

# POLUARE ATMOSFERICĂ ȘI RĂSPUNS FOLIAR: ECOLOGIA COMPLEXULUI CUTICULAR

Lăcrămioara IVĂNESCU<sup>1</sup>, Constantin TOMA<sup>2</sup>

ivanescu67@yahoo.com

**ABSTRACT:** By changing the architecture of the cuticular complex the foreign deposits favour the installation of a phyllosphere with an unpredictable dynamic. The constituents of the phyllosphere interact with one another, with the cuticular complex and air pollutants; the changes that occur in the expansion of the phyllosphere and in its composition, in the chemical composition of the cuticle and of the epicuticular wax, are the main responsible factors for the timely senescence of the foliage and possible causes of defoliation occurring in full vegetation season. In other words, without obvious physiological suffering, without noticeable histo-anatomical changes, the defoliations can also be caused by imbalances in the ecology of the phyllosphere and of the cuticular complex, to which we add the significant quantity of pollutant deposits. This paper represents a summary of the main results from the scientific flow of the research addressing the integrated study of the relationship phyllosphere – cuticular complex – air pollution.

**KEYWORDS:** air pollution, phyllosphere, cuticular complex, leaves.

Simptomatologia foliară, ca bioindicator al poluării atmosferice, cuprinde o serie de manifestări fenotipic vizibile (episoade de defoliere parțială sau totală în plin sezon de vegetație, cloroze, necroze și arsuri foliare, suprafață medie redusă a frunzelor mature, lăstăriri suplimentare la finele perioadei de vegetație), precedate adesea de suferințe fiziologice (producerea compușilor de apărare din grupa polifenolilor în țesuturile de protecție și asimilatoare, modificarea raportului dintre pigmenții asimilatori, cu scăderea drastică a clorofilei a)<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Profesor, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Facultatea de Biologie.

<sup>2</sup> Academician, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Facultatea de Biologie; director al revistei COLUMNA.

<sup>3</sup> Lăcrămioara Ivănescu, Maria-Magdalena Zamfirache, 2005 – *Some aspects concerning the reply reactions of some Gymnosperms to the action of solid industrial pollutants*, in

Fenotipizarea suferințelor fiziologice foliare se constituie în răspunsuri variate la agresiunea poluanților atmosferici, cu intensități diferite, dar care marchează uneori ireversibil speciile de plante: afecțiuni ale inflorescențelor ori ale fructificațiilor, uscări parțiale sau totale ale speciilor de arbori<sup>4</sup>.

Modificările histo-anatomice ale frunzei de la specii de plante lemnoase (gimnosperme și angiosperme) sunt numeroase și au fost semnalate la nivelul țesuturilor protectoare, asimilatoare, conducătoare și mecanice; uneori sunt afectate toate țesuturile foliare, altele modificările de structură afectează doar parțial limbul foliar<sup>5</sup>.

O atenție specială trebuie acordată interacțiunilor complexe dintre fungi, insecte, poluanții atmosferici și suprafețele foliare. În multe situații, aceste interacțiuni, caracterizate prin agresivitate sunt răspunzătoare de episoade de defoliere bruște, fără existența unor manifestări sesizabile de suferință; cu alte cuvinte, ne referim la defolieri și chiar uscări bruște ale arborilor aparent sănătoși.

Suprafața foliară este protejată de complexul cuticular (cuticula, întotdeauna prezentă și ceara epicuticulară, a cărei existență și morfologie conferă o reactivitate aparte complexului cuticular) responsabil de ecologia

---

vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 13–17 June: 405–411; Maria-Magdalena Zamfirache, Lăcrămioara Ivănescu, Zenovia Olteanu, Ștefania Surdu, 2005 – *The effect of atmospheric polluting from the industrial area of Bicz on some physiological processes at some species of gymnosperms*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 13–17 June: 397–408; Lăcrămioara Ivănescu, Maria-Magdalena Zamfirache, 2006 – *Consideration on the influence of atmosphere pollutants on some species of cultivated and spontaneous ligneous plants*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 12 –16 June: 35–42; Maria-Magdalena Zamfirache, Lăcrămioara Ivănescu, 2006 – *The effect of air pollutants from Borzesti industrial center (Bacau District) upon physiological processes of wooden Angyospermes*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 12–16 June: 43–50; Lăcrămioara Ivănescu, Maria-Magdalena Zamfirache, 2007 – *Histo – anatomical changes of the horse – chesnut` s leaves (Aesculus hippocastanum L.) under the influence of atmosphere pollutants*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 11–15 June (CD)

<sup>4</sup> Lăcrămioara Ivănescu, C. Toma, 2003, *Influența poluării atmosferice asupra structurii plantelor*, Editura Fundației „Andrei Șaguna”, Constanța, pp. 357–361.

