

**UNIVERSITATEA “BABEȘ- BOLYAI “ CLUJ – NAPOCA**  
**Facultatea de Biologie și Geologie**  
**Catedra de Biologie Experimentală**

**MEREUȚĂ RODICA**

**CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA**  
**POLUANȚILOR ATMOSFERICI DIN ZONA SATU**  
**MARE ASUPRA UNOR PROCESE FIZIOLOGICE**  
**LA ZEA MAYS**

**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**rezumat**

Conducător științific  
Prof. Dr. Trifu Mihai

Cluj – Napoca  
2009

## Cuprins

### Sinteze ale părților principale ale tezei de doctorat

Scopul și obiectivele cercetării  
Aspecte ale stării mediului în județul Satu Mare  
Efectele poluanților asupra vegetației  
Material și metode de cercetare  
Rezultate și discuții  
Concluzii  
Bibliografie

Lucrarea de doctorat cuprinde 332 de pagini, este structurată în 6 capitole, 39 de tabele, 154 de figuri și 464 titluri bibliografice

**Cuvinte cheie:** monitorizare calitate mediu, metale grele, regimul de apă, respirația, regimului de nutriție minerala

### SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

Influența diversilor poluanți eliberați pe calea aerului în mediu - al metalelor grele: plumb, zinc, cupru- asupra uneia dintre principalele culturi agricole din țara noastră: porumbul, a fost selectat ca subiect de cercetare din dorința de a extinde nivelul informațional în prevenirea apariției efectelor ireversibile ale acestora. Obiectivele generale de cercetare propuse sînt:

- Determinarea unor parametri fiziologici pentru evaluarea în ansamblu a influenței metalelor grele asupra proceselor fiziologice la porumb
- Evaluarea modului în care parametrii fiziologici propuși pentru analiză reflectă influența metalelor grele
- Aplicarea rezultatelor obținute în activitatea de monitorizare a calității mediului

### ASPECTE ALE STĂRII MEDIULUI ÎN JUDEȚUL SATU MARE

Supravegherea calității mediului din Romania se realizează prin aplicarea Sistemului de Monitoring Integrat de mediu.

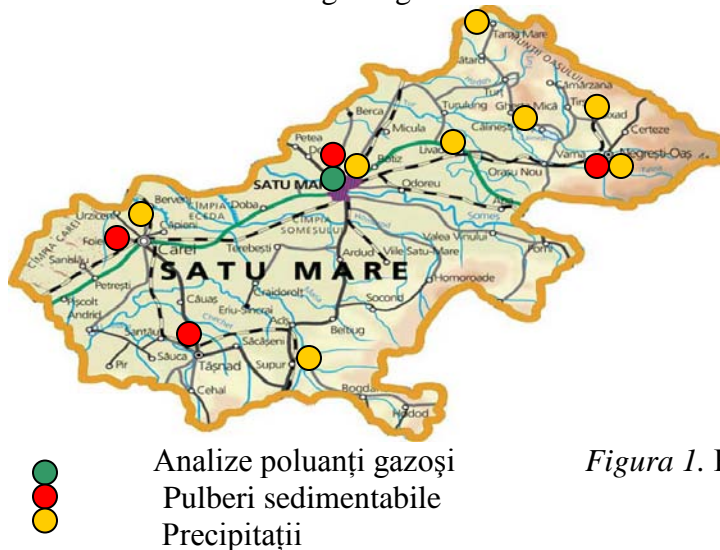


Figura 1. Rețeaua de monitorizare a calității aerului în județul Satu Mare ([www.apmsm.ro](http://www.apmsm.ro))

Metalele grele ajung pe vegetație pe cale umedă (precipitații) sau uscată (pulberi)(Ross,1994) Monitorizarea calității aerului (Figura 1), asigurată de Agenția pentru Protecția Mediului Satu Mare- pune în evidență faptul că pentru metale grele, concentrațiile medii în apa de precipitații în anul 2007, au fost (Tabel 1)

*Tabel 1.* Concentrația medie a metalelor Cu, Zn, Pb, Mn, Cr, Cd în apa de precipitații în județul Satu Mare (2007) ([www.apmsm.ro](http://www.apmsm.ro))

Punct de recoltare	Cu $\mu\text{g/l}$	Zn $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	Mn $\mu\text{g/l}$	Cr $\mu\text{g/l}$	Cd $\mu\text{g/l}$
Supur	0,192	10,06	0,470	0,476	0,11	0,088
Livada	0,132	16,846	0,501	0,813	0,14	0,152
Călinești	0,113	8,379	0,494	0,501	0,097	0,067
Berveni	0,548	14,432	0,707	0,536	0,181	0,072
Huta	0,122	12,058	0,571	0,378	0,102	0,082
Negrești	0,098	9,87	0,548	0,422	0,119	0,061
Tarna	0,181	13,248	0,520	4,264	0,17	0,088
Valea Vinului	0,5	13,226	0,510	0,596	0,241	0,083
pH	5,54-7,65	5,54-7,65	5,54-7,65	5,54-7,65	5,54-7,65	5,54-7,65

### Efectele poluanților asupra vegetației

Metalele grele se regăsesc în atmosferă în principal sub formă de aerosoli-sisteme compuse din particule fine solide sau lichide, sub 100 micrometri, dispersate într-un gaz. Poluarea atmosferei cu metale grele se datorează surselor geochimice (emisii naturale de particule și gaze rezultate din erupții vulcanice, incendii) dar mai ales surselor antropogene: industria extractivă a minereurilor metalifere, industria metalurgică, industria electronică, industria chimică, transporturi, utilizarea produselor fitofarmaceutice, procese de combustie etc. (Alloway, 1990, Ross,1994). O a treia sursă de poluare a atmosferei cu metale grele o constituie mediul biotic, prin intermediul vegetației, depozitarea reziduurilor, a dejecțiilor (Tabel 2)

*Tabel 2.*

Evaluarea totală a cantităților de metale grele dispersate în atmosferă ca rezultat al acțiunii antropice în comparație cu sursele naturale (după Thorsteinsson, 1989, citat de Ross, 1994)

Emisia	Metale grele ( $\times 10^3$ tone)			
	Cd	Cu	Ni	Zn
Naturală	0,83	18	26	44
Antropică	316	2160	1000	14.000

Apariția efectelor toxice asupra metabolismului plantelor este condiționată de depunerile atmosferice pe sol, respectiv pe vegetație peste limitele de toleranță ale plantelor. Báthory (2003) studiind acumularea metalelor grele transferate pe calea aerului la vegetația forestieră, concluzionează că aceasta depinde de specia și toleranța plantei, de vârsta organului vegetativ, de tipul metalului: metalele grele sînt absorbite în ordinea:  $\text{Pb} > \text{Zn} > \text{Cu}$ .

Capacitatea de absorbție a metalelor din aer de către frunze este diferită. Aceasta depinde de umiditatea aerului (umiditatea ridicată favorizează absorbția foliară), de tipul metalului: Zn și Cu sînt mai repede absorbite foliar decît Pb, care este mai mult adsorbit la

suprafața frunzelor (Little și Martin, citați de Greger și colab, 2004), de pH (foarte important fiind acest factor pentru pătrunderile pe cale umedă-Mc Bride, 2002, Greger, 2004), de starea de oxidare moderată a compartimentelor mediului (Ernst,1998).

Ross (1994) indică faptul că toxicitatea metalelor grele transferate în plantă pe calea aerului depinde de: concentrațiile (cantitatea ) metalului din mediu; vectorul-forma de expunere (ingestie, absorbție prin rădăcini după depunerea metalelor din atmosferă pe sol); distribuția dozei/timpul de expunere; tipul și gravitatea efectului; timpul necesar pentru manifestarea efectului. Ochiai ( 1987), citat de Ross(1994) precizează mecanismele prin care metalele grele își manifestă efectul toxic:

- blocarea grupărilor funcționale ale moleculelor cu rol biologic important: enzime, polinucleotide sau sistemele transportoare pentru nutrienți

- substituirea ionilor metalici esențiali din biomolecule sau alte unități celulare funcționale

- denaturarea și inactivarea biomoleculelor, în special a enzimelor

- distrugearea integrității membranelor celulare (prin efect direct asupra grupărilor sulfhidril ale constituenților membranei și prin inducerea directă sau indirectă a peroxidării lipidelor din membrane prin intermediul radicalilor liberi toxici și a organitelor celulare-stresul oxidativ (Vangronsveld și Clijsters, 1994, citați de Onac, 2005)

Aceste mecanisme de acțiune prin care metalele grele își manifestă efectul toxic sînt posibile datorită capacității ionilor metalici de a se lega puternic de atomii de oxigen, azot, sulf, care se află în cantitate mare în sistemele biologice și care pot servi ca liganzi pentru ionii tuturor metalelor esențiale (Ross,1994) .

Efectele toxicității metalelor grele se manifestă la nivel celular prin: modificarea permeabilității membranei plasmatică, modificări ale ultrastructurii organitelor celulare, influențarea procesele metabolice din citosol. La nivel fiziologic, efectele toxicității metalelor grele se manifestă prin influența asupra nutriției plantelor-cu afectarea creșterii plantelor, (Dobrotă, 1999, Onac 2005), reducerea intensității fotosintezei și transpirației precum și intensificarea respirației la întuneric (Lamoreaux și Chaney, 1978), perturbarea regimului hidric al plantelor - unul din primele și cele mai importante efecte pe care metalele grele le au asupra metabolismului plantelor, fiind cauza principală a dereglării celorlaltor procese fiziologice și metabolice.

## **Material și metode de cercetare**

### ***Aria studiată***

Experimentele în câmp au fost amplasate în perimetrul Stațiunii de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Livada, jud. Satu Mare, situată geografic pe următoarele coordonate: lat N – 47°51', long. E - 23°08'. Temperatura medie multianuală, înregistrată la stația Livada, în ultimii 40 de ani, a fost de 9,5°C (Figura 2), amplitudinea de variație fiind de 4,2°C . Suma temperaturilor efective (T>10°C) în intervalul aprilie-octombrie are o valoare medie multianuală de 1380°C, ceea ce corespunde necesarului termic al hibridilor timpurii și semitimpurii de porumb.

