

EFECTELE POLUĂRII INDUSTRIALE ASUPRA UNOR SPECII DE PLANTE LEMNOASE

THE EFFECTS OF THE INDUSTRIAL POLLUTION ON SOME SPECIES OF WOODEN PLANTS

MARIA-MAGDALENA ZAMFIRACHE,
LĂCRĂMIOARA IVĂNESCU

Abstract

We have studied 2 species of wooden angiosperms from the areas next to the industrial platforms in Borzesti (Bacau county) and Bicaz (Neamt county). The polluting agents involved favor the installation of a specific micro flora on the leaves (fungi and algae), micro flora that affects their general functions. The necrosis and the induced foliar chlorosis by polluting agents represent the clear materialization of some profound physiological modifications which disturb the medium content of water, dry substance and assimilator pigments.

Key words: wooden angiosperms; polluting agents; foliar surface; physiological modifications

Cuvinte cheie: angiosperme lemnoase; agenți poluanți; suprafață foliară; modificări fiziologice

INTRODUCERE

Influența negativă a poluanților atmosferici asupra vegetației a fost remarcată, în primul rând, prin fenomene de defoliere totală sau parțială, cloroze și necroze foliare, diverse cazuri teratologice, evidente mai ales la speciile aflate în zone limitrofe unor surse de impurificare.

În țara noastră, poluarea vegetației cu noxe solide provenite de la fabricile de ciment, azbociment și var, precum și de la combinatele de producere a îngrășămintelor superfosfatice a fost studiată la Bicaz, Valea Călugărească, Medgidia, Bârsești – Tg. Jiu de către IANULESCU M., 1977, 1978; DIHORU GH., 1977; IONESCU & NEAMU, 1973; DIHORU et al., 1973; BARBU & LUPĂȘCU, 1974; TOMA et al., 1988 – 1997; IVĂNESCU & TOMA, 1996 – 2001. Majoritatea fabricilor sunt amplasate în apropierea pădurilor situate pe teren accidentat, ceea ce favorizează poluarea vegetației cu praf de var și ciment.

Acest praf acoperă suprafețele frunzelor, formând adesea cruste cu efecte distrugătoare datorită alcalinității ridicate; astupă stomatele, împiedică transpirația și respirația foliară; dereglează procesul de fotosinteză. Din analizele efectuate în zona Bicaz rezultă că praful eliminat din coșurile fabricii are următoarea compoziție: 42 – 45% CaO, 0,4 – 0,8% MgO, 12 – 14% SiO₂, 3,5 – 4,5% Al₂O₃, 2 – 3,5% Fe₂O₃, cu pierderi la calcinare de până la 34%.

Condițiile fizico – geografice favorizează răspândirea și depunerea prafului, un rol deosebit în distribuția areală și cantitativă a acestuia avându-l configurația terenului, circulația atmosferică și, în oarecare măsură, învelișul vegetal.

În studiul efectului poluării asupra vegetației nu este ușor de a realiza generalizări ale unui fenomen legat de poluarea aerului; poluanții atmosferici, prin diversitate, chimia atmosferică particulară, posibilele combinații cu variați compuși în urma cărora rezultă poluanți noi - adesea necunoscuți, multiplele transformări pe care le parcurg din momentul emisiei în mediu, starea finală sub care ajung să interacționeze cu vegetația, maniera în care speciile "răspund" prin modificări metabolice și structurale, fenotipizate sau nu morfologic, constituie doar câteva dintre aspectele care stau în atenția cercetătorilor în domeniu.

Noxele industriale, gazoase ori solide, constituie factori permanenți de agresiune asupra aerului, solului, apei; în felul acesta mediul de viață al plantelor este supus unui stres generalizat ce se materializează, cel mai adesea, prin deteriorarea echilibrelor ecologice. "Supraviețuirea" speciilor în astfel de condiții înseamnă, de fapt, o multitudine de transformări pe care acestea le suferă în încercarea "disperată" de a se adapta unui mediu din ce în ce mai ostil; ca urmare, unele specii își restrâng considerabil arealul sau are loc înlocuirea vegetației autohtone cu cea industriogenă - săracă în specii și indivizi - care se permanentizează ca un industrioclimax.

Chiar dacă poluanții implicați sunt deosebiți din punct de vedere chimic, amplasarea celor două centre industriale investigate de către noi în zone depresionale, prezența culoarelor de vale și circulația atmosferică axată în lungul lor, inversiunile termice, precipitațiile atmosferice, procentajul apreciabil de calm, contribuie la stabilitatea nucleului cu concentrațiile cele mai mari deasupra vegetației din lungul culoarelor de vale. Este motivul pentru care cel mai puternic impact dintre noxe și vegetație se produce în zonele limitrofe acestor platforme industriale.

Investigațiile noastre s-au axat pe observații asupra speciilor de plante lemnoase în diverse fenofaze, pe investigarea stării suprafețelor foliare, precum și pe analiza modificărilor fiziologice și biochimice ale frunzei sub influența poluanților atmosferici specifici locațiilor avute în atenție.

Observațiile asupra speciilor lemnoase ne-au permis să remarcăm faptul că, în majoritatea cazurilor, acestea reacționează la agresiunea noxelor poluante, indiferent de natura chimică. Desigur, "răspunsurile" sunt condiționate de o multitudine de factori (genetici, pedoclimatici, habitat natural, grad de aclimatizare, distanța și poziția față de sursa poluantă, vârstă, stare fiziologică etc.), de aceea nu vor fi absolutizate, ci doar reunite sub formă de date ce vor completa tabloul clinic al simptomatologiei foliare.

MATERIAL ȘI METODE

Materialul analizat este reprezentat de frunze aparținând la două specii de arbori *Aesculus hippocastanum* L. familia *Hippocastanaceae* și *Populus tremula* L. familia *Salicaceae* aflate în perimetrul zonelor industriale Bicaz – Tașca (Combinatului de Lianți și Azbociment Modochim S.A. Bicaz) și de pe Platforma Industrială Borzești. Noxele implicate în acest perimetru sunt în principal solide pentru zona industrială Bicaz (pulberi sedimentabile de var și ciment), respectiv gazoase și solide pentru zona industrială Borzești (dioxid de sulf, clor, amoniac și negru de fum).