<sup>5</sup> *Idem*, p. 370–374

filosferei asociate de tip epifil, endofil (ocupând intercelular poziții, fără a cauza deteriorări aparente gazdei) și patogen (cauzând afecțiuni vizibile gazdei, datorită localizării preponderent intracelulare).<sup>6</sup>

Funcțiile atribuite cuticulei sunt de protecție și de impermeabilitate pentru apă, cea din urmă reprezentând de fapt funcția centrală a cuticulei, de barieră împotriva transpirației excesive.<sup>7</sup> Cuticula intervine, de asemenea și în procesele care presupun interacțiuni cu pesticide și fungi patogeni<sup>8</sup>.

Cerurile sunt secretate prin cuticulă în forme extrem de variate (granule, bastonașe, plăci, cruste solzoase, tubuli) și se dispun în poziții extrem de diverse pe suprafața cuticulei. Ca și cuticula, ceara epicuticulară îndeplinește rol de barieră, controlând și, mai ales, reglând schimburile de apă și gaze, protejând totodată suprafața pe care se manifestă variațiile de temperatură și lumină<sup>9</sup>.

Lumina, temperatura mediului și umiditatea aerului pot influența formarea, grosimea și compoziția cerurilor și chiar textura fină a agregatelor epicuticulare; structura fizică și compoziția chimică a cerurilor pot contribui la atenuarea radiațiilor active fotosintetic și a celor ultraviolete.

Îndepartarea cerii epicuticulare conduce indiscutabil la creșterea permeabilității cuticulei. Compoziția și structura cerurilor epicuticulare determină gradul de umiditate de pe suprafața frunzelor, influențând flo-sfera, absorbția pesticidelor.<sup>10</sup>

Literatura de specialitate prezintă aspecte inedite legate de interacțiunile complexe dintre suprafețele foliare și fungi (K. Mendgen,

<sup>6</sup> S. Huttunen – *Interaction between epiphytic microbes and deposited compounds*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 301–329.

<sup>7</sup> C.E. Jeffree – *Structure and ontogeny of plant cuticles*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 33–82.

<sup>8</sup> K. Mendgen – *Fungal attachment and penetration*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 175–188.

<sup>9</sup> P.E. Kollatukudy – *Biosynthetic pathways of cutin and waxes, and their sensitivity to environmental stress*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 83–108

<sup>10</sup> M. Riederer, C. Markstädter – *Cuticular waxes: a critical assessment of current knowledge*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 189–200.

1996)<sup>11</sup>, insecte (D. R. Butler, 1996<sup>12</sup>, S. D. Eigenbrode, 1996<sup>13</sup>), poluanții atmosferici (J. N. Cape, 1996; S. Huttunen, 1996; G. Kerstiens, 1996; L. Ivănescu și C. Toma, 2003). K. Mendgen, 1996 arată că multi fungi patogeni pentru plante își infectează gazdele fără a utiliza ostiolele stomatelor; ei reușesc să străbată complexul cuticular, producând cutinaze și ceraze, iar mai apoi înving și bariera reprezentată de peretele celular, producând celuloze și pectinaze.

Cutinaza se produce în momentul contactului dintre suprafața sporului și cea a cuticulei. În urma contactului cuticular, cutinaza va elibera local monomerii cutinei, ceea ce reprezintă exprimarea genei cutinazei. Au fost evidențiate izoforme ale cutinazei, cărora li se atribuie diverse roluri; astfel, conidia de la *Blumeria graminis* eliberează cutinaza ca o componentă a exudatului conidian pentru a modifica cuticula, mai bine spus rezistența acesteia; la *Uromyces viciae-fabae* cutinazele și esterazele contribuie la atașarea învelișului sporului; la *Botrytis cinerea*, cutinaza produce direct dezorganizarea cuticulei.

