelor periodice de intrare a ionilor din atmosferă în ecosistemele forestiere comparativ cu terenul liber;
- determinarea variațiilor sezoniere ale acumulărilor de ioni din precipitațiile medii ale încărcărilor cu ioni minerali ai apelor gravitaționale din sol. Suprafețele experimentale în care s-au făcut măsurători sistematice pentru determinarea ionilor minerali sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Localizarea suprafețelor experimentale pentru determinarea depunerilor atmosferice în România

Nr. supraf.	Numele supraf. experimentale	Longitudine	Latitudine	Altitudine (m)	Tip de vegetație
1.	Solca - brad	25.50.42	47.44.03	520	Brădet de prod. superioară, afectat de uscare anormală
2.	Solca - molid	25.50.48	47.44.22	510	Plantație de molid și brad

3.	Deia	25.34.02	47.32.43	790	Amestec de molid și brad
4.	Rarău	25.32.21	47.28.34	1100	Amestec de rășinoase cu fag
5.	Fundata	25.16.11	45.25.59	1461	Făget de mare altitudine pe calcare
6.	Mihăiești	24.59.33	45.01.47	573	Șleau de deal
7.	Ștefănești	26.10.00	44.31.00	90	Șleau de câmpie

Aspecte cercetate

- fluxul depunerilor minerale din atmosferă și circuitul acestora în ecosistemul forestier;
- dinamica sezonieră și anuală a depunerilor în funcție de structura și parametrii de stare ai pădurii;
- influența parametrilor structurali ai arboretelor asupra „intrărilor” de ioni minerali din atmosferă;
- diferențierea zonală a „intrărilor” și corelarea acestora cu nivelul poluării generale sau locale;
- influența parametrilor meteo-climatici asupra cantității și calității depunerilor minerale din atmosferă;
- determinarea ratelor de acumulare în sol a ionilor minerali din atmosferă.

Metodele de cercetare au fost adoptate în raport cu obiectivele urmărite. Pentru determinarea cantitativă și calitativă a precipitațiilor au fost amplasați în fiecare suprafață experimentală câte 2 captatori de precipitații în teren liber și câte 6 captatori sub coronamentul pădurii.

Captatorii s-au instalat liniar, randomizat la o distanță variabilă de 5-10 m între ei în funcție de densitatea arboretului. Distanța medie dintre captatorii în teren liber și bateriile de captatori sub masiv este de circa 200 m. Frecvența recoltării probelor a fost de o săptămână, însă în anumite perioade nu s-a putut respecta riguros acest interval, menționându-se exact perioada. De menționat că în toate suprafețele experimentale s-au folosit același tip de captatori instalați la 1-1,2 m de la suprafața solului. Probele recoltate se analizează în același laborator, de aceeași echipă de chimiști, după același metode. Laboratorul a adoptat metodele și tehnicile cele mai bune în condițiile reale existente (aparatură, reactivi, costuri etc.).

În 1995, 1996 și 1997 laboratorul a participat la 4 exerciții de intercalibrare interne cu laboratorul APM Suceava, APM Bacău și IPEG Câmpulung Moldovenesc și la 4 exerciții internaționale de intercalibrare coordonate de AQUACON-Med Bas Project (Italia). Rezultatele obținute se consideră mulțumitoare și garantează în mare măsură precizia și acuratețea determinărilor.

Probele nu suferă tratamente pe durata conservării până la analiză. În laborator se analizează numai ioni sau elemente dizolvate în apa din precipitații pe baza manualului elaborat de NILU: EMEP/CCC-Report 1/95 "Manual for sampling and chemical Analysis" - recomandat de ICP - Forest și FIMCI. Laboratorul este dotat cu echipament clasic de analize, nedispunând de echipamente moderne tip IC-Ion Chromatography sau PEM Plasma Emission Spectrometry, utilizate curent de laboratoarele din vestul Europei.

În tabelul 2 se prezintă sintetic parametrii determinați în laboratorul stațiunii I.C.A.S. Câmpulung Moldovenesc și echipamentele folosite.