Suma precipitațiilor anuale în medie pe ultimii 47 ani a fost de 728 mm cu o repartitie neuniformă în perioada de vegetație și cu oscilații medii anuale între 374 mm (2004) și 1581,9 mm (1966). În perioada de vegetație activă a culturilor (IV-VII) se însumează cca 305 mm precipitații cu oscilații între 161 mm (1972) și 569 mm (1965), pe decenii cu o

tendință de scădere treptată (Figura 3). Volumul precipitațiilor este sub nivelul evapotranspirației potențiale.

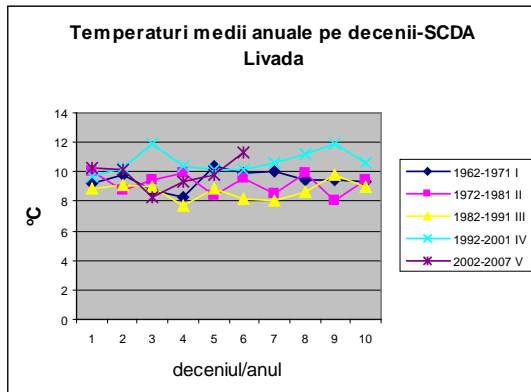


Figura 2. Temperatura medie anuală a aerului. (Livada, 1962 - 2007)

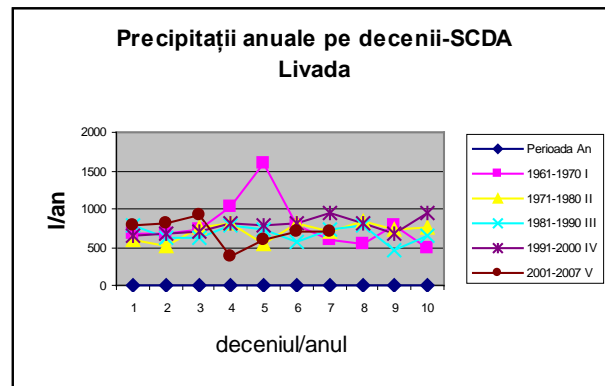


Figura 3. Precipitații anuale pe decenii (Livada, 1962 - 2007)

### Material vegetal

Pentru cercetare s-a ales specia *Zea mays* L – porumb, hibrizii Ribera (grupul Pioneer) și Turda 200, hibrid autohton, avînd în vedere că absorbția metalelor grele de către porumb și acumularea acestora în plantă, în organele supraterane, mai ales frunze dar și semințe - utilizate ca hrană pentru animale și / sau oameni- reprezintă una din căile de bioacumulare și contaminare a populației umane cu metale grele (Kabata-Pendias, 2000, Lăcătușu și colab, 1996, Cumpătă, Simona-Diana, Beceanu D, 2007).

### Experimentul în câmp

Studiul efectelor fiziologice induse de metalele grele Pb, Cu, Zn transferate pe calea aerului asupra plantelor de porumb a fost efectuat în perioada 2006-2007. Pregătirea terenului a fost realizată conform cerințelor de tehnologie agricolă, prin arătură adîncă de toamnă, primăvara fiind discuit și nivelat. Experiențele s-au amplasat utilizînd metoda de așezare: dreptunghiul latin, în trei variante și o variantă martor, pentru fiecare hibrid, respectiv tip de metal greu evaluat, cu cîte patru repetiții.

Cele două soiuri de porumb au fost semănate cu semănătoarea tip SPC 6 la o distanță între rînduri de 60 cm. Semănatul s-a realizat în fiecare an în perioada de mijloc spre sfîrșitul lunii mai, cînd temperatura solului a fost de minim 10<sup>0</sup>C. S-au executat manual 3 prașile, distanța pe rînd între plante fiind la final de cca 30-40 cm. Pe tot parcursul vegetației s-au îndepărtat prin plivire buruienile.

Soluțiile conținînd metale grele-Pb(acetat de plumb), Cu (sulfat de cupru ), Zn (sulfat de zinc) în concentrații de 0,2 x10<sup>4</sup> ppm Cu, 0,2 x10<sup>4</sup> ppm Zn și 0,32 x10<sup>4</sup> ppm Pb; 2 x10<sup>4</sup> ppm Cu, 2 x10<sup>4</sup> ppm Zn și 3,2 x10<sup>4</sup> ppm Pb și 4 x10<sup>4</sup> ppm Cu, 4 x10<sup>4</sup> ppm Zn și 6,4 x10<sup>4</sup> ppm Pb, au fost aplicate la 10 zile de la germinare. Au fost înregistrate caracteristicile climatice pentru toată perioada experimentului.

Analizele și observațiile privind procesele fiziologice au fost efectuate pe frunze recoltate în fenofazele: 4-6 frunze și 8-10 frunze. Recoltarea și pregătirea probelor de plante pentru analiză s-a efectuat conform recomandărilor din “Metodologii de lucru ale Institutului de Cercetări Pedologice și Agrochimice”

## **Metode de determinare a parametrilor studiați**

1. Determinarea influenței poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra regimului de apă la Zea mays s-a realizat prin:

- Măsurarea intensității absorbției apei prin determinarea umidității totale la frunzele de porumb
- Măsurarea intensității transpirației prin determinarea vaporilor de apă

2. Evaluarea influenței poluanților atmosferici –Cu, Zn, Pb- asupra nutriției minerale la Zea mays s-a realizat prin:

- Determinarea conținutului în substanță uscată s-a realizat prin aflarea masei vegetale analizate (frunze) după ce proba a fost termostată la 105<sup>0</sup>C timp de 4 ore.
- Determinarea azotului total: Determinarea azotului total s-a efectuat utilizând metoda: mineralizare umedă cu acid sulfuric urmată de distilare (metoda Kjeldahl)
- Determinarea fosforului total s-a realizat prin determinare colorimetrică cu soluție de molibdat de amoniu.
- Determinarea potasiului: s-a realizat prin determinare flamfotometrică.

## **REZULTATE ȘI DISCUȚII**

Rezultatele privind influența metalelor grele: cupru, zinc, plumb asupra indicatorilor fiziologici analizați, la frunzele de porumb, obținute în cei 2 ani de studiu, pentru cei 2 hibridi de porumb testați, au fost prelucrate statistic folosind testul Anova, stabilirea diferențelor limită, analiza corelațiilor –determinarea coeficientului de corelație (r), regresia matematică și curba de răspuns. Interpretarea semnificației diferențelor variantelor la care s-au aplicat metalele grele a căror efect a fost analizat, comparativ cu martorul, a fost realizată cu ajutorul diferențelor limită DL 5%, DL 1%, DL 0,5%.

### ***Analiza influenței microelementelor cupru, zinc, plumb asupra regimului de apă prin determinarea umidității totale la frunzele de porumb***

Deși are un consum specific redus-fiind necesar numai 300 unități apă pentru realizarea unei unități de substanță uscată, porumbul are cerințe mari față de umiditate răsplătind cu producții sporite surplusul de apă din precipitații sau din irigații. El suportă mai ușor seceta survenită în timpul primelor faze de vegetație, când cerințele față de umiditate sunt mici; cel mai ridicat consum de apă (respectiv 500% din întregul consum din timpul perioadei de vegetație) se înregistrează în perioada cuprinsă între 1 - 2 săptămâni de la apariția inflorescenței masculine și maturitatea lapte – ceară.

Testul Anova a evidențiat efectul puternic și al altor factori (factori de mediu), alături de efectul metalelor grele analizate asupra plantelor, manifestat prin variația umidității totale, (  $F_{\text{calculat}} = 2,101697$ -Turda 200,  $F_{\text{calculat}}=1,95146$ -Ribera,  $F_{\text{critic}}= 2,466266$ ); rezultatele sintetice pentru cei 2 ani de studiu sînt prezentate în Tabelul 3 și tabelul 4.

La hibridul **Turda 200** (Tabel 3, Figura 5,6) efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb asupra umidității totale a frunzelor de porumb se manifestă prin scăderea acesteia odată cu creșterea concentrației de cupru, zinc, respectiv plumb aplicat, de la cea mai mică concentrație, la concentrația medie a metalului, dar umiditatea totală se menține la valori mai mari decît cele a martorului la variantele la care s-a aplicat cea mai mică concentrație de cupru și plumb. La cele mai mari concentrații, metalele Cu,Zn,Pb induc un efect diferit asupra umidității totale a frunzelor: zincul și plumbul determină continuarea reducerii umidității frunzelor, mai accentuat în cazul efectului zincului decît în cazul plumbului, în timp ce cuprul la cea mai

mare concentrație determină creșterea nesemnificativă a umidității totale a frunzelor de porumb.

