



ACADEMIA OAMENILOR DE ȘTIINȚĂ DIN ROMÂNIA

Raport de cercetare științifică nr.1

Director de Proiect:

Prof. Dr. Ing. Andronescu Ecaterina

Cercetător:

Chim. drd. Ilie Cornelia-Ioana

IULIE 2019



ACADEMIA OAMENILOR DE ȘTIINȚĂ DIN ROMÂNIA

Evaluarea riscului de bioacumulare a compușilor toxici la nivelul plantelor

Director de Proiect:

Prof. Dr. Ing. Andronescu Ecaterina

Cercetător:

Chim. drd. Ilie Cornelia-Ioana

IULIE 2019

Cuprins

Introducere.....	2
2. Poluarea apei.....	5
3. Efectele compușilor toxici asupra plantelor, animalelor și omului	8
3.1. Pesticidele	8
3.1.1. Beneficiile pesticidelor	11
3.1.2. Riscurile utilizării pesticidelor	12
3.1.3. Efectele pesticidelor asupra sănătății umane	14
3.2. Metalele grele	20
3.2.1. Riscurile utilizării metalelor grele.....	20
3.2.2. Efectele metalelor grele asupra sănătății umane	25
Concluzii	26
Bibliografie.....	27

Introducere

Poluarea solurilor și a apelor reprezintă o provocare globală , iar efectele devastatoare ale contaminării mediului înconjurător de până acum impun aplicarea unor strategii, de actualitate, care să fie în concordanță cu industria și impactul omului asupra mediului, respectiv cu efectele asupra sănătății a miliardelor de oameni.

Metodele folosite în agricultura actuală includ utilizarea pesticidelor, care sunt cunoscute pentru capacitatea lor de a provoca efecte negative asupra sănătății oamenilor, animalelor și implicit asupra mediului înconjurător . Este necesară o abordare strategică pentru reducerea consumului acestor substanțe chimice și implementarea unor practici sustenabile/standarde internaționale ecologice și care prezintă mai puține riscuri pentru sănătatea populației.

Prezenta lucrare este structurată în trei părți, astfel: în primele două părți sunt descrise principalele forme de poluare a solului și a apei, iar în ultima parte sunt prezentate efectele pesticidelor și ale metalelor grele asupra plantelor, animalelor și omului.

1. Poluarea solului

În conformitate cu FAO (Food and Agriculture Organization of United States) și ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soils), poluarea solului se referă la prezența unei substanțe chimice la concentrații mai mari decât cele normale și care are efecte negative asupra oricărui organism nevizat [1].

Mineritul, agricultura și defrișările sunt activități mari consumatoare de energie și în același timp provoacă direct sau indirect poluarea mediului înconjurător [2]. Mineritul produce cantități mari de materiale geologice (roci), care au un conținut semnificativ de metale (plumb, arsen, cadmiu), sulfuri metalice, sulfați și carbonați [2]. Utilizarea pesticidelor în agricultură determină poluarea solului și a apei [2]. Defrișările afectează indirect calitatea terenurilor și a apei prin creșterea eroziunii solului, a transportului de sedimente și a eliminării nutrienților din soluri [2].

Speciile de plante invazive au un impact semnificativ asupra calității terenurilor prin crearea unor condiții toxice pentru alte plante și prin creșterea riscului de incendii [2].

Aceste activități pot afecta salinitatea și aciditatea solului prin eliberarea sau retenția metalelor / sărurilor metalice, producând efecte asupra apelor de suprafață și subterane [2]. Este important să recunoaștem impactul pe care aceste activități îl au asupra mediului înconjurător și este necesar să se realizeze un echilibru între beneficiile economice și sociale, respectiv nevoia de conservare a mediului [2].

Numeroasele activități din sectorul agricol contribuie din ce în ce mai mult la poluarea aerului, solului și a apei, iar în ultima perioadă se pune accent pe efectele negative ale agriculturii convenționale și mai puțin pe soluționarea acestor probleme [3].

Remedierea mediului contaminat (solurile și zonele umede) se poate realiza prin fitoremediere, ce se bazează pe capacitatea anumitor plante de bioacumulare a compușilor toxici [4]. Aceste tipuri de plante au o dezvoltare rapidă, tolerează metalele grele și pot asigura asimilarea prin rădăcini a compușilor prezenți în sol [4]. În plus, pentru a crește biodisponibilitatea și absorbția metalelor se folosesc microorganisme rizosferice sau substanțe chimice [4]. Strategiile de fitoremediere pentru restaurarea solurilor contaminate pot fi realizate prin:

- fitoextracție;

- fitostabilizare;
- fitovolatilizare;
- fitodegradare;
- fitofiltrare;
- fitotransformare/ detoxifiere [4].

Înțelegerea proceselor naturale ale mediului înconjurător și invențiile oamenilor pentru a îmbunătăți supraviețuirea și confortul s-a realizat după ce s-a produs contaminarea și degradarea mediului, al căror ritm a crescut în continuu pe măsură ce populația progresa, mai ales după revoluția industrială din secolul al XVIII-lea [5].

Un dezastru ecologic în istoria americană l-a reprezentat la începutul secolului al XX-lea „The Love Chanel” [5]. A fost construit un canal în scopul generării și furnizării hidroenergiei pentru a satisface cerințele energetice ale zonelor industriale de lângă Cascada Niagara. Proiectul nu a fost finalizat din motive economice, dar situl a fost trasformat într-un depozit de deșeuri chimice, iar după câteva decenii au fost construite locuințe în jurul canalului [5]. În 1977, deșeurile chimice au început să se scurgă în împrejurimile caselor rezultând efecte dezastruoase asupra sănătății populației [5].

La 26 aprilie 1986 s-a produs un accident nuclear catastrofal la centrala nucleară din Cernobîl, Ucraina. Au fost observate în zonele afectate atât efectele acute în momentele imediate tragediei (moartea prin radiație a plantelor și animalelor), cât și efectele pe termen lung (schimbarea biodiversității, anomaliile citogenetice etc.) [5].

Toxicitatea cadmiului este considerată cea mai periculoasă dintre metalele grele, deoarece are mai multe efecte negative asupra microorganismelor, plantelor, sănătății animale și umane [5]. În întreaga lume au fost raportate o serie de incidente de contaminare cu cadmiu, însă un caz extrem de discutat s-a produs în anul 2006 la Fabrica Xianghe, care este situată în apropiere de râul Liuyang [5]. Inițial se producea sulfat de zinc, dar după ce au început să obțină indiu, se genera și cadmiu ca produs secundar [5]. Au fost observate în anul 2009 patologii asociate intoxicației cu cadmiu în rândul locuitorilor din acea regiune [5]. Exemplele pot continua, dar aceste cazuri sunt de ajuns pentru a înțelege efectele devastatoare ale poluării mediului înconjurător și impunerea unor strategii la nivel mondial, de actualitate, care să fie în concordanță cu industria și impactul omului asupra mediului.

2. Poluarea apei

Apa este compusul fundamental pentru supraviețuirea vieții pe pământ, iar proprietățile sale fizico-chimice sunt factorul cheie pentru metabolismul biochimic al oricărei forme de viață [6].

Aproximativ 97,5% din suprafața pământului este apă, dar pentru consumul uman este disponibilă doar 2,5 %, restul cantității de apă fiind în oceane și este prea sărată pentru consum. Cea mai mare parte a apei dulci disponibile pe pământ este înghețată, iar distribuția globală a apei este prezentată în tabelul 1 [6].

Tabel 1. Distribuția globală a apei

Tipul de apă		Cantitatea (%)
apă totală		97,5
apă dulce		<u>2,5</u>
	ghețari	68,7
	ape subterane	30,1
	ape înghețate permanent	0,8
	<u>apa de suprafață și atmosferică</u>	<u>0,4</u>
	lacuri de apă dulce	67,4
	averse (ploaie)	8,5
	umiditatea solului	12,2
râuri	1,6	
atmosferă	9,5	
plante și animale	0,8	

Poluarea apelor este o provocare globală care a crescut atât în țările dezvoltate, cât și în cele în curs de dezvoltare, compromițând creșterea economică, precum și sănătatea fizică și ecologică a miliardelor de oameni [7]. În ultima perioadă, atenția globală s-a îndreptat spre cantitatea de apă, chiar dacă eficiența utilizării apei și gestionarea deficitară a apelor uzate au creat probleme în ceea ce privește calitatea apei [7]. Scăderea globală a cantității de apă nu este cauzată doar de lipsa resurselor, ci și de deteriorarea calității apei în multe țări, reducând astfel cantitatea de apă care poate fi folosită în siguranță [7].

Așezările umane, industriile și agricultura sunt principalele surse de poluare ale apei. La nivel mondial, circa 80% din apele reziduale sunt deversate în apele de suprafață, iar industria este responsabilă pentru eliminarea cantităților uriașe de metale grele, solvenți și alte deșeuri [7]. Agricultura joacă și ea un rol major în poluarea apei datorită utilizării produselor agrochimice, deversării reziduurilor de medicamente și a sedimentelor [7].

