



Cofinanțat de  
Uniunea Europeană



# OpenEAT



**Curriculum pentru specialiști privind  
cerealele contaminate și produsele conexe**

**„Mănânc pentru a trăi sau trăiesc pentru a  
mânca“**

**Referință proiect: 2024-1-RO01-KA220-VET-000249064**





Cofinanțat de  
Uniunea Europeană



**„Sprijinul acordat de Comisia Europeană pentru producerea acestei publicații nu constituie o aprobare a conținutului care reflectă doar opiniile autorilor, iar Agenția Națională și Comisia nu pot fi considerate responsabile pentru nicio utilizare care poate fi făcută din informațiile conținute în aceasta”.**



## DESCRIERE CURRICULUM

**Nume proiect: „Mănânc pentru a trăi sau trăiesc pentru a mânca“ (OpenEAT)**

**Referință proiect: 2024-1-RO01-KA220-VET-000249064**

**Curriculum adresată experților și specialiștilor în agricultură, tehnologii alimentare, siguranța alimentară și nutriționiști.**

### Profesori responsabili cu partea teoretică:

Partener principal (ROMPAN): Daniela Voica, Dana Avram

Partener 1 (UBARI): Pasquale Filannino, Donato Gerin, Stefania Pollastro

Partener 2 (ANSES): Petru Jitaru, Rachida Chekri, Chanthadary Inthavong, Julien Parinet

Partener 3 (ULST): Ersilia Alexa, Delia Dumbrava, Camelia Moldovan, Corina Misca, Diana Raba, Mirela Popa

Partener 4 (FINS): Aleksandra Torbica, Bojana Filipčev, Olivera Šimurina

Partener 6 (UKR): Iryna Antonik, Oleksandr Shablia, Taras Zhygailo, Nataliia Valentiuk, Natalia Volkova, Raisa Vozhehova

### Profesori responsabili cu partea practică:

Partener principal (ROMPAN): Daniela Voica, Dana Avram

Partener 1 (UBARI): Pasquale Filannino, Donato Gerin, Stefania Pollastro

Partener 2 (ANSES): Petru Jitaru, Julien Parinet

Partener 3 (ULST): Ersilia Alexa, Delia Dumbrava, Camelia Moldovan, Corina Misca, Diana Raba, Mirela Popa

Partener 4 (FINS): Aleksandra Torbica, Bojana Filipčev, Olivera Šimurina

Partener 6 (UKR): Iryna Antonik, Oleksandr Shablia, Taras Zhygailo, Nataliia Valentiuk, Natalia Volkova, Raisa Vozhehova