Tabel 3. Influența Cu, Zn, Pb asupra umidității totale la frunzele de porumb hibridul **Turda 200**

Varianta	umiditate totală, g apă/kg frunză		media gene rală	Dife rența față de martor	% față de martor	Sem nifi cația	r	R <sup>2</sup>	ecuați a
	medii multianuale								
	2006	2007							
martor	85,85	77,58	81,71	0	100				
V <sub>1</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmCu	84,60	83,21	83,90	2,19	102,678	**	-0,085	0,614	y = 82,99 -3,05x + 0,76x <sup>2</sup>
V <sub>2</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmCu	84,47	74,78	79,62	-2,09	97,442	o			
V <sub>3</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmCu	85,64	80,24	82,94	1,22	101,497	-			
V <sub>4</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmZn	86,15	75,95	81,05	-0,67	99,185	-	-0,993	0,996	y= 81,05 -0,99x - 0,16x <sup>2</sup>
V <sub>5</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmZn	84,80	73,04	78,92	-2,80	96,577	oo			
V <sub>6</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmZn	84,05	65,80	74,93	-6,79	91,693	ooo			
V <sub>7</sub> : ,32x10 <sup>4</sup> ppmPb	84,00	80,62	82,31	0,60	100,731	-	-0,564	0,935	y = 82,4- 2,92x+ 0,39x <sup>2</sup>
V <sub>8</sub> : 3,2x10 <sup>4</sup> ppmPb	78,85	74,96	76,91	-4,81	94,117	ooo			
V <sub>9</sub> : 6,4x10 <sup>4</sup> ppmPb	83,68	75,89	79,79	-1,93	97,640	o			

Cea mai mare corelație între concentrația metalului și scăderea umidității totale a fost determinată în cazul variantelor tratate cu *zinc*; din analiza regresiei liniare simple calculate ( $y=81,68-1,63x$ ), reiese faptul că creșterea cu o unitate a concentrației metalului analizat determină scăderea umidității totale cu 1,63 unități. Pentru *cupru*, nu există o corelație semnificativă din punct de vedere statistic între concentrația metalului și umiditatea totală a frunzelor, valoarea coeficientului de determinare/corelație fiind redus. În cazul variantelor la care s-a aplicat *plumb*, se constată că există o corelație semnificativă din punct de vedere statistic între concentrația acestui metal și umiditatea totală, dar efectul lui asupra indicelui fiziologic analizat depinde în mare măsură și de alți factori. Pe ansamblu, efectul plumbului este similar cu cel al zincului, cu diferența că reducerea umidității totale a frunzelor de porumb survine mai tardiv în cazul variantelor la care s-a aplicat zinc.

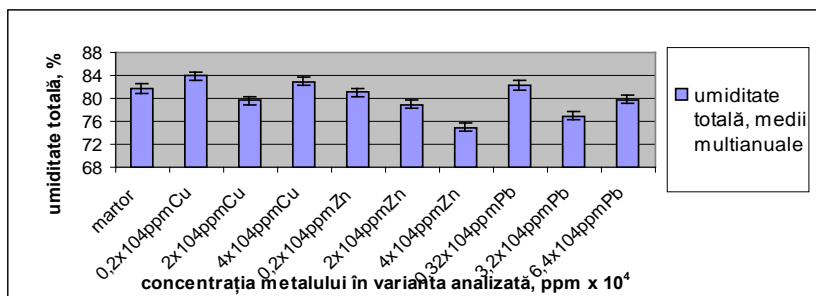


Figura 5. Influența Cu, Zn, Pb asupra umidității totale la frunzele de porumb-Turda 200

Efectul metalelor grele cupru, zinc, plumb asupra umidității totale a frunzelor de porumb la hibridul **Ribera** se manifestă similar cu cel de la Turda 200, cu specificația că în cazul hibridului Ribera, coeficienții de corelație între concentrația metalului aplicat și valoarea umidității totale a frunzelor de porumb, sînt mai mici comparativ cu cei determinați

pentru hibridul Turda 200, ceea ce confirmă și caracterizarea pentru Ribera ca fiind un hibrid mai rezistent la secetă.

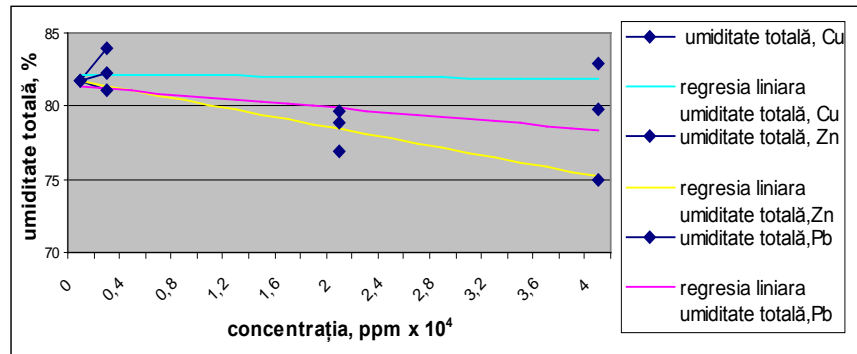


Figura 6. Corelația dintre concentrația Cu,Zn, Pb și umiditatea totală la porumb- Turda 200

Rezultatele obținute în cei doi ani de studii sînt în concordanță cu observațiile menționate de sursele bibliografice: efectul metalelor grele asupra umidității totale a frunzelor depinde de capacitatea de absorbție a metalelor din aer. Toți factorii externi care acționează asupra evaporării apei, modificînd umiditatea totală a frunzelor (conținutul de apă din frunză), inclusiv concentrația ionilor metalici din aer, acționează prin modificarea permeabilității cuticulei prin modificarea gradului de deschidere a stomatelor (Atanasiu, 1984). Mișcarea stomatelor este posibil să nu fie afectată direct de acțiunea metalelor grele ci mai degrabă datorită interferenței puternice a acestora cu transportul  $K^+$ , a  $Ca^{2+}$  și a acidului abscisic în celule (Sanita di Troppi și Gabrielli, 1999).

#### ***Analiza influenței microelementelor cupru, zinc, plumb asupra regimului de apă la frunzele de porumb prin determinarea intensității transpirației***

Testul Anova a evidențiat neomogenitatea variantelor ( $F_{critic} = 2,466266$  ; pentru hibridul Turda 200,  $F = 3,0197$ , iar pentru hibridul Ribera,  $F = 3,0776$ ). Rezultatele sintetice privind efectul metalelor grele: cupru, zinc, plumb asupra intensității transpirației la frunzele de porumb, hibridul Turda 200 (Tabel 4, Figura 7,8), pun în evidență faptul că efectul tuturor metalelor asupra indicatorului fiziologic analizat se manifestă prin creșterea intensității transpirației odată cu creșterea concentrației metalului. Curba de răspuns a intensității transpirației frunzelor de porumb sub influența concentrațiilor crescînde a metalelor aplicate este aproximată cel mai corect printr-o reprezentare grafică de tipul regresiei patratice, care pune în evidență coeficienți de corelație strînși între concentrația metalelor și intensitatea indicatorului fiziologic analizat.

La concentrații mari, de peste  $2 \times 10^4$  ppm Cu și Zn, respectiv peste  $3,2 \times 10^4$  ppm Pb, se constată că metalele induc scăderea intensității transpirației foliare, dar valoarea acesteia rămîne superioară matorului, datorită reacțiilor de apărare a plantei.

Hibridul **Ribera** are un comportament similar hibridului Turda 200. Valorile intensității transpirației la frunzele de porumb-hibridul Ribera sînt mai mari comparativ cu cele înregistrate la Turda 200, la toate variantele analizate.

Rezultatele similare sînt semnalate de Bartok (2005) care indică faptul că acțiunea metalelor grele asupra regimului hidric al plantelor are ca efect creșterea transpirației. Efectele cele mai semnificative asupra creșterii intensității transpirației le au cuprul și zincul, fapt explicabil prin influența acestora asupra compoziției citoplasmei prin modificarea



presiunii osmotice celulare, a pH-ului și prin acțiunea asupra fosforilazei, enzimă implicată în hidroliza amidonului, care stimulează deschiderea stomatelor.

Tabel 4. Influența Cu, Zn, Pb asupra intensității transpirației la frunzele de porumb hibridul

**Turda 200**

Varianta	intensitatea transpirației, g apă/kg frunză			Diferența față de martor	% față de martor	Semnificația	r	R <sup>2</sup>	ecuația
	medii multianuale		media generală						
	2006	2007							
martor	11,14	8,21	9,68	0	100				
V <sub>1</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmCu	17,32	19,41	18,36	8,68	189,669	**	0,925	0,857	y= 12,76 +10,4x - 1,87x <sup>2</sup>
V <sub>2</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmCu	21,39	29,47	25,43	15,75	262,707	***			
V <sub>3</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmCu	20,48	28,90	24,69	15,01	255,062	***			
V <sub>4</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmZn	18,50	14,52	16,51	6,83	170,558	*	0,944	0,893	y= 11,82 +11,4x - 2,52x <sup>2</sup>
V <sub>5</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmZn	22,50	25,69	24,10	14,42	248,967	***			
V <sub>6</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmZn	12,69	21,90	17,30	7,62	178,719	**			
V <sub>7</sub> : 0,32x10 <sup>4</sup> ppmPb	10,73	12,09	11,41	1,73	117,872	-	0,984	0,969	y= 10,15 + 2,31x - 0,26x <sup>2</sup>
V <sub>8</sub> : 3,2x10 <sup>4</sup> ppmPb	12,46	17,01	14,74	5,06	152,273	-			
V <sub>9</sub> : 6,4x10 <sup>4</sup> ppmPb	12,65	15,72	14,18	4,05	146,488	-			

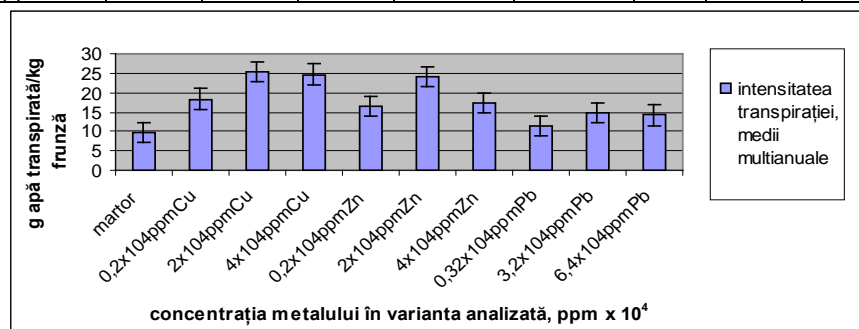


Figura 7. Influența Cu, Zn, Pb asupra intensității transpirației la frunzele de porumb-Turda 200