Tabelul 2. Parametri determinați în laboratorul Stațiunii I.C.A.S. Câmpulung Moldovenesc și echipamente folosite

Parametrul	U.M.	Aparatura din dotare	Limita de detecție
pH	μS/cm	pH-metru	0,01
Conductivitatea	mg/l	conductometru-JENWAY	0,10

K	mg/l	Flanfolometru	0,30
Ca	mg/l	Flanfolometru	1,00
Mg	mg/l	AAS	0,10
Na	mg/l	AAS	0,10
N-NH ₄	mg/l	SPEC	0,04
Cl	mg/l	SPEC	0,10
N-NO ₃	mg/l	SPEC	0,03
S-SO ₄	mg/l	SPEC	0,05
Alcalinitate	μE/l	TIT-POT	2,00

Asigurarea controlului calității analizelor se realizează prin următoarele mijloace: calibrarea regulată a senzorilor și aparatelor, stabilirea unor materiale standard și reactivi chimic puri, trasarea curbelor de compensare, utilizarea unor metode de analiză și control standardizate, interpretarea analizelor pentru 10-15 % din probe.

Rezultate obținute

Cercetări asupra interceptiei precipitațiilor în coronamentul pădurii

Datele de bază pentru stabilirea interceptiei în coronament a precipitațiilor au fost recoltate în perioada aprilie 1996-august 1997 pentru suprafețele experimentale Solca, Rarău și Deia și ianuarie-august 1997 pentru suprafețele experimentale Fundata, Mihăiești și Ștefănești. Au fost instalați captatori jgheab, cu suprafața de recepție 100x10 cm = 0,1 m² în teren liber și sub coronament la o distanță care nu influențează semnificativ cantitatea de precipitații în teren liber. Din ianuarie 1997, în toate suprafețele experimentale s-au instalat suplimentar și captatori cilindrici cu suprafața de 0,0085 m². Acesta reprezintă un sistem de eșantionaj redundant care sperăm că va contribui la controlul datelor globale și la mai corecta estimare a intrărilor de ioni minerali în ecosistem.

Caracteristicile arboretelor în care s-au făcut măsurători sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Caracteristici ale arboretelor în care s-au instalat suprafețele experimentale

Denumirea suprafeței experimentale	Specia dominantă	Vârsta (ani)	Înălțimea dominantă (m)	Altitudinea (m)	Indicele de desime
Solca 1 (brad)	10 Br	100	29	520	0,37
Solca 2 (molid)	8Mo 2Br	35	23	510	1,00
Rarău	7Mo 2Br 1 Fa	70	33	1100	0,80
Deia	6Br 4Mo	70	33	790	0,80
Fundata	10Fa	60	18	1461	0,95
Mihăiești	8Go 2Fa	60	20	573	0,80
Ștefănești	4St 4Te 2Fr	40	16	90	0,80

Arboretele sunt repartizate în nordul Carpaților Orientali (Solca, Rarău și Deia) în Carpații Meridionali (Fundata), Subcarpații Meridionali (Mihăiești) și Câmpia Română. (Ștefănești).

Având în vedere variabilitatea desimii coroanelor, pentru a surprinde o valoare medie a interceptiei s-au amplasat un număr mediu de 6 captatori jgheab și 6-8 captatori cilindrici în fiecare arboret. Valorile cu care vom opera reprezintă media măsurătorilor făcute cu fiecare tip de captator. Zăpada s-a măsurat cu ajutorul unor cilindri calibrați. Numărul de sondaje a fost diferit (5-25), în funcție de grosimea stratului de zăpadă și gradul de spulberare, calculându-se o valoare medie pentru fiecare recoltare. În tabelul 4 au fost calculate interceptiile medii anuale și proporția de precipitații ajunse la sol.

Tabelul 4. Intercepția precipitațiilor în suprafețele experimentale Solca, Rarău și Deia în perioada aprilie 1996 - august 1997 (păduri de rășinoase)

Suprafața experimentală	Specia	Intercepția (%)	Precipitații ajunse la sol (% din teren liber)
Solca 1	Brad	13	87
Solca 2	Molid	18	82
Rarău	Mo+Br	24	76
Deia	Br+Mo	25	75

Pentru suprafețele experimentale Fundata, Mihăiești și Ștefănești, instalate în păduri de foioase, intercepțiile au fost calculate separat pentru perioada de repaus vegetativ (ianuarie-aprilie) și pentru sezonul de vegetație (mai-august). În tabelul 5 au fost calculate intercepțiile medii anuale și proporția de ajunse la sol pe sezoane.