Umiditatea suprafețelor foliare este decisivă, furnizând o mare varietate de condiții ce pot ajuta fungii să păstreze contactul cu gazda lor; se poate vorbi, așadar, despre faptul că fungii s-au adaptat la particularitățile complexului cuticular ale gazdelor<sup>14</sup>.

Ceara epicuticulară determină arhitectura morfologică a suprafețelor foliare, influențând etologia insectelor; întrucât chimia și morfologia cerurilor constituie un bun indicator în selectarea gazdelor de către insecte. De exemplu, pierderea cerii granulare de pe lăstarii înfloriți ai speciilor de *Salix* constituie o adaptare pentru îndepărtarea omizilor de la prădarea nectarului, urmărind atragerea polenizatorilor zburători. Foliajul juvenil de la *Eucalyptus nitens* și *E. globulus* are multă ceară cristalizată, nefiind

<sup>11</sup> K. Mendgen – *Fungal attachment and penetration*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 175–188.

<sup>12</sup> D.R. Butler – *The presence of water on leaf surfaces and its importance for microbes and insects*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 267–282

<sup>13</sup> S.D. Eigenbrode – *Plant surface waxes and insect behavior*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 201–221.

<sup>14</sup> Lăcrămioara Ivănescu, C. Toma, 2003, *Influența poluării atmosferice asupra structurii plantelor*, Editura Fundației „Andrei Șaguna”, Constanța, pp. 259–260.

atacat de crisomelidul *Paropsis charybdis*; insectele consumă preferențial foliajul matur lipsit de ceară. Observațiile experimentale au arătat că indivizii de *Paropsis charybdis* alunecă pe ceara frunzelor juvenile, dar nu și pe frunzele mature glabre.

Numărul mare de insecte entomofage pe suprafețele foliare lipsite de ceară sugerează faptul că acestea prezintă adaptări de aderare mai specializate decât cele fitofage. Astfel, larvele de *Chrysoperla carnea* cad, în mod frecvent, de pe funzele cu ceară ale verzei de Bruxelles, dar rămân atașate de frunzele de *Brassica chinensis* care au ceară mai puțină. S-a ajuns astfel la concluzia că multe dintre speciile lipsite de ceară sunt rezistente la atacul insectelor fitofage tocmai că pe suprafețele foliare respective sunt active insectele entomofage și cele parazite. În absența cerii cristalizate ori amorfe, aderarea insectelor va depinde de structurile și adaptările pe care le prezintă în relația cu cuticula.

În legătură cu atașarea insectelor de suprafețele foliare, sunt descrise structuri remarcabile (adaptări structurale ale picioarelor, organe ce produc secreții mucilaginoase), iar pierderea suprafețelor cu ceară cristalizată constituie un factor deranjant al acestui proces.

Ceara reflectă relativ uniform lumina și poate fi extrem de strălucitoare în lumina UV; insectele fitofage sunt atrase de lungimi de undă situate aproape de 540 nm. În felul acesta, ceara poate face ca plantele să fie mai puțin atractive pentru insecte.

Morfologia și chimia cerii epicuticulare acționează împreună, influențând comportamentul insectelor. Plantele gazdă vor fi recunoscute prin semnale vizuale, tactile și chimice ale cerurilor de la suprafață, constituind potențiale modalități de selectare. *Plutella xylostella* (molia verzei) face distincție între suprafețele cu ceară și cele lipsite de ceară; pe suprafețele cu cristaloizi intacti predominant diferențială devine palaparea, în timp ce în cazul peliculelor cu ceară amorfă va predomina tăierea/ruperea.<sup>15</sup>

Complexitatea interacțiunilor dintre complexul cuticular și filosferă, în mod particular asociațiile insectă – plantă gazdă capătă o nuanță specială atunci când intervin și poluanții atmosferici (gazoși și/su solizi). Diversitatea acestora, chimia atmosferică particulară, posibilele reacții în urma cărora se formează poluanți noi, uneori necunoscuți, mai agresivi

<sup>15</sup> S. Huttunen – *Interaction between epiphytic microbes and deposited compounds*, in G. KERSTIENS (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 301–329.

poate, constituie căi de solicitare a suprafețelor foliare, de perturbare a echilibrului lor ecologic și de deteriorare a complexului cuticular. Poluanții atmosferici afectează echilibrul dintre saprofitele și patogenii suprafeței foliare, care devine astfel un adevărat „câmp deătălie”. Cert este că indiferent de suprafața ocupată de filosferă, instalarea acesteia (mai cu seamă în stadii ontogenetice timpurii) nu face decât să acopere porțiuni active fotosintetice, afectând practic procesul de fotosinteză.