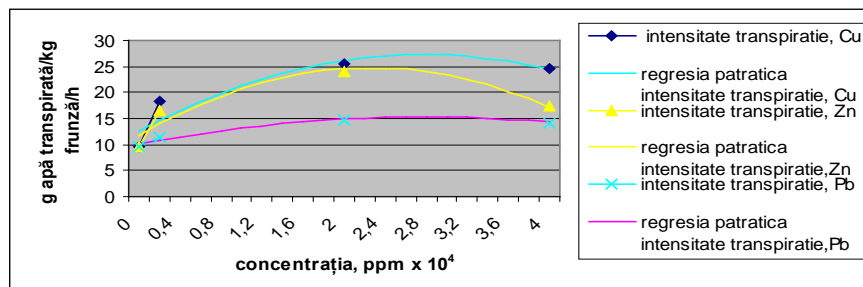


Figura 8. Corelația dintre concentrația Cu, Zn, Pb și intensitatea transpirației la porumb, hibrid Turda 200

**2. INFLUENȚA POLUANȚILOR ATMOSFERICI- METALE GRELE: Cu, Zn, Pb-ASUPRA NUTRIȚIEI MINERALE LA ZEA MAYS**

**Analiza influenței microelementelor cupru, zinc, plumb asupra conținutului de substanță uscată**

Testul Anova a evidențiat efectul puternic și al altor factori (factori de mediu), alături de efectul metalelor grele analizate asupra plantelor, manifestat prin variația acumulării de

substanță uscată, ( $F = 1,919531$  la hibridul Turda 200,  $F = 1,951176$  la hibridul Ribera față de  $F_{critic} = 2,466266$ ).

Din analiza rezultatelor obținute (Tabel 5, Figura 9,10) se remarcă faptul că la hibridul **Turda 200** efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb, asupra acumulării de substanță uscată în frunzele de porumb se manifestă astfel: la cele mai mici concentrații ale metalelor Cu, Pb, se remarcă efectul de scădere a acumulării de substanță uscată în frunzele de porumb, comparativ cu martorul, cel mai accentuat la variantele la care s-a aplicat cupru în concentrația de  $0,2 \times 10^4$  ppm; la variantele la care s-a aplicat plumb în concentrație minimă, reducerea acumulării de substanță uscată comparativ cu martorul este mai mică, ne semnificativă din punct de vedere statistic.

La variantele la care s-a aplicat cupru, zinc și plumb în concentrație medie, se constată că acumularea de substanță uscată crește comparativ cu martorul, semnificativ în cazul cuprului, respectiv distinct semnificativ și foarte semnificativ în cazul variantelor la care s-a aplicat zinc, plumb. Cea mai mare concentrație de zinc și plumb induce stimularea acumulării de substanță uscată, efect foarte semnificativ în cazul variantelor la care s-a aplicat zinc în concentrație de  $4 \times 10^4$  ppm. Cuprul la cea mai mare concentrație determină reducerea-ne semnificativă din punct de vedere statistic-a acumulării de substanță uscată.

Cea mai mare corelație între concentrația metalului și creșterea acumulării de substanță uscată în frunze a fost determinată în cazul variantelor tratate cu *zinc*. Din analiza regresiei liniare calculate ( $y = 18,32 + 1,63x$ ), reiese faptul că creșterea cu o unitate a concentrației metalului analizat determină creșterea cu 1,63 unități a substanței uscate în frunzele de porumb ale hibridului Turda 200.

Tabel 5. Influența Cu, Zn, Pb asupra acumulării de substanță uscată la frunzele de porumb-  
**Turda 200**

Varianta	g s.u./kg substanță proaspătă		media generală	diferența față de martor	% față de martor	Semnificația	r	R <sup>2</sup>	ecuația
	medii multianuale								
	2006	2007							
martor	14,15	22,42	18,29	0,00	100,00				
V <sub>1</sub> : $0,2 \times 10^4$ ppmCu	15,40	16,79	16,10	-2,19	88,02	oo	0,086	0,616	$y = 17,01 + 3,06x - 0,76x^2$
V <sub>2</sub> : $2 \times 10^4$ ppmCu	15,55	25,22	20,39	2,10	111,48	x			
V <sub>3</sub> : $4 \times 10^4$ ppmCu	14,35	19,77	17,06	-1,23	93,29	-			
V <sub>4</sub> : $0,2 \times 10^4$ ppmZn	13,85	24,05	18,95	0,66	103,64	-	0,993	0,996	$y = 18,5 + 0,99x + 0,16x^2$
V <sub>5</sub> : $2 \times 10^4$ ppmZn	15,20	26,95	21,08	2,79	115,26	xx			
V <sub>6</sub> : $4 \times 10^4$ ppmZn	15,95	34,20	25,07	6,79	137,12	xxx			
V <sub>7</sub> : $0,32 \times 10^4$ ppmPb	16,00	19,38	17,69	-0,60	96,73	-	0,566	0,935	$y = 17,6 + 3x - 0,39x^2$
V <sub>8</sub> : $3,2 \times 10^4$ ppmPb	21,15	25,04	23,09	4,81	126,29	xxx			
V <sub>9</sub> : $6,4 \times 10^4$ ppmPb	16,32	24,11	20,22	1,93	110,56	x			

Hibridul **Ribera** are un comportament similar al acumulării de substanță uscată în frunze, celui înregistrat la hibridul Turda 200, cu diferența că în cazul variantelor la care s-a aplicat plumb la cea mai mare concentrație, creșterea acumulării de substanță uscată în frunze este ne semnificativă din punct de vedere statistic. Cea mai mare corelație între concentrația metalului și creșterea acumulării de substanță uscată în frunze a fost

determinată tot în cazul variantelor tratate cu *zinc* ( $R^2 = 0,994$ ,  $r$  linear = 0,993) diferența față de martor fiind foarte semnificativ pozitivă din punct de vedere statistic la concentrația medie și maximă de zinc aplicată. Din analiza regresiei liniare simple calculate ( $y=17,13+1,64x$ ), reiese faptul că creșterea cu o unitate a concentrației metalului analizat determină creșterea cu 1,64 unități a substanței uscate în frunzele de porumb ale hibridului Ribera, similar hibridului Turda 200.

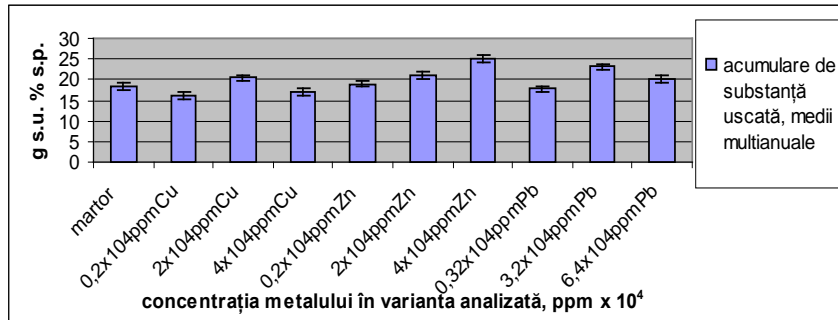


Figura 9. Influența Cu, Zn, Pb asupra acumulării de substanță uscată la frunzele de porumb hibridul Turda 200

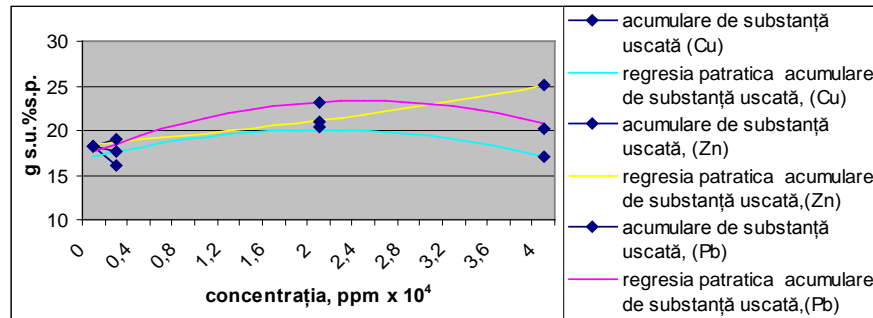


Figura 10. Corelarea dintre concentrația Cu, Zn, Pb și acumularea de substanță uscată la frunzele de porumb, hibridul Turda 200

Rezultatele obținute în cei doi ani de studii sînt în concordanță cu observațiile menționate de sursele bibliografice: efectul metalelor grele asupra acumulării de substanță uscată în frunze sugerează o curbă sigmoidă, caracteristică parametrilor de creștere a plantelor anuale (Dornescu D, Țigănaș L, Băjescu I, 1983). Procesul de acumulare a substanței uscate se caracterizează prin creșteri foarte lente în primele fenofaze de dezvoltare a plantei (de la răsărire pînă la 6-7 frunze, ceea ce corespunde cu prima serie de determinări), după care urmează o perioadă de acumulare intensă a substanței uscate (seria 2-a de determinare, pînă la începutul înspicării). Experimentele realizate au pus în evidență efectul de stimulare a acumulării de substanță uscată în cazul variantelor la care s-a aplicat zinc și plumb, dar creșterea concentrației determină o variabilitate de reacție diferită, sugerînd sensibilitatea fiziologică individuală, fapt semnalat și de Bathory D și colab, 2000. Faptul că în cazul variantelor la care s-a aplicat zinc s-au determinat cele mai semnificative creșteri ale s.u. este explicabil prin mobilitatea crescută a acestui element, comparativ cu Pb și Cu (Alloway, 1990, Ross, 1994) atît în plante cît și în sol, precum și prin accesibilitatea accentuată a acestui microelement pentru plante (Onac, 2005). În cazul variantelor tratate cu cupru, la concentrația cea mai mare aplicată, reducerea efectului acestuia asupra creșterii s.u. în frunze poate fi explicată prin acumularea microelementului în rădăcini, locul preferențial de acumulare al Cu, fapt constatat la plantele de porumb expuse excesului de Cu

(Marschner, 1995). Surse bibliografice arată că din analiza impactului Cu asupra ultrastructurii celulelor se pune în evidență faptul că aceasta este mai puțin afectată, comparativ cu procesele fiziologice ale plantei, ceea ce indică faptul că la *Zea mays* s-a dezvoltat o strategie de rezistență la toxicitatea cuprului (Ouzounidou și colab., 1995).