Tabelul 5. Intercepția precipitațiilor în suprafețele experimentale Fundata, Mihăiești și Ștefănești (păduri de foioase) în perioada ianuarie - august 1997

Suprafața experimentală	Specia	Intercepția (%)		Precipitații ajunse la sol (%) din teren liber	
		repaus veg.	sezon de veg.	repaus veg.	sezon de veg.
Fundata	Fa	14	30,5	86	69,5
Mihăiești	Go	14	19,0	86	81,0
Ștefănești	St, Te, Fr	14	37,0	86	63,0

Comparație între rezultatele obținute în suprafețele experimentale Solca, Rarău și Deia

În reprezentările grafice se prezintă comparativ dinamica parametrilor măsurați în cele trei suprafețe experimentale (pH, conductivitate, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , $N-NH_4^+$, Cl^- , $N-NO_3^{2-}$) în teren liber și sub coroanele arborilor. Prin intermediul mediilor glisante pe 3-5 perioade s-a încercat atenuarea variațiilor prea mari ale valorilor periodice. S-a încercat calculul unor curbe polinomiale care ar putea pune în evidență trendul, dar în această etapă rezultatele conduc la coeficienți de corelație prea mici.

Câteva **concluzii preliminare** ar fi:

- pH-ul: are valori minime în suprafața Solca. Valorile pH sunt de regulă mai mici în terenul liber decât sub coronament și mai mari pe profilul solului decât în teren liber, probabil datorită ionilor bazici din sol.

- conductivitatea: are valori de regulă mai mari sub coronament decât în teren liber cu excepția SE Rarău, iar pe profilul solului în medie de 2-6 ori mai mare decât sub coronament.

- K: în teren liber și sub coronament ionul K^+ are valori mult mai mari decât Ca și 1 Mg. Sub coronament K are valori de 4 ori mai mari decât în teren liber la Solca, de 7 ori la Deia și de 2 ori la Rarău.

- Mg: în precipitații concentrațiile de Mg sunt reduse în toate suprafețele. Valorile maxime au fost măsurate sub coronamentul arborilor de brad (Solca 1). Pe profilul solului se constată în toate suprafețele o tendință de creștere de 7-10 ori față de valorile sub coronament.

- Na: acest ion înregistrează valori mari în sol. În SE Rarău cantitatea măsurată sub coronament a fost mai mică decât în teren liber.

- $N-NH_4$: în precipitații s-au înregistrat concentrații comparabile în cele 3 suprafețe (0,85 mg/L). Sub coronament valorile măsurate au fost de 3 ori mai mari la Solca și Deia. Pe profilul solului, concentrația $N-NH_4$ a fost numai la Solca - 10 cm - mai mare decât sub

coronament, scăzând la adâncimea de 20 cm. La celelalte suprafețe, valoarea amoniului este mai redusă și se apreciază o pierdere redusă prin drenaj.

- Cl: în suprafețele experimentale Solca și Deia, concentrația ionului Cl⁻ este mai mare sub coronament decât în teren liber. Pe profilul solului în toate se constată o ușoară creștere.

- N-NO³: nitrații sunt ioni mobili și migrează prin intermediul apei de precipitații sau asociați unor cationi. Concentrațiile măsurate au fost, în general, reduse, cu excepția profilului de sol din Rarău unde s-au înregistrat valori de 8-16 ori mai mari la 10 și, respectiv 20 cm.

- S-SO₄: nu se semnalează diferențe semnificative ale concentrației medii a SO₄ în precipitațiile în teren liber din cele trei suprafețe. Sub coronament, în general, concentrația este, în medie, de 2 ori mai mare, iar pe profilul solului, la adâncimea de 10 cm, concentrația este de 6 ori mai mare la Solca și de 4 ori la Deia. La 20 cm adâncime, concentrația se menține aceeași la Solca, dar crește la Deia și Rarău.

