

**ASPECTE PRIVIND IMPACTUL POLUĂRII ASUPRA UNOR SPECII DE ARBORI
DIN CINCI ZONE ALE mun. CHIȘINĂU**

Maria DUCA, Angela PORT, Aliona GLIJIN, Alexandru TELEUȚĂ, Olga CASAPU

Catedra Biologie Vegetală

To date an unprecedented, rapid change in environmental conditions is observed, which is likely to override the adaptive potential of plants, especially that of tree species with their long reproductive cycles. These environmental changes mainly originate from anthropogenic activities, which have caused air and soil pollution, acid precipitation, soil degradation, salinity, increasing UV-B radiation, climate change, etc. Some of these stress factors may fluctuate significantly in intensity and duration on time scales of hours, days, seasons, or years; others may change slowly and gradually affect plant growth conditions.

The aim of this review was to investigate the physiological response of three species of trees *Acer platanoides* L.; *Populus nigra* and *Aesculus hippocastanum* L. from five sites zones with different pollution. There were analysed the following indices: dry weight and total water quantity, chlorophylls, carotenes and total proteins amount that gradually were affected. The significant variations of chlorophylls concentration demonstrate that the photosynthetic system is highly sensible to pollution factors. In conclusion, according to our assays the studied species of trees are stress tolerant to pollutants and can be used as bioindicators.

Introducere

În decursul timpului, activitatea umană asupra ecosistemelor naturale a cunoscut transformări fundamentale, cu consecințe nocive directe sau indirecte asupra organismului vegetal, animal și uman. Impactul poluării apei și solului cu o multitudine de agenți poluanți, de la nitrați și pesticide până la metale grele și produse petroliere, se manifestă prin efecte cancerigene și mutagene, acumulare în verigile lanțului trofic, toxicitate mare, care determină perturbarea gravă sau distrugerea echilibrului natural. Dezechilibrele ecologice în Republica Moldova sunt legate, pe de o parte, de supraexploatarea resurselor naturale regenerabile, iar, pe de altă parte – de degradarea globală a calității mediului ambiant.

Anual în atmosferă sunt emise milioane tone de substanțe poluante, ca: CO₂, H₂S, NH₃, fenoli, oxizi de azot și sulf, metale grele, compuși organohalogenati care, pătrunzând în sol și ape, afectează vegetația și, mai ales, pădurile noastre. Calitatea mediului în municipiu este afectată de poluanții emiși de sursele de tip industrial și urban: traficul rutier și arderea gazelor naturale (sisteme proprii și centrale termice de bloc sau scară) necesare încălzirii rezidențiale, instituționale și industriale, precum și de emisiile de la rampa de deșeuri menajere. Metalele grele și poluanții organici generați de aceste surse prin stabilitatea chimică înaltă la influența factorilor naturali – toxicitatea la concentrații extrem de mici, liposolubilitatea – pătrund în circuitul biogeochimic al ecosistemelor, determinând poluarea “persistentă”, mult mai greu de controlat și de prevăzut [1-4].

Toate elementele biosistemului, începând de la bacterii până la om, indiferent de nivelul de organizare și complexitate, manifestă sensibilitate la acțiunea toxică a metalelor grele, care, ajunse în organism, influențează homeostazia celulară prin modificarea proprietăților fizico-chimice ale protoplasmiei, statutului redox, integrității membranelor, metabolismului proteic, glucidic, lipidic etc. [5-9].

Schimbarea concepției actuale de dezvoltare socioeconomică presupune construirea unor modele de percepție și interpretare a mediului, a relațiilor dintre om și mediu și, respectiv, a legăturii dintre mediu și dezvoltare. În scopul reducerii poluării se efectuează numeroase cercetări incluzând atât activități de monitoring al poluanților, cât și studii de toxicologie chimică pe diferite obiecte-test [10-14]. Însă, spre regret, rămân foarte multe întrebări neelucidate referitor la mecanismele de manifestare a toxicității, întrucât testele actuale de toxicitate vizează substanțe individuale, în timp ce oamenii și ecosistemele sunt expuși, integral, la combinații de substanțe.

În această ordine de idei, scopul prezentei lucrări îl constituie evaluarea impactului poluării chimice asupra unor arbori din zone cu diferit grad de poluare ale mun. Chișinău. Studiile de toxicitate chimică au inclus biomasa și conținutul apei, conținutul pigmentilor fotosintetici și al proteinelor sumare.

Material și metode

În calitate de material de cercetare au fost utilizate frunze colectate în perioada de vară, de la trei specii de arbori: *Acer platanoides* L., *Populus nigra* și *Aesculus hippocastanum* L. din cinci zone ale mun. Chișinău expuse diferitelor surse de poluare chimică: 1 – str. Grenoble 259; 2 – Bd. Decebal (Palatul CFM); 3 – str. Uzinelor; 4 – Bd. Moscova–intersecție str. Studenților (uzina «Mezon»); 5 – str. Calea Ieșilor 21. În calitate de material de referință au servit probele prelevate de la arborii din Grădina Botanică (Institutul de Botanică al AȘM).