***Analiza influenței microelementelor cupru, zinc, plumb asupra conținutului de azot total al frunzelor de porumb***

Din analiza globală a rezultatelor celor 2 ani de studiu, testul Anova a vidențiat neomogenitatea variantelor (  $F = 3,499472$  la hibridul Turda 200, respectiv  $F = 3,57618$  la hibridul Ribera, față de  $F$  critic = 2,466266).

**Tabel 6**

Influența Cu, Zn, Pb asupra conținutului de azot total la frunzele de porumb, hibridul **Turda 200**

Varianta	azot total Nt, (% în s.u.)			Dife rența față de martor	% față de martor	Sem nifi cația	r	R <sup>2</sup>	ecuația	
	medii multianuale		media gene rală							
	2006	2007								
martor	3,17	2,33	2,75	0	100					
V <sub>1</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmCu	3,02	2,29	2,65	-0,10	96,539	-	-0,978	0,997	y = 2,73- 0,3x+ 0,03x <sup>2</sup>	y = 2,69 - 0,17x
V <sub>2</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmCu	2,55	2,00	2,27	-0,48	82,696	oo				
V <sub>3</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmCu	2,33	1,80	2,07	-0,68	75,228	ooo				
V <sub>4</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmZn	3,27	2,16	2,71	-0,03	98,816	-	-0,949	0,997	y = 2,77- 0,47x+ 0,07x <sup>2</sup>	y = 2,7 - 0,21x
V <sub>5</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmZn	2,62	1,59	2,10	-0,65	76,503	ooo				
V <sub>6</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmZn	2,51	1,44	1,97	-0,77	71,858	ooo				
V <sub>7</sub> : 0,32x10 <sup>4</sup> ppmPb	2,98	2,07	2,53	-0,22	91,985	-	-0,967	0,970	y = 2,67- 0,21x+ 0,02x <sup>2</sup>	y = 2,64 - 0,1x
V <sub>8</sub> : 3,2x10 <sup>4</sup> ppmPb	2,65	1,69	2,17	-0,58	78,962	ooo				
V <sub>9</sub> : 6,4x10 <sup>4</sup> ppmPb	2,42	1,42	1,92	-0,71	69,945	ooo				

La hibridul **Turda 200** ( Tabel 6, Fig. 11,12) se remarcă faptul că efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb asupra conținutului de azot total în frunzele de porumb se manifestă prin scăderea conținutului de azot total în frunză, prin reducerea absorbției ionului amoniu, datorită interacțiunii metalelor grele cu ATP-aza și oxidoreductaza membranei plasmatică, responsabile cu menținerea gradientului electrochimic cu rol în absorbția activă a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> și scăderii asimilației ionului amoniu prin reducerea activității glutaminsintetazei și glutamat dehidrogenazei (Burzynski și Buczek,1998, citați de Onac, 2005).

Efectul de scădere al acumulării de azot total în frunzele de porumb, comparativ cu martorul, se remarcă de la cele mai mici concentrații ale metalelor Cu, Zn, Pb, scăderea cea mai accentuată înregistrându-se la variantele la care s-a aplicat plumb în concentrația de 0,32x10<sup>4</sup> ppm. Totuși, reducerea conținutului de azot în frunze la cea mai mică concentrație a metalelor cupru, zinc, plumb aplicată este nesemnificativă din punct de vedere statistic comparativ cu martorul. La concentrația medie a metalelor (0,2 x 10<sup>4</sup> ppm Cu, Zn și 0,32 x 10<sup>4</sup> ppm Pb), scăderea conținutului de azot total în frunze este foarte semnificativă comparativ cu martorul la variantele la care s-a aplicat zinc și plumb și distinct semnificativă la variantele la care s-a aplicat cupru. La concentrația maximă a metalelor, scăderea conținutului de azot total din frunză este foarte semnificativă comparativ cu martorul, la toate variantele analizate.

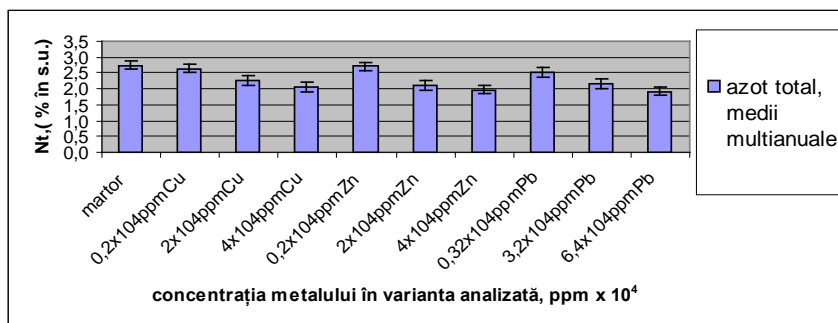


Figura 11. Influența Cu, Zn, Pb asupra conținutului de azot total la frunzele de porumb hibridul Turda 200

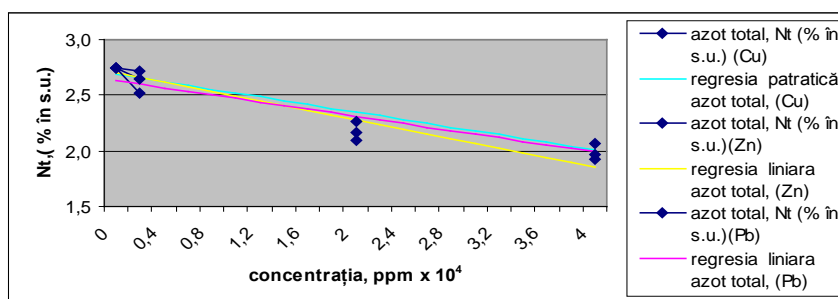


Figura 12. Corelația dintre concentrația Cu,Zn,Pb și conținutul de azot total în frunzele de porumb, hibrid Turda 200

Cea mai mare corelație între concentrația metalului și scăderea conținutului de azot total în frunzele de porumb hibridul Turda 200 a fost determinată în cazul variantelor tratate cu cupru, urmat de zinc și plumb, Creșterea cu o unitate a concentrației metalelor analizate determină scăderea cu 0,1 - 0,17 unități a conținutului de azot total în frunzele de porumb ale hibridului Turda 200.

**Hibridul Ribera** are un comportament similar privind conținutul de azot total în frunze, celui înregistrat la hibridul Turda 200. Pentru acest hibrid, creșterea cu o unitate a concentrației metalelor analizate determină scăderea cu 0,11 - 0,1725 unități a conținutului de azot total în frunzele de porumb, mai mult decât la hibridului Turda 200.

În cazul variantelor la care s-a aplicat plumb, corelarea mai redusă între concentrația Pb și conținutul de azot total în frunză, comparativ cu cea determinată în cazul Zn, se datorează posibil instalării unui proces de excludere parțială din frunze sau din întreaga plantă a Pb, peretele celular avînd un rol decisiv în acest proces (Verkleij și Schat, 1990, citat de Onac, 2005).

#### ***Analiza influenței microelementelor cupru, zinc, plumb asupra conținutului de fosfor în frunzele de porumb***

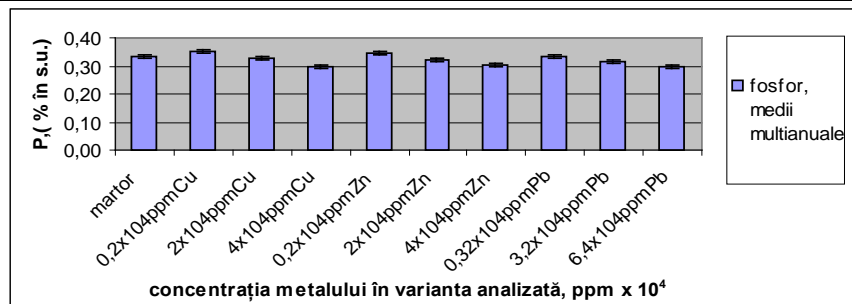
În analiza globală a rezultatelor celor 2 ani de studiu, testul Anova a evidențiat neomogenitatea variantelor (  $F = 2,22493$  la hibridul Turda 200, respectiv  $F = 11,09653$  la hibridul Ribera, față de  $F$  critic =  $2,466266$ ). La **hibridul Turda 200** (Tabel 7, Figura 13,14) efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb aplicate foliar în concentrație de 0,2; 2; 4 x 10<sup>4</sup>ppm la Zn și Cu, respectiv 0,31, 3,2 și 6,4 x 10<sup>4</sup> ppm la plumb, asupra conținutului fosfor în frunză se manifestă prin scăderea acestuia concomitent cu creșterea concentrației metalului.

Reducerea acumulării de fosfor în frunzele de porumb, comparativ cu martorul, se remarcă începînd cu concentrațiile medii ale metalelor zinc și plumb aplicate (2 x 10<sup>4</sup>ppm Zn și 3,2 x 10<sup>4</sup>ppm Pb), scăderea cea mai accentuată înregistrîndu-se la variantele la care s-

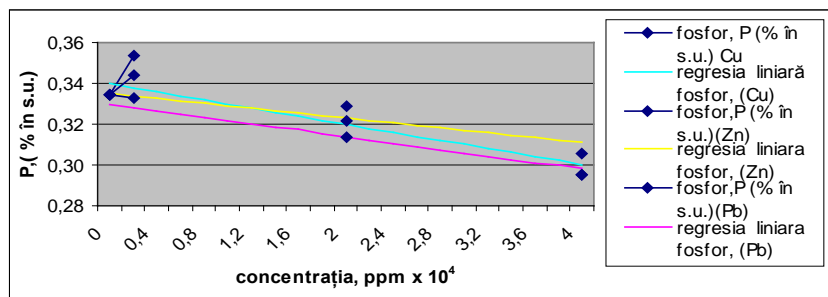
au aplicat concentrațiile maxime ale metalelor analizate. La concentrația medie ( $2 \times 10^4$  ppm) de cupru aplicat, conținutul de fosfor în frunză este comparabil cu cel existent la martor. La cea mai mică concentrație a metalelor se remarcă un efect de stimulare a acumulării de fosfor în frunze, dar acesta este nesemnificativ din punct de vedere statistic comparativ cu martorul în cazul efectului zincului și plumbului și distinct semnificativă în cazul efectului cuprului.