În majoritatea țărilor dezvoltate, poluarea agricolă a depășit-o pe cea industrială, astfel: în Uniunea Europeană 38% din apele subterane și de suprafață sunt contaminate, în Statele Unite ale Americii, agricultura este principala sursă de poluare, iar în China, contaminarea apelor cu derivați de azot se datorează fertilizatorilor utilizați în agricultură [7]. În ceea ce privește țările mai puțin dezvoltate, contaminarea apei se datorează apelor uzate provenite de la așezările umane și din industrie [7].

Poluanții apei se pot clasifica în:

➤ **fizici**

- temperatură (deșeuri de căldură provenite din industrie);
- culoare (coloranți și pigmenți);
- sedimente și materiale plutitoare (particule de sol, cauciuc, piele etc.);

➤ **chimici**

- compuși anorganici (metale, compuși fluorurați, clorurați etc.);
- compuși organici (pesticide)

➤ **biologici**

- agenți patogeni;
- alge [6].

Contaminarea apei are efecte negative asupra întregului ecosistem, iar în cazul omului, apa nepotabilă poate determina numeroase patologii. Există o varietate de microorganisme care răspândesc boli patogene și se găsesc, de obicei, în apele sistemelor de canalizare ale spitalelor și locuințelor. Pe lângă apariția microorganismelor, în apele uzate pot apărea reziduri de metale grele, pesticide, compuși organici etc., cu efecte grave asupra mediului înconjurător [6].

Activitățile omului asupra mediului înconjurător determină necesitatea protejării și restabilirii ecosistemului. Este necesară o abordare strategică a poluării apei, care să se potrivească cu limitele tehnologice, sustenabile și economice pentru a ajunge la standardul dorit, precum:

- păstrarea și protejarea resurselor acvatice pentru conservarea biodiversității;
- dezvoltarea obiectivelor și măsurilor de restaurare adecvate, ținând cont de potențialul natural al zonei și din punct de vedere socio-economic;
- concentrarea pe fezabilitate având în vedere considerațiile științifice, financiare, sociale ș.a.m.d.;
- utilizarea unor tehnici agricole ecologice bazate pe bioremediere, care implică utilizarea microorganismelor și a plantelor;
- folosirea unor tehnici de bioinginerie care folosesc plantele vii cu plantele moarte sau cu materiale anorganice pentru a preveni eroziunea, retenția sedimentelor și a altor poluanți;
- adoptarea unui management pentru monitorizarea continuă și adăugarea modificărilor de câte ori este necesar [6].

3. Efectele compușilor toxici asupra plantelor, animalelor și omului

Terenurile contaminate cu pesticide pot fi găsite în întreaga lume datorită utilizării excesive a insecticidelor, erbicidelor și fungicidelor. Multe dintre pesticidele care au fost folosite odată intensiv sunt acum interzise și s-au dovedit a fi dăunătoare asupra sănătății [8].

3.1. Pesticidele

Orice substanță, amestec de substanțe chimice sau agenți biologici cu rolul de a respinge, distruge sau controla orice dăunător sau să ajute la dezvoltarea plantelor face parte din clasa pesticidelor [9].

Pesticidele sunt utilizate pentru a reduce pierderile cauzate de insectele dăunătoare, de plantele invazive sau a agenților patogeni pentru a asigura aprovizionarea cu alimente la nivel mondial [9]. Acești agenți acționează prin atragerea și distrugerea dăunătorului de interes [10], iar din această categorie fac parte insecticidele, fungicidele, erbicidele, rodenticidele, moluscidele, nematocidele și regulatorii de creștere ai plantelor [9].

O importanță deosebită a utilizării acestor agenți o reprezintă prevenirea sau oprirea transmiterii anumitor boli la om, dar pe de altă parte, folosirea excesivă a pesticidelor duce la rezistența dăunătorilor [10]. Aceste substanțe chimice prezintă o solubilitate mare în apă și sunt stabile la temperatură, iar acest lucru poate duce la consecințe grave în cazul unei neutilizări reglementate asupra mediului înconjurător (aplicarea unor cantități mai mari decât cele necesare sau a pulverizării necorespunzătoare, ce poate duce la afectarea locuitorilor, respectiv a florei, faunei, apei, viețuitoarele acvatice etc.) [9, 10].

Pesticidele pot fi substanțe organice sau anorganice, care pot fi clasificate în funcție de structura chimică, de modul de acțiune, modul de pătrundere în organism și a organismelor / speciilor țintă. În funcție de structura lor chimică, pesticidele se pot clasifica în:

- compuși organoclorinici: DDT - 1, 1' - (2, 2, 2 - triclороетане - 1, 1 - diil) bis (4-clorobenzen), metoxicloro - 1 - metoxi - 4 - [2, 2, 2 - triclоро - 1 - (4 - metoxifenil) etil] benzen;
- compuși organofosforici: Chlorpyrifos - dietoxi - sulfaniliden - (3, 5, 6 - triclороpiridin-2-il) oxi- λ^5 -fosfat, Quinalphos – dietoxi - quinoxalin-2-iloxi-sulfaniliden - λ^5 -fosfat, Phorate – dietoxi - (etilsulfanilmetilsulfanil)-sulfaniliden - λ^5 - fosfat, Diazinon,

- Fenitrothion, Acephate, Dimethoate, Fenthion, Isofenfos, Phosphamidon, Temephos, Triazophos;
- carbamați: Oxamil - metil (1*Z*)- 2 -(dimetilamino) - *N* - (metilcarbamoiloxi) - 2 - oxoetanimidtioat, Carbofuran (2, 2-dimetil-3*H*-1-benzofuran-7-il) *N*-metilcarbamot etc.;
 - piretroide: Allethrins - (2 - metil - 4 - oxo - 3 - prop - 2 - enilciclopent - 2-en-1-il) 2, 2 - dimetil - 3 - (2 - metilprop - 1 - enil) ciclopropan - 1 - carboxilat, Deltametrin - [ciano - (3 - fenoxiphenil) metil] 3 - (2, 2 - dibromoetenil)-2, 2-dimetilciclopropan-1-carboxilat etc.;
 - neonicotinoide: acetamiprid, imidacloprid, tiametoxam etc.;
 - compuși organici: acetat de trifenilstanil, hidroxid de triciclohexiltin;
 - compuși organomercurici: clorură etilenmercurică, bromură fenilenmercurică;
 - ditiocarbamați: Zineb (*N* - [2 - (sulfidocarbotoilamino) etil] carbamoditioat de zinc), Ziram (*N*, *N* - dimetilcarbamoditioat de zinc) etc.;
 - compuși benzimidazolici: Benomyl (metil *N* - [1- (butilcarbamoil) benzimidazol - 2-il] carbamat), Carbendazim (metil *N*-(1*H*-benzimidazol-2-il) carbamat);
 - compuși clorofenoxi: acid 2, 4-diclorofenoxiacetic, acid 2, 4, 5-triclorofenoxiacetic, acid 4- (2, 4- diclorofenoxi)butiric, MCPA (acid 2-metil-4- clorofenoxiacetic), TCDD (2, 3, 7, 8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxin), DCPA (dimetil 2, 3, 5, 6-tetraclorobezen - 1, 4-dicarboxilat);
 - derivați de bipiridiniu: Paraquat (diclorură de 1,1'- dimetil-4, 4'- bipiridiniu) [9].

Pesticidele se mai pot clasifica în funcție de dăunătorul țintit în:

- acaricide: pentru controlul acarienilor și căpușelor;
- algicide: distrugerea algelor și a altor plante acvatic;
- avicide: sunt folosite pentru controlul populațiilor de păsări;
- bactericide: pentru controlul bacteriilor și bolilor bacteriene la plante;
- fungicide: pentru controlul bolilor fungice la plante și a anumitor fungi dăunători;
- erbicide: pentru controlul plantelor dăunătoare/ invadatoare (buruieni);
- insecticide: pentru controlul insectelor periculoase, ca de exemplu afidele;
- limacide sau moluscicide: pentru controlul diferitelor tipuri de moluște;
- nematicide: pentru controlul viermilor;
- rodenticide: pentru controlul rozătoarelor [11].

Figura de mai jos prezintă persistența, mobilitatea și mecanismele implicate în retenția pesticidelor în soluri: absorbția în plante, volatilizarea, descompunerea chimică, transportul pe cale aeriană cu ajutorul vântului, degradarea chimică și microbiologică, respectiv absorbția/ retenția în sol [9].