Materialul vegetal a fost colectat în perioada 1997 – 2000, în fiecare an din luna mai până la sfârșitul lunii septembrie, efectuându-se în paralel observații în teren, pentru a urmări starea vegetației din jurul sursei poluante.

Prelucrarea materialului s-a realizat în Laboratorul de Morfologie și anatomie vegetală și în cel de Fiziologie vegetală din cadrul Facultății de Biologie a Universității “Al. I. Cuza” din Iași.

S-a lucrat pe material proaspăt și pe material uscat, prelucrat conform metodologiei tipice celor două laboratoare.

Pentru investigarea suprafețelor foliare materialul vegetal a fost examinat și fotografiat la microscopul de baleiaj (S.E.M).

Pentru investigațiile de fiziologie au fost aleși anumiți indivizi, situați la distanțe diferite față de surse. Analizele efectuate au vizat:

- dozarea conținutului de apă și substanță uscată foliară prin metoda gravimetrică, de aducere la greutate constantă a materialului vegetal uscat la 105⁰ C;
- dozarea conținutului de pigmenți asimilatori foliari prin metoda Harger-Bertenrath, modificată de Știrban și Fărcaș.

Pentru fiecare determinare fiziologică s-au lucrat câte 3 probe paralele, datele prezentate constituind media aritmetică a rezultatelor obținute.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

CONȚINUTUL DE APĂ ȘI DE SUBSTANȚĂ USCATĂ

Pentru zona industrială Bicaz:

În foliolele speciei *Aesculus hippocastanum*, față de martor, în luna mai, conținutul mediu de apă este nesemnificativ diminuat; în schimb, în luna august acesta reprezintă între 70,74% și 71,49% din valoarea martorului, nefiind în corelație cu distanța față de sursa poluantă. În luna septembrie cantitatea de apă scade mult, înregistrând valori cuprinse între 64,90% și 73,25% din cea a martorului, valori corelate cu distanța față de sursa poluantă.

În ceea ce privește conținutul mediu de substanță uscată se observă că în lunile august și septembrie acesta are valori ridicate, depășind valorile de la martor cu până la 41,03% în iulie și 43,08% în septembrie. Aceste valori pot fi corelate cu suprafețele necrozate ale foliolelor ce caracterizează specia încă de la sfârșitul lunilor mai-iunie, fenomen consemnat și de noi în observațiile fenologice.

La frunzele poluate de *Populus tremula* valorile medii obținute în ceea ce privește conținutul mediu de apă și substanță uscată sunt foarte apropiate de cele ale martorului, nefiind înregistrând scăderi importante în lunile mai, august și septembrie. O posibilă explicație a acestei realități ar putea fi faptul că defolierile observate la diferite exemplare sunt cauzate fie de cantitățile exagerate de depuneri solide, fie de o sensibilitate exagerată la îngheț, asociată cu cea produsă de impactul cu noxele solide.

Pentru zona industrială Borzești:

Aesculus hippocastanum este o specie foarte sensibilă la poluarea cu gaze toxice (SO₂, clor) și cu negru de fum; încă din luna mai se observă o scădere a conținutului mediu de apă, față de martor, cu până la 23,67%, pentru ca în luna august diminuarea să continue până la 33,42%. În luna septembrie, valorile înregistrate sunt cuprinse între 56,52% și 59,48% din valoarea martorului; însă și aici, ca și la celelalte specii de foioase, intervin și simptomele sfârșitului de sezon de vegetație. Conținutul mediu de substanță uscată depășește cu până la 37,64% în luna mai, iar în luna august cu până la 46,87% valorile obținute la martor; înregistrarea unor astfel de valori crescute concordă cu observațiile noastre fenologice potrivit cărora această specie nu manifestă defolieri, însă foliolele se necrozează puternic, chiar la scurt timp după formare. Mai mult, în zona Borzești, potrivit observațiilor noastre, la această specie se observă și semne de atac al fluorului.

La frunzele poluate de *Populus tremula*, față de martor, conținutul mediu de apă variază între 80,56% și 83,23% în luna mai, pentru ca în luna august acesta să scadă până la 75,67%. Conținutul mediu de substanță uscată crește, față de martor, în luna mai cu până la 44,99%, iar în luna august cu până la 49,87%; aceste valori extrem de ridicate ale cantității de substanță uscată materializează fenotipic necrozele foliare extinse, precum și defolierile accentuate observate pe tot parcursul lunilor de vară. În luna septembrie, cantitatea medie de apă scade cu până la 29,80% din valoarea martorului, în timp ce cantitatea medie de substanță uscată depășește martorul cu până la 51,15%. În cazul acestei specii, pe suprafețele foliare am remarcat și prezența unor gale produse de insecte, semn că slăbirea generală a vitalității indivizilor este cauzată și de alți factori decât cei poluanți, aceștia din urmă având, însă, o influență majoră.

CONȚINUTUL DE PIGMENȚI ASIMILATORI (tabelele 1 și 2)

Pentru zona industrială Bicaz (tabelul 1):

În foliolele martor de la *Aesculus hippocastanum*, conținutul mediu de clorofilă a este minim în luna mai (10,321 mg/g) și maxim în lunile august (13,072 mg/g) și septembrie (13,027 mg/g). În foliolele poluate acest conținut scade foarte mult față de martor, nefiind obligatoriu în corelație directă cu distanța față de sursa poluantă. În foliolele de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă (cca 250 m), conținutul mediu de clorofilă a față de martor este de 80,06% în luna mai, de 60,61% în luna august și de 54,60% în luna septembrie. În foliolele de la exemplarul cel mai depărtat de sursa poluantă (cca 600 m) acest conținut este de 84,99% în luna mai, de 31,49% în luna august și de 30,92% în luna septembrie.