*Tabel 7.* Influența Cu, Zn, Pb asupra conținutului de fosfor în frunzele de porumb hibridul **Turda 200**

Varianta	fosfor P, (% în s.u.)		Media Generală	Diferența față de martor	% față de martor	Semnificația	r	R <sup>2</sup>	ecuația	
	medii multianuale									
	2006	2007								
martor	0,40	0,27	0,33	0	100,00					
V <sub>1</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmCu	0,43	0,28	0,35	0,02	105,53	xx	-0,871	0,846	y=0,34+0,003x-0,003x <sup>2</sup>	y=0,34-0,01x
V <sub>2</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmCu	0,42	0,24	0,33	-0,01	98,13	-				
V <sub>3</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmCu	0,40	0,20	0,30	-0,04	88,27	ooo				
V <sub>4</sub> :0,2x10 <sup>4</sup> ppmZn	0,42	0,27	0,34	0,01	102,76	-	-0,928	0,863	y=0,335-0,008x+0,0003x <sup>2</sup>	y=0,34-0,006x
V <sub>5</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmZn	0,40	0,24	0,32	-0,01	96,19	-				
V <sub>6</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmZn	0,39	0,22	0,31	-0,03	91,26	ooo				
V <sub>7</sub> : 0,32x10 <sup>4</sup> ppmPb	0,39	0,28	0,33	0,00	99,48	-	-0,983	0,995	y=0,33-0,008x+0,0005x <sup>2</sup>	y=0,33-0,005x
V <sub>8</sub> : 3,2x10 <sup>4</sup> ppmPb	0,38	0,25	0,31	-0,02	93,73	oo				
V <sub>9</sub> : 6,4x10 <sup>4</sup> ppmPb	0,36	0,23	0,30	-0,04	88,20	ooo				



*Figura 13.* Influența Cu, Zn, Pb asupra conținutului de fosfor în frunzele de porumb hibridul **Turda 200**



*Figura 14.* Corelația dintre concentrația Cu,Zn,Pb și conținutul de fosfor în frunzele de porumb, hibrid **Turda 200**

Cea mai mare corelație între concentrația metalului și scăderea conținutului de fosfor în frunzele de porumb hibridul Turda 200 a fost determinată în cazul variantelor tratate cu plumb și zinc, care inducă scăderea în medie cu 0,005 (în cazul plumbului), respectiv 0,006 unități (în cazul zincului) a conținutului de fosfor în frunzele de porumb ale hibridului Turda 200. Și între concentrația cuprului și conținutul de fosfor în frunze există o corelație semnificativ negativă, valoarea coeficientului de corelație fiind mai redusă comparativ cu plumbul și zincul.

*Hibridul Ribera* are un comportament similar privind conținutul de fosfor în frunze, celui înregistrat la hibridul Turda 200, adică creșterea concentrației metalelor aplicate determină scăderea conținutului de fosfor în frunze în medie cu 0,008 unități, diferențele față de martor fiind mai mari decât cele înregistrate la hibridul Turda 200.

Evaluând conținutul de fosfor în frunză comparativ în cei doi ani, se constată că în condițiile anului 2007 acesta a fost mai redus decât în 2006, atât la martor (0,42 % P în s.u. în 2006 și 0,35% P în s.u. în 2007) cât și la variantele experimentale. Scăderea conținutului de fosfor în frunze a fost mai accentuată în 2007 iar la determinările efectuate la seria a 2-a ( 18 zile de la aplicarea metalelor, fenofaza de 6-8 frunze) conținutul de fosfor în frunze a fost mai redus decât la prima serie de determinare.

Rezultatele obținute confirmă observațiile altor cercetări (Dornescu D, Țigănaș L, Băjescu I.-1983, Dragoș M., 2001). Ritmurile de absorbție a fosforului sînt diferite, funcție de fazele de dezvoltare, fiind mai ridicate în fenofazele timpurii, caracterizate prin creșteri vegetative cu ritmuri accelerate dar cantitățile de fosfor acumulat în plantă sînt în general de 10 ori mai mici decât cele de azot (Dornescu D, Țigănaș L, Băjescu I.-1983). Scăderea cantității de fosfor în organele aeriene ale porumbului de-a lungul perioadei de vegetație se datorează faptului că în primele etape de vegetație metabolismul celular este mult mai intens; (Radovicu E.M., Tomulescu I.M., Merca V., 2004). Condițiile pedoclimatice influențează acumularea de fosfor : poate apare un dezechilibru nutrițional (mai ales în cazul nutriției cu zinc) în primăverile reci și umede, dacă regimul de fosfatate a solului este ridicat.

#### ***Analiza influenței microelementelor cupru, zinc, plumb asupra nutriției minerale prin determinarea conținutului de potasiu în frunzele de porumb***

În analiza rezultatelor globale ale celor 2 ani de studiu, testul Anova a evidențiat neomogenitatea variantelor (  $F = 4,428103$  la hibridul Turda 200, respectiv  $F = 9,384714$  la hibridul Ribera, față de  $F$  critic = 2,466266).

Din analiza rezultatelor obținute ( Tabel 8, Figura 15, 16) se remarcă faptul că la hibridul **Turda 200** efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb aplicate foliar în concentrație de 0,2; 2;  $4 \times 10^4$  ppm la Zn și Cu , respectiv 0,32, 3,2 și  $6,4 \times 10^4$  ppm la plumb, asupra conținutului de potasiu în frunză se manifestă prin scăderea acestuia concomitent cu creșterea concentrației metalului.

La cele mai mici concentrații de cupru și plumb, se constată o creștere a conținutului de potasiu în frunze, semnificativ pozitivă față de martor doar în cazul cuprului. Diminuarea conținutului de potasiu în frunză este distinct și foarte semnificativă față de martor începînd cu concentrația medie a metalelor aplicate foliar- cu excepția zincului, la care diferența este ne semnificativă- și se accentuează la concentrația maximă a metalelor.

Semnificațiile prezentate anterior privind efectul Cu,Zn,Pb la cele trei concentrații aplicate sînt susținute de coeficienții de corelație ce ilustrează relația dintre concentrațiile acestor metale și conținutul de potasiu din frunze.

Tabel 8. Influența Cu, Zn, Pb asupra conținutului de potasiu în frunzele de porumb -Turda  
200

Varianta	potasiu K, (% în s.u.)		Diferența față de martor	% față de martor	Semnificația	r	R <sup>2</sup>	ecuația		
	medii multianuale									
	2006	2007								
martor	2,56	2,27	2,41	0	100,00					
V <sub>1</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmCu	2,96	2,59	2,77	0,36	114,9	xxx	-0,885	0,783	y=2,59-0,16x-0,002x <sup>2</sup>	y=2,59-0,16x
V <sub>2</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmCu	2,67	1,80	2,23	-0,18	92,54	-				
V <sub>3</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmCu	2,20	1,68	1,94	-0,47	80,41	ooo				
V <sub>4</sub> : 0,2x10 <sup>4</sup> ppmZn	2,49	1,81	2,15	-0,27	89,02	oo	-0,715	0,555	y=2,29+0,0007x-0,017x <sup>2</sup>	y=2,31-0,06x
V <sub>5</sub> : 2x10 <sup>4</sup> ppmZn	2,75	1,77	2,26	-0,15	93,58	-				
V <sub>6</sub> : 4x10 <sup>4</sup> ppmZn	2,48	1,59	2,03	-0,38	84,25	ooo				
V <sub>7</sub> : 0,32x10 <sup>4</sup> ppmPb	2,74	2,28	2,51	0,10	103,9	-	-0,983	0,966	y=2,47-0,11x+0,001x <sup>2</sup>	y=2,47-0,10x
V <sub>8</sub> : 3,2x10 <sup>4</sup> ppmPb	2,36	1,89	2,12	-0,29	87,88	oo				
V <sub>9</sub> : 6,4x10 <sup>4</sup> ppmPb	2,11	1,56	1,83	-0,58	75,96	ooo				

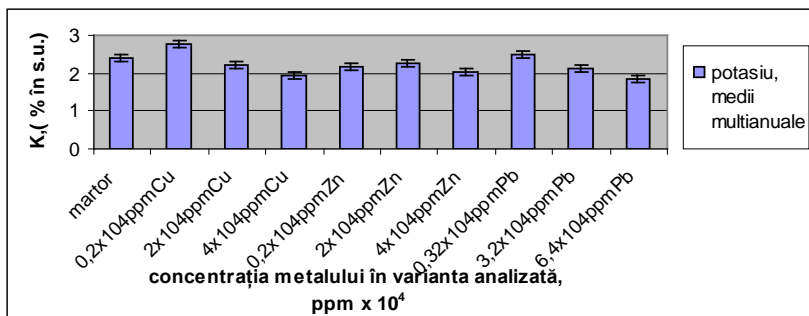


Figura 15. Influența Cu, Zn, Pb asupra conținutului de potasiu în frunzele de porumb hibridul Turda 200