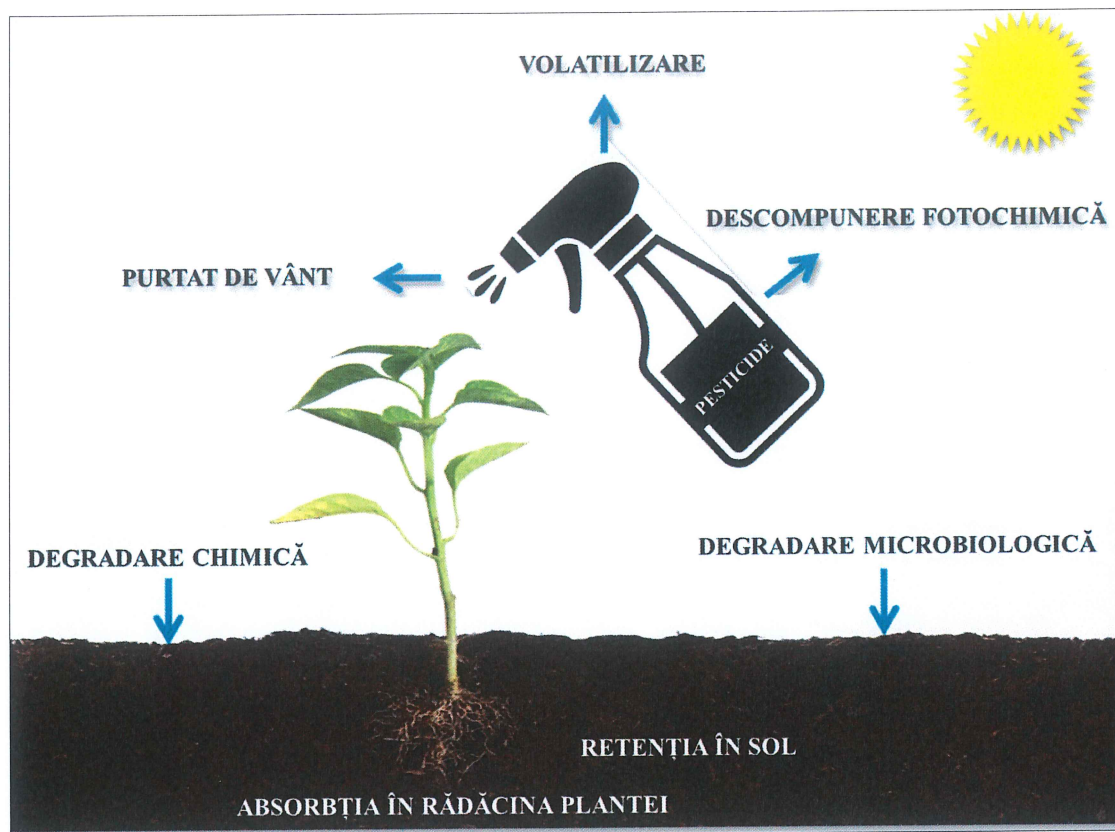


Figura 1. Transportul și absorbția pesticidelor în mediul înconjurător

Cele mai multe pesticide care persistă în sol sunt compușii organici, care pot conține inclusiv metale grele și prezintă numeroase efecte adverse asupra sănătății umane. Aceste substanțe chimice sunt foarte hidrofobe și lipofile, ceea ce implică o afinitate ridicată asupra stratului lipidic al membranelor celulare, respectiv posibilitatea de a pătrunde în țesuturi [9]. De asemenea, acești compuși prezintă o mobilitate ridicată, pot pătrunde ușor în faza gazoasă la temperaturi înalte și se pot volatiliza din sol în atmosferă, ceea ce implică un dezastru al mediului înconjurător deoarece pot fi transportați cu ajutorul vântului pe o arie mult mai mare decât cea inițială [9]. În general, compușii clorurați sunt volatili, iar acest lucru poate determina o absorbție / bioacumulare a acestor substanțe periculoase în țesutul adipos, inclusiv în laptele matern, atât la om, cât și la animale [9].

Un alt pericol îl reprezintă produsele farmaceutice, hormonii, toxinele, agenții biologici (bacterii, viruși etc.), care au capacitatea de a pătrunde în mediul înconjurător, de a produce efecte ecologice dezastruoase și care nu sunt monitorizate frecvent [9].

3.1.1. Beneficiile pesticidelor

Obiectivul principal al utilizării pesticidelor este de a crește productivitatea agricolă și prin urmare creșterea nivelului de trai. Beneficiile secundare nu se observă imediat, dar au efecte pe termen lung, ca de exemplu creșterea producției duce la venituri mai mari sau igienizarea locurilor publice duce la o populație mai sănătoasă [12]. Schimbările climatice (creșterea temperaturii, scăderea precipitațiilor) reprezintă factorii determinanți în rezistența dăunătorilor și a agenților patogeni, iar acest lucru implică creșterea cantităților de pesticide utilizate [13]. Acest lucru implică creșterea dozelor, frecvenței de aplicare a pesticidelor asupra diferitelor soiuri de plante, fapt ce va avea un impact negativ asupra expunerii consumatorilor [13].

Cele mai importante beneficii ale utilizării pesticidelor au fost obținute în sănătatea publică, silvicultură și agricultură. Creșterea productivității s-a datorat mai multor factori, precum: utilizarea unor soiuri cu randament ridicat de semințe, aplicarea unor tehnologii de irigare avansată, utilizarea pesticidelor (îngrășăminte / regulatori de creștere, erbicide, fungicide, insecticide etc.), fapt ce poate determina un randament și de patru ori mai mare [12].

Insecticidele reprezintă singura modalitate de combatere a insectelor care pot răspândi numeroase boli letale, cum ar fi malaria (principala cauză a mortalității în țările aflate în curs de dezvoltare) [12].

Un alt beneficiu al utilizării pesticidelor îl reprezintă protejarea și conservarea monumentelor istorice. Astfel, structurile din lemn sunt protejate de insectele și termitelile prin aplicarea insecticidelor specifice. O altă aplicabilitate este în transporturi sau a complexelor sportive (spații verzi), care folosesc foarte mult erbicidele și insecticidele pentru a păstra terenurile în condiții optime [12].

3.1.2. Riscurile utilizării pesticidelor

Utilizarea pesticidelor care nu acționează spre o specie țintă prezintă efecte negative asupra celor nevizate și afectează întreg ecosistemul [10]. Majoritatea substanțelor chimice folosite în tratamentul diversilor dăunători se pot volatiliza foarte ușor, iar acest lucru implică efecte negative grave asupra plantelor din jur, implicit dispariția anumitor specii de plante și animale [10].

Pesticidele pot pătrunde în ecosistemele naturale prin două căi:

1. substanțele chimice ce prezintă caracter lipofil ajung în corpurile animalelor (țesutul adipos) prin ingerare, iar cu cât lanțul trofic este mai mare cu atât concentrația de pesticide crește;
2. substanțele solubile în apă pătrund în apele subterane și de suprafață determinând creșterea ariei contaminate și pot provoca daune grave speciilor benefice [10].

Pătrunderea substanțelor chimice în apă poate fi rezultatul aplicării acestora în mediile acvatice sau în apropierea acestora, respectiv pe suprafața solului, iar datorită mecanismelor de scurgere și eroziune a solului, pesticidele se pot infiltra în rețeaua subterană.

O serie de factori sunt responsabili de retenția acestor substanțe chimice în apă, ca de exemplu proprietățile fizico-chimice (solubilitatea în apă, volatilitatea, stabilitatea la degradarea agenților biologici, stabilitatea la pH neutru sau bazic, temperatura etc.) [14]. Apa contaminată reprezintă o amenințare a speciilor acvatice datorită faptului că pot interveni schimbări fiziologice și adaptări la noile condiții de mediu, fapt ce poate determina dispariția anumitor specii de plante sau de animale acvatice [15].

Pe de altă parte, cantitatea de pesticide din apă reprezintă un risc pentru sănătatea umană. Apa potabilă poate proveni din diferite surse de apă și regiuni geografice, iar calitatea apei și conținutul de reziduuri poate fi diferit de la o zonă la alta [16]. O serie de pesticide au fost găsite în numeroase surse de apă potabilă, la concentrații mai mari decât cele admise, iar acest lucru reprezintă o problemă pentru sănătatea animală și umană [16]. De exemplu, în Olanda au fost găsite reziduuri ale pesticidelor sau ale metaboliților acestora la două treimi din sursele de apă potabilă, fapt ce impune o monitorizare mult mai riguroasă a calității apei și o reglementare a utilizării pesticidelor [17].

În cazul plantelor, contaminarea cu pesticide poate duce la dispariția unor specii benefice, dar în privința celor nevizate există riscul ca acestea să aibă o sensibilitate mai ridicată la boli, scade cantitatea semințelor și implicit productibilitatea [10]. S-a constatat un impact devastator în urma aplicării erbicidelor cu spectru larg asupra productivității culturilor, respectiv a florei și faunei sălbatice.

Insectele sunt cele mai sensibile la toate categoriile de pesticide, iar populațiile acestora pot scădea dramatic în cazul contaminării [10]. Cel mai mare impact asupra insectelor îl au erbicidele și insecticidele care nu au un domeniu îngust de aplicabilitate. Un astfel de exemplu îl reprezintă neonicotinoidele, care au avut efecte dezastruoase asupra multor specii de insecte, în special asupra albinelor, iar populațiile acestor polinizatori au scăzut cu până la 30% [10]. Albinele sunt principalii polinizatori, iar sănătatea acestora reprezintă un factor cheie în întreg ecosistemul. Populațiile de albinele au rolul de a conserva și proteja flora planetei, iar continuarea lanțului trofic depinde de sănătatea și de necontaminarea acestor polinizatori cu substanțe chimice periculoase [18, 19].