Pentru evaluarea particularităților de răspuns ale speciilor studiate la factorii poluanți au fost efectuate determinări cantitative ale apei și biomasei uscate [15], ale pigmentilor fotosintetici prin spectrofotometrie [16] și ale proteinelor sumare conform metodei Bradford [17].

Datele experimentale (rezultate din trei repetări) au fost prelucrate statistic prin metode standard cu utilizarea aplicației Microsoft Excel 2000. În figuri și tabele sunt prezentate valorile medii cu intervalul de încredere și semnificația diferențelor dintre medii calculată prin testul Student cu $P < 0,05$.

Rezultate și discuții

Introducerea, intenționată sau accidentală, a poluanților chimici în ecosistem este însoțită de efecte negative care se exteriorizează la diferite faze fenologice în funcție de sensibilitatea și capacitatea de adaptare a plantelor. Intensitatea proceselor de creștere fiind cea mai evidentă acțiune fiziologică, poate fi remarcată prin variația conținutului de biomasă proaspătă și uscată. Acest indice constituie și unul dintre criteriile de evaluare a rezistenței și a capacității de adaptare a plantelor la factorii de stres care este în funcție de conținutul și starea apei în celule și țesuturi, particularități specifice fazei ontogenetice și speciei. Astfel, analiza cantitativă a apei totale și a biomasei uscate a frunzelor colectate de la trei specii de arbori din 5 zone cu diferit grad de poluare au pus în evidență valori variabile atât în funcție de specie, cât și de zona colectării probelor (Tab.1).

Tabelul 1

Conținutul biomasei uscate (*mg s. usc./g s.p.*) în frunzele unor arbori de arțar, plop și castan din diferite zone de poluare

Specia	Zonele expuse poluării					
	<i>Martor</i>	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Arțar	0,41 ± 0,01	0,42 ± 0,01*	0,47 ± 0,05	0,49 ± 0,01	0,40 ± 0,01*	0,43 ± 0,01
Plop	0,36 ± 0,01	0,34 ± 0,01	0,36 ± 0,06*	0,39 ± 0,08	0,32 ± 0,09	0,36 ± 0,08*
Castan	0,35 ± 0,08	0,50 ± 0,13	0,45 ± 0,08	0,39 ± 0,06	0,34 ± 0,04*	0,37 ± 0,04

* Nu este semnificativ pentru $P < 0,05$

Din cele trei specii analizate după conținutul biomasei uscate castanul a prezentat o acumulare de biomasă uscată. La această specie parametrul analizat prezintă valori mai mari în raport cu martorul în frunzele colectate de la arborii din primele trei zone evaluate. Arțarul de asemenea indică un efect slab de sporire a biomasei, în special în probele colectate din zona 3. Din aceste trei specii plopul nu prezintă oscilații valorice esențiale ale biomasei uscate în nici o zonă analizată.

Valorile cantitative ale apei totale demonstrează unele devieri față de martor în probele de arțar și castan colectate din aceleași zone în care au fost constatate variații pentru biomasa uscată (Fig.1). O creștere ușoară a valorilor procentuale ale conținutului total de apă se evidențiază la frunzele colectate de la plopul din primele trei zone ale orașului.

Ambii parametri demonstrează schimbări în metabolismul plantei, având drept consecință acumularea de substanță organică și minerală mai accentuată pentru castan, în special în primele trei zone analizate.

Fitotoxicitatea poluanților se manifestă la nivelul proceselor vitale fundamentale de sinteză și acumulare a energiei în cloroplaste și mitocondrii, de biosinteză a compușilor esențiali în activitatea celulei [18-20].

