

Frecvența precipitațiilor acide în ecosisteme forestiere din România în perioada 1998-2004

Carmen Iacoban

1. Introducere

Un factor important, considerat responsabil, alături de alți factori, de declinul pădurilor în Europa și în America de Nord, la începutul anilor '80, a fost reprezentat de ploile acide. Numeroase fotografii ale unor arbori vătămați au fost publicate în presă sau în diverse cărți, sugerând devastarea pădurilor ca dovadă a implicării ploilor acide și a poluării atmosferice în "Waldsterben" ("moartea pădurilor").

Fie că acestea acționează indirect - prin intermediul solului sau direct - asupra materialului foliar, s-a considerat că ele pot determina, în ultimă instanță, reducerea productivității pădurilor și pot altera compoziția speciilor și diversitatea lor (Hornbeck, 1981). Posibila implicare a depunerilor acide în reducerea productivității pădurilor a fost studiată, între alții și de Johnson și Siccama (1984). În perioada 1960-1984 s-a constatat o reducere substanțială, pe scară largă, a creșterilor anumitor specii de arbori în SUA (*Picea rubens*, *Pinus rigida* și *Pinus echinata*). Reducerea creșterilor la molidul roșu a precedat mortalitatea pe arii extinse și declinul acestei specii în nordul Munților Appalachi, specialiștii atrăgând atenția asupra posibilei influențe a depunerilor acide, care au ajuns

până la 4 keq H/ha/an în zonele afectate.

Referindu-se la fenomenul de declin al pădurilor, Impens (1984) consideră că termenul de "ploi acide" este impropriu și că cel de "depuneri acide" este mult mai potrivit pentru a desemna cauzele acidificării ecosistemelor. De asemenea, și Bonneau și Fricker (1985) au atras atenția că nu trebuie pus semnul egalității între termenii de "ploi acide" și "declinul pădurilor", deoarece problematica acestora este una mult mai complexă.

Pentru exprimarea concentrației ionilor de hidrogen sau a protonilor se folosește pH-ul, care se calculează ca logaritmul cu semn schimbat din concentrația ionilor de hidrogen. Acesta reprezintă o valoare instantanee a concentrației în protoni (Ulrich et al., 1998). pH-ul "natural" al apei de precipitații este cuprins între 5,5 și 5,6, datorită echilibrului dintre apa pură și CO₂ prezent în atmosferă. Ca urmare, precipitațiile acide vor fi cele cu pH inferior, iar precipitațiile alcaline vor fi cele cu pH superior acestor valori. Pentru simplificare, în prezenta lucrare s-a considerat că valoarea de 5,5 a pH-ului corespunde precipitațiilor neutre, deci precipitații acide sunt cele cu pH < 5,5.

În Franța, în perioada 1993-1994, frecvența precipitațiilor acide în teren liber

a fost cuprinsă între 63 și 74 %, pentru cele șase suprafețe experimentale analizate. Pentru precipitațiile colectate sub coronament, în aceleași suprafețe procentul a fost cuprins între 63 și 67 %. Cercetările privind compoziția apelor de precipitații efectuate în Munții Jinyun din China începând cu aprilie 1998 și până în noiembrie 1999 au permis punerea în evidență a unei frecvențe de 61,1 % a precipitațiilor acide în teren liber.

Pentru a compara capacitatea de neutralizare a coronamentului pădurilor de rășinoase (suprafețele Rarău, Deia, Solca - situate în nordul țării) cu cea a pădurilor de foioase (suprafețele Fundata, Mihăiești, Ștefănești - localizate în sudul țării), s-au calculat frecvențele lunilor cu pH mediu acid în precipitațiile colectate în teren liber (F_{T}) și sub coronament (F_{sc}), în perioada 1998-2004 pentru nordul și sudul țării.

S-a studiat tendința de evoluție a

frecvenței lunilor cu pH acid în precipitațiile colectate din teren liber pentru a evidenția eventualele tendințe semnificative de evoluție care pot influența creșterile arborilor în ecosistemele forestiere analizate.

2. Material și metodă

Alegerea ecosistemelor forestiere și a suprafețelor experimentale pentru monitorizarea pH-ului apelor de precipitații în România (Barbu, 1998) s-a făcut conform recomandărilor Manualului ICP Forests (Anonymous, 1994) și a Manualului EMEP (Anonymous, 1995), avându-se în vedere și distanțele minime acceptate față de sursele de emisie.