Aplicabilitatea în numeroase domenii a pesticidelor poate duce la nenumărate efecte negative asupra biodiversității și a ecosistemului, iar controlul și monitorizarea florei și faunei ne pot da informații despre impactul ecologic [18].

Rezultatele studiilor privind concentrațiile și produșii de degradare ai pesticidelor, respectiv datele despre sănătatea organismelor acvatice trebuie incluse în evaluările riscurilor [20]. Legislația care reglementează calitatea și puritatea apei potabile trebuie să conțină:

- măsuri pentru a controla sursele de pesticide și pentru a reduce concentrațiile acestora;
- dezvoltarea unor tehnici rentabile, durabile și mai eficiente de remediere a reziduurilor de pesticide;
- evaluarea efectului factorilor externi asupra conținutului de pesticide [20].

Dezvoltarea continuă, modificările aduse legislației și a politicilor privind pesticidele vor reduce expunerea și riscurile pe care le prezintă oamenii și mediul înconjurător [20].

3.1.3. Efectele pesticidelor asupra sănătății umane

Pesticidele au îmbunătățit standardele sănătății umane prin controlul bolilor transmise de agenți biologici / vectori, dar utilizarea acestora pe termen lung și fără o acțiune doar asupra speciilor țintă a determinat apariția unor efecte asupra sănătății [10]. Sugarii și copiii sunt cei mai vulnerabili la contaminarea cu reziduuri de pesticide, iar aplicarea acestora din ce în ce mai mult și fără a se respecta reglementările impuse crește probabilitatea expunerii la substanțe chimice toxice [10].

Conform Organizației Mondiale a Sănătății sunt raportate în fiecare an aproximativ 3 milioane de cazuri de intoxicații cu pesticide și în jur de 220 000 de decese, în țările aflate în curs de dezvoltare [10, 21]. Pesticidele pot pătrunde în organismul uman prin ingestie, inhalare sau prin piele, iar după trecerea mai multor bariere și mecanismelor de excreție a toxinelor ajung în țesuturi [10]. În funcție de concentrația acestor substanțe toxice pentru organism pot apărea numeroase simptome, după cum urmează:

- în cazul efectelor imediate poate apărea: cefalee, iritarea nasului și a gâtului, erupții cutanate și mâncărimi, amețeli, diaree, dureri abdominale, greață și vărsături, vedere în ceață, orbire etc.;
- în urma expunerii prelungite pot apărea boli cronice sau chiar moartea pacientului [10, 22].

Toxicitatea acută (orală, dermală sau prin inhalare) reprezintă cel mai întâlnit pericol identificat, în timp ce toxicitatea țintită a unui organ specific ce a fost expus de nenumărate ori afectează ficatul, iar în cazul expunerii nerepetate produce iritație respiratorie [22]. Principalele efecte cauzate expunerii la pesticide sunt reprezentate în figura 2.

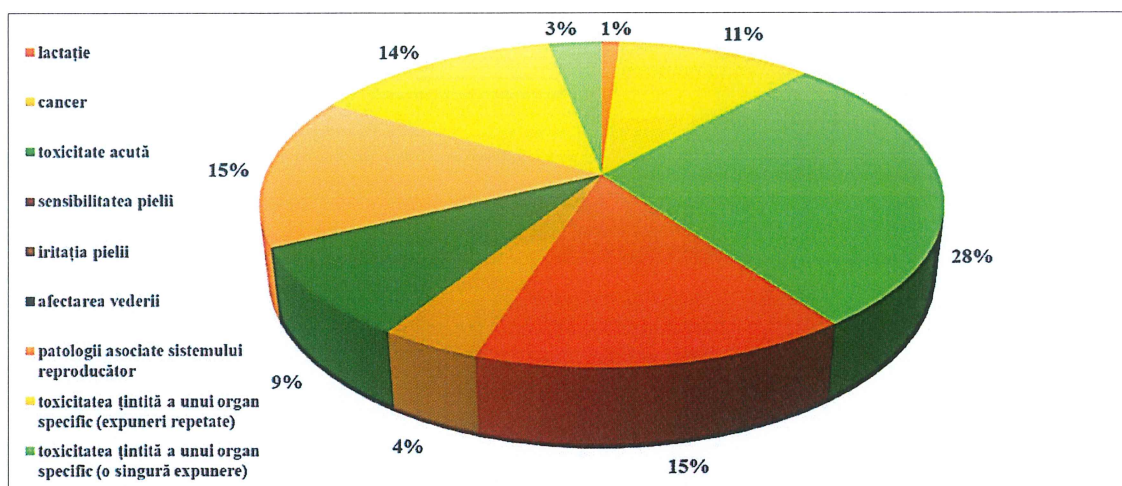


Figura 2. Clasificarea principalelor patologii cauzate de expunerea la pesticide [22]

Intoxicația cu pesticide poate afecta întreg organismul (sistemul nervos, circulator, respirator, imun și excretor), iar cele mai multe cazuri includ patologii ca: astm, alergii, hipersensibilitate, tulburări ale sistemului nervos (pierderea capacității de coordonare și de memorie), tumori maligne (cancer la sân, de prostată, ficat, ovare etc.), iar în cele din urmă survine decesul [10, 22].

O clasificare a efectelor adverse în funcție de principalele clase de substanțe poate fi:

- compușii organoclorinici (diclorodifeniltriclorețan-DDT, Dieldrin, Endosulfan, Heptaclor etc.) sunt responsabili de tulburările endocrine, hepatice și hematologice, scăderea secreției de insulină, respectiv de afectarea metabolismului lipidic [23-27];
- compușii organofosforici determină afectarea funcției colinesterazei, scăderea secreției de insulină, afectarea metabolismului proteinelor, carbohidraților și a grăsimilor, probleme ale sistemului endocrin și a celui nervos [25-28];

Acești compuși includ o varietate de pesticide și au reprezentat o alternativă a produșilor organoclorinici [26, 28]. Din această clasă de pesticide fac parte glifosfatul, malationul, parationul, dimetoatul etc. și determină în general tulburări endocrine [26, 29, 30]. De asemenea, studiile privind efectele glicofosfatului asupra sănătății umane confirmă relația dintre acest pesticid și numeroase patologii (hipertensiune, diabet, infarct, autism, insuficiență renală, Parkinson, Alzheimer, cancer) [31]. În plus, glicofosfatul poate cauza intoleranță la gluten, iar această afecțiune poate fi asociată cu deficiențele minerale, cu problemele de reproducere și există riscul de a dezvolta limfom non-Hodgkin [32].

- pesticidele din clasa carbamaților (aldicarb, carbofuran, ziram etc.) sunt asociate cu dezechilibrele endocrine, tulburările sistemului de reproducere și cu afectarea mecanismelor de metabolism celular și mitocondrial [24, 26, 33, 34].
- triazinele (atrazină, simazină, ametrină) pot determina dezechilibre endocrinologice și ale sistemului reproducător [24].

Persoanele care sunt cele mai vulnerabile la efectele pestidelor asupra sănătății datorită expunerii prelungite sunt fermierii [35]. Evaluarea parametrilor hepatici și renali, a activității butirilcolinesterazei și a capacității de reducere a fierului în plasma sanguină reprezintă biomarkerii pentru a determina efectele pesticidelor asupra sănătății [35].

Rezultatele unui studiu recent au confirmat scăderea drastică a activității butirilcolinesterazei, creșterea aspartat aminotransferazei, prezența unor niveluri mai ridicate

ale capacității de reducere a fierului, precum și ale ureei și creatininei [35]. Astfel, se evidențiază faptul că expunerea profesională la amestecuri de substanțe chimice utilizate în agricultură poate duce la afectarea factorilor biochimici și a capacității antioxidante, iar monitorizarea acestor biomarkeri este importantă în detectarea și prevenirea bolilor cronice [35].

Bolile cardiovasculare reprezintă una din principalele cauze ale mortalității, iar pentru a clasifica substanțele chimice în funcție de cardiotoxicitate ar trebui să se elaboreze criterii conform Regulamentului (CE) nr. 1272 / 2008 [22]. Rezultatele evaluării patologiei cardiace în urma expunerii la pesticide (organofosfați, organotiofosfați, organoclorine, carbamați, piretroide, erbicide, triazoli ș.a.m.d.) la animale și oameni vor fi prezentate în tabelul .2 [22].