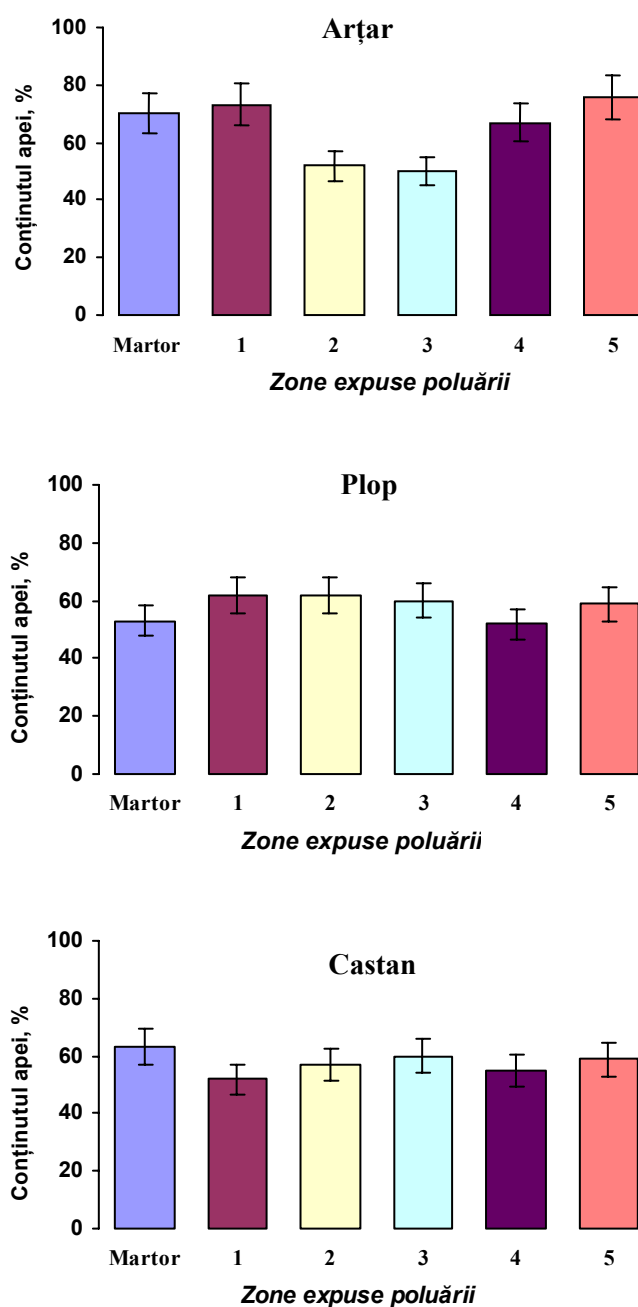


Fig.1. Variații cantitative ale conținutului apei totale.

Activitatea aparatului fotosintetic poate fi relevată prin modificările cantitative și calitative ale pigmentilor asimilatori. Rezultatele investigațiilor noastre au evidențiat o tendință de micșorare a conținutului de pigmenți, cu excepția unor cazuri separate. Astfel, valorile cantitative ale *Chl., a* înregistrate la plop și castan sunt mai mici față de martor cu 17,1-36,6% și, respectiv, cu 11,76-23,5%, cu excepția plopului din zona 3 de cercetare, care a prezentat un conținut de *Chl., a* mai mare decât martorul de două ori. Rezultate similare au fost constatate și la arțar, unde în patru variante studiate acest parametru a avut valori mai mici cu 7-30% în comparație cu martorul (Tab.2).

Tabelul 2

Conținutul pigmentilor asimilatori în frunzele arborilor de arțar, plop și castan

Specia	Varianta	Clorofilă, mg/g s.usc.		a+b	a/b	Carotenoizi, mg/g s. usc	Raportul Chl/carot.
		Chl., a''	Chl., b''				
Arțar	Martor	0,40 ± 0,290	0,24 ± 0,017	0,64	1,6	0,12 ± 0,008	5,33
	Zona I	0,29 ± 0,032	0,36 ± 0,024	0,65	0,8	0,12 ± 0,087	5,41
	Zona II	0,37 ± 0,033	0,18 ± 0,010	0,55	2,05	0,38 ± 0,012	1,44
	Zona III	0,27 ± 0,006	0,13 ± 0,006	0,41	2,07	0,16 ± 0,0037	2,56
	Zona IV	0,41 ± 0,015*	0,31 ± 0,097	0,72	1,32	0,17 ± 0,0017	4,23
	Zona V	0,34 ± 0,008	0,24 ± 0,004*	0,58	1,41	0,13 ± 0,0019	4,46
Plop	Martor	0,41 ± 0,580	0,20 ± 0,001	0,61	2,05	0,13 ± 0,0012	4,69
	Zona I	0,26 ± 0,007	0,14 ± 0,024	0,4	1,85	0,18 ± 0,0056	2,22
	Zona II	0,26 ± 0,008	0,09 ± 0,003	0,35	2,88	0,57 ± 0,001	0,61
	Zona III	0,88 ± 0,032	0,15 ± 0,002	0,43	2,0	0,17 ± 0,001	2,68
	Zona IV	0,31 ± 0,013	0,14 ± 0,024	0,45	2,21	0,09 ± 0,017	5,0
	Zona V	0,34 ± 0,040	0,12 ± 0,036	0,46	2,80	0,15 ± 0,002	3,1
Castan	Martor	0,34 ± 0,480	0,23 ± 0,003	0,57	1,47	0,15 ± 0,002	3,8
	Zona I	0,26 ± 0,009	0,15 ± 0,013	0,41	1,73	0,16 ± 0,001	2,56
	Zona II	0,26 ± 0,010	0,09 ± 0,003	0,35	2,88	0,19 ± 0,001	1,84
	Zona III	0,36 ± 0,045*	0,20 ± 0,001	0,56	1,8	0,15 ± 0,01	4,0
	Zona IV	0,30 ± 0,030	0,14 ± 0,038	0,44	2,14	0,17 ± 0,005	2,58
	Zona V	0,28 ± 0,001	0,11 ± 0,004	0,39	2,54	0,16 ± 0,0005	2,43