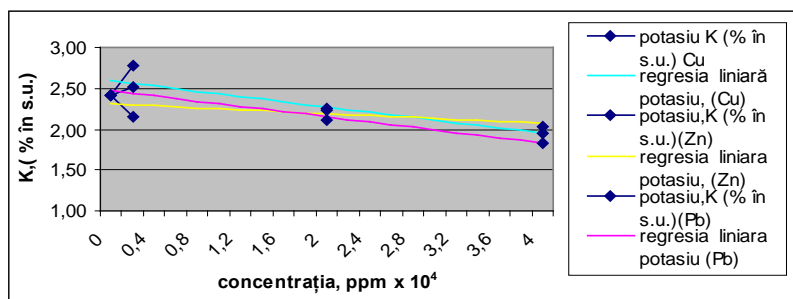


Figura 26. Corelația dintre concentrația Cu, Zn, Pb și conținutul de potasiu în frunzele de porumb, hibrid Turda 200

Cea mai mare corelație între concentrația metalului și scăderea conținutului de potasiu în frunzele de porumb hibridul Turda 200 a fost determinată în cazul variantelor tratate cu plumb și cupru. Din analiza regresiei liniare, reiese faptul că creșterea cu o unitate a concentrației metalelor analizate determină scăderea în medie cu 0,10 (în cazul plumbului), respectiv 0,16 unități (în cazul cuprului) a conținutului de potasiu în frunzele de porumb ale



hibridului Turda 200. Și între concentrația zincului și conținutul de potasiu în frunze există o corelație semnificativ negativă, valoarea coeficientului de corelație fiind însă mai redusă, ceea ce demonstrează faptul ca scăderea conținutului de potasiu din frunză este mult influențată de alți factori, diferiți de concentrația de zinc aplicată.

La hibridul **Ribera**, efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb aplicate asupra conținutului de potasiu în frunză se manifestă similar hibridului Turda 200, adică prin scăderea acestuia concomitent cu creșterea concentrației metalului, în medie cu 0,085 (în cazul efectului plumbului), respectiv 0,07 unități (în cazul zincului) și 0,12 unități (în cazul cuprului).

Explicația variabilității mai mari a conținutului de potasiu din frunză comparativ cu azotul și fosforul poate fi datorată (Sanità di Toppi, Gabbrielli, 1999; Schat, 1999) p robabil acumulării fitochelatinelor –compuși chelatici capabili să lege cationii metalici, ca mecanism de apărare a plantelor împotriva concentrației toxice ale ionilor metalici. Se consideră că fitochelatinele au rol în menținerea homeostaziei metalice celulare și sînt implicate în crearea și/sau creșterea toleranței față de diferite metale, sinteza lor fiind indusă de o serie de metale:  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , (Sanità di Toppi, Gabbrielli, 1999).

### **CONCLUZII**

Cercetările efectuate privind influența poluanților atmosferici - metale grele– asupra unor procese fiziologice la *Zea mays*, la hibridul Turda 200 și Ribera, în condițiile de dezvoltare a plantelor în câmp, pun în evidență manifestări specifice ale efectului cuprului, zincului, plumbului translocate în plantă pe cale aerului. Spre deosebire de alte abordări ale acestui subiect, lucrarea prezentă are în vedere cercetarea efectuată în condiții reale, în care planta este supusă acțiunii unor concentrații cunoscute ale poluanților: metale grele. Considerînd tratarea acestui aspect prin abordarea problematicii analizate din prisma cercetării aplicative, doar un început pentru cercetări viitoare, subliniem următoarele concluzii:

#### ***I. Cu privire la aspecte ale stării mediului în județul Satu Mare- aprecieri globale privind problematica protecției mediului în județul Satu Mare.***

1. Structura generală a Sistemului de monitoring integrat al mediului în România trebuie implementată pentru toate subsistemele, inclusiv pentru monitorizarea integrată a agroecosistemelor.
2. Aportul poluanților atmosferici : metale grele-Cu, Zn, Pb-în judeșul Satu Mare se datorează surselor fixe de poluare situate preponderent în afara județului, precum și traficului rutier.
3. Zonele cele mai afectate de precipitații cu conținut de metale grele: cupru, zinc, plumb, sînt: Livada, Bervenii, Valea Vinului
4. Dintre metalele analizate, concentrațiile în apa de precipitații sînt :  $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$

#### ***II. Cu privire la rezultatele cercetării***

##### ***A. Influența poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra umidității totale la frunzele de porumb***

1. Creșterea concentrației metalelor: cupru, zinc, plumb aplicate foliar determină scăderea umidității totale a frunzelor de porumb
2. Cea mai mare corelare (semnificativ negativă) între concentrația metalelor și umiditatea frunzelor de porumb s-a determinat în cazul zincului.
3. Comparativ cu martorul, metalele grele Cu, Pb determină o creștere a umidității totale a frunzelor de porumb, la cele mai mici concentrații aplicate.

4. Zincul determină cele mai semnificative modificări ale umidității totale a frunzelor de porumb.
5. Hibridul Ribera este mai rezistent la secetă comparativ cu Turda 200.
6. Coeficienți de determinare / corelație dintre concentrația metalelor și umiditatea totală au valori mai ridicate la hibridul Turda 200 comparativ cu Ribera, ceea ce arată sensibilitatea mai mare a hibridului Turda 200 la efectul metalelor grele asupra umidității totale.
7. Efectul metalelor analizate asupra indicatorului fiziologic: umiditate totală se manifestă descrescător, în ordinea:  $Zn > Pb > Cu$ .

***B. Influența poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra intensității transpirației frunzelor de porumb:***

1. Aplicarea foliară a metalelor grele cupru, zinc, plumb induce o creștere a intensității transpirației comparativ cu martorul.
2. Metalele cupru, zinc, plumb determină creșterea intensității transpirației a frunzelor de porumb cu o rată mai ridicată comparativ cu martorul, la concentrațiile medii ( $2 \times 10^4$  ppm Cu, Zn;  $3,2 \times 10^4$  ppm Pb) și maxime ale metalelor analizate ( $4 \times 10^4$  ppm Cu, Zn;  $6,4 \times 10^4$  ppm Pb).
3. Creșterea intensității transpirației este semnificativă și foarte semnificativă la toate variantele supuse acțiunii cuprului și zincului la concentrațiile minime ( $0,2 \times 10^4$  ppm Cu, Zn) și medii ( $2 \times 10^4$  ppm Cu, Zn) ale metalelor.
4. La cele mai mari concentrații ale metalelor ( $4 \times 10^4$  ppm Cu, Zn și  $6,4 \times 10^4$  ppm Pb) se constată că intensitatea transpirației frunzelor de porumb scade, comparativ cu cea înregistrată la variantele supuse acțiunii metalelor la concentrațiile minime și medii, dar rămâne semnificativ superioară martorului..
5. Sub acțiunea plumbului absorbit foliar, crește intensitatea transpirației frunzelor de porumb, dar creșterea este nesemnificativă comparativ cu martorul.
6. Dintre metalele analizate absorbite foliar, cuprul a avut efectul cel mai semnificativ asupra intensității transpirației, după care zincul și plumbul.
7. Dinamica intensității transpirației frunzelor de porumb după acțiunea punctuală a poluanților: metale grele Cu, Zn transferate plantei pe calea aerului, pe parcursul fenofazelor de creștere și dezvoltare la care s-au efectuat determinările, înregistrează o scădere progresivă din momentul impactului cuprului și zincului, în timp ce efectul plumbului este mai tardiv .
8. Soiul Ribera este mai sensibil la efectul metalelor grele asupra intensității transpirației comparativ cu hibridul Turda 200.

***C. Influența poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra acumulării de substanță uscată în frunzele de porumb***

1. Metalele grele Zn, Pb absorbite foliar la concentrații crescânde determină stimularea acumulării de substanță uscată în frunzele de porumb.
2. Cea mai mare corelare între concentrația metalelor și substanța uscată în frunzele de porumb s-a determinat în cazul zincului și plumbului.
3. Zincul determină cele mai semnificative creșteri a substanței uscate în frunzele de porumb, la toate concentrațiile analizate.
4. Efectele zincului asupra acumulării de substanță uscată în frunzele de porumb sînt mai puțin dependente de condițiile meteo specifice, comparativ cu plumbul și cuprul.

5. Efectul plumbului asupra intensificării acumulării de substanță uscată în frunze se manifestă cu predilecție începînd cu concentrația medie ( $3,2 \times 10^4$  ppm Pb) aplicată. Continuarea creșterii concentrației acestui metal determină o rată mai redusă a intensificării acumulării de substanță uscată în frunze.
6. Corelația între concentrația cuprului și conținutul de substanță uscată în frunze este redusă.
7. Cuprul absorbit foliar la concentrația aplicată de  $2 \times 10^4$  ppm are ca efect intensificarea semnificativă a acumulării de substanță uscată.
8. La concentrația cea mai mică ( $0,2 \times 10^4$  ppm) și cea mai mare ( $4 \times 10^4$  ppm), cuprul determină reducerea acumulării de substanță uscată.
9. Hibridul Ribera este mai sensibil la acțiunea metalelor grele asupra acumulării de substanță uscată, comparativ cu Turda 200.

***D. Influența poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra conținutului de azot total în frunzele de porumb***

1. Cuprul administrat în concentrații crescînde determină scăderea proporțional semnificativă a conținutului de azot total în frunze, în medie cu 0,17 unități (Turda 200)-0,22 unități (Ribera) pentru fiecare unitate a concentrației de cupru aplicat foliar.
2. Creșterea concentrației de zinc aplicat foliar are ca efect reducerea foarte semnificativă a conținutului de azot total în frunze, comparativ cu martorul, în medie cu 0,21 unități (Turda 200)-0,25 unități (Ribera) pentru fiecare unitate a concentrației de zinc aplicat foliar.
3. Plumbul determină scăderea conținutului de azot total în frunză, concomitent cu creșterea concentrației, cu 0,1 (Turda 200)-0,11 (Ribera) unități pentru fiecare unitate a concentrației de plumb aplicat foliar.
4. Efectul toxic al metalelor asupra conținutului de azot total din frunzele de porumb este mai crescut la zinc și cupru, în comparație cu plumbul.
5. Sub influența microelementelor cupru, zinc, plumb, dinamica azotului în frunzele de porumb înregistrează o scădere treptată dinspre fenofaza de 4-6 frunze spre cea de 8-10 frunze, similar martorului și în acord cu necesitățile fiziologice ale plantei.
6. La toate variantele analizate, concentrația azotului total din frunză la 18 zile de la impactul metalelor grele asupra plantei, se încadrează în domeniul scăzut de aprovizionare cu acest macroelement.
7. Hibridul Ribera este mai sensibil decît hibridul Turda 200 la acțiunea toxică a metalelor grele Cu, Zn, Pb asupra conținutului de azot total în frunză.