Tabelul 2. Efectele toxice asociate expunerii la pesticide ale sistemului cardiac la animale și la om

Clasa	Denumire comercială pesticid	Efecte ale cardiotoxicității	Referința
compuși organo- fosfați	diazinon	Analiza histopatologică a fibrelor musculare cardiace și scheletice a demonstrat zone mari afectate, cu pierderi ale strițiilor transversale și spații interfasciculare largi	[36]
		Reduce funcțiile sistolice și diastolice	[37, 38]
		Crește stresul oxidativ în țesuturile cardiace	[37, 38]
		Crește peroxidarea lipidelor în plasmă	[37, 38]
		Induce varierea / deteriorarea nivelurilor oxidative	[36]
		Scăderea antioxidanților specifici sistemului cardiac	[32]
		Reducerea nivelului de glutation	[39]
		Inducerea apoptozei	[39]
		Ubiquitinarea totală a proteinelor miocardului acrescut cu 79%	[39]
		metidation	Crește peroxidarea lipidică

Clasa	Denumire comercială pesticid	Efecte ale cardiotoxicității	Referința
	clor pirifos	Cresc nivelurile de superoxid - dizmutază și catalază și scad cele ale glutatation S - transferazei	[40]
		Scade debitul cardiac și se îngroașă peretele ventriculului stâng	[40]
	dimetoat	Favorizează stresul oxidativ prin creșterea malondialdehidei, a activității glutatation peroxidazei, superoxid - dizmutazei și catalazei.	[41]
		Cresc nivelurile plasmaticice ale colesterolului, trigliceridelor, ale lipoproteinelor cu densitate scăzută / ridicată	[41]
	forat	congestie	[42]
		hemoragie	[42]
		degenerarea miofibrilei cardiace și îngustarea miocitelor	[42]
	diclorvos	Prolongația intervalului QT al electrocardiogramei fără anomalii anatomice și histopatologice	[43]
		Tahicardie	[44]
		Funcționarea anormală a ventriculelor	[44]
piretroide	permetrin	Atrofie cardiacă	[45]
		crește nivelul calciului și al expresiei genei Nrf2 la vârstnici	[45]
	praletrin	acidoză metabolică	[46]
		lezarea sinusurilor	[46]
	piretroide și metaboliții lor	Cresc riscul de patologii coronariene	[47]
organo-clorine	endosulfan	crește activitatea superoxid - dizmutazei, catalazei și glutatation peroxidazei	[48]

Clasa	Denumire comercială pesticid	Efecte ale cardiotoxicității	Referința
		congestie severă	[48]
		hemoragii cu edem interstițial	[48]
		edem citoplasmatic, umflarea și vacuolizarea mitocondriilor celulelor miocardice	[48]
dipiridil	paraquat	modificări funcționale și geometrice ale miocardului, inclusiv mărirea diametrului sistolic al extremității ventriculare stângi	[49]
		micșorarea sarcomului și îngroșarea peretelui celular	[49]
		scăderea concentrațiilor de calciu intracelular	[50]
		creșterea necontrolată a apoptozei miocardice	[50]
		mărirea diametrelor diastolelor și sistolelor ale ventriculului stâng	[51]
		scurtarea vârfului cardiomiocitelor și a vitezei maxime de scurtare / retenție	[51]
		creșterea apoptozei	[51]
		anomalii cardiace și parametrii anormali	[52]
		supresarea funcției cardiomiocitelor	[52]
		deteriorarea mitocondrială	[52]
		favorizează fosforilarea și autofagele, iar supraviețuirea celulară este redusă	[52]
		Crește rata de descompunere a calciului intracelular	[53]
fosfide	fosfidă de aluminiu	modifică parametrii electrocardiograamei	[54]
		crește stresul oxidativ	[48]
		reduce complexe mitocondriale, urmate de creșterea peroxidării lipidice și	[55]

Clasa	Denumire comercială pesticid	Efecte ale cardiotoxicității	Referința
		declinul membranei mitocondriale, respectiv de moartea celulară	
		creșterea concentrației de radical hidroxil	[55]
		degenerare, fragmentare și pierderea striațiilor încrucișate ale fibrelor musculare cardiace	[55]
		tahicardie	[55]
		afecțiuni pulmonare	[56]
		acidoză metabolică	[57]
triazoli	itraconazol	afectarea gravă a sistolei	[58]
		risc de atac miocardic foarte ridicat la pacienți tineri	[58]
	penconazol	inducerea stresului oxidativ	[59]
triazine	atrazina	degenerare, fragmentare și pierderea striațiilor fibrelor musculare cardiace	[60]
		scăderea semnificativă a nivelurilor glutathionului și a hormonului de stimulare tirodină din sânge	[60]
		scăderea semnificativă a activității complexe a țesutului cardiac	[60]

Metodele folosite în agricultura actuală includ utilizarea pesticidelor, care sunt cunoscute pentru capacitatea lor de a provoca efecte negative asupra sănătății oamenilor și a animalelor, respectiv asupra mediului înconjurător [26, 61]. Este necesară o abordare strategică pentru reducerea consumului acestor substanțe chimice și implementarea unor practici sustenabile/ standarde internaționale ecologice și care prezintă mai puține riscuri pentru sănătatea populației [26, 61].

3.2. Metalele grele

În conformitate cu FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), termenul „metale grele” se referă la metalele cu o masă atomică ridicată ($> 4,5 \text{ g/cm}^3$), ca de exemplu plumb, cadmiu, cupru, mercur, staniu și zinc ș.a.m.d., care pot provoca toxicitate și reprezintă un grup de substanțe dintre cele mai poluante [9, 62].

Metalele grele pot fi împărțite în două categorii: metale esențiale, care sunt necesare microorganismelor vii pentru o bună dezvoltare (mangan, fier, nichel, zinc) și metale grele neesențiale (cadmiu, plumb, mercur și arsen) [62].

Aceste elemente apar în mod natural în soluri și reprezintă micronutrienți pentru plante, animale și oameni, dar la concentrații mari pot provoca fitotoxicitate [9]. Cantitățile abundente de metale grele prezente în sol cauzează reducerea calității și cantității de alimente care împiedică creșterea plantelor, absorbția nutrienților, procesele metabolice și fiziologice [62]. Depășirea concentrațiilor admise pot dăuna sănătății umane datorită acumulării rapide în țesuturi [9], fapt ce implică deficiențe în dezvoltare, afectarea organelor, a sistemului nervos, apariția tumorilor, iar în cazuri extreme poate surveni decesul [62].

Principalele surse antropice ale metalelor grele sunt zonele industriale și miniere, benzina și vopselele cu plumb, deșeurile cu reziduri de metale, îngrășămintele chimice, nămolul de epurare, pesticidele, irigarea apelor uzate, reziduurile de ardere a cărbunelui, scurgerile petrochimice etc. [9].

3.2.1. Riscurile utilizării metalelor grele

Metalele grele pot fi asimilate în corpul uman prin hrană, apă, aer sau absorbite prin piele datorită conținutului de elemente și substanțe chimice toxice pentru organism din zonele poluate (agricole, industriale, farmaceutice etc.) [63]. De asemenea, întregul ecosistem este afectat, iar ciclul metalelor grele în mediul înconjurător este prezentat în figura 3.

Solul este „motorul biogeochimic de susținere al planetei”, cu alte cuvinte este componenta esențială pentru plante și organismele vii. Solul este o componentă esențială pentru toate organismele vii. Este considerat factorul de bază în viață, ce servește ca mediu nutritiv pentru creșterea plantelor și este esențial pentru menținerea formei de viață. În același timp, calitatea apei și a aerului trebuie să reprezinte o preocupare pentru că sănătatea ecosistemului depinde de fiecare componentă [62].