* Nu este semnificativ pentru $P < 0,05$

Estimarea conținutului de Chl., b'' a pus în evidență o micșorare a valorilor la plop și castan în toate zonele studiate. În ce privește arțarul, acest indice variază cu valori mai mici pentru zonele 2 și 3, și invers – cu valori mai mari pentru zonele 1 și 4.

Aprecierea cantitativă a unui alt pigment, implicat în protecția organismului la stresul fotooxidativ, demonstrează majorarea valorilor în toate variantele. Acest indice a crescut esențial la frunzele de arțar și plop aflați în zona 2 de cercetare. Castanul, spre deosebire de primele două specii, manifestă schimbări mai mici la nivelul acestui parametru, dar similar arțarului și plopului, are comparativ cea mai mare valoare a conținutului de carotenoizi tot în probele foliare din zona 2. Legități interesante sunt relevate de expunerea grafică a raportului chl a/b și chl/caroteni (Fig.2).

Analiza cantității totale de pigmenți a+b indică valori generale sub nivelul martorului la plop și castan, spre deosebire de arțar, unde tendințele de a menține concentrația pigmentilor clorofilieni în limite fiziologice normale sunt mai puternice. Această constatare este evidentă și din analiza raportului Chl a/b care denotă fluctuații foarte mari la arțar, determinate fie de variația conținutului Chl., b'' sau Chl., a''. Acest date corelate indică asupra unui nivel de plasticitate mare a speciei la factorii de stres.

Plopul și castanul prezintă un tablou similar al abaterilor de la normă, care este mai pronunțat pentru materialul colectat din zona 2.

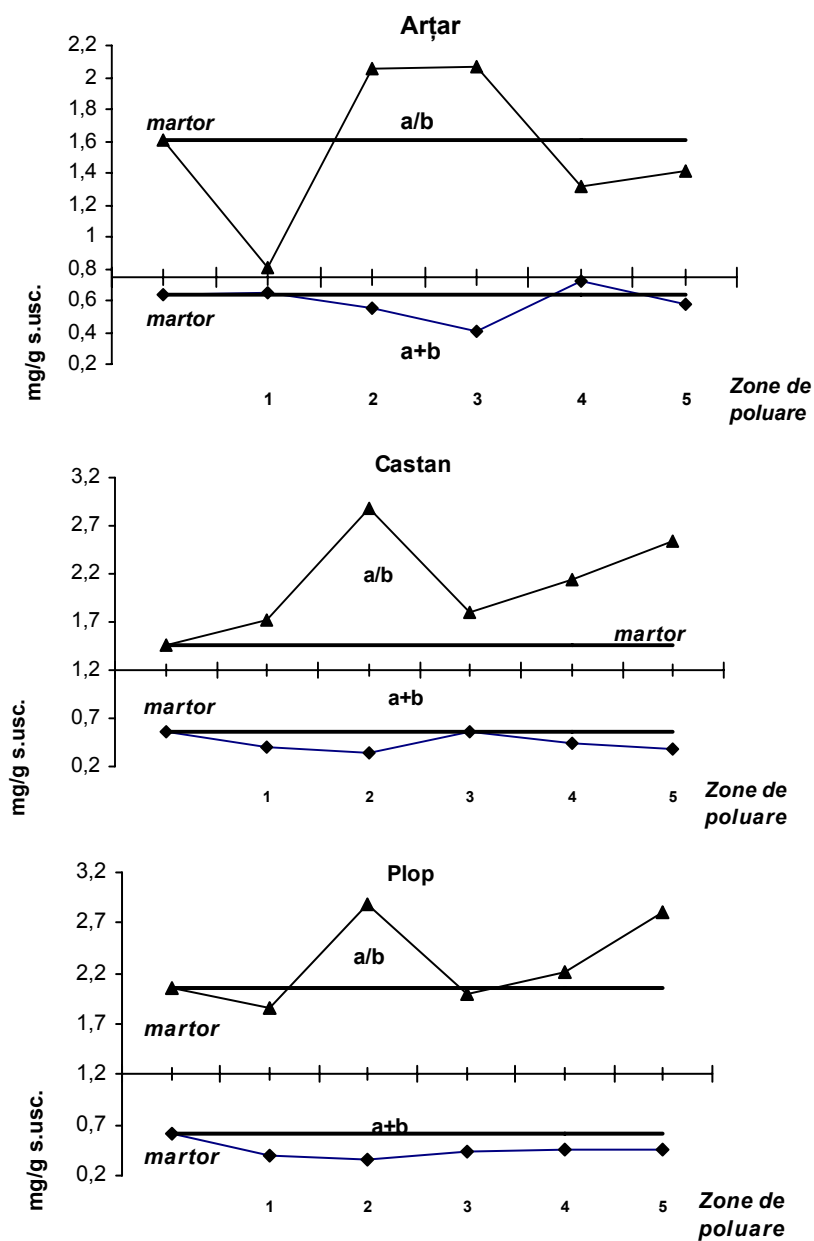


Fig.2. Valorile cantității totale a pigmentilor clorofilieni și a raportului *Chl a/b*.