Conținutul mediu de clorofilă b din foliolele martor este minim în lunile mai (4,262 mg/g) și septembrie (4,217 mg/g) și maxim în luna august (4,877 mg/g). Se poate remarca faptul că nu există diferențe cu adevărat semnificative între valorile minimă și maximă. În foliolele poluate se constată în toate situațiile analizate scăderea semnificativă a conținutului mediu de clorofilă b față de martor. Astfel, în foliolele de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă acest conținut este de 74,75% față de martor în luna mai, de 74,24% în luna august și de 78,70% în luna septembrie. În foliolele de la exemplarul cel mai îndepărtat de sursă, acest conținut este de 84,77% în luna mai, de 66,33% în luna august și de 75,36% în luna septembrie.

Conținutul mediu de pigmenți carotenoizi din foliolele martor are valori minime în luna mai (1,9977 mg/g) și maxime în lunile august (2,393 mg/g) și septembrie (2,395 mg/g). În foliolele poluate acest conținut este, în general, mai scăzut față de martor, nefiind corelat obligatoriu cu distanța față de sursa poluantă. Valorile cele mai scăzute se constată în lunile august (79,06% și respectiv, 73,12%) și septembrie (73,82% și respectiv, 53,69%).

Conținutul mediu total de pigmenți asimilatori (a+b+c) este minim în luna mai (15,68 mg/g) și maxim în luna august (20,342 mg/g) în cazul foliolelor martor. În foliolele poluate acest conținut are valori semnificative scăzute în lunile august (66,05% și respectiv, 44,74%) și septembrie (62,12% și respectiv, 43,24%), corespunzând unor scăderi majore în cazul clorofilei a, dar și în cazul clorofilei b și a pigmenților carotenoizi.

Raportul clorofilă a/clorofilă b (a/b) din foliolele martor este minim în luna mai (2,42) și maxim în luna septembrie (3,08). În cazul rezultatelor obținute la foliolele poluate atragem atenția asupra semnificației discutabile a acestui raport; de exemplu, în luna mai valoarea de la martor și cea din foliolele poluate provenite de la exemplarul cel mai îndepărtat de sursă este aceeași (2,42), însă valoarea corespunzătoare foliolelor poluate provine dintr-un conținut mediu de 84,99% clorofilă a și 84,77% clorofilă b. Cele mai mici valori ale acestui raport s-au înregistrat în cazul foliolelor de la exemplarul cel mai îndepărtat de sursă, fiind de 1,27 în luna august și 1,26 în luna septembrie. Valoarea din luna august provine dintr-un conținut mediu de 31,49% clorofilă a și 66,33% clorofilă b, iar cea din luna septembrie dintr-un conținut mediu de 30,92% clorofilă a și 75,36% clorofilă b. Se pot remarca diferențe sesizabile între valorile clorofilei b în ambele situații, dar pe care acest raport le evidențiază foarte puțin.

Raportul clorofilă a+b/pigmenți carotenoizi (a+b/c) din foliolele poluate are valoare minimă față de martor în luna august în cazul celor de la exemplarul cel mai îndepărtat de sursă, rezultând dintr-un conținut extrem de scăzut de clorofilă a (31,49%), clorofilă b (66,33%) și pigmenți carotenoizi (73,12%).

În frunzele martor de la *Populus tremula*, conținutul mediu de clorofilă a este minim în luna mai (9,037 mg/g) și maxim în lunile august (10,714 mg/g) și septembrie (10,46 mg/g). În frunzele poluate acest conținut este, în toate situațiile analizate de noi, mai scăzut față de martor, nefiind corelat obligatoriu cu distanța față de sursa poluantă.

În cazul frunzelor provenind de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă (cca 80 m), conținutul mediu de clorofilă a a fost de 85,60% din martor în luna mai, de 66,48% în luna august și de 64,78% în luna septembrie. În frunzele de la exemplarul cel mai îndepărtat de sursă (cca 900 m) acest conținut a fost de 79,35% din martor în luna mai, de 66,20% în luna august și de 69,86% în luna septembrie.

Conținutul mediu de clorofilă b din frunzele martor este minim în luna mai (3,292 mg/g) și maxim în lunile august (4,172 mg/g) și septembrie (4,271 mg/g). În frunzele poluate acest conținut depășește valoarea martorului cu peste 13% în luna mai, iar în lunile august și septembrie valorile înregistrate sunt semnificativ scăzute față de martor, nefiind în corelație directă cu distanța față de sursa poluantă. Cele mai scăzute valori sunt în frunzele exemplarului cel mai îndepărtat de sursa poluantă, fiind de 75,31% în luna august și de 59,68% în luna septembrie.

Conținutul mediu de pigmenți carotenoizi din frunzele martor este minim în luna mai (1,736 mg/g) și maxim în lunile august (2,067 mg/g) și septembrie (2,178 mg/g). În frunzele poluate acest conținut depășește ușor valoarea martorului în luna mai (104,36% și respectiv 102,88%), iar în lunile august și septembrie valorile obținute sunt mai mici decât la martor (86,21% și 86,84% în luna august; 72,22% și 73,41% în luna septembrie).

Pentru această specie putem remarca faptul că toți pigmenții asimilatori înregistrează la martor valori minime în luna mai și maxime în lunile august și septembrie. În frunzele poluate, clorofila a are întotdeauna valori mai scăzute decât la martor, iar clorofila b și pigmenții carotenoizi depășesc ușor martorul în luna mai, pentru că în lunile august și septembrie să înregistreze valori mai scăzute decât acesta.