<b>Obiective</b>	Curriculum-ul stabilește competențe și abilități cognitive necesare experților și specialiștilor cu privire la măsurile de reducere a contaminării cerealelor, metodologii de detectare a pesticidelor, metalelor grele și compușilor toxici ai azotului și impactul asupra sănătății. Abilitățile cognitive se referă la capacitatea necesară de a folosi conceptele științifice aparținând disciplinelor fundamentale chimie, biologie și tehnologii generale în vederea dezvoltării de noi strategii pentru siguranța alimentelor în contextul conflictului ucrainean. Curriculum-ul va prezenta aspecte teoretice și practice privind măsurile de reducere a contaminării cerealelor, metodologii de detectare a pesticidelor, metalelor grele și compușilor toxici ai azotului și impactul asupra sănătății.
<b>Abilități cognitive</b>	Atunci când se proiectează un curriculum axat pe <b>măsuri de reducere a contaminării cerealelor cu pesticide, compuși cu azot și metale grele</b> , este esențial să se dezvolte <b>abilități cognitive</b> care să îmbunătățească rezolvarea problemelor, gândirea critică și luarea deciziilor. Mai jos sunt abilitățile cognitive cheie de inclus: <b>1.Gândire analitică</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificarea surselor de contaminare a cerealelor și a impactului acestora asupra sănătății</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analiza datelor despre sol și culturi pentru a detecta tendințele de contaminare</li><li>• Evaluarea eficacității diferitelor strategii de reducere a contaminării</li></ul> <p><b>2. Gândire critică</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluarea riscurilor asociate cu contaminarea cu pesticide și metale grele</li><li>• Compararea diferitelor practici agricole pentru reducerea contaminării</li><li>• Chestionarea și validarea rezultatelor cercetării privind controlul contaminării</li></ul> <p><b>3. Rezolvarea problemelor</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dezvoltarea de soluții inovatoare pentru minimizarea contaminării</li><li>• Adaptarea tehnicilor agricole pentru reducerea reziduurilor chimice</li><li>• Abordarea provocărilor de conformitate cu reglementările în scenarii din lumea reală</li></ul> <p><b>4. Luarea deciziilor</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alegerea strategiilor adecvate de combatere a dăunătorilor cu impact minim asupra mediului</li><li>• Echilibrarea productivității și durabilității în cultivarea cerealelor</li><li>• Interpretarea rezultatelor testelor de laborator pentru a lua decizii informate de control al contaminării</li></ul> <p><b>5. Anchetă științifică și abilități de cercetare</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Efectuarea de experimente pe teren privind atenuarea contaminării</li><li>• Revizuirea literaturii științifice privind reducerea pesticidelor și a metalelor grele</li><li>• Aplicarea metodologiilor de cercetare pentru evaluarea nivelurilor de contaminare</li></ul> <p><b>6. Gândire sistemelor</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Înțelegerea interacțiunilor dintre sol, apă, culturi și contaminanți</li><li>• Recunoașterea efectelor pe termen lung ale contaminării asupra ecosistemelor și sănătății umane</li><li>• Proiectarea sistemelor agricole durabile care reduc la minimum riscurile de contaminare</li></ul>
<p><b>Abilități profesionale</b></p>	<p><b>Elaborarea unui curriculum care să abordeze măsurile de reducere a contaminării cerealelor necesită un amestec de cunoștințe științifice, tehnice și de reglementare.</b></p> <p><b>1. Abilități științifice de agricultură și mediu</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Înțelegerea comportamentului pesticidelor în sol și culturi</li><li>• Cunoașterea ciclului azotului și a impactului îngrășămintelor asupra cerealelor</li><li>• Conștientizarea surselor de contaminare cu metale grele (poluare industrială, compoziția solului, irigații)</li><li>• Tehnici de monitorizare a solului și a culturilor</li></ul> <p><b>2. Siguranța alimentară și controlul calității</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Principiile analizei pericolelor și punctelor critice de control (HACCP).</li><li>• Evaluarea riscurilor pentru reziduurile de pesticide și metale grele</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metode de analize de laborator pentru contaminanți (de exemplu, cromatografie, spectroscopie)</li><li>• Reglementări internaționale privind siguranța alimentelor (UE, FAO, Codex Alimentarius)</li></ul> <p><b>3. Agricultură durabilă și agricultură de precizie</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cele mai bune practici pentru aplicarea pesticidelor și strategii de reducere a cantității lor din cereale</li><li>• Tehnici de management integrat al dăunătorilor (IPM).</li><li>• Practici de agricultură organică și regenerativă</li><li>• Instrumente agricole de precizie (drone, senzori, AI pentru monitorizarea sănătății solului)</li></ul> <p><b>4. Cunoștințe privind reglementarea și conformitatea</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cadrele legale privind utilizarea pesticidelor și limitele de reziduuri</li><li>• Limite maxime de reziduuri (LMR) și standarde de reglementare</li><li>• Cerințe de certificare pentru cereale ecologice și durabile</li></ul> <p><b>5. Analiza datelor și utilizarea tehnologiei</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Analiza statistică a nivelurilor de contaminare</li><li>• Utilizarea sistemelor de informare geografică (GIS) pentru cartografierea contaminării solului și apei</li><li>• Aplicații AI și IoT în monitorizarea contaminării</li></ul>
<p><b>Unități de competență</b></p>	<p><b>1. Sursele de contaminare și evaluarea riscurilor</b></p> <p><b>Competențe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificarea surselor primare de contaminare a cerealelor (pesticide, îngrășăminte, metale grele)</li><li>• Evaluarea factorilor de mediu și agricoli care contribuie la contaminare</li><li>• Analizarea căilor de contaminare (sol, apă, aer) și impactul acestora asupra siguranței alimentelor</li></ul> <p><b>Subiecte cheie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Formarea și persistența reziduurilor de pesticide</li><li>• Compușii azotului: suprasolicitare, scurgere</li><li>• Acumularea de metale grele din surse industriale și naturale</li><li>• Metodologii de evaluare a riscurilor</li></ul> <p><b>2. Practici agricole durabile și integrate</b></p> <p><b>Competențe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicarea <b>managementului integrat al dăunătorilor (IPM)</b> pentru a reduce dependența de pesticide</li><li>• Implementarea <b>tehnicilor de fertilizare durabile</b> pentru a minimiza contaminarea cu compusi de azot</li><li>• Utilizarea metodelor de remediere și conservare a solului pentru a reduce absorbția de metale grele</li></ul> <p><b>Subiecte cheie:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Controlul biologic al dăunătorilor și rotația culturilor</li><li>• Agricultură de precizie pentru aplicare controlată de îngrășăminte</li><li>• Tehnici de management al pH-ului solului și bio-remediere</li><li>• Alternative de agricultură ecologică</li></ul>