Exprimarea grafică a raportului pigmentilor clorofilieni și carotenoizi pune în evidență o tendință generală de creștere a carotenoizilor la toate trei specii și în toate zonele (Fig.3).

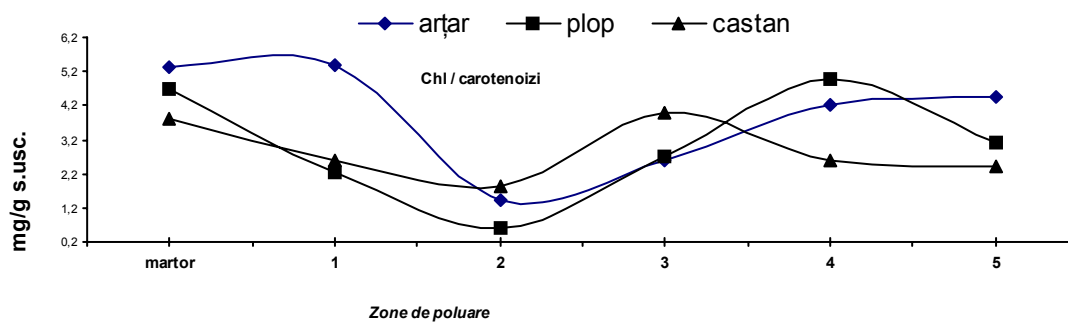


Fig.3. Raportul pigmentilor clorofilieni și carotenoizi.

Este semnificativ faptul că cele mai mici valori ale conținutului *Chl., b* corelează cu cele mai mari valori cantitative ale carotenoizilor și că această corelație negativă se manifestă pentru toate speciile analizate și, mai accentuat, pentru zona 2 a orașului.

Un rol important în adaptarea plantelor și obținerea rezistenței la stresul abiotic îl au compușii proteici, care prin structura și funcția lor îndeplinesc un rol determinant în reacțiile de răspuns [21-23]. Determinarea cantitativă a proteinelor totale din frunzele arborilor de arțar, plop și castan prezintă oscilații valorice mici față de martor în comparație cu pigmenții aparatului fotosintetic (Tab.3).

Tabelul 3

Conținutul proteic total (mg/g s. p.) în frunzele arborilor de arțar, plop și castan

Specia	Zonele supuse poluării					
	Martor	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Arțar	0,85 ± 0,023	0,87 ± 0,013*	0,87 ± 0,009	0,88 ± 0,017	0,92 ± 0,023	0,880 ± 0,014
Plop	0,89 ± 0,016	0,95 ± 0,004	0,93 ± 0,007	0,92 ± 0,004	0,92 ± 0,014	0,960 ± 0,007
Castan	0,94 ± 0,020	0,96 ± 0,010	0,96 ± 0,012	0,94 ± 0,004*	0,94 ± 0,004*	0,940 ± 0,007*

* Nu este semnificativ pentru $P < 0,05$

Totuși, aceste date analizate în aspect comparativ demonstrează pentru plop și arțar valori mai mari față de martor atestate în toate zonele de cercetare, spre deosebire de castan, care a prezentat practic același conținut de proteine totale.

Calitatea mediului în municipiu este în continuă deteriorare determinată de poluanții emiși de traficul rutier, arderea gazelor naturale și industriale, precum și de emisiile de la rampa de deșuri menajere. Riscul față de o substanță sau alta este determinat, conform numeroaselor studii de fitotoxicitate, atât de proprietățile ei toxice, cât și de modul în care aceste proprietăți se manifestă în dependență de corelațiile existente între concentrație, durată, frecvență. Datorită stabilității chimice înalte în mediu și acumulării continue determinată de sursele de poluare industrial-urbane, metalele grele constituie un factor major de poluare persistentă cu un înalt grad de toxicitate. Plantele, ca și toate elementele biosistemului, manifestă sensibilitate înaltă la acțiunea metalelor grele care se acumulează din ce în ce mai mult în lanțul trofic. Totodată, datorită particularităților specifice de metabolism, plantele dezvoltă toleranță la acțiunea diferitelor metale grele, oferind posibilitatea utilizării lor în monitorizarea calității mediului.