Cantitatea de apă de pe suprafața cuticulară este afectată atunci când, din diverse cauze, se instalează filosfera; depozitele de poluanți vor varia, cantitativ și calitativ datorită funcției de tampon a filosferei.<sup>16</sup>

S. Huttunen<sup>17</sup>, în 1996 arată că studiile întreprinse pe molizii norvegieni afectați de uscure indică, la o creștere a depunerilor artificiale de azot atmosferic, o reacție pozitivă, în sensul creșterii ratei de colonizare a algei verzi *Pleurococcus vulgaris*, constituent al filosferei. De asemenea, există date care indică faptul că această algă acoperă în mod frecvent, în urma tratamentului cu azot, până la 80% din suprafața frunzelor de *Pinus sylvestris* din Irlanda. În ambele situații filosfera era mai extinsă pe frunzele acoperite de crustă, decât la frunzele martor.

Experimentele cu ploii acide simulate asupra unor puiți de *Pinus sylvestris* și *Picea abies* s-au materializat prin intarzierea dezvoltării cerii epicuticulare, în mod particular a celei epistomatale și prin apariția de complexe stomatale deformate, ceea ce a determinat și o modificare de ansamblu a comportamentului frunzelor față de fungii epi-, endofili și patogeni.

Observațiile noastre în legătură cu acest subiect<sup>18</sup> confirmă faptul că sensibilitatea crescută a pinului față de molid se datorează și gradului ridicat de rugozitate a stratului de ceară de la frunzele de pin, care determină o

<sup>16</sup> Lăcrămioara Ivănescu, C. Toma, 2003, *Influența poluării atmosferice asupra structurii plantelor*, Editura Fundației „Andrei Șaguna”, Constanța, p. 261.

<sup>17</sup> S. Huttunen – *Interaction between epiphytic microbes and deposited compounds*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 301–329.

<sup>18</sup> Lăcrămioara Ivănescu, 2006–2007 – *The reply reactions of the foliar surfaces to the action of solid industrial pollutants*, ESNA, XXXVI Annual Meeting, 10–14 septembrie 2006, Editura „Ion Ionescu de la Brad”, Iași, USAMV, Facultatea de Horticultură (CD), pp. 489–494; Lăcrămioara Ivănescu, C. Toma, 2016 – *Poluare atmosferică și răspuns foliar*, lucrare comunicată la Zilele Academiei Ieșene, 14 octombrie 2016, <http://Program-ZAI-2016.pdf>

staționare mai eficientă a particulelor atmosferice, comparativ cu frunzele de molid cu suprafața aproape netedă.

Ceara epicuticulară, prin micromorfologia și compoziția sa chimică, poate favoriza menținerea depozitelor poluante, însă prin crearea unor condiții speciale de umiditate pe suprafața frunzei are și un rol crucial de zonă tampon între cuticula propriu-zisă și depozitele atmosferice.

Valorile pH-ului suprafețelor foliare<sup>19</sup> de la diferite specii de foioase variază de la 3.3 la 5.7, iar la frunzele coniferelor de la 3.8 la 5.0, la cele din urma tinzând să crească cu vârsta. Descreșterea pH-ului suprafețelor foliare poate avea două mari consecințe posibile: limitarea favorabilă a unei eventuale infecții produsă de microflora patogenă și alterarea arhitecturii suprafeței foliare prin distrugerea cerii și chiar a întregului complex cuticular. Coincidența dintre schimbările pH-ului și modificările capacității tampon a suprafețelor cuticulare poate cauza condiții favorabile sau nefavorabile pentru filosferă.

N.J. Fokkema<sup>20</sup>, în 1991 arată că factorul major de constrângere a mărimii unei populații de microorganisme de pe frunze este calitatea arhitecturii complexului cuticular. Deteriorările complexului cuticular fac frunzele extrem de vulnerabile la funghi patogeni și la insecte.

Efectele poluanților atmosferici asupra suprafețelor foliare sunt adesea mai pronunțate la speciile de conifere, iar interacțiunile microbiene sunt mai pronunțate pe frunzele mai în vârstă.