### 3. Monitorizarea și detectarea contaminanților

#### Competențe:

- Efectuarea de teste din sol și de laborator pentru reziduuri de pesticide, nitrați și metale grele
- Folosirea tehnicilor moderne de detectare (cromatografie, spectrometrie, biosenzori)
- Interpretarea nivelurilor de contaminare și sugerarea acțiunilor corective

#### Subiecte cheie:

- Metode de testare de laborator (GC-MS, HPLC, ICP-MS)
- Limite de reglementare pentru contaminanți (standarde UE, Codex, FAO)
- Tehnici de testare rapidă la fața locului

### 4. Conformitatea cu reglementările și standardele de siguranță alimentară

#### Competențe:

- Aplicarea **limitelor maxime de reziduuri (LMR)** și reglementările privind siguranța alimentelor
- Asigurarea conformității cu standardele naționale și internaționale
- Implementarea **analizei pericolelor și a punctelor critice de control (HACCP)** pentru prevenirea contaminării

#### Subiecte cheie:

- Reglementările UE privind pesticidele, Codex Alimentarius FAO, ghidurile OMS
- Bune practici agricole (GAP)
- Principiile HACCP pentru producția și depozitarea cerealelor

### 5. Soluții tehnice și digitale pentru reducerea contaminării

#### Competențe:

- Utilizarea tehnologiilor agricole de precizie (drone, senzori, IA) pentru controlul contaminării
- Aplicarea cartografierii GIS pentru a monitoriza zonele contaminate
- Implementarea sistemelor inteligente de irigare și fertilizare

#### Subiecte cheie:

- Aplicații AI și IoT în agricultura durabilă
- Cartografierea contaminării bazată pe GIS
- biochar Sisteme automate de aplicare a pesticidelor și îngrășămintelor

### 6. Lanțul de aprovizionare durabil și conștientizarea consumatorilor

#### Competențe:

- Gestionarea manipulării după recoltare pentru a preveni contaminarea
- Asigurarea aprovizionării durabile și a trasabilității în producția de cereale
- Educarea părților interesate cu privire la riscurile de contaminare și strategiile de atenuare

#### Subiecte cheie:

- Prevenirea contaminării pe parcursul depozitării și transportului
- Blockchain și tehnologii de trasabilitate
- Educarea consumatorilor cu privire la siguranța alimentelor