Conținutul mediu total de pigmenți asimilatori (a+b+c) din frunzele martor este minim în luna mai (14,065 mg/g) și maxim în lunile august (16,953 mg/g) și septembrie (16,995 mg/g). În frunzele poluate acest conținut scade semnificativ din luna mai până în luna septembrie (de la 94,08% în luna mai până la 65,74% în luna septembrie). Scăderile înregistrate în lunile august și septembrie se datoresc mai ales celor două clorofile cu valori semnificativ diminuate, dar și conținutului redus de pigmenți carotenoizi.

Raportul clorofila a/clorofila b (a/b) și raportul clorofile a+b/pigmenți carotenoizi (a+b/c) din frunzele poluate prezintă, în general, valori mai scăzute față de martor, clorofilele mai cu seamă clorofila a înregistrând valori semnificativ diminuate comparativ cu valorile de la martor.

Pentru zona industrială Borzești (tabelul 2):

Conținutul mediu de clorofilă a din foliolele poluate de la *Aesculus hippocastanum* (vezi martor analizat la Bicaz) scade semnificativ față de martor, fiind corelat cu distanța față de sursa poluantă. În cazul foliolelor de la exemplarul cel mai apropiat de sursă (cca 200 m) valori deosebit de scăzute s-au obținut în lunile mai (59,28%), august (24,45%) și septembrie (23,23%). Valori de asemenea scăzute s-au obținut și în foliolele de la exemplarul mai depărtat de sursă (circa 800 m), mai ales în lunile august (50,62%) și septembrie (41,92%).

Conținutul mediu de clorofilă b din foliolele poluate înregistrează uşoare creşteri peste valoarea martorului în luna mai în ambele cazuri (109,87% și respectiv, 107,01%) și în luna septembrie pentru exemplarul mai depărtat de sursă (108,70%). În restul cazurilor, valorile scad față de martor, fiind în luna august de 60,95% și respectiv 96,92%, iar în luna septembrie de 61,84% în foliolele de la exemplarul mai apropiat de sursa poluantă.

Conținutul mediu de pigmenți carotenoizi din foliolele poluate este pentru toate cazurile mai mare decât cel înregistrat la martor. Valorile cele mai mari se înregistrează în foliolele de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă fiind de 124,23% în luna mai, 128,20% în luna august și de 136,91% în luna septembrie.

Conținutul mediu total de pigmenți asimilatori din foliolele poluate (a+b+c) înregistrează valori minime în lunile august (45,41%) și septembrie (45,38%) la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă datorită scăderii semnificative a clorofilei a (24,45% și respectiv 23,23%), a clorofilei b (60,95% și respectiv 61,84%), în timp ce pigmenții carotenoizi înregistrează creşteri cu peste 35% față de martor.

Raportul clorofila a/clorofila b (a/b) din foliolele poluate este întotdeauna mai mic decât cel de la martor, valorile cele mai mici fiind în lunile august (1,07 față de 2,68) și septembrie (1,16 față de 3,08) pentru exemplarul cel mai apropiat de sursă, datorită valorilor foarte mici ale clorofilei a.

Raportul clorofile a+b/pigmenți carotenoizi (a+b/c) din foliolele poluate este mai mic decât în cazul martorului; valorile minime se înregistrează și în acest caz în lunile august (2 față de 7,5) și septembrie (1,7 față de 7,2) când scad cantitativ ambele clorofile și cresc semnificativ valorile pigmenților carotenoizi.

Conținutul mediu de clorofilă a din frunzele poluate de la *Populus tremula* (vezi martor analizat la Bicaz) este mai scăzut decât la martor, fiind în corelație directă cu distanța față de sursa poluantă. Astfel, în frunzele poluate provenite de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă (circa 100 m) acest conținut scade progresiv din luna mai până în luna septembrie: 69,39% în luna mai, 49,21% în luna august și 48,52% în luna septembrie. În mod asemănător se poate remarca acest fenomen și la frunzele exemplarului situat mai departe de sursa poluantă (cca 800 m): 87,38% în luna mai, 76,45% în luna august și 68,45% în luna septembrie.

Conținutul mediu de clorofilă b din frunzele poluate înregistrează scăderi semnificative față de martor, de asemenea corelate cu distanța față de sursa poluantă. Valorile cele mai scăzute sunt înregistrate în frunzele de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă (cca 100 m) fiind de 79,37% din martor în luna mai, de 51,03% în luna august și de 48,84% în luna septembrie. Scăderi mai puțin semnificative se constată și în frunzele de la exemplarul situat mai departe de sursa poluantă, maxima fiind de 98,69% din martor în luna mai, iar minima de 72,98% în luna septembrie.

Conținutul mediu de pigmenți carotenoizi înregistrează, în toate cazurile analizate de noi, creşteri spectaculoase față de martor. Astfel, în frunzele de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă acest conținut este de 122,69% în luna mai, de 159,40% în luna august și de 154,68% în luna septembrie. În frunzele de la exemplarul mai depărtat de sursa poluantă valorile sunt mai crescute fiind de 123,79% în luna mai, de 181,03% în luna august și de 162,67% în luna septembrie.

Conținutul mediu total de pigmenți asimilatori (a+b+c) din frunzele poluate are valori mai scăzute decât la martor, valorile minime fiind înregistrate în frunzele de la exemplarul cel mai apropiat de sursa poluantă (cca 100 m): 78,30% în luna mai, 62,94% în luna august și 62,20% în luna septembrie. Valorile scăzute din lunile august și septembrie se datoresc scăderii conținutului ambelor clorofile cu mai bine de jumătate față de valoarea martorului și creşterii accentuate a conținutului de pigmenți carotenoizi.

Raportul clorofila a/clorofila b (a/b) din frunzele poluate are valori apropiate de cele ale martorului, însă rezultă din conținuturi extrem de scăzute ale ambelor clorofile, astfel că și în cazul de față nu constituie un indicator fidel al situației reale: spre exemplu, în luna august valoarea acestui raport în frunzele martor este de 2,56 (10,714 mg/g clorofilă a și 4,172 mg/g clorofilă b), iar în frunzele poluate de la exemplarul cel mai apropiat de sursă este de 2,47 (5,273 mg/g clorofilă a, adică 49,21% din martor, și 2,129 mg/g clorofilă b, adică 51,02% din martor).