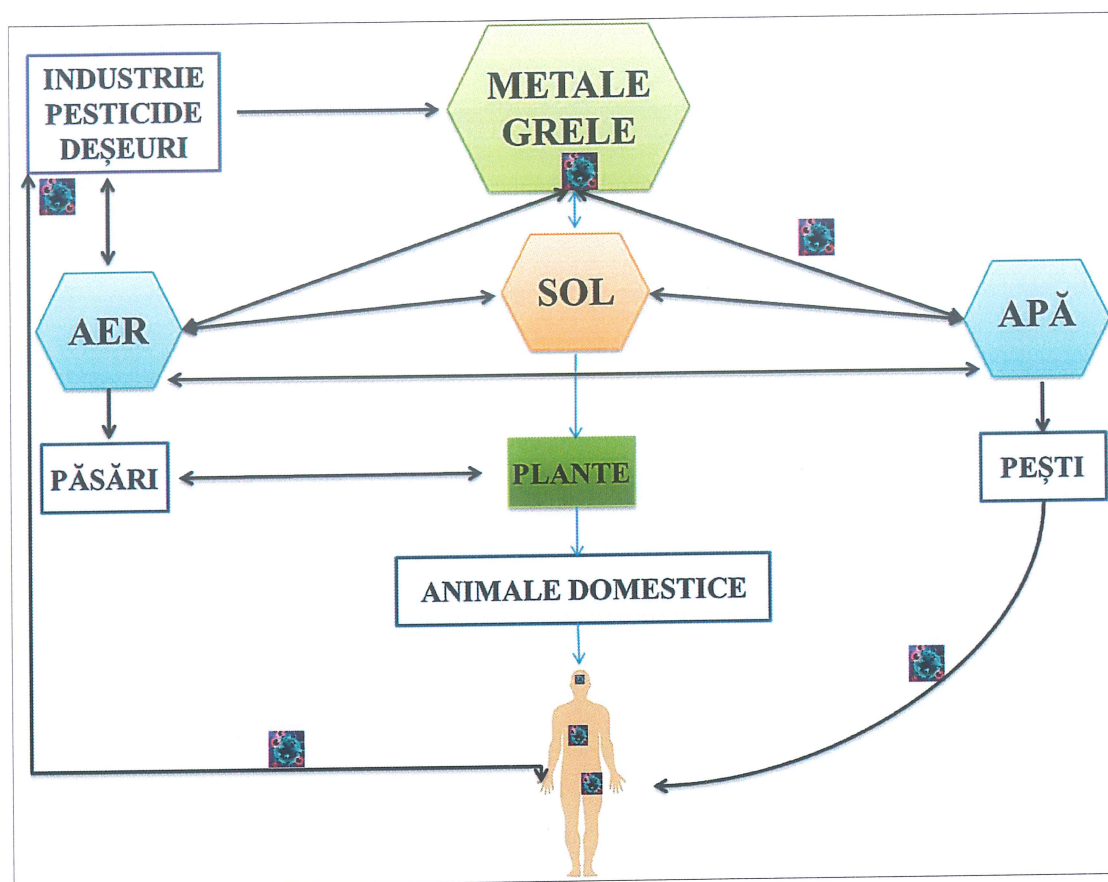


Figura 3. Ciclul metalelor grele în ecosistem [63]

Se estimează că populația lumii va fi de peste nouă miliarde de oameni în 2050, iar producția de alimente va crește cu 70 %. Aproximativ 95% din producția de alimente provine din soluri, iar acest lucru implică utilizarea unor terenuri sănătoase și o atenție deosebită pentru conservarea acestora. Poluarea solului reduce securitatea alimentară atât prin reducerea randamentului recoltelor datorită nivelurilor toxice de contaminanți, cât și prin faptul că nu vor fi culturi sigure pentru consum [1, 9].

În cazul contaminării plantelor cu concentrații scăzute de metale, iar acestea nu sunt asimilate și depozitate în frunze, lăstari, fructe sau tuberculi este o probabilitate mică pentru ca acestea să fie un pericol pentru animale și oameni [9]. Astfel, Chaney a împărțit metalele care intră în lanțul alimentar în funcție de pericolul pe care-l prezintă pentru sănătatea umană:

- grupul 1: *argint, crom, staniu, titan, ytriu și zirconiu;*

Aceste elemente prezintă un risc scăzut de contaminare a lanțului alimentar datorită solubilității scăzute în sol și a asimilării scăzute în plante [9]. Concentrațiile crescute

ale acestor metale în alimente indică o contaminare deosebit de gravă a ariei respective [9].

➤ grupul 2: *mercur și plumb*;

Mercurul și plumbul pot fi ușor absorbiți prin rădăcinile plantelor, iar contaminarea solului cu aceste elemente reprezintă un risc pentru sănătatea umană [9].

➤ grupul 3: *bor, cupru, mangan, molibden, nichel, zinc*;

Aceste elemente sunt ușor asimilate de plante și prezintă un risc ridicat în cazul în care intră în lanțul alimentar [9].

➤ grupul 4: *arsen, cadmiu, cobalt, molibden, seleniu și taliiu*.

Contaminarea solurilor și a apelor cu metale din acest grup, chiar și la concentrații foarte scăzute, implică cel mai mare risc pentru întreg ecosistemul. Cel mai periculos element în cazul contaminării este arsenul, care determină fitotoxicitate și afectarea organismului la animale și la om [9].

Contaminarea solului cu metale grele, respectiv absorbția în plante poate determina scăderea ratei de germinare, dezechilibre în procesele metabolice prin deficiențe în dezvoltare, creșterea concentrației de specii de oxigen reactive, lezarea rădăcinilor, iar în final survine moartea plantelor [9]. În cazul plantelor contaminate cu plumb se accelerează producția de specii de oxigen reactive, cu urmări asupra membranei lipidice, a clorofilei, ducând la deficiențe în creșterea plantei [9]. De asemenea, concentrațiile mari de cadmiu asimilate în țesuturi vor determina reducerea rădăcinii, tulpinii, frunzelor, scăderea fotosintezei și deficiențe în absorbția nutrienților [9].

Absorbția metalelor este un proces complex, care implică transferul metalelor din sol în interiorul celulelor rădăcinilor [64]. Disponibilitatea metalelor și motilitatea lor în rizosferă este mediată în mare măsură de seva sau rășina care se prelinge la suprafața organelor plantei (exsudat) și microorganismele rădăcinii [64]. Plantele pot face ionii metalici mai disponibili pentru absorbție prin acidificarea rizosferei și pomparea protonilor prin intermediul pompelor de protoni din membrana plasmatică sau prin exsudarea compușilor care acționează drept chelați (cu masă moleculară mică) [64].

În cazul intoxicației cu metale grele, plantele previn absorbția acestor elemente și le elimină sub formă de chelatori prin exsudatele rădăcinilor [64]. Peretele celular al rădăcinii

permite formarea compușilor chelați, influențând biodisponibilitatea ionilor metalici pentru absorbție și difuzie în organitele celulelor vegetale [64]. De asemenea, chelarea elementelor metalice în citosol reprezintă cel mai bun mecanism de apărare al plantelor [64].

Plantele au dezvoltat numeroase mecanisme de autopărare în cazul expunerii la concentrații mari de metale grele, iar majoritatea se bazează pe chelarea și compartimentarea subcelulară. Principalii chelatori metalici din plante sunt peptidele bogate în cisteină (fitochelatinele și metalotioneinele) [64].

Un alt mecanism împotriva absorbției elementelor metalice îl reprezintă secreția acizilor și derivaților de fosfați [64]. Acizii carboxilici, respectiv amino acizii sunt excretați din rădăcinile plantelor și joacă un rol esențial în procesul extern de prevenire a asimilării ionilor metalici prin formarea unor complexe metalice stabile [64]. Compușii noi formați au o biodisponibilitate scăzută, fapt ce implică inhibarea acumulării acestora prin rădăcini. De asemenea, secreția acizilor și formarea compușilor chelați se poate realiza și în citosol [64].

Ionii metalici generează diverse semnale pe măsură ce pătrund în plante și interacționează cu căile metabolice, iar reactivitatea chimică joacă un rol extrem de important în cazul metalelor esențiale și neesențiale [64]. Ionul metalic este supus procesului de transducție datorită recunoașterii lente a receptorilor, iar factorii cheie responsabili de asimilarea / absorbția acestor elemente sunt proteinele cu membrană plasmatică (reductazele), transportorii și numeroși senzori rezultați din modificările fizice ale celulelor, în urma contaminării [64].

Strategia de toleranță a plantelor la stresul abiotic necesită sincronizarea căilor fiziologice, biochimice, variația expresiei genetice globale, modificarea proteinelor, respectiv sincronizarea metabolitului primar și secundar [64].

Retenția metalelor grele de către plante poate fi folosită în tehnicile de fitoremediere pentru curățarea solurilor poluate [64]. Există plante care pot asimila cantități importante de ioni metalici, care pot fi letale pentru organisme chiar și la doze mici [64]. În plus, o înțelegere a mecanismelor de interacțiune, absorbție, transport și depozitare a metalelor și împreună cu ingineria genetică se pot face modificări transgenice ale anumitor plante cu scopul de a curăța mediile contaminate [64].

Contaminarea apelor de suprafață și subterane cu metale grele poate provoca efecte devastatoare asupra echilibrului ecologic al mediului acvatic, iar diversitatea organismelor acvatice depinde de amploarea contaminării [65].

Metalele grele sunt foarte stabile, toxice, și nu pot fi supuse degradării bacteriene, iar pentru organismele acvatice pot provoca stres oxidativ în cantități foarte mici. Sedimentele cu un conținut de astfel de poluanți pot fi preluate de plantele și organismele acvatice având efecte devastatoare asupra acestora [65].

Acumularea ionilor metalici în organismele acvatice nu are efecte doar asupra acestora, ci vor continua în întreg lanțul alimentar. Alimentul de interes din mediul acvatic este peștele, iar contaminarea acestuia cu diverși poluanți reprezintă o problemă de sănătate publică. Consumul de pește cu un conținut ridicat de metale poate provoca probleme grave de sănătate și cu efecte iremediabile [65].

Substanțele chimice toxice pot pătrunde în organismele acvatice prin alimente, particule nealimentare (plastic), branhii, consumul de apă și prin piele. După ce sunt absorbiți, compușii toxici sunt transportați cu ajutorul sângelui în oase, ficat, unde au loc procese de metabolizare și depozitare, în rinichi sau în țesutul adipos [65].

Contaminarea solurilor și a apelor cu metale grele duce la asimilarea acestora de către plante și animale, respectiv bioamplificarea prin intermediul lanțului alimentar cauzează atât probleme de sănătate umană, cât și de mediu [65].