Amplasarea suprafețelor experimentale (fig. 1) s-a realizat în două zone, localizate în nordul și respectiv în sudul țării. În nord,



Fig. 1. Localizarea suprafețelor experimentale de monitoring nivel II în care s-au efectuat măsurători ale pH-ului apelor de precipitații (Anonymous, 2005)

Location of the level II monitoring sites where pH measurements of precipitation waters were performed

Tabelul 1. Coordonatele geografice ale suprafețelor experimentale și tipurile de arborete în care s-au făcut măsurători ale pH-ului apelor de precipitații (după Barbu, 1998)
Geographical coordinates and the stand types of level II plots with pH measurements of precipitation waters (after Barbu, 1998)

Nr. crt.	Suprafața Experimentală/ Plot	Longi.	Latit.	Altit. (m)	Tip de vegetație/ Vegetation type
1.	Rarău	25.32.21	47.28.34	1100	Amestec de rășinoase cu fag
2.	Deia	25.34.02	47.32.43	790	Amestec de molid și brad
3.	Solca 1- brad	25.50.42	47.44.03	520	Brădet de productivitate superioară afectat de uscare
4.	Solca 2- molid	25.50.48	47.44.22	510	Plantație de molid și brad
5.	Fundata	25.16.11	45.25.59	1461	Făget de mare altitudine
6.	Mihăiești	24.59.33	45.01.47	573	Gorunet de deal
7.	Ștefănești	26.10	44.31	90	Stejarët de câmpie

amplasarea s-a făcut pe un transect est-vest din nordul Carpaților Orientali (suprafețele experimentale Solca 1, Solca 2, Deia și Rarău), iar în sud pe un transect orientat nord-sud din Carpații Meridionali (Fundata) prin Subcarpații Getici (Mihăiești) până în Câmpia Română (Ștefănești).

Localizarea geografică și compoziția arboretelor în care au fost instalate suprafețele experimentale în care s-au făcut măsurători sistematice pentru determinarea pH-ului apelor de precipitații sunt prezentate în tabelul 1. Din punct de vedere al tipului de ecosistem forestier, se poate considera că aceste ecosisteme forestiere sunt reprezentative pentru țara noastră.

Recoltarea probelor de precipitații din suprafețele amplasate în teren liber, respectiv sub coronament s-a realizat bilunar, la data de 1 și 16 a fiecărei luni în timpul sezonului de vegetație (lunile aprilie-octombrie) și lunar, la data de 1 a fiecărei luni, în perioada sezonului rece (lunile noiembrie-martie). În timpul sezonului de vegetație s-au folosit captatori tip jgheab, cu o suprafață de recepție de 0,1 m², iar pe perioada sezonului rece, captatori tip pungă, cu suprafața de recepție de 0,028 m². Captatorii au fost permanent deschiși, permițând colectarea depunerilor atmosferice totale (umedă și uscată). În

teren liber s-au amplasat câte doi captatori, iar sub coronament, câte șase captatori în fiecare suprafață experimentală, datorită variabilității densității coroanelor arborilor.

Probele colectate sub coronament, respectiv în teren liber pentru fiecare perioadă, s-au amestecat pentru a obține câte o probă medie din fiecare locație. Aceasta a fost transportată sau expediată prin poștă la laborator, unde, după filtrare, s-a determinat pH-ul prin metoda potențiomtrică.

3. Rezultate

În ecosistemele din nordul țării, în care predomină coniferele, se constată că F_{T1} a înregistrat o tendință de creștere (asigurată statistic) la Rarău, unde a atins valoarea maximă de 75 % în anul 2004 (fig. 2). În suprafața de la Deia, F_{T1} oscilează între 30 și 50 %, fără o tendință clară de evoluție. Pentru suprafața de la Solca, frecvența lunilor cu precipitații incidente acide a scăzut de la 73 % în 1998 la 33 % în 2001, înregistrând apoi o creștere în 2003 și 2004. În suprafețele de la Rarău și Deia se evidențiază valori maxime ale F_{Sc} (80 și respectiv 67 %) mai ridicate decât valorile maxime ale F_{T1} (75, respectiv 25 %).