<b>Elemente inovative</b>	Elementele de inovare se datorează complementarității competențelor care se intenționează a fi implementate grupurilor țintă și care se referă la elemente de agronomie, protecția cerealelor, detectarea contaminanților, instrumente analitice și implicații asupra sănătății pentru a gestiona contaminarea cerealelor și pentru a asigura siguranța alimentară în contextul conflictului ucrainean.
<b>Impactul</b>	<p>Implementarea unui curriculum bine structurat pe această temă poate avea efecte pozitive semnificative în mai multe domenii, de la agricultură și sănătate publică până la sustenabilitatea mediului și beneficiile economice. Mai jos sunt principalele zone de impact:</p> <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Impactul agricol și al mediului</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Reducerea contaminării solului și al apei</li><li>• Îmbunătățirea calității și siguranței culturilor</li><li>• Rezilierea și durabilitatea climei</li></ul></li><li><b>2. Impactul asupra sănătății publice și al siguranței alimentare</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Aprovizionarea cu alimente mai sigure</li><li>• Reducerea riscurilor pentru sănătate</li><li>• Câștigarea încrederii consumatorului</li></ul></li><li><b>3. Impactul economic și industrial</b><ul style="list-style-type: none"><li>• Valoare de piață mai mare pentru cerealele fără contaminanți</li><li>• Reducerea costurilor pentru fermieri</li><li>• Utilizarea eficientă a pesticidelor și îngrășămintelor reduce costurile de intrare</li><li>• Prevenirea contaminării evită potențialele pierderi financiare din exporturile respinse</li><li>• Crearea de locuri de muncă și progrese tehnologice</li><li>• Crește cererea de profesioniști calificați în agricultura de precizie, siguranța alimentară și monitorizarea mediului</li><li>• Încurajarea inovațiilor tehnologice agricole (agtech), cum ar fi detectarea contaminării bazată pe inteligență artificială</li></ul></li><li><b>4. Impactul educațional și al cercetării</b><p><b>Consolidarea capacităților pentru viitorii experți agricoli</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Fermierii, agronomii și factorii de decizie politică obțin cunoștințe avansate privind reducerea contaminării</li><li>• Instruirea privind <b>luarea deciziilor bazate pe date</b> sporește eficiența agriculturii</li></ul><p><b>Încurajarea inovației științifice</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Cercetarea în <b>bioremediere, nanotehnologie și combatere alternativă a dăunătorilor</b> promovează durabilitatea</li><li>• Colaborarea sporită între <b>universități, instituții de cercetare și lideri din industrie</b></li></ul><p><b>Schimb global de cunoștințe</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Parteneriatele internaționale facilitează învățarea din cele mai bune practici din diferite regiuni</li><li>• Integrarea <b>platformelor de e-learning</b> permite schimbul de cunoștințe dincolo de comunitățile locale</li></ul></li><li><b>5. Impactul politicilor și al reglementărilor</b></li></ol>



	<p><b>Respectarea mai strictă a reglementărilor privind siguranța alimentelor</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermierii și producătorii necesită o mai bună echipare pentru a îndeplini standardele naționale și internaționale</li> <li>• Agențiile guvernamentale îmbunătățesc monitorizarea și aplicarea politicilor de control al contaminării</li> </ul> <p><b>Luarea deciziilor informate referitoare factorilor de decizie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datele științifice din curriculum susțin dezvoltarea politicilor bazate pe dovezi</li> <li>• Strategii îmbunătățite pentru reducerea poluării agricole și a utilizării excesive a substanțelor chimice</li> </ul> <p><b>Abilitarea comunităților locale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inițiativele științifice cetățenești încurajează participarea publicului la monitorizarea siguranței alimentelor</li> <li>• Creșterea gradului de conștientizare duce la susținere pentru reglementări mai puternice de mediu și de siguranță alimentară</li> </ul>
--	--

**Orele de activitate**

Total ore	Teoretice	Practice	Studiu individual
<b>82</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>10</b>



## Subiecte Curriculum

Părte teoretică	Nr. ore	Obs
<p><b>Capitolul 1. Introducere în riscurile de contaminare a cerealelor în agricultura afectată de conflict</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Înțelegerea impactului activităților militare asupra contaminării solului și a culturilor</li> <li>• Identificarea contaminanților primari: pesticide, compuși de azot și metale grele</li> <li>• Analiza căilor de contaminare în cereale și sistemele alimentare</li> <li>• Prezentare generală a <b>riscurilor de contaminare agricolă</b></li> <li>• Surse de <b>contaminare cu metale grele (plumb, arsenic, cadmiu)</b></li> <li>• Efectele <b>pesticidelor și îngrășămintelor cu azot excesiv</b> asupra solului și apei</li> </ul>	2 (LTT 1-3)	
<p><b>Capitolul 2. Termeni și definiții</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Condiții generale legate de contaminare</b></li> <li>• <b>Termeni privind contaminarea cu metale grele</b></li> <li>• <b>Termenii de contaminare a compusului de azot</b></li> <li>• <b>Termeni de contaminare cu pesticide</b></li> <li>• <b>Termeni de contaminare agricolă specifici războiului</b></li> <li>• <b>Condiții de reglementare internaționale și UE</b></li> </ul>	2 (LTT 1-3)	
<p><b>Capitolul 3. Contextul internațional al conflictului ucrainean și legislația la nivel național și european</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Limite și praguri de reglementare (UE, FAO, Codex Alimentarius)</b></li> </ul>	2 (LTT 1-3)	Fiecare parte teoretică constă în ore 8 ore x 2 zile
<p><b>Capitolul 4. Măsuri necesare pentru reducerea contaminării cu cereale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Măsuri de reducere a conținutului de pesticide din cereale și produse din cereale</li> <li>• Măsuri de reducere a contaminării cu metale grele în cereale și produse din cereale</li> <li>• Măsuri de reducere a compușilor de azot din cereale și produse din cereale</li> </ul>	8 (LTT1)	În total 16 ore/LTT
<p><b>Capitolul 5. Metodele analitice de control al contaminanților</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode analitice pentru detectarea conținutului de pesticide în cereale și produse din cereale</li> <li>• Metode analitice pentru detectarea contaminării cu metale grele în cereale și produse din cereale</li> <li>• Metode analitice pentru detectarea compușilor de azot din cereale și produse din cereale</li> </ul>	8 (LTT2)	