Comparație între rezultatele obținute în suprafețele experimentale din sudul țării (Fundata, Mihăiești și Ștefănești)

În tabelul 6 s-au sintetizat și se prezintă comparativ cantitatea de ioni intrate în ecosistem (kg/ha), estimate pentru toate cele trei suprafețe experimentale în perioada ianuarie-august 1997.

Tabelul 6. Comparație între cantitățile de ioni (kg/ha) măsurate în suprafețele experimentale Fundata, Mihăiești și Ștefănești în perioada ianuarie-august 1997

Supr. experim.	P (mm)	pH	Cond. (μS/cm)	K	Ca	Mg	Na	N-NH ₄	Cl	N-NO ₃	S-SO ₄
Fundata (teren liber)	593	5,89	40,6	2,0	25,9	0,60	1,9	4,6	2,3	1,10	9,9
Fundata (sub coron.)	460	6,00	40,7	4,9	17,4	0,80	1,7	3,6	2,2	0,90	7,9
Mihăiești (teren liber)	560	5,90	34,3	4,4	13,4	0,60	2,0	7,8	3,7	1,74	11,6
Mihăiești (sub coron.)	443	5,72	59,9	20,3	10,9	1,40	2,3	10,8	3,8	1,00	15,1
Ștefănești (teren liber)	491	5,77	39,4	2,3	16,4	0,75	1,5	4,8	7,3	4,60	9,9
Ștefănești (sub coron.)	358	6,30	62,6	16,7	11,4	1,90	2,2	7,6	4,7	3,20	6,9

Se constată că pentru ionii K, Mg și Na cantitățile sub coronament sunt mai mari decât cele din teren liber, iar pentru ionii Cl, N-NO₃ și S-SO₄ (excepție Mihăiești) sunt mai mici decât valorile măsurate în teren liber. Această situație pune în evidență, pe de o parte, că depunerile uscate sunt reduse (anul 1997 a fost excesiv de ploios în toate suprafețele, iar perioadele secetoase în care se înregistrează de regulă depuneri uscate au fost scurte), iar pe de altă parte arată că o parte din ioni sunt probabil absorbiți prin frunze.

Perioada de 8 luni pentru care se face analiza este mult prea scurtă pentru a se putea formula concluzii asigurate. În general, în literatura de specialitate se apreciază că există variații foarte mari de la un an la altul și de la o stație de măsurare la alta (Brechtel, H.M., 1989; Boyle, G.M. ș.a., 1997, Ulrich, E., 1995), iar concluzii se pot desprinde numai după minimum 3-4 ani de măsurători continue.

Concluzii

După trei ani de cercetare din care un an și jumătate au fost consacrați testărilor în teren și laborator, pentru stabilirea metodelor celor mai adecvate de lucru și un an și jumătate măsurătorilor continue se poate aprecia că s-a acumulat un volum important de date care au fost prezentate succint în referatul de față și în referatele științifice parțiale din anii 1995, 1996 și 1997. S-au prelevat periodic (1-2 săptămâni), măsurat și analizat chimic pentru fiecare ecosistem circa 1000 probe de ape de precipitații din teren liber, de sub coronament și de la două (patru) nivele pe profilul solului în 7 ecosisteme forestiere reprezentative pentru pădurile României. Datele obținute și prelucrate din patru strate ale ecosistemelor vor putea fi

coroborate cu rezultatele investigațiilor asupra solurilor, a stării de sănătate a pădurilor, pentru analize foliare, auxometrice și dendrocronologice, care se realizează în cadrul altor teme de cercetare I.C.A.S. Pe baza observațiilor noastre din ultimii doi ani, starea de sănătate a arborilor din suprafețele experimentale este bună (chiar și în suprafața Solca 1, în care în perioada 1982-1987 s-au înregistrat uscări anormale intense). Calculele intrărilor de ioni în ecosistemele forestiere (kg/ha/an) se încadrează în limitele stabilite în literatura de specialitate (mai ales în vestul și centrul Europei) pentru zonele mijlociu-slab poluate. Pentru prima dată în țara noastră se prezintă evaluări ale depunerilor de ioni minerali din atmosferă în ecosistemele forestiere pe baza unor măsurători continue după o metodologie clară elaborată în consens cu recomandările programului european de monitoring al depunerilor atmosferice (EMEP 1996).