Raportul clorofile a+b/pigmenți carotenoizi (a+b/c) are valori extrem de scăzute față de martor, datorându-se scăderii semnificative a conținutului ambelor tipuri de clorofilă, cât și creşterii deosebite a conținutului de pigmenți carotenoizi

SUPRAFAȚA FOLIARĂ

Conform datelor existente în literatura de specialitate, poluanții atmosferici pot favoriza fenomenul de colonizare a frunzelor, însă pot acționa în același timp și asupra acestei microflore, stimulând-o sau inhibând-o ori perturbând relațiile de simbioză dintre fungi, alge și bacterii; bacteriile fixatoare de azot izolate de pe suprafețele frunzelor multor specii, inclusiv

de conifere sunt, conform cunoștințelor actuale, extrem de sensibile la poluarea aerului, lor fiindu-le atribuite nenumărate semnificații pentru ciclurile globale biogeochimice. Indiferent de impactul poluanților atmosferici asupra microflorei foliare este clar că, odată instalată, aceasta ocupă porțiuni ce nu mai pot răspunde adecvat radiațiilor active fotosintetice, deci este afectat fenomenul de fotosinteză, singura modalitate de hrănire a plantei. Mai mult, "ostilitățile" dintre colonizatori pot consta și în eliberarea unor substanțe toxice (grupate, în unele lucrări, sub denumirea generală de surfactanți) care pot afecta global planta. Observațiile noastre în legătură cu acest subiect sunt în acord cu faptul că doar pe frunzele provenind de la indivizi cu simptome de suferință se poate decela prezența unei microflore particulare, total absentă la frunzele martor. Cele mai multe observații realizate pe frunze de 2 ani (inclusiv la martor) confirmă această realitate și în acest ultim caz nu se remarcă eventuali "colonizatori".

Pentru materialul provenit din zona industrială Borzești :

La *Aesculus hippocastanum*, epidermele foliolelor martor nu prezintă depuneri străine și nici un fel de "colonizatori". Epiderma superioară prezintă celule cu pereții laterali foarte slab ondulați, fiind lipsită de stomate și peri. Ceara epicuticulară este cristalizată sub formă de lamele fine, foarte dense, cu aranjament ordonat, acoperind în totalitate suprafața pereților externi. Epiderma inferioară prezintă celule ale căror pereți laterali sunt greu detectabili din cauza multitudinii de stomate dispuse neregulat; pereții externi ai celulelor anexe prezintă pe suprafața cuticulei ceară fin lamelară cu aranjament mai mult sau mai puțin regulat. Din loc în loc se pot observa baze ale perilor tectori, fără ca aceștia să fie identificabili în întregime.

La foliolele ce prezentau necroze se observă la nivelul epidermei superioare, modificarea formei generale a celulelor (forma literelor X, L, C, U, I) prin contracția acestora datorită pierderii apei (probabil și din mezofilul subiacent); ceara epicuticulară păstrează pe alocuri cristalizarea fin lamelară, cu menținerea dispunerii ordonate; în rest se pot observa fenomene de aglomerare a cristalozilor lamelari, cu tendință de compactizare și de pierdere completă a vizibilității conturului general al celulelor epidermice; între celulele epidermice apar depresiuni mai mult sau mai puțin adânci, ceea ce indică o deformare de ansamblu a suprafeței foliolei.

La nivelul epidermei inferioare sunt vizibile depuneri solide dispersate neuniform, fiind observabile nervurile secundare, dar și pereții laterali, relativ drepecți; în apropiere de nervura mediană a foliolei se remarcă baza perilor susținuți de celule epidermice, a căror pereți externi sunt acoperiți de ceară lamelară dispusă radiar față de bază; la unghiurile de intersecție a nervurilor se observă aglomerări de depuneri străine în amestec cu ceara epicuticulară extrem de abundentă (este posibil ca la martorul ales aceasta să nu fi fost încă complet edificată) (Foto 1); pe una din nervuri sunt vizibili peri tectori simpli, unicelulari, conturul celulelor epidermice nefiind vizibil, credem, și din cauza crustei extinse; la o imagine de ansamblu se observă perii tectori simpli, unicelulari, localizați mai cu seamă pe nervuri și stomatele numeroase, de tip anomocitic; ceara epicuticulară nu este vizibilă, probabil, datorită erodării cristalozilor lamelari; unele depuneri obturează ostiolele, părți din suprafața foliară fiind acoperite de cruste masive (Foto 2, 3).

Frunzele martor de *Populus tremula* prezintă pe fața adaxială celule epidermice de contur poligonal, cu pereții laterali drepecți; în loc în loc se observă stomate de tip anomocitic. La nivelul feței abaxiale, celulele epidermice au contur neregulat, cu pereții laterali ușor ondulați; stomatele, mai numeroase decât la fața adaxială, sunt tot anomocitice, proeminând ușor deasupra celulelor epidermice. Cuticula prezintă striții fine, vizibile mai ales la nivelul pereților externi ai celulelor anexe.

La frunzele cu simptome de senescență se observă în luna iunie prezența unor depozite crustoase pe fața adaxială (Foto 4), depozite ce induc frunzelor un caracter casant și o rigiditate sporită și care reprezintă o combinație de pulberi solide (funingine, PVC) și elemente ce sugerează prezența unei microflore epifile. Stomatele sunt mascate de această crustă. Pe fața abaxială se observă instalarea unei microflore reprezentate de hife miceliene, formațiuni cu aspect conidian și algal dispuse direct pe suprafața cuticulară sau pe "substratul" de particule solide (Foto 5, 6). Instalarea unei astfel de microflore abundentă pe suprafața frunzelor încă din luna iunie poate fi considerată un semnal al "suferinței" generale a individului, suferință "sesizată" de către "colonizatori".