<p><b>Capitolul 6. Riscul pentru sănătate legat de contaminarea cerealelor și a produselor cerealiere</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riscul pentru sănătate al cerealelor și produselor din cereale contaminate cu pesticide</li> <li>• Riscul pentru sănătate al cerealelor și produselor din cereale contaminate cu metale grele</li> <li>• Riscul pentru sănătate al cerealelor și produselor din cereale contaminate cu compuși de azot</li> </ul>	<p>8 (LTT3)</p>	
<p><b>Evaluare</b></p>	<p>2 (LTT1-3)</p>	
<p><b>Parte practică</b> Activitățile practice se vor desfășura în laboratoarele didactice ale universităților partener, care prezintă echipamentele necesare.</p>	<p>Nr. ore</p>	<p>Obs</p>
<p>i) Schimbul de bune practici în gestionarea cerealelor și a produselor conexe susceptibile de contaminare importate din Ucraina.</p>	<p>8 LTT1</p>	<p>Fiecare parte practică constă în 8 ore x 1 zi (LTT1-3)</p>
<p>ii) Schimbul de bune practici privind detectarea contaminanților din cereale și produse din cereale.</p>	<p>8 LTT2</p>	
<p>iii) Schimbul de bune practici privind riscurile pentru sănătate și securitatea alimentară asociate consumului de produse cerealiere contaminate cu pesticide, metale grele și compuși ai azotului.</p>	<p>8 LTT3</p>	
<p><b>Metode de evaluare:</b> Metodele de evaluare sunt stabilite pe baza elementelor obiective, semiobiectivi și subiectivi. <b>Elementele obiective</b> se referă la evaluarea bazată pe principiile de alegere dublă, pereche sau multiplă a unui număr de soluții oferite cursanților. <b>Elementele semi-obiective</b> pot fi cu răspuns scurt, complementare sau întrebări structurate în care elevul intervine cu soluții exprimate în formularea parțial redată. <b>Elementele subiective</b> se referă la eseul liber sau structurat, în care cursantul exprimă liber soluții la problema solicitată sau pe baza unei scheme cerute. În categoria itemilor subiectivi, este inclusă și rezolvarea unor probleme pe tema predată.</p>		
<p><b>Evaluarea în vederea certificării competențelor:</b> se va face prin instrumente și probe elaborate în conformitate cu prevederile privind aptitudinile cognitive și profesionale, ținând cont de criteriile de performanță și de condițiile de aplicabilitate a acestora. Unele dovezi și instrumente de evaluare vor putea ține cont de evaluarea integrată a competențelor multiple sau a mai multor criterii de performanță din aceeași competență sau din competențe diferite. Evaluarea evidențiază măsura în care competențele cheie, abilitățile tehnice generale și abilitățile tehnice de specialitate sunt modelate.</p>		
<p><b>Lista materialelor didactice și de cercetare:</b> Părțile teoretice, precum și cele practice vor fi exemplificate prin texte, imagini și videoclipuri, iar metoda finală de predare va ține cont de nivelul grupului țintă căruia i se adresează.</p>		



## CURRICULUM EXTINS

### Capitolul 1. Introducere

#### 1.1. Înțelegerea impactului activităților militare asupra contaminării solului și a culturilor

Activitățile militare pot introduce o gamă largă de contaminanți în mediu, impactând solul și, ulterior, culturile din sol. Acești contaminanți pot fi clasificați în linii mari ca:

**Metale grele:** Munițiile, vehiculele militare, războiul cu drone și alte echipamente pot elibera în sol metale grele precum plumb, cadmiu, crom, litiu și uraniu sărăcit. Aceste metale se pot acumula în plante, prezentând riscuri pentru sănătatea consumatorilor.