I.A. Kirkwood, N. Magan, A.R. McLeod, 1989<sup>21</sup>, în lucrări experimentale cu exemplare de *Pinus sylvestris* și *Picea sitchensis* tratate cu concentrații diferite de SO<sub>2</sub>, observă că microflora dominantă de pe suprafața frunzelor aciculare este reprezentată de *Aureobasidium pullulans*, *Schlerophoma pithyophila*, *Epicoccum nigrum* și *Cladosporium* ssp. și este drastic redusă de

<sup>19</sup> J. N. Cape – *Surface wetness and pollutant deposition*, in G. Kerstiens (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 283–300.

<sup>20</sup> N.J. Fokkema – *The phyllosphere as an ecologically neglected milieu: a plant pathologist's point of view*, in J.H. Andrews, S.S. Hirano (eds.), 1991, *Microbial Ecology of Leaves*, Brock/Springer – Verlag, Berlin, pp. 3–8.

<sup>21</sup> I.A. Kirkwood, N. Magan, A.R. McLeod, 1989 – *Effect of atmospheric sulphur dioxide on the phylloplane mycoflora of conifer needles*, in *Air Pollution and Forest Decline*, Proc. 14<sup>th</sup> Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems IUFRO P 2.05 (eds. J. Bucher, I. Bucher-Wallin), Interlaken, Switzerland, 2–8 october 1988, EAFV, Birmensdorf, pp. 457–459.

acest poluant, indiferent de concentrația sa. pH-ul ideal care determină extinderea acestei microflore este cuprins între 2.5 și 3.0, iar colonizarea masivă începe de regulă la finele primului sezon din viața frunzei, toamna târziu.

Grosimea păturii epifile a porțiunilor ce acoperă frunzele aciculare crește odată cu vârsta de la mai puțin de 30μm până la 130μm și de la mai puțin de 10% până la 70–80%.<sup>22</sup>

În cadrul filosferei, fungii heterotrofi par a avea cel puțin trei surse de nutrienți: a. celulele algale sunt penetrate de hife haustoriale, fiind furnizoare de hrană; b. hifele fungilor epifili se pot parazita reciproc sau pot parazita hifele fungilor endofili; c. fungii pot descompune material moartă, ceea ce indică o nutriție saprofită<sup>23</sup>.

Cu alte cuvinte, relațiile din cadrul filosferei pot indica simbioza uneori, iar alteori parazitismul. Relațiile din cadrul filosferei pot aduce cu siguranță prejudicii suprafeței cuticulare, compuşii cu carbon ai complexului cuticular fiind o căutată sursă de hrană.

Așa cum am mai precizat, cantitatea de radiații active fotosintetic utilizabile de către frunze se reduce considerabil pe măsura colonizării epifile.

În acord cu unele date din literatura de specialitate, cercetările noastre de microscopie electronică cu baleiaj (S.E.M.)<sup>24</sup> au evidențiat rolul depunerilor 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 fotosintetic; împiedică respirația și transpirația prin obturarea ostiolelor stomatelor; modifică relieful cuticular caracteristic, prin dezorganizarea arhitecturii cuticulare; afectează ceara cristalizată, calitativ și cantitativ.

Prin modificarea arhitecturii complexului cuticular depunerile străine favorizează instalarea unei filosfere cu o dinamică imprevizibilă. Constituenții filosferei interacționează între ei, cu complexul cuticular și cu poluanții atmosferici; modificările ce survin în expansiunea filosferei și compoziția acesteia, în compoziția chimică a cuticulei și cerii epicuticulare,

<sup>22</sup> E. Paveling, H. Burg, K.B. Tenberge, 1992 – *Epiphytic algae and fungi on spruce needles*, Symbiosis 12: 173–187

<sup>23</sup> S. Huttunen – *Interaction between epiphytic microbes and deposited compounds*, in G. KERSTIENS (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 301–329.

<sup>24</sup> Lăcrămioara Ivănescu, C. Toma, 2003, *Influența poluării atmosferice asupra structurii plantelor*, Editura Fundației „Andrei Șaguna”, Constanța, p. 261.



sunt principalele responsabile de senescența timpurie a foliajului și cauze posibile ale defolierilor ce au loc în plin sezon de vegetație. Cu alte cuvinte, fără suferințe fiziologice evidente, fără modificări histo-anatomice notabile, defolierile pot fi cauzate și de dezechilibre în ecologia filosferei și a complexului cuticular, la care se adaugă depunerile poluante cantitativ semnificative.