În cazul frunzelor formate la sfârșitul lunii august, în urma unei a doua lăstăriri, de la exemplare care-și pierduseră aproape complet frunzele în luna iulie, se poate observa pe suprafața adaxială a limbului foliar deformarea celulelor epidermice în urma unei hipertrofieri locale (în această situație nu excludem acțiunea traumatică a insectelor), precum și dispariția conturului clar al celulelor epidermice, ce poate fi corelat cu scăderea turgescenței lor; alături se instalează o foarte abundentă microfloră ce trădează, prin prezența sa, starea generală a individului aproape uscat (Foto 7); pe fața abaxială se observă instalarea incipientă a micilor "colonizatori", celulele epidermice păstrându-și conturul caracteristic, precum și porțiuni invadate deja cu hife miceliene, formațiuni cu aspect conidian și algal (Foto 8), ce pot obtura sau nu ostiolele stomatelor.

CONCLUZII

- S-au luat în studiu două specii de plante lemnoase angiosperme provenind din zone limitrofe ale platformelor industriale: Borzești (județul Bacău) și Bicz (județul Neamț); în primul caz noxele sunt în principal gazoase (SO_2 , clor, amoniac), dar și solide (negru de fum și funingine), iar în celălalt caz se întâlnesc în principal depuneri solide (pulberi sedimentabile de var și ciment). Chiar dacă poluanții implicați sunt deosebiți din punct de vedere chimic, se constată o serie de asemănări între cele două locații în ceea ce privește amplasarea centrelor industriale în zone depresionale, prezența culoarelor de vale și circulația atmosferică axată în lungul lor, precum și în legătură cu procentajul apreciabil de calm ce contribuie la stabilitatea nucleului cu concentrațiile cele mai mari ale noxelor deasupra vegetației din jurul platformelor industriale.

- Investigațiile noastre s-au axat pe observații asupra speciilor de plante lemnoase în diverse fenofaze, starea suprafețelor foliare, precum și a modificărilor fiziologice și biochimice ale frunzei sub influența poluanților atmosferici menționați. În afară de manifestările particulare ale interacțiunilor dintre poluanții atmosferici (gazoși și solizi) și vegetație, există și o serie de manifestări comune, ca răspuns general la stresul provocat de agresiunea noxelor, indiferent de natura lor chimică: episoade de defoliere parțială sau totală; fenomene de uscare parțială sau totală; cloroze și/sau necroze foliare; o a doua lăstărire în cursul aceluiași sezon de vegetație după defolieri prealabile; afecțiuni ale inflorescențelor și ale fructificațiilor.

- „Răspunsul” fiecărui individ la agresiunea noxelor industriale, indiferent de natura lor chimică, este condiționat de o multitudine de factori genetici, condiții pedo-climatic, habitat natural, grad de aclimatizare, distanța și poziționarea față de sursa poluantă etc. și nu poate fi generalizat pentru reprezentanții aceleiași familii, nici măcar pentru speciile aceluiași gen. De aceea "scările de rezistență" ce ar putea fi avansate în urma observațiilor noastre asupra unui grup mai amplu de angiosperme lemnoase și ierboase au caracter relativ și orientativ. În același timp, speciile investigate de către noi în prezenta lucrare se dovedesc a fi sensibile, indiferent de natura chimică a noxei și de distanța față de sursa poluantă. În unele cazuri, simptomatologia foliară (completată și de investigații histo-anatomice) trădează prezența unui poluant nou (prezența SO_2 în zona Bicz sau prezența F în zona Borzești - *Aesculus hippocastanum*).

- Analiza suprafețelor foliare cu ajutorul microscopiei electronice cu baleiaj a evidențiat rolul depunerilor solide de origine industrială în fenomenele de defoliere parțială sau totală a indivizilor, adesea în plin sezon de vegetație. Aceste depuneri scot din activitate porțiuni importante active fotosintetice; împiedică respirația și transpirația prin obturarea ostiolelor stomatelor; modifică relieful cuticular caracteristic, prin dezorganizarea modelului striaițiilor cuticulare; modifică proporția dintre ceara cristalizată și cea amorfă, în favoarea celei din urmă, care poate contribui, într-o anumită măsură, la obturarea ostiolelor; uneori se observă scăderea cantitativă sau chiar absența cerii epicuticulare. Depunerile străine favorizează instalarea pe suprafețele foliare a unei microflore (fungi și alge) care, de regulă, afectează starea generală a frunzei. Indiferent de natura chimică a noxei, instalarea acestei microflore constituie un indicator al senescenței timpurii a frunzelor și o posibilă cauză a defolierilor ce au loc în plin sezon de vegetație. Este evident că, asemănător suprafețelor foliare și microflora instalată este supusă impactului cu noxele industriale care-i pot inhiba sau, dimpotrivă, stimula extinderea. Fenomenul a fost observat la angiosperme din ambele centre industriale investigate.

- Necrozele și clorozele foliare reprezintă materializarea clară a unor profunde modificări fiziologice ce afectează conținutul mediu de apă, substanță uscată și pigmenți asimilatori. Subliniem faptul că nu întotdeauna conținutul ridicat de substanță uscată din frunze este corelat cu distanța față de sursa poluantă; de asemenea, nu întotdeauna acest conținut este corelat direct cu necrozele vizibile macroscopic; cu alte cuvinte, în anumite cazuri, perturbarea unor funcții fiziologice este urmată direct de defolieri și uscări, iar în alte situații defolierile survin după ce necrozele fenotipizate ocupă porțiuni importante din suprafața foliară.

- Atât sub influența noxelor solide, cât și a celor gazoase, scade semnificativ conținutul mediu de clorofilă a, comparativ cu valorile înregistrate la martor, valorile fiind corelate cel mai adesea cu distanța față de sursa poluantă. Cele mai accentuate scăderi s-au observat la speciile din zona industrială Borzești, observație ce demonstrează faptul că noxele gazoase sunt mai distructive, comparativ cu cele solide. În frunzele angiospermelor investigate conținutul mediu de clorofilă b este, în majoritatea cazurilor, mai scăzut față de valoarea martorului; în ceea ce privește pigmenții carotenoizi, speciile din zona industrială Borzești răspund prin valori crescute, în timp ce speciile din zona Bicz prin valori scăzute.