***E. Influența poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra conținutului de fosfor în frunzele de porumb***

1. Toate metalele analizate: cupru, zinc, plumb-determină o reducere a conținutului de fosfor în frunză concomitent cu creșterea concentrației metalului aplicat.
2. La cea mai mică concentrație a cuprului și zincului aplicat foliar se remarcă o stimulare a acumulării de fosfor în frunză, mai puternică în cazul cuprului.
3. Plumbul are efect inhibitor asupra conținutului de fosfor total din frunze la toate concentrațiile aplicate, determinînd în medie scăderea conținutului de fosfor în frunze în medie cu 0,005 (Turda 200)-0,008 (Ribera) unități pentru fiecare unitate a concentrației de plumb aplicat foliar.
4. Zincul manifestă efect toxic mai redus asupra conținutului de fosfor în frunze, comparativ cu plumbul și cuprul.

5. Conținutul de fosfor în frunze scade pe măsură ce planta înaintează în vegetație: dinamica conținutului de fosfor în frunzele de porumb înregistrează o scădere treptată dinspre fenofaza de 4-6 frunze spre fenofaza de 8-10 frunze.
6. Efectul toxic al metalelor analizate exprimat prin reducerea conținutului de fosfor în frunze se manifestă în ordinea : Pb> Cu> Zn
7. Comparativ cu hibridul Turda 200, hibridul Ribera este mai sensibil la efectul metalelor grele asupra conținutului de fosfor în frunze
8. Efectul metalelor grele Cu, Zn,Pb, aplicate foliar, asupra conținutului de fosfor în frunzele de porumb este amplificat în cazul unor condiții de mediu extreme, situație în care coeficienții de corelație cu concentrația metalelor aplicate au valori mai mici

***F. Influența poluanților atmosferici-Cu, Zn, Pb- asupra conținutului de potasiu în frunzele de porumb***

1. Toate metalele determină o reducere a concentrației potasiului din frunză, odată cu creșterea concentrației metalelor aplicate
2. Efectul toxic al metalelor asupra conținutului de potasiu din frunzele de porumb este mai crescut la plumb în comparație cu cuprul și zincul
3. Efectul cuprului și plumbului asupra cantității de potasiu din frunzele de porumb se manifestă la concentrația cea mai mică aplicată, prin stimularea acumulării potasiului în frunze
4. Zincul manifestă efect toxic mai redus asupra conținutului de potasiu în frunze, comparativ cu plumbul și cuprul
5. Zincul are efect inhibitor asupra conținutului de fosfor total din frunze la toate concentrațiile aplicate foliar
6. În perioadele cu temperaturi mai ridicate și umiditate mai scăzută a mediului (2007), factorii de mediu au o influență mai mare asupra acumulării potasiului în frunze, corelația dintre concentrația metalelor aplicate și conținutul de potasiu în frunze fiind mai redusă
7. Efectul metalelor grele Cu, Zn, Pb aplicate foliar asupra conținutului de potasiu din frunze se atenuază pe măsura înaintării în vegetație a plantei
8. Hibridul Ribera este mai sensibil decât hibridul Turda 200 la acțiunea metalelor Cu, Zn, Pb asupra conținutului de potasiu din frunze

**BIBLIOGRAFIE**

1. Alloway BJ, 1990 *The origin of heavy metals in soil*, in: Alloway, BJ(Ed) *Heavy metals in soil*, Blackie, London; Wiley, New York: 29-39
2. Atanasiu L, 1984 *Ecofiziologia plantelor* Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 218-225
3. Bathory D, Keul M, Bercea V, 2000, *Reacții fiziologice ale plantulelor de porumb Zea mays L. sub influența Pb* în „Contribuții botanice I 2000,” Univ. Babeș Bolyai, Cluj Napoca, Grădina Botanică Al.Borza, :111-121
4. Băjescu I., Țigănaș L., Dornescu D., 1983: *Cercetări asupra acumulării elementelor nutritive în partea aeriană a plantelor de porumb II. Dinamica acumulării microelementelor Zn, Cu, Mn, Fe*; Analele Institutului de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, vol. XLV, :33-49

5. Cumpătă, Simona-Diana, Beceanu D. *Conținutul în metale grele din legume și fructe. Factori de influență și aspecte legislative*: www.Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară "Ion Ionescu de la Brad" Iași, 2007
6. Dobrotă C, Yamashita M, 1999 *Creșterea și dezvoltarea plantelor*, Casa de editură Gloria, :129-182
7. Dragoș M, 2001 *Cercetări privind influența poluanților asupra unor procese fiziologice la plantele de cultură*, teză de doctorat, UBB Cluj Napoca, Fac.de Biol.Geol.
8. Dragoș-Fărăgău M, Gâdea Ș, 2000 *Influența metalelor grele asupra conținutului în azot total la porumb*, Lucr. Simp. „Agricultură și alimentație-prezent și perspectivă”, Univ. St.Agric. Med. Veter. Cluj Napoca, 1:39-44
9. Ernst WHO, 1998, *Effects of heavy metals in plants at the cellular and organismic level*, in Ecotoxicology, Schuurmann G, Markert (Eds), John Wiley & Sons Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, Weinheim, 587-621
10. Greger M, 2004 *Metal availability, uptake, transport and acumulation in plants*, in: Heavy metals stress on plants. From biomolecules to ecosystems, Prasad MNV (Ed), Springer Verlag, 1-27
11. Kabata-Pendias A, 2000, *Trace elements in soil and plants* CRC Press LLC Florida, USA
12. Lăcătușu R, Răuță C, Cârstea S, Ghelase I, 1996, *Soil –plant –man relationships in heavy metal polluted areas in România*, Appl. Geochem., 11: 105-107
13. Marschner H, 1995, *Mineral nutrition of higher plants*, Academic press, London, 120-135
14. Mehra A, Farago ME, 1994 *Metal ions and plant nutrition*, in Farago ME (Ed), Plants and the chemical elements, VCH Neitrein, New York: 31-67
15. Mereuță, R., Dobrotă, C., 2008, *Influence of heavy metals contained in simulated rainfall on water status yeld components of maize plants (cv.Turda 200)*, Studia Univ. Babeș-Bolyai, Biol, 53(2):91-99
16. Muntean, Vasile H : *Cercetări privind chimismul metalelor grele Pb, Cd, Cu, Zn în soluri degradate prin poluare*-Teză doctorat, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Cluj Napoca, 2003
17. Onac S, 2005 *Cercetări privind influența unor metale grele din haldele de steril din zona Cavnic asupra unor procese fiziologice la plante* Doctorat Univ. Babeș Bolyai Cluj Napoca, Fac. de Biologie și Geologie: 24-45
18. Ouzounidou G, Ciamparova M, Moustakas M, Karataglis S, 1995 *Responses of mayze (Zea mays L) planzs to copper stress. I. Growth, miberal content and ultrastructure of roots*, Environ. Exp. Bot., 35: 167-176
19. Podar D, 2004, *Influența metalelor grele asupra indicilor fiziologici la unele specii de plante cu importanță în fitoremediere*, Univ. Babeș-Bolyai Cluj Napoca, Teza de doctorat
20. Răuță Corneliu, Chiriac Aurelia: *Metodologie de analiză a plantelor pentru evaluarea stării de nutriție minerală*: Academia de Științe Agricole și Silvici, Institutul de Cercetare pentru Pedologie și Asgrochimie, București, 1980)

21. Radoviciu EM, Tuduca AD, Tomulescu IM, 2003 *Influența microelementelor mangan și zinc asupra acumulării de substanță uscată la unele soiuri de porumb*, Analele Univ.Oradea, Tom X :293-299
22. Ross Sheila M, 1994 *Sources and forms of potentially toxic metals in soil-plant system* , in Toxic Metals in Soil-Plant Systems, John Wiley & Sons, Chichester –New York-Brisbane-Singapore:3-27
23. Sanita din Toppi L, Gabrielli R,1999 *Response to cadmium in higher plants*, Environ.AND Experiment .Bot. , 41: 105-130
24. Taiz L, Zeiger E, 2002 *Plant physiology*. 3<sup>rd</sup> Edition, Sinauer Associates Inc. Publisçer, Sunderland, Massachusetts, USA, 690
25. Tomulescu IM , Radoviciu EM, Merca V, 2004, *Influența Cu și Zn asupra conținutului de azot la frunzele de porumb (Turda 200)* în Bul. Soc.Naț.de Biol. Cel., secț. Biologie Vegetală, 2004:226-228
26. Trifu M, 1997, *Rolul fiziologic al elementelor minerale în plante*, în Fiziologia plantelor, Trifu M și Bărbat I (Eds), Ed. Viitorul Românesc, București, 118-177
27. Verkleij JAC, Schat H, 1990 *Mechanism of metal tolerance in higher plants* , in Schaw, J.(Ed) , Evolutionary Aspets of Heavy Metal Tolerance in Plants, CRS Press, New York:179-193
28. Weckx JEJ, Clijsters MM, 1996, *Oxidative damage and defence mechanisms in primary leaves of Phaseolus vulgaris as a result of root assimilation of toxic amounts of copper*, Physiol. Plant, 63: 192-200