3.2.2. Efectele metalelor grele asupra sănătății umane

Unele surse antropice contribuie foarte mult la poluarea mediului înconjurător cu metale grele, de exemplu utilizarea combustibilului cu plumb sau pesticide cu un conținut de astfel de elemente chimice, fapt ce implică efecte grave asupra sănătății umane [63]. Asimilarea metalelor grele în plante și bioamplificarea cantităților acestor elemente prin intermediul lanțului alimentar poate avea un impact negativ asupra sănătății, fiind responsabile de tot mai multe boli [65].

O clasificare a patologiilor asociate intoxicației cu metale grele poate fi:

- cadmiul poate fi responsabil de efecte asupra sistemului cardiovascular, respirator, reproducător și imun, distrugerea oaselor, afectarea severă a ficatului și a creierului [63, 65];
- plumbul determină dezechilibre în sistemul circulator și reproducător; patologii asociate oaselor, ficatului, creierului, rinichilor și splinei [63];
- cuprul poate afecta ficatul, creierul, rinichii, cornea, sistemul gastrointestinal și reproducător [63];
- mercurul determină dezechilibre severe ale sistemelor: reproducător, cardiovascular, endocrin, imun și cu efecte asupra creierului, ficatului și rinichilor [63];
Compușii anorganici care prezintă mercur în structură chimică sunt absorbiți rapid, determinând malformații congenitale și dezechilibre gastrointestinale. În schimb, compușii organici, ca metilmercurul și dimetilmercurul determină eritem, descumări ale pielii, gingivite, stomatite, boli neurologice și malformații congenitale [65].
- cromul afectează principalele organe interne (ficat, rinichi, pancreas), pielea, creierul și produce dezechilibre gastrointestinale [63];
- arsenul poate ataca pielea, ficatul, creierul, rinichii, sistemul endocrin, cardiovascular și imun [63];
Arsenul determină coagularea proteinelor formând complexe cu coenzimele și inhibând producția de ATP (adenozin trifosfat), necesar în respirație. Este un element cu efecte asupra dezvoltării tumorilor, iar concentrațiile mari de arsen din sânge pot provoca moartea pacientului [65].
- excesul de zinc poate afecta sistemul endocrin și reproducător, având ca simptome vomă, icter, anemie, dureri ale rinichilor [65].

Concluzii

Intervenția omului de a lungul timpului cu scopul de a îmbunătăți modul de viață s-a realizat prin contaminarea și degradarea mediului, iar înțelegerea proceselor naturale și impactul poluanților trebuie să se realizeze în același timp cu dezvoltarea societății.

Obiectivul principal al utilizării pesticidelor este de a crește productivitatea agricolă și prin urmare creșterea nivelului de trai. Beneficiile secundare nu se observă imediat, dar au efecte pe termen lung, ca de exemplu creșterea producției duce la venituri mai mari sau igienizarea spațiilor publice duce la o populație mai sănătoasă dacă utilizarea acestora este rațională. Utilizarea excesivă a acestora însă poate duce la efecte adverse foarte puternice.

Schimbările climatice (creșterea temperaturii, scăderea precipitațiilor etc.) reprezintă factorii determinanți în rezistența dăunătorilor și a agenților patogeni, iar acest lucru implică creșterea cantităților de pesticide utilizate, fapt ce va avea un impact negativ asupra consumatorilor.

Asimilarea compușilor toxici în plante și bioamplificarea cantităților acestor substanțe prin intermediul lanțului alimentar poate avea un impact negativ asupra sănătății, fiind responsabile de tot mai multe patologii. Există însă și posibilitatea de a exploata anumite culturi în remedierea solurilor.

Bibliografie

- [1] Luca Montanarella (Chair) MB, Victor Chude, Isaurinda Dos Santos Baptista Costa, Tekalign Mamo, Martin Yemefack, Milkha Singh Aulang, Kazuyuki Yagi, Suk Young Hong, Pisoot Vijarnsorn,, Gan Lin Zhang DA, Helaina Black, Pavel Krasilnikov, Jaroslava Sobocá, Julio Alegre, Carlos Roberto Henriquez, Maria de Lourdes Mendonça-Santos, Miguel Taboada, David Espinosa Victoria, Abdullah Alshankiti, Sayed Kazem Alavi Panah, Elsiddig Ahmed El Mustafa El Sheikh, Jon Hempel, Dan Pennock, Marta, Camps Arbestain, Neil McKenzie. Status of the World's Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations - Intergovernmental Technical Panel on Soils. 2015:650.
- [2] Artiola JF, Walworth, J. L., Musil, S. A., Crimmins, M. A. Soil and Land Pollution. 2019:219-35.
- [3] Martinho V. Best management practices from agricultural economics: Mitigating air, soil and water pollution. *Sci Total Environ.* 2019;688:346-60.
- [4] Hiroshi Hasegawa IMMR, Mohammad Azizur Rahman. Environmental Remediation Technologies for Metal-Contaminated Soils. Springer. 2016.
- [5] Jayanta K. Saha RS, M. Vassanda Coumar, M.L. Dotaniya, Samaresh Kundu, Ashok K. Patra. Soil Pollution - An Emerging Threat to Agriculture. Springer. 2017.
- [6] Humaira Qadri · Rouf Ahmad Bhat MAM, Gowhar Hamid Dar. Fresh Water Pollution Dynamics and Remediation. Springer. 2020.
- [7] Javier Mateo-Sagasta SMZ, Hugh Turrall. Water pollution from agriculture: a global review. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017.
- [8] Eevers N, White JC, Vangronsveld J, Weyens N. Bio- and Phytoremediation of Pesticide-Contaminated Environments. 2017;83:277-318.
- [9] Natalia Rodríguez Eugenio MM, Daniel Pennock. Soil Pollution: a hidden reality. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2018:142.
- [10] Mahmood I, Imadi SR, Shazadi K, Gul A, Hakeem KR. Effects of Pesticides on Environment. 2016:253-69.
- [11] Tuzimski T. Herbicides and Pesticides. Encyclopedia of Analytical Science. 2018.
- [12] Aktar MW, Sengupta D, Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology.* 2009;2:1-12.
- [13] Delcour I, Spanoghe P, Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Res Int.* 2015;68:7-15.
- [14] Ochoa V, Maestroni B. Pesticides in Water, Soil, and Sediments. 2018:133-47.
- [15] Scholz NL, Fleishman E, Brown L, Werner I, Johnson ML, Brooks ML, et al. A Perspective on Modern Pesticides, Pelagic Fish Declines, and Unknown Ecological Resilience in Highly Managed Ecosystems. *BioScience.* 2012;62:428-34.
- [16] Sankhla MS. Water Contamination through Pesticide & Their Toxic Effect on Human Health. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology.* 2018;6:967-70.
- [17] Sjerps RMA, Kooij PJF, van Loon A, Van Wezel AP. Occurrence of pesticides in Dutch drinking water sources. *Chemosphere.* 2019;235:510-8.

- [18] Sponsler DB, Grozinger CM, Hitaj C, Rundlof M, Botias C, Code A, et al. Pesticides and pollinators: A socioecological synthesis. *Sci Total Environ*. 2019;662:1012-27.
- [19] Samnegård U, Alins G, Boreux V, Bosch J, García D, Happe AK, et al. Management trade-offs on ecosystem services in apple orchards across Europe: Direct and indirect effects of organic production. *J Appl Ecol*. 2018;56:802-11.
- [20] Derbalah A, Chidya R, Jadoon W, Sakugawa H. Temporal trends in organophosphorus pesticides use and concentrations in river water in Japan, and risk assessment. *J Environ Sci (China)*. 2019;79:135-52.
- [21] Clinical Management of Acute Pesticide Intoxication: Prevention of Suicidal Behaviours. World Health Organization. 2008:1-25.
- [22] Georgiadis N, Tsarouhas K, Tsitsimpikou C, Vardavas A, Rezaee R, Germanakis I, et al. Pesticides and cardiotoxicity. Where do we stand? *Toxicol Appl Pharmacol*. 2018;353:1-14.
- [23] Karami-Mohajeri S, Abdollahi M. Toxic influence of organophosphate, carbamate, and organochlorine pesticides on cellular metabolism of lipids, proteins, and carbohydrates: a systematic review. *Hum Exp Toxicol*. 2011;30:1119-40.
- [24] Mnif W, Hassine AI, Bouaziz A, Bartegi A, Thomas O, Roig B. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8:2265-303.
- [25] Freire C, Koifman RJ, Koifman S. Hematological and hepatic alterations in Brazilian population heavily exposed to organochlorine pesticides. *Journal of toxicology and environmental health Part A*. 2015;78:534-48.
- [26] Nicolopoulou-Stamati P, Maipas S, Kotampasi C, Stamatis P, Hens L. Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. *Frontiers in public health*. 2016;4:148.
- [27] Juntarawijit C, Juntarawijit Y. Association between diabetes and pesticides: a case-control study among Thai farmers. *Environmental health and preventive medicine*. 2018;23:3.
- [28] Jaga K, Dharmani C. Sources of exposure to and public health implications of organophosphate pesticides. *Pan Am J Public Health*. 2003;14 171-85.
- [29] McKinlay R, Plant JA, Bell JN, Voulvoulis N. Endocrine disrupting pesticides: implications for risk assessment. *Environ Int*. 2008;34:168-83.
- [30] Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC, Seralini GE. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology*. 2009;262:184-91.
- [31] Swanson NL, Leu AF, Abrahamson J, Wallet B. Genetically engineered crops, glyphosate and the deterioration of health in the Unites States of America. *journal of Organic Systems*. 2014;9 6-37.
- [32] Samsel A, Seneff S. Glyphosate, pathways to modern diseases II: Celiac sprue and gluten intolerance. *Interdisciplinary toxicology*. 2013;6:159-84.
- [33] Goad RT, Goad JT, Atieh BH, Gupta RC. Carbofuran-induced endocrine disruption in adult male rats. *Toxicol Mech Methods*. 2004;14:233-9.
- [34] Farrukh Jamal QSH, Sangram Singh, SK Rastogi. The influence of organophosphate and carbamate on sperm chromatin and reproductive hormones among pesticide sprayers. *Toxicol Ind Health*. 2016;32:1527-36.