Observațiile noastre au semnalat deja manifestări particulare ale fenomenului de defoliere: desprinderea frunzelor aciculare cu tot cu microblast la *Pinus sylvestris* (zona Borzești, Bacău), precum și desprinderea completă a ramurilor cu frunze de trunchi din cauza încărcării exagerate cu depozite străine la *Juniperus communis* (Bicaz, Neamț) și la *Populus tremula* (zona Borzești, Bacău), fiind în oarecare măsură în acord cu unele concluzii din lucrări de specialitate care susțin că în lipsa unor simptome foliare evidente prezența filosferei indică un echilibru ecologic cu complexul cuticular, atâta vreme cât procesul de senescență nu a demarat.<sup>25</sup>

### Bibliografie:

- [1] Fokkema N.J. – *The phyllosphere as an ecologically neglected milieu: a plant pathologist's point of view*, in J.H. ANDREWS, S.S. HIRANO (eds.), 1991 – *Microbial Ecology of Leaves*, Brock/Springer – Verlag, Berlin.
- [2] Ivănescu L., C. Toma, 2003 – *Influența poluării atmosferice asupra structurii plantelor*, Editura Fundației „Andrei Șaguna”, Constanța.
- [3] Ivănescu L., Zamfirache M.M., 2005 – *Some aspects concerning the reply reactions of some Gymnosperms to the action of solid industrial pollutants*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 13–17 June.
- [4] Ivănescu L., Zamfirache M.M., 2006 – *Consideration on the influence of atmosphere pollutants on some species of cultivated and spontaneous ligneous plants*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 12–16 June: 35–42.
- [5] Ivănescu L., 2006–2007 – *The reply reactions of the foliar surfaces to the action of solid industrial pollutants*, ESNA, XXXVI Annual Meeting, 10–14 september 2006, Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași, USAMV, Facultatea de Horticultură (CD).

<sup>25</sup> S. HUTTUNEN – *Interaction between epiphytic microbes and deposited compounds*, in G. KERSTIENS (ed.), 1996, *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, pp. 301–329.

- [6] Ivănescu L., Zamfirache M.M., 2007 – *Histo – anatomical changes of the horse – chesnut` s leaves (Aesculus hippocastanum L.) under the influence of atmosphere pollutants*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 11 –15 June (CD).
- [7] Ivănescu L., 2006–2007 – *The reply reactions of the foliar surfaces to the action of solid industrial pollutants*, ESNA, XXXVI Annual Meeting, 10–14 september 2006, Ed. Ion Ionescu de la Brad, Iași, USAMV, Facultatea de Horticultură (CD).
- [8] Ivănescu L., C. Toma, 2016 – *Poluare atmosferică și răspuns foliar*, lucrare comunicată la Zilele Academiei Ieșene, 14 octombrie 2016, <http://Program-ZAI-2016.pdf>.
- [9] Kerstiens G. (ed.), 1996 – *Plant Cuticles: an integrated functional approach*, Bios Scientific Publishers, Oxford, 337 p.
- [10] Kirkwood I.A., N. Magan, A.R. Mcleod, 1989 – *Effect of atmospheric sulphur dioxide on the phylloplane mycoflora of conifer needles*, in *Air Pollution and Forest Decline*, Proc. 14<sup>th</sup> Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems IUFRO P 2.05 (eds. J. Bucher, I. Bucher-Wallin), Interlaken, Switzerland, 2–8 october 1988, EAFV, Birmensdorf, p. 457–459
- [11] Paveling E., H. Burg, K.B. Tenberge, 1992 – *Epiphytic algae and fungi on spruce needles*, *Symbiosis* 12: 173–187.
- [12] Zamfirache M.M., Ivănescu L., Olteanu Z., Surdu Șt., 2005 – *The effect of atmospheric polluting from the industrial area of Bicaz on some physiological processes at some species of gymnosperms*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 13–17 June: 397–408.
- [13] Zamfirache M.M., Ivănescu L., 2006 – *The effect of air pollutants from Borzesti industrial center (Bacau District) upon physiological processes of wooden Angyospermes*, in vol. „International Conference of modern management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection”, Albena, Bulgaria, 12 –16 June: 43–50.