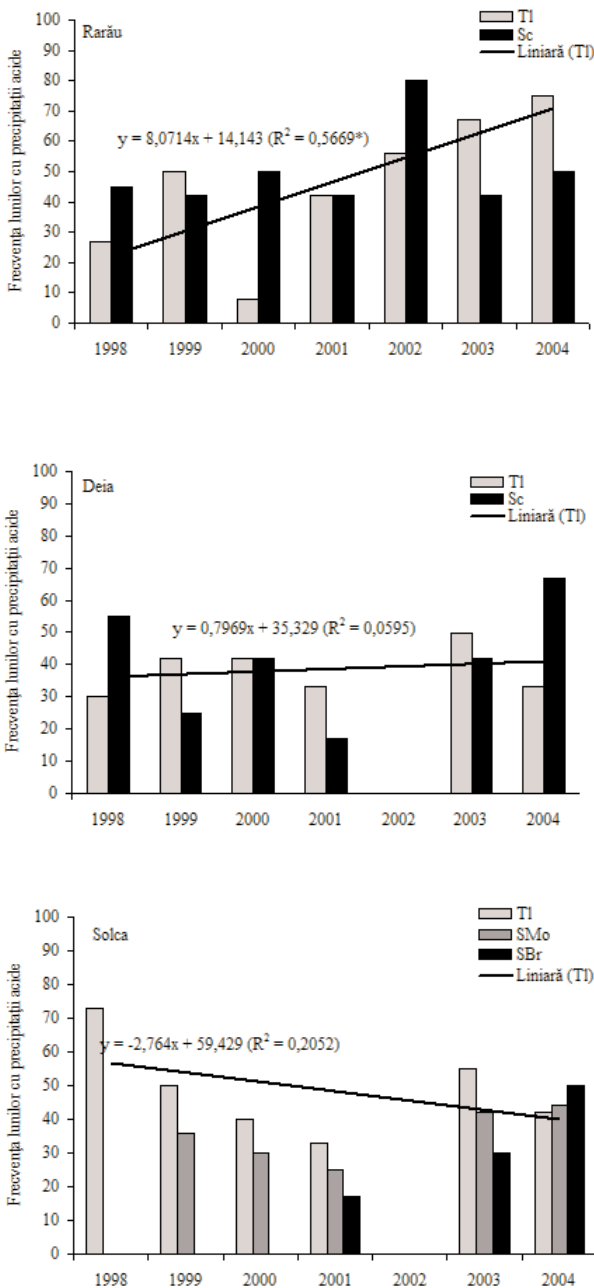


Fig. 2. Frecvența lunilor cu precipitații acide în suprafețele experimentale din nordul României T₁ - teren liber; S_c - sub coronament
The frequency of months with acid precipitations in sites from North Romania. T₁ - open field (bulkdeposition); S_c - under the canopy (throughfall)

În general, tamponarea acidității preci-pitațiilor incidente ar presupune o frecvență mai redu-să a lunilor cu precipitații acide sub coronament, comparativ cu terenul liber. În această situație, cu cât dife-rența $F_{T1} - F_{Sc}$ este mai mare, cu atât efectul de tamponare este mai accentuat. Au fost însă și ani în care frecvența lunilor cu precipitații acide a fost mai ridicată sub coronament decât în teren liber. În acest caz, cu cât diferența $F_{Sc} - F_{T1}$ este mai mare, cu atât efectul de tamponare al coronamen-tului este mai redus.

Pentru arboretele de rășinoase din nordul țării, se constată că în anii în care $F_{T1} > F_{Sc}$, diferența dintre aceste frecvențe nu depășește 25 % la Rarău, 17 % la Deia și 25 % la Solca.

La Rarău și Deia, pentru anii în care $F_{T1} < F_{Sc}$, dife-rențele între frecvențe sunt ridicate, atingând valori de 18, 42 și 24 % la Rarău și respectiv 25 și 34 % la Deia.

Deși pentru suprafețele experimentale de la Solca datele sunt puține și/sau incomplete, se observă că F_{Sc} depășește F_{T1} doar în anul 2004 și doar cu 2 % (sub molid), respectiv 8 % (sub brad). Aceasta se datorează tamponării eficiente a aci-dității precipitațiilor inci-dente în coronament.