- Sunt necesare investigații suplimentare, care să vizeze variațiile conținutului acestor pigmenți în frunzele martor pe toată perioada de vegetație, pentru a putea anticipa cât mai exact "răspunsurile" posibile ale vegetației supuse unei agresiuni cronice din partea poluanților atmosferici.

BIBLIOGRAFIE

- IANCULESCU M. 1973. *Contribuții la cunoașterea influenței poluării asupra vegetației forestiere*. Rev. Pad. 9: 81-85
- IANCULESCU M. 1977. *Efectele poluării atmosferei asupra ecosistemelor forestiere și măsuri pentru protejarea lor*. Ocrot. Nat. 21, 2: 123-126.
- IONESCU AL. 1973. (sub red.). *Efectele biologice ale poluării mediului*. Edit. Acad. R.S.R. București.
- IVĂNESCU L. & TOMA C. 1998. *Modifications morphologiques et structurelles induites par les polluants atmosphériques sur la feuille de quelques espèces de la famille de Salicacées*. An. șt. Univ. Iasi, s. II a (Biol. Veget.). **44**:19-28.
- IVĂNESCU LĂCRĂMIOARA & TOMA C. 1998. *Cercetări privind unele modificări histo-anatomice induse de poluanții atmosferici asupra aparatului foliar la specii lemnoase aparținând familiilor Aceraceae și Oleaceae. (Nota II)*. Bul. Grad. Bot., Iași. **7**: 51-58.
- IVĂNESCU LĂCRĂMIOARA, TOMA C., GOSTIN IRINA, TOMA O. 2001. *Responses of the plants to the action of atmospheric pollutants*. Proceedings of the International Conference Ecological Protection of the Planet Earth, Xanthi, Greece, 5-8 June 2001. **2**: 981 – 986.
- IVĂNESCU LĂCRĂMIOARA & TOMA C. 2003. *Influența poluării atmosferice asupra structurii plantelor*. Edit. Fundației „Andrei Șaguna”. Constanța.
- KERSTIENS G. 1996. *Plant cuticles*, BIOS Scientific Publishers Ltd., Oxford.
- PLOAIE P.G. & ZOE PETRE 1979 *Introducere în microscopia electronică (cu aplicații la biologia celulară și moleculară)*. Edit. Acad. R.S.R. București.
- SMEJKAL G. 1982. *Pădurea și poluarea industrială*. Edit. Ceres. București.
- TOMA C., TONIUC ANGELA, NIȚĂ MIHAELA, AIFTIMIE ANCA, IVĂNESCU LĂCRĂMIOARA 1994. *Modifications morphologiques et histo-anatomiques déterminées par la pollution de l'air chez les feuilles de quelques espèces des familles Aceraceae, Fagaceae et Leguminosae*. An. șt. Univ. Iași, s. II a, Biol. Veget. **40**:28-39.
- TONIUC ANGELA, AIFTIMIE ANCA, TOMA C. 1993. *Modificări morfologice și histo-anatomice produse de poluarea atmosferică asupra frunzei unor specii din familiile Betulaceae și Oleaceae* Bul. Grad. Bot. **4**: 37-47.
- ZAHARIA I. 1999. *Influența poluării chimice asupra covorului vegetal din România*. Edit. Economică. București.
- YUNUS M.& IQBAL M. 1996. *Plant response to air pollution*. John Wiley & Sons, Chichester New York Brisbane Toronto Singapore

Luminita Zamfirache, Lăcrămioara Ivănescu

Universitatea „Al. I. Cuza” Iași, Facultatea de Biologie, Catedra de Botanică
adresa : Bd. Carol I, nr. 20 A, 700505, Iași
e-mail: magda_zamfirache@yahoo.com

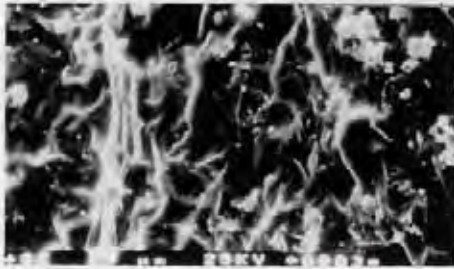


Foto 1 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești foliolă poluată fața abaxială
Photo 1 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești
polluted leaflett abaxial face

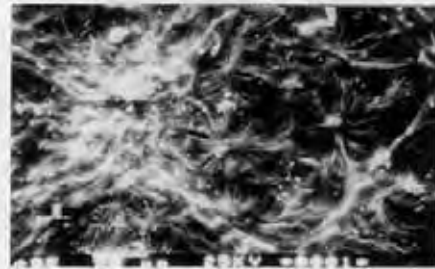


Foto 2 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești foliolă poluată fața abaxială
Photo 2 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești
polluted leaflett abaxial face

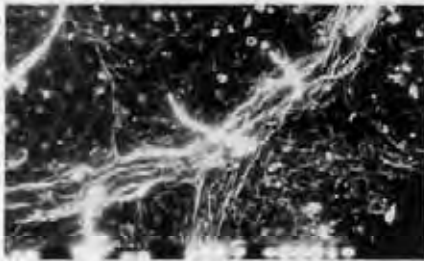


Foto 3 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești foliolă poluată fața abaxială
Photo 3 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești
polluted leaflett abaxial face

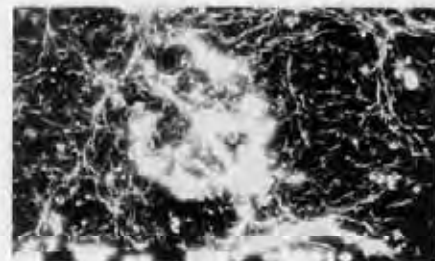


Foto 4 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești foliolă poluată fața abaxială
Photo 4 - *Aesculus hippocastanum*
Borzești
polluted leaflett abaxial face