În această lucrare au fost analizate trei specii de arbori din 5 zone ale mun. Chișinău cu diferit grad de poluare, conform unor parametri fiziologo-biochimici a căror deviere de la normă reflectă reacția de răspuns a plantei expuse stresului chimic determinat atât de poluarea atmosferei, cât și a solului. Conform datelor obținute, conținutul de pigmenți în țesutul foliar al arborilor a demonstrat cele mai mari devieri de la normă comparativ cu ceilalți parametri analizați, ceea ce indică la faptul că aparatul fotosintetic manifestă un nivel înalt de sensibilitate la poluare. Această constatare este argumentată de unele studii de toxicitate chimică care au demonstrat că fitotoxicitatea metalelor grele este determinată de acumularea lor simplastică atât în citosol, cât și în stroma cloroplastelor [24]. Astfel, conform cercetărilor lui Turcsanyi, modificarea numărului și volumului de cloroplaste reprezintă reacția de răspuns tipică la acțiunea toxică a metalelor grele. De asemenea, s-a constatat că metalele grele, în special Cd, este foarte reactiv și prin dereglarea statutului redox al celulelor inhibă multe procese enzimatic. Cadmiul influențează activitatea fotosistemului II (FS II) și transferul de electroni prin lanțul transportor de electroni [25]. Aceste informații par să fie susținute și de datele noastre, care indică asupra unor afecțiuni ale aparatului fotosintetic prin scăderea conținutului total de pigmenți clorofilieni față de martor. Este important a menționa că micșorarea conținutului *Chl., b* este corelată negativ cu conținutul carotenoizilor – pigmenți auxiliari în absorbția și transmiterea energiei luminoase centrului de reacție, ceea ce ar putea sugera ideea despre unele dereglări, în special ale fotosistemului II, întrucât se știe că complexul de pigmenți-antena ai FS II include o cantitate mai mare de *Chl., b* comparativ cu FS I. De asemenea, cantitatea mare de carotenoizi ar putea indica indirect și asupra unei afecțiuni a bilanțului hidric, deoarece se cunoaște că stresul hidric determină leziuni la nivelul membranelor fotosintetice, dereglând astfel funcționarea coordonată a fotosistemelor, și că una din reacțiile de răspuns reprezintă sinteza carotenoizilor cu rol

de protecție a pigmentilor din centrele de reacție de distrugere fotooxidativă. Tot la acest capitol exista informație care demonstrează efecte toxice ale Cd și Pb în concentrații ridicate în sol asupra absorbției și transportului elementelor minerale, asupra procesului de transpirație și asupra bilanțului hidric în general [26,27]. Similar, în [28] și [29] s-a arătat că expunerea plantelor la Cd inhibă creșterea, afectează negativ dezvoltarea sistemului radicular și transpirația, induce chloroza. Aceleași efecte de cloroză urmate de necroze au fost observate și la acțiunea toxică a Ni asupra frunzelor de tomate [30].

Numeroase date experimentale au arătat că plantele expuse la metale grele manifestă o serie de răspunsuri celulare prin modificarea expresiei genelor, sinteza unor peptide cu rol de detoxifiere a metalelor și a unor metaboliți care se acumulează în concentrații de ordinul milimolar: aminoacizi specifici, proline și histidină; peptide: glutation și fitochelatori, și amine – spermina, spermidina, putrescina, nicotinamina etc. Astfel, metabolismul azotului reprezintă unul din componentele de bază în mecanismele de protecție ca reacție de răspuns la stresul indus de metalele grele [31]. Jonak și colaboratorii au arătat că genele care răspund la acțiunea Cd și Cu codifică componente ai sistemului de semnalizare, cum ar fi proteinchinazele mitogen activate (MAPKKK, MEKK1) factori de transcripție, proteinele stresinductive, proteinele reglatoare și alți componente ai metabolismului sulfurului și glutationului [32]. Sinteza unor polipeptide, numite proteinele șocului termic (cu masa moleculară mică – 15-35 kDa și mare – 60-110 kDa), cu rol de protecție prin stabilizarea conformației proteinelor active, este indusă nu numai de stresul termic, dar și de efectul toxic al metalelor grele [33,34].

Sporirea ușoară a conținutului de proteine totale observată în experiențele noastre demonstrează schimbări în metabolismul proteic fie prin sinteza și acumularea unor compuși noi, fie prin intensificarea unor procese de degradare a componentelor proteice cu *Mr* mare. Se știe că sub acțiunea factorilor de stres nivelul de stabilizare a ADN-ului crește prin interacțiunea cu proteine histonice, micșorând funcționalitatea lui și, astfel, a intensității proceselor de sinteză [35, 36]. În același timp, conform unor autori, sporirea conținutului de proteine solubile este rezultatul atât al sintezei *de novo*, cât și al intensificării reacțiilor de disociere a oligoproteinelor în protomeri, determinând astfel creșterea conținutului de proteine ușor solubile [37].