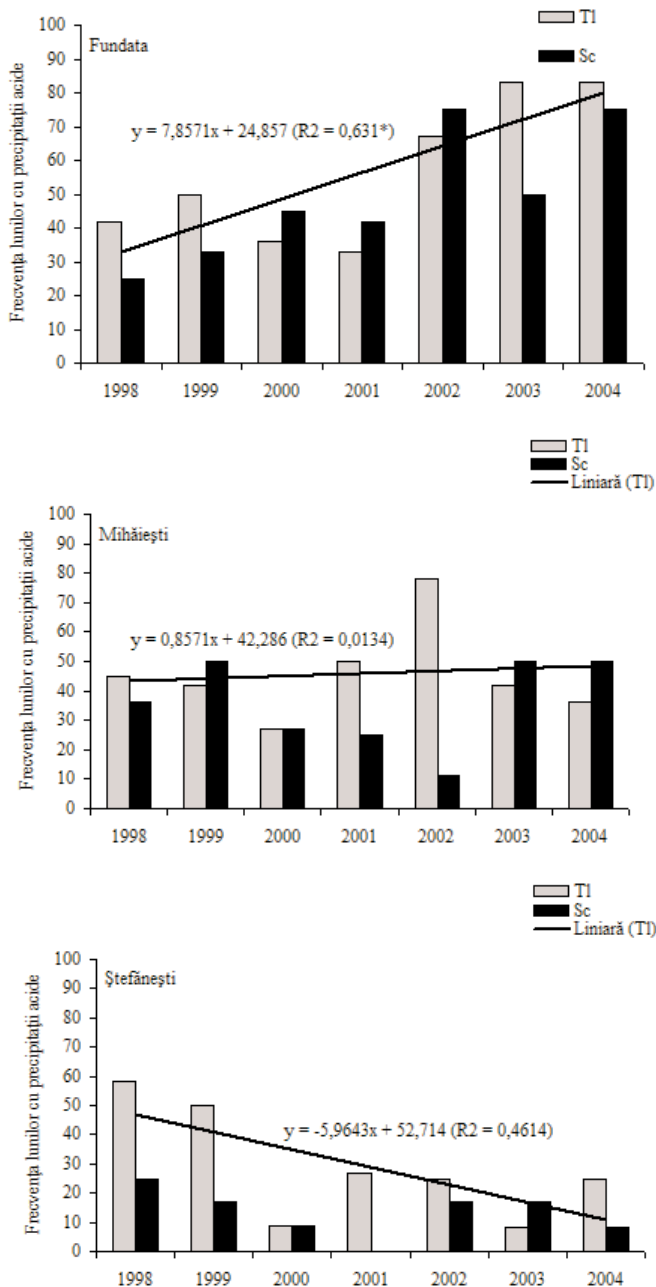


Fig. 3. Frecvența lunilor cu precipitații acide în suprafețele experimentale din sudul României: T₁ - teren liber; S_c - sub coronament. The frequency of months with acid precipitations in sites from South Romania. T₁ - open field (bulkdeposition); S_c - under the canopy (throughfall)

Efectul mai accentuat de tamponare constatat în arboretele de la Solca, față de cele de la Rarău și Deia, alcătuite de asemenea din specii de conifere, se poate explica prin temperaturile medii anuale mai ridicate ce caracterizează suprafața de la Solca și care favorizează schimburi mai intense între precipitațiile incidente și coronament. Ca rezultat, sunt antrenate din coronament cantități mai ridicate de ioni metalici (îndeosebi K, dar și Mg și Ca), care contribuie la neutralizarea ionilor acidifiianți și la creșterea valorii pH-ului precipitațiilor la trecerea prin coronament.

Pe baza analizei graficelor din figura 3, se constată că frecvența lunilor cu precipitații acide în teren liber în suprafața de la Fundata a crescut în perioada 1998-2004, valorile fiind cuprinse între 33 % în 2001 și 83 % în 2003 și 2004. Tendința de creștere a frecvenței lunilor cu precipitații acide la Fundata este asigurată statistic. La Mihăiești, deși s-a înregistrat o valoare maximă de 78 % a F_{T1} în anul 2002, celelalte valori nu depășesc 50 %, fără o tendință netă de evoluție. La Ștefănești în schimb, valorile F_{T1} au scăzut în perioada analizată,

valoarea maximă înre-gistrându-se în 1998 (58 %), iar cea minimă în 2003 (8 %).

Este interesant de subliniat faptul că frecvența precipitațiilor acide în teren liber a crescut anual semnificativ cu aproximativ 8 % atât la Rarău, cât și la Fundata, în suprafețele localizate la peste 1000 m altitudine, în aceste suprafețe monitorizându-se de fapt poluarea de fond. Hedin și Likens (1996) au precizat că ploile acide constituie încă o problemă pentru ecosistemele fo-restiere și au susținut că persistența acestora nu se datorează emisiilor de poluanți acizi, care s-au redus considerabil în ultima perioadă, ci scăderii mai accentuate a depunerilor de praf atmosferic. Acesta este alcătuit în principal din cationi bazici, care neutralizează depunerile acide și constituie surse nutritive importante pentru arborete.