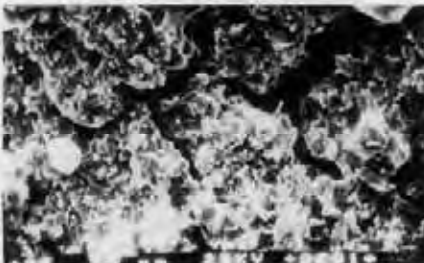


Foto 5 - *Populus tremula* Borzești
frunză poluată fața adaxială
Photo 5 - *Populus tremula* Borzești
polluted leaf adaxial face

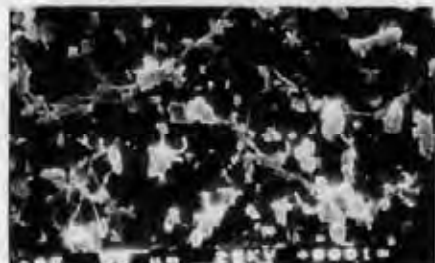


Foto 6 - *Populus tremula* Borzești
frunză poluată fața abaxială
Photo 6 - *Populus tremula* Borzești
polluted leaf abaxial face

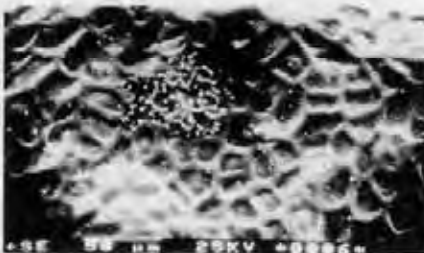


Foto 7 - *Populus tremula* Borzești
frunză poluată fața abaxială
Photo 7 - *Populus tremula* Borzești
polluted leaf abaxial face



Foto 8 - *Populus tremula* Borzești
frunză poluată fața abaxială
Photo 8 - *Populus tremula* Borzești
polluted leaf abaxial face

Luna	Specia	Distanța față de sursă	clorofila "a"				clorofila "b"				pigmenți carotenoizi			
			F _M	%	F _P	%	F _M	%	F _P	%	F _M	%	F _P	%
Mai	<i>Aesculus hippocastanum</i>	~ 250 m	10,321	100	8,263	80,06	4,262	100	3,186	74,75	1,997	100	1,876	93,94
		~ 600 m			8,772	84,99			3,613	84,77			2,172	108,76
		~ 80 m			7,736	85,60			3,685	111,93			1,812	104,36
August	<i>Populus tremula</i>	~ 900 m	9,037	100	7,171	79,35	3,292	100	3,729	113,27	1,736	100	1,786	102,88
		~ 250 m	13,072	100	7,293	60,61	4,877	100	3,621	74,24	2,393	100	1,892	79,06
		~ 600 m			4,117	31,49			3,235	66,33			1,750	73,12
Sept.	<i>Populus tremula</i>	~ 80 m	10,714	100	7,123	66,48	4,172	100	3,217	77,10	2,067	100	1,782	86,21
		~ 900 m			7,093	66,20			3,142	75,31			1,795	86,84
		~ 250 m	13,027	100	7,114	54,60	4,217	100	3,319	78,70	2,395	100	1,768	73,82
Sept.	<i>Aesculus hippocastanum</i>	~ 60 m	10,546	100	4,028	30,92	4,271	100	3,178	75,36	2,178	100	1,286	53,69
		~ 80 m			6,832	64,78			2,769	64,83			1,573	72,22
		~ 900 m			7,368	69,86			2,549	59,68			1,599	73,41

F_M = frunze mator ; F_P = frunze poluate

Tabel nr. 1 - Conținutul mediu de pigmenți asimilatori în frunze de angiosperme din zona industrială Biczaz (mg/g subst. proaspătă)

Table no.1 – The medium content of assimilating pigments in leaves of wooden angiosperms from industrial area Biczaz (mg/g fresh matter)

Luna	Specia	Distanța față de sursă	clorofila "a"			clorofila "b"			pigmenți carotenoizi			
			F _M	%	F _P	%	F _M	%	F _P	%	F _M	%
Mai	<i>Aesculus hippocastanum</i>	-200 m	10,321	100	6,119	59,28	4,683	109,87	1,997	100	2,481	124,23
		-800 m			7,385	71,55	4,561	107,01			2,382	119,27
	<i>Populus tremula</i>	-100 m	9,037	100	6,271	69,39	2,613	79,37	1,736	100	2,130	122,69
		-900 m			7,897	87,38	3,249	98,69			2,149	123,79
Aug.	<i>Aesculus hippocastanum</i>	-200 m	13,072	100	3,197	24,45	2,973	60,95	2,393	100	3,068	128,20
		-800 m			6,618	50,62	4,727	96,92			2,941	122,90
	<i>Populus tremula</i>	-100 m	10,714	100	5,273	49,21	2,129	51,03	2,067	100	3,295	159,40
		-900 m			8,191	76,45	3,393	81,32			3,742	181,03
Sept	<i>Aesculus hippocastanum</i>	-200 m	13,027	100	3,027	23,23	2,608	61,84	2,395	100	3,279	136,91
		-800 m			5,462	41,92	4,584	108,70			2,884	120,41
	<i>Populus tremula</i>	-100 m	10,546	100	5,117	48,52	2,086	48,84	2,178	100	3,369	154,68
		-900 m			7,219	68,45	3,117	72,98			3,543	162,67

F_M = frunze mator ; F_P = frunze poluate

Tabel nr. 2 - Conținutul mediu de pigmenți asimilatori la frunze de angiosperme din zona industrială Borzești (mg/g subst. proaspătă)

Table no.2 – The medium content of assimilating pigments in leaves of wooden angiosperms from industrial area Borzești (mg/g fresh matter)