Astfel, aprecierea stării funcționale a unor arbori din 5 zone diferite ale mun. Chișinău în baza unor parametri fiziologici și biochimici și a analizei informației în domeniu demonstrează afecțiuni metabolice ca rezultat al expunerii plantelor unor factori de stres. Caracterul variabil al devierilor de la normă demonstrează atât nivelul diferit de poluare al zonelor studiate, cât și gradul de rezistență al speciilor testate pe fundalul unei acumulări de biomasă uscată la castan sau neschimbat, cum este la plop și arțar, corelată cu scăderea conținutului de pigmenti clorofilieni și, dimpotrivă, sporirea carotenoizilor, cu modificările relevate în conținutul proteinelor. Arborii analizați indică un nivel înalt de adaptare. Acest fapt nu este surprinzător, având în vedere specificul influenței surselor de poluare a mediului în municipiu cu caracter de poluare remanentă și evoluția lentă, de lungă durată, care condiționează dezvoltarea unor mecanisme de adaptare a plantelor superioare la stresul abiotic. În același timp, zona a doua și a treia se evidențiază ca zone mai afectate de aceiași factori care au afectat speciile de arbori analizate.

În concluzie menționăm că unele din aceste răspunsuri fiziologice pot servi ca indicator la poluare, însă este greu a estima factorul de poluare care a determinat efectele negative. Efectul toxic poate fi aditiv, sinergic și cu caracter similar pentru diferite surse de poluare atât a apei, solului, cât și a atmosferei. Monitorizarea și reglementarea emisiilor de poluanți, în special a concentrațiilor de metale grele, este destul de dificilă. În acest context, una din soluțiile de minimalizare a efectelor poluării și de menținere a unui echilibru ecologic, climatic și hidric ar fi crearea unor noi spații verzi, în special a fâșiilor forestiere care reprezintă ecosistemul cu o capacitate de regenerare de 3-5 ori mai mare decât oricare alt ecosistem natural.

Referințe:

1. Баженов А.В. Гербициды в интенсивном овощеводстве. - Москва: Агропромиздат, 1986, с.248.
2. Безуглов В.Т. Применение гербицидов в интенсивном земледелии. - Москва: Росагропромиздат, 1988, с.205.
3. Мельников Н.Н. Экология и пестициды // Агрехимия. - 1989. - №10. - С.128.
4. Salt D., Blaylock M., Kumar N., Dushenkov V., Ensley B.D., Chet I., Raskin I. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants // Biotechnology. - 1995. - №13. - P.468-474.
5. Hall J.L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance // Journal of Experimental Botany. - 2000. - №53. - P.1-11.