În arboretele de foioase din sudul țării, pentru anii în care $F_{T1} > F_{Sc}$, diferențele între aceste frecvențe sunt mai ridicate decât în arboretele de rășinoase din nordul țării, atingând valori maxime de 33 % la Fundata, 67 % la Mihăiești și 33 % la Ștefănești. S-a constatat că în anii în care $F_{T1} < F_{Sc}$, diferențele între frecvențe sunt mai mici în arboretele de foioase din sud, diferențele nedepășind 10 % la Fundata și Ștefănești și 14 % la Mihăiești.

Pentru a evidenția tamponarea mai eficientă a acidității precipitațiilor incidente în arboretele de foioase, comparativ cu arboretele de conifere, s-au analizat frecvențele lunilor cu pH mediu acid, în teren liber și sub coronament, în paralel în suprafețele Rarău (1100 m altitudine) - Fundata (1461 m altitudine) și respectiv Deia (790 m altitudine) - Mihăiești (573 m altitudine). Pentru arboretul de la Solca datele sunt insuficiente pentru a permite comparația.

Astfel, la Rarău, unde predomină

coniferele, diferența $F_{Sc} - F_{T1}$ a fost cuprinsă între 18 și 42 %, în schimb, la Fundata, unde arboretul studiat este un făget, diferența nu a depășit 9 %. De asemenea, pentru suprafața de la Deia, instalată într-un arboret de amestec (brad-molid), diferența a fost de 25-34 %, în timp ce la Mihăiești, în arboretul de foioase, diferența a fost mai redusă, cuprinsă între 8 și 14 %.

În diverse studii publicate în literatura de specialitate, se precizează că pH-ul precipitațiilor colectate sub coronament este de obicei mai ridicat decât cel înregistrat în precipitațiile incidente, deci concentrația ionilor de hidrogen are valori mai reduse (Yawney et al., 1978; Mahendrappa, 1983).

4. Discuții și concluzii

Rezultatele obținute, prin evaluarea frecvenței lunilor cu pH mediu acid, ne conduc la concluzia că speciile de conifere au capacitate de neutralizare a acidității precipitațiilor mai redusă decât speciile de foioase, concluzie la care au ajuns și alți autori (Parker, 1983; Fahey et al., 1988, citați de Arthur și Fahey, 1993; Helmisaari și Mälkönen, 1989; Mahendrappa, 1990). Aceasta ar trebui să constituie un factor important de decizie atunci când se alege specia în vederea plantării unei suprafețe, mai ales în zone afectate de precipitații acide.

Studiind tendința de evoluție a frecvenței lunilor cu pH acid în teren liber în suprafețele studiate (care nu depinde de specie), se constată următoarele: (i) la altitudini de peste 1000 m (suprafețele de la Rarău și Fundata), o tendință de creștere a frecvenței lunilor cu pH acid asigurată statistic ($R > 0,7$ pentru ecuațiile de regresie), în perioada 1998-2004; (ii) la altitudini medii, cuprinse între 500 și 800 m

(suprafețele de la Deia, Solca și Mihăiești), nici o tendință clară de evoluție a frecvenței ($R < 0,45$); (iii) la altitudini reduse, la aproximativ 100 m (suprafața de la Ștefănești), o tendință de scădere a frecvenței lunilor cu pH acid ($R = 0,68$). Totuși, rezultatele privind tendințele de evoluție ale frecvenței lunilor cu pH acid, în funcție de altitudine, în ecosistemele forestiere din România, trebuie interpretate cu prudență, având în vedere că s-au studiat doar șapte suprafețe experimentale.

Deși suprafețele situate la peste 1000 m altitudine sunt instalate pe soluri calcaroase, menținerea tendinței de acidificare prin creșterea continuă a frecvenței precipitațiilor acide poate determina pe termen lung “spălarea” cationilor bazici și în final redu-cerea creșterilor și deci a productivității acestor arborete.

În zonele localizate la altitudini reduse, prafurile provenite din eroziunea solului și din activitatea umană asigură o bună tamponare a acidității precipitațiilor incidente și determină menținerea constantă sau redu-cerea frecvenței lunilor cu pH mediu acid.