**Compuși explozivi:** Detonarea explozivilor eliberează în mediu diferiți compuși chimici, inclusiv nitroaromatici (de exemplu, TNT, RDX) și perclorați. Acești compuși pot fi toxici pentru plante și oameni, iar persistența lor în sol poate duce la contaminare pe termen lung.

**Propulsori și combustibili:** Scurgerile de la vehiculele militare și de la unitățile de depozitare pot contamina solul cu propulsori (de exemplu, perclorat de amoniu) și combustibili (de exemplu, hidrocarburi). Aceste substanțe pot avea un impact negativ asupra creșterii și dezvoltării plantelor, iar unele pot avea proprietăți cancerigene.

**Arme chimice și biologice:** Deși mai puțin frecvente, utilizarea potențială a armelor chimice sau biologice reprezintă o amenințare severă de contaminare pe scară largă și de lungă durată. Acești agenți pot avea efecte devastatoare asupra sănătății umane și asupra mediului.

**Materiale radioactive:** Utilizarea munițiilor cu uraniu sărăcit ridică îngrijorări cu privire la contaminarea radioactivă. În timp ce radiotoxicitatea uraniului sărăcit este dezbătută, toxicitatea sa chimică ca metal greu este bine stabilită.

**Articolele neexplodate (UXO):** UXO, inclusiv minele terestre și bombele neexplodate, nu numai că reprezintă un pericol fizic direct, dar pot, de asemenea, să scurgă contaminanți în solul înconjurător în timp, pe măsură ce se corodează.

#### Impactul acestor contaminanți asupra solului și culturilor are mai multe fețe:

**Degradarea solului:** Contaminarea poate modifica proprietățile solului, afectându-i fertilitatea, structura și capacitatea de reținere a apei, împiedicând în cele din urmă creșterea plantelor.

**Absorbția și acumularea plantelor:** Plantele pot absorbi contaminanții din sol prin rădăcini și îi pot transloca în diferite părți, inclusiv în părțile comestibile, cum ar fi boabele. Nivelul de acumulare depinde de diverși factori, inclusiv tipul de contaminant, concentrația acestuia în sol, speciile de plante și condițiile de mediu.

**Contaminarea lanțului alimentar:** Culturile contaminate pot introduce aceste substanțe dăunătoare în lanțul alimentar, afectând atât sănătatea umană, cât și sănătatea animală. Expunerea pe termen lung la niveluri scăzute de contaminanți poate duce la probleme cronice de sănătate.



### Considerații importante

Severitatea contaminării solului și a culturilor depinde de tipul și intensitatea activităților militare, de tipul solului și de climă.

Efectele pe termen lung ale contaminării solului cauzate de activitățile militare pot fi dificil de evaluat și pot să nu fie pe deplin înțelese.

Abordarea contaminării solului și a culturilor cauzată de activitățile militare este esențială pentru protejarea sănătății umane și a mediului.

### 1.2. Identificarea contaminatorilor primari: pesticide, compuși cu azot și metale grele

Cerealele, sunt alimente de bază semnificativ la nivel global, sunt vulnerabile la diverse surse de contaminare, prezentând riscuri substanțiale pentru sănătatea umană. Pesticidele, compușii de azot și metalele grele sunt contaminanți primari de îngrijorare deosebită datorită utilizării lor generalizate, persistenței în mediu și a potențialelor efecte negative asupra sănătății.

#### 1.2.1. Pesticide

Acești agenți chimici sunt folosiți pentru a gestiona dăunătorii care provoacă deteriorarea culturilor sau boli vectoriale. Deși esențiale pentru asigurarea securității alimentare, reziduurile de pesticide din cereale reprezintă o amenințare semnificativă pentru sănătatea umană.

Principalele clase de pesticide includ:

Organofosfați – Afectează sistemul nervos prin inhibarea acetilcolinesterazei (de exemplu, clorpirifos, malathion, diazinon).

Carbamații - Similare cu organofosfații, dar cu inhibare reversibilă a enzimelor (de exemplu, carbaril, aldicarb).

Organocloruri – persistente în mediu, multe sunt acum interzise (de exemplu, DDT, lindan).

Piretroizi – Analozi sintetici ai piretrinelor naturale, utilizați pentru combaterea insectelor (de exemplu, permetrin, cipermetrin).