6. Schützendübel A., Schwanz P., Teichmann T., Gross K., Langenfeld-Heysen R., Goldbold D.L., Polle A. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in Scots pine roots // *Plant Physiology*. - 2001. - No27. - P.887-898.
7. Sandalio L.M., Dalurzo H.C., Gomez M., Romero-Puertas M.C., Del Río L.A. Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants // *Journal of Experimental Botany*. - 2001. - No52. - P.2115-2126.
8. Schützendübel A., Polle A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization // *Journal of Experimental Botany*. - 2002. - No53. - P.1351-1365.
9. Romero-Puertas M.C., Palma J.M., Gómez M., Del Río L.A., Sandalio L.M. Cadmium causes the oxidative modification of proteins in pea plants // *Plant, Cell and Environment*. - 2002. - No25. - P.677-686.
10. Арилова Т.У., Меджидов А.В., Алибекова М.Г., Камалов З.С. Влияние пестицидов на продукцию интерлейкина-2 // *Иммунология*. - 1991. - №2. - С.67-68.
11. Мусияка В.К. Пиклором-гербицид с ауксиноподобной активностью // *Физиология и биохимия культурных растений*. - 1995. - Т.27. - №4. - С.228-244.
12. Clout H. History of world agriculture: From neolithic times to the contemporary crisis // *Journal Rural Agric*. - 1999. - No15. - P.227.
13. Suzuki N., Koizumi N., Sano H. Screening of cadmium-responsive genes in *Arabidopsis thaliana* reveals protein denaturation and oxidative stresses to be critical components of cadmium toxicity // *Plant Cell. Environ*. - 2001. - No24. - P.1177-1188.
14. Schat H., Llugany M., Vooijs R., Hatley-Whitaker J., Bleeker P.M. The role of phytochelatin in constitutive and adaptive heavy metal tolerances in hyperaccumulator and non-hyperaccumulator metallophytes // *Journal of Experimental Botany*. - 2002. - No53. - P.2381-2392.
15. Boldor O., Raianu O. *Fiziologia plantelor. Lucrări practice*. - București. - 1983. - 321 p.
16. Duca M., Savca E., Port A. *Fiziologia plantelor. Tehnici speciale de laborator*. - Chișinău, 2001. - 171 p.
17. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantities of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding // *Analyt. Biochem*. - 1976. - Vol.72. - P.248-254.
18. Corbet I.R., Wright., Boilic A.C. *The biochemical mode of action of pesticides*. - London, New York, Tokyo: Acad. Press, 1984, p.382.
19. Караваев В.А., Шагурина Т.Л., Кукушкин А.К. Действие фенозона и диурона на индукцию флуоресценции листьев пшеницы // *Известия АН ССР. Серия «Биология»* - 1985. - №3. - С.415-461.
20. Контуш А.С. Взаимодействие пестицидов с мембранными белками клеточных органел // *Успехи современной биологии*. - 1992. - №2. - Т112. - С.200-213.
21. Cammue B.P., Broekaert W.F., Kellens J.T., Raikhel N.V., Peumans W.J. Stress-induced accumulation of wheat germ agglutinin and abscisic acid in roots of wheat seedlings // *Plant Physiol*. - 1989. - Vol. - P.1432-1435.
22. Cellier F., Conejero G., Breitler J., Casse F. Molecular and Physiological Responses to Water Deficit in Drought-Tolerant and Drought-Sensitive Lines of Sunflower. Accumulation of Dehydrin Transcripts Correlates with Tolerance // *Plant Physiol*. - 1998. - Vol.116. - P.319-328.
23. Burzo I., Toma S., Crăciun C., Voican V., Dobrescu A., Delian E. *Fiziologia plantelor de cultură. Vol.1*. - Chișinău: Știința, 1999. - 463 p.
24. Brune A., Urbach W., Dietz K.J. Differential toxicity of heavy metals is partly related to a loss of preferential extraplasmic compartmentation: a comparison of Cd-, Mo-, Ni-, and Zn-stress // *New Phytologist*. - 1995. - No129. - P.404-409.
25. Krupa Z., Baszynski T. Some aspects of heavy metals toxicity towards photosynthetic apparatus – direct and indirect effects on light and dark reactions // *Acta Physiologiae Plantarum*. - 1995. - No17. - P.177-190.
26. Rauser W.E., Dumbroff E.B. Effects of excess cobalt, nickel and zinc on the water relations of *Phaseolus vulgaris* // *Environmental and Experimental Botany*. - 1981. - No21. - P.249-255.
27. Costa G., Morel J-L. Water relations, gas exchange and amino acid content in Cd-treated lettuce // *Plant Physiology and Biochemistry*. - 1994. - No32. - P.561-570.
28. Das P., Samantaray S., Rout G.R. Studies on cadmium toxicity in plants // *Environmental Pollution*. - 1998. - No98. - P.29-36.
29. Haag-Kerwer A., Schäfer H., Heiss S., Walter C., Rausch T. Cadmium exposure in *Brassica juncea* causes a decline in transpiration rate and leaf expansion without effect on photosynthesis // *Journal of Experimental Botany*. - 1999. - No50. - P.827-1835.
30. Fabiszewski J., Brej T. and Bielecki K. Plant reactions as indicators of air pollution in the vicinity of a copper smelter // *Acta Soc. Bot. Pol*. - 1987. - No56. - Vol.2. - P.353-363.
31. Louie M., Kondor N., DeWitt J.G. Gene expression in cadmium-tolerant *Datura innoxia*: detection and characterization of cDNAs induced in response to Cd²⁺ // *Plant Mol. Biol*. - 2003. - No52. - P.81-89.

32. Shanti S. Sharma¹ and Karl-Josef Dietz. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress // *Journal of Experimental Botany*. - 2006. - Vol.57. - No4. - P.711-726.
33. Alia, Saradhi P.P. Proline accumulation under heavy metal stress // *Journal of Plant Physiology*. - 1991. - No138. - P.504-508.
34. Boston R.S., Viitanen P.V., Vierling E. Molecular chaperones and protein folding in plants // *Plant Mol. Biol.* - 1996. - Vol.32. - P.191-222.
35. Almoguera C., Jordano J. Developmental and environmental concurrent expression of sunflower dry-seed stored low-molecular weight heat-shockproteins during late embryogenesis // *Plant Mol.* - 1992. - Vol.19. - P.781-792.
36. Cheong Y.H., Chang H.-S., Gupta R., Wang X., Zhu T., Luan S. Transcriptional profiling reveals Novel Interactions between Wounding, pathogen, Abiotic stress, and Hormonal responses in Arabidopsis // *Plant Physiol.* - 2002. - Vol.129. - P.661-667.
37. Acatrinei Gh. Reglarea proceselor ecofiziologice la plante. - Iași: Junimea, 1991. - 280 p.

Prezentat la 15.01.2007