Bibliografie

- Arthur, M.A., Fahey, T.J., 1993. Throughfall chemistry in an Engelmann spruce - subalpine fir forest in north central Colorado. *Can. J. For. Res.*, 23: 738-742.
- Barbu, I., 1998. Cercetări privind dinamica depunerilor minerale din atmosferă și nutriția speciilor de arbori în principalele ecosisteme forestiere, Referat științific parțial, Tema A52/1998, Manuscris ICAS, 59 p.
- Bonneau, M., Fricker, C., 1985. Le dépérissement des forêts dans le massif vosgien: relation possibles avec la pollution atmosphérique. *Revue Forestière Française*. 37 (No. Spécial), 105-126.
- Anonymous, 1995. Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. Manual for sampling and chemical analysis (Draft). EMEP/CCC-Report 1/95, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway, 176 p.
- Anonymous, 2005. Web: <http://www.businessromania.com/hartaromaniei.htm>. Accesat 02. 2006.
- Hedin, L.O., Likens, G.E., 1996. Atmospheric dust and acid rain. *Scientific American*, 275: 88-92.
- Helmisaari, H. - S., Mälikönen, E., 1989. Acidity and nutrient content of throughfall and soil leachate in three *Pinus sylvestris* stands, *Scand. J. For. Res.*, 4: 13-28.
- Hornbeck, J.W., 1981. Acid rain: facts and fallacies. *Journal of Forestry*, 7: 438-443.
- Impens, R., 1984. Les pluies acides. Une menace pour nos forêts. *Annales de Gembloux*, 90: 13-17
- Johnson, A.H., Siccama, T.G., 1984. Decline of red spruce in the northern Appalachians: assessing the possible role of acid deposition. *Tappi Journal*, 67 (1): 68-72.
- Mahendrappa, M.K., 1983. Chemical characteristics of precipitation and hydrogen input in throughfall and stemflow under some eastern Canadian forest stands. *Can. J. For. Res.*, 13: 948-955.
- Mahendrappa, M.K., 1990. Partitioning of rainwater and chemicals into throughfall and stemflow in different forest stands. *Forest Ecology and Management*, 30: 65-72.
- Anonymous, 1994. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres, Hamburg, Prague, 177 p.
- Ulrich, E., Lanier, M., Combes, D., 1998. Dépôts atmosphériques, concentrations dans les brouillards et dans les solutions du sol (sous-réseau CATAENAT) - Rapport scientifiques sur les années 1993-1996. Editeur: Office National des Forêts, Département des Recherches Techniques, 135 p.
- Wei, H., Wang, J. L., 2005. Characteristics of acid rain in Jinyun Mountain, Chongqing, China. *Applied ecology and environmental research* 3 (1): 29-37. <http://www.ecology.kee.hu>
- Yawney, H.W., Leaf, A.L. and Leonard, R.E., 1978. Nutrient content of throughfall and stemflow in

fertilizer and irrigated *Pinus resinosa* (Ait.) stands. *Plant Soil*, 50: 433-445.

Summary

Frequency of acid rains in Romanian forest ecosystems in period 1998-2004

Considering that "acid rain" is a rain with $\text{pH} < 5,5$, the frequency of months with acid rains in open field and under the wood canopy was studied in forest ecosystems located in North of Romania (coniferous) and South Romania (deciduous), for the period 1998-2004.

The results allowed to establish that the deciduous stands have a greater capacity than the coniferous stands to reduce frequency of months with acid rains under the canopy, compared with those from the open field.

A statistical tendency of increasing for the frequency of month with acid rain in the open field was observed at sites located at more than 1000 m altitude. For the studied period (1998-2004), this frequency grew each year with about 8 % at Rarau (1100 m) and Fundata (1460 m). In time, this tendency may produce the cation leaching and may determine the reduction of the growing process of trees.

At altitudes lower than 800 m, the frequency of month with acid rain in the open field did not register any tendency or registered a tendency of decrease (at Stefanesti, located at altitude < 100 m).

Keywords: rainfall, precipitation, throughfall, acid, frequency.

Autorul. Dr. ing. Carmen Iacoban este cercetător științific III la Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Stațiunea Experimentală de Cultura Molidului Câmpulung Moldovenesc.

Poate fi contactată la adresa de e-mail: iacoban.carmen@icassv.ro