- [35] Bernieri T, Rodrigues D, Randon Barbosa I, Perassolo MS, Grolli Ardenghi P, Basso da Silva L. Effect of pesticide exposure on total antioxidant capacity and biochemical parameters in Brazilian soybean farmers. *Drug Chem Toxicol.* 2019;1-7.
- [36] Abdou HM, ElMazouly RH. Oxidative damage, hyperlipidemia and histological alterations of cardiac and skeletal muscles induced by different doses of diazinon in female rats. *J Hazard Mater.* 2010;182:273-8.
- [37] Zafiroopoulos A, Tsarouhas K, Tsitsimpikou C, Fragkiadaki P, Germanakis I, Tsardi M, et al. Cardiotoxicity in rabbits after a low-level exposure to diazinon, propoxur, and chlorpyrifos. *Hum Exp Toxicol.* 2014;33:1241-52.
- [38] Akturk O, Demirin H, Sutcu R, Yilmaz N, Koylu H, Altuntas I. The effects of diazinon on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rat heart and ameliorating role of vitamin E and vitamin C. *Cell biology and toxicology.* 2006;22:455-61.
- [39] Razavi BM, Hosseinzadeh H, Imenshahidi M, Malekian M, Ramezani M, Abnous K. Evaluation of Protein Ubiquitylation in Heart Tissue of Rats Exposed to Diazinon (an Organophosphate Insecticide) and Crocin (an Active Saffron Ingredient): Role of HIF-1alpha. *Drug research.* 2015;65:561-6.
- [40] Cetin N, Cetin E, Eraslan G, Bilgili A. Chlorpyrifos induces cardiac dysfunction in rabbits. *Res Vet Sci.* 2007;82:405-8.
- [41] Amara IB, Soudani N, Hakim A, Troudi A, Zeghal KM, Boudawara T, et al. Protective effects of vitamin E and selenium against dimethoate-induced cardiotoxicity in vivo: biochemical and histological studies. *Environ Toxicol.* 2013;28:630-43.
- [42] Saquib Q, Attia SM, Siddiqui MA, Aboul-Soud MA, Al-Khedhairy AA, Giesy JP, et al. Phorate-induced oxidative stress, DNA damage and transcriptional activation of p53 and caspase genes in male Wistar rats. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2012;259:54-65.
- [43] Shiyovich A, Matot R, Elyagon S, Liel-Cohen N, Rosman Y, Shrot S, et al. QT Prolongation as an Isolated Long-Term Cardiac Manifestation of Dichlorvos Organophosphate Poisoning in Rats. *Cardiovascular toxicology.* 2018;18:24-32.
- [44] He X, Li C, Wei D, Wu J, Shen L, Wang T. Cardiac abnormalities in severe acute dichlorvos poisoning. *Crit Care Med.* 2011;39:1906-12.
- [45] Dhivya Vadhana MS, Siva Arumugam S, Carloni M, Nasuti C, Gabbianelli R. Early life permethrin treatment leads to long-term cardiotoxicity. *Chemosphere.* 2013;93:1029-34.
- [46] Bhaskar EM, Moorthy S, Ganeshwala G, Abraham G. Cardiac conduction disturbance due to prallethrin (pyrethroid) poisoning. *Journal of medical toxicology : official journal of the American College of Medical Toxicology.* 2010;6:27-30.
- [47] Han J, Zhou L, Luo M, Liang Y, Zhao W, Wang P, et al. Nonoccupational Exposure to Pyrethroids and Risk of Coronary Heart Disease in the Chinese Population. *Environ Sci Technol.* 2017;51:664-70.
- [48] Baghaei A, Solgi R, Jafari A, Abdolghaffari AH, Golaghaei A, Asghari MH, et al. Molecular and biochemical evidence on the protection of cardiomyocytes from phosphine-induced oxidative stress, mitochondrial dysfunction and apoptosis by acetyl-L-carnitine. *Environmental toxicology and pharmacology.* 2016;42:30-7.
- [49] Lei Y, Li X, Yuan F, Liu L, Zhang J, Yang Y, et al. Toll-like receptor 4 ablation rescues against paraquat-triggered myocardial dysfunction: Role of ER stress and apoptosis. *Environ Toxicol.* 2017;32:656-68.

- [50] Wang S, Zhu X, Xiong L, Ren J. Ablation of Akt2 prevents paraquat-induced myocardial mitochondrial injury and contractile dysfunction: Role of Nrf2. *Toxicol Lett.* 2017;269:1-14.
- [51] Ge W, Zhang Y, Han X, Ren J. Cardiac-specific overexpression of catalase attenuates paraquat-induced myocardial geometric and contractile alteration: role of ER stress. *Free radical biology & medicine.* 2010;49:2068-77.
- [52] Wang Q, Yang L, Hua Y, Nair S, Xu X, Ren J. AMP-activated protein kinase deficiency rescues paraquat-induced cardiac contractile dysfunction through an autophagy-dependent mechanism. *Toxicol Sci.* 2014;142:6-20.
- [53] Wang S, Zhu X, Xiong L, Zhang Y, Ren J. Toll-like receptor 4 knockout alleviates paraquat-induced cardiomyocyte contractile dysfunction through an autophagy-dependent mechanism. *Toxicol Lett.* 2016;257:11-22.
- [54] Abdolghaffari AH, Baghaei A, Solgi R, Gooshe M, Baeri M, Navaei-Nigjeh M, et al. Molecular and biochemical evidences on the protective effects of triiodothyronine against phosphine-induced cardiac and mitochondrial toxicity. *Life Sci.* 2015;139:30-9.
- [55] Solgi R, Baghaei A, Golaghaei A, Hasani S, Baeri M, Navaei M, et al. Electrophysiological and molecular mechanisms of protection by iron sucrose against phosphine-induced cardiotoxicity: a time course study. *Toxicol Mech Methods.* 2015;25:249-57.
- [56] Bogle RG, Theron P, Brooks P, Dargan PI, Redhead J. Aluminium phosphide poisoning. *Emerg Med J.* 2006;23:e3.
- [57] Munish Chauhan KT, Vishal Kumar, Sandeep Dewan, Vitul Manhas, Pooja Wadwa. Successful Treatment of Cardiotoxicity of Aluminium Phosphide Poisoning with Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO): A Case repor. 2015.
- [58] Paul KC, Jerrett M, Ritz B. Type 2 Diabetes Mellitus and Alzheimer's Disease: Overlapping Biologic Mechanisms and Environmental Risk Factors. *Curr Environ Health Rep.* 2018;5:44-58.
- [59] Chaabane M, Tir M, Hamdi S, Boudawara O, Jamoussi K, Boudawara T, et al. Improvement of Heart Redox States Contributes to the Beneficial Effects of Selenium Against Penconazole-Induced Cardiotoxicity in Adult Rats. *Biol Trace Elem Res.* 2016;169:261-70.
- [60] Keshk WA, Soliman NA, Abo El-Noor MM, Wahdan AA, Shareef MM. Modulatory effects of curcumin on redox status, mitochondrial function, and caspase-3 expression during atrazine-induced toxicity. *J Biochem Mol Toxicol.* 2014;28:378-85.
- [61] Watcharaanantapong P, Roberts RK, Lambert DM, Larson JA, Velandia M, English BC, et al. Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production. *Precision Agriculture.* 2013;15:427-46.
- [62] Ravindra Singh NKA, Jagrati Tiwari, Jyotsana Pathak. REVIEW ON SOURCES AND EFFECT OF HEAVY METAL IN SOIL: ITS BIOREMEDIATION. *IMPACT: International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences.* 2018:1-22.
- [63] Masindi V, Muedi, Khathutshelo L. Environmental Contamination by Heavy Metals. 2018.
- [64] Sumira Jan JAP. Approaches to Heavy Metal Tolerance in Plants. Springer. 2016.
- [65] Singh Jiwan KAS. Effects of Heavy Metals on Soil, Plants, Human Health and Aquatic Life. *International Journal of Research in Chemistry and Environment.* 2011;1:15-21.