Neonicotinoizi – Acționează asupra sistemelor nervoase ale insectelor, controversate pentru impactul lor asupra albinelor (de exemplu, imidacloprid, tiametoxam).

Triazine – erbicide comune care inhibă fotosinteza (de exemplu, atrazină, simazină).

Sulfoniluree – Erbicide care perturbă sinteza aminoacizilor din plante (de exemplu, metsulfuron-metil).

Erbicide fenoxi - Folosite pentru combaterea buruienilor cu frunze late (de exemplu, 2,4-D).

Dicarboximide - Fungicide care inhibă creșterea fungică (de exemplu, iprodionă).

Strobilurine – Fungicide moderne care perturbă respirația mitocondrială (de exemplu, azoxistrobin).

Fiecare clasă are utilizări specifice, profiluri de toxicitate și impact asupra mediului.

### Impactul asupra sănătății

Principalele efecte asupra sănătății ale expunerii la pesticide asupra oamenilor depind de tipul de pesticid, de doză și de durata expunerii. Acestea includ:

#### Efecte acute (expunere pe termen scurt)

1. **Efecte neurologice** – Dureri de cap, amețeli, greață, convulsii (de exemplu, organofosfații și carbamații inhibă acetilcolinesteraza).
2. **Probleme respiratorii** – Dificultate la respirație, iritație sau simptome asemănătoare astmului de la expunerea prin inhalare.



3. **Iritarea pielii și a ochilor** – Erupții cutanate, senzație de arsură sau reacții alergice la contactul cutanat.
4. **Probleme gastrointestinale** – Vărsături, diaree și dureri abdominale datorate ingerării.

#### Efecte cronice (expunere pe termen lung)

1. **Neurotoxicitate** – Risc crescut de boli neurodegenerative precum Parkinson și declin cognitiv.
2. **Carcinogenitate** – Unele pesticide (de exemplu, organoclorurate, glifosatul) sunt legate de daune cancer, inclusiv leucemia și limfomul non-Hodgkin.
3. **Tulburări endocrine** – Interferență cu sistemele hormonale, care afectează sănătatea reproductivă, funcția tiroidiană și dezvoltarea fătului.
4. **Efecte asupra reproducerii și asupra dezvoltării** – fertilitate redusă, malformații congenitale și tulburări de dezvoltare la copii.
5. **Suprimarea sistemului imunitar** – Susceptibilitate crescută la infecții și boli autoimune.
6. **Leziuni hepatice și renale** – Expunerea cronică poate duce la disfuncția organelor din cauza bioacumulării de compuși toxici.

#### **Populații vulnerabile**

- **Copii și femeii însărcinate** – Mai sensibile datorită organelor în curs de dezvoltare.
- **Lucrători în fermă și lucrători expuși la pesticidele** – Risc de expunere mai mare prin contactul profesional.

Limitele de reglementare și măsurile de siguranță au ca scop minimizarea acestor riscuri, dar expunerea trebuie controlată cu atenție.

- **Cadre de reglementare:** Numeroase țări au implementat cadre de reglementare care guvernează aplicarea pesticidelor și stabilesc limitele maxime de reziduuri (LMR) în cereale pentru a atenua expunerea consumatorilor (FAO/OMS, 2022).

#### **1.2.2. Compuși cu azot**

Compușii cu azot, în special nitrații și nitriții, sunt substanțe naturale care pot intra și în lanțul alimentar prin practici agricole, în special prin aplicarea de îngrășăminte pe bază de azot.

- **Surse de contaminare:** Utilizarea excesivă a îngrășămintelor cu azot poate duce la scurgerea nitraților în apele subterane și de suprafață, contaminând ulterior apa de irigare și culturile de cereale.
- **Implicații asupra sănătății:** Nivelurile crescute de nitrați din cereale prezintă riscuri pentru sănătate, în special pentru sugari, deoarece nitrații pot fi transformați în nitriți, ducând la methemoglobinemie, o afecțiune care afectează transportul oxigenului. În plus, nitriții pot reacționa cu aminele gastrice pentru a forma nitrozamine cancerigene (OMS, 2011).
- **Măsuri de reglementare:** Organizația Mondială a Sănătății (OMS) a stabilit linii directoare pentru concentrațiile de nitrați în apa potabilă și reglementări similare se aplică adesea produselor alimentare, inclusiv cerealelor.

#### **1.2.3. Oligoelemente toxice**

Expresia „metale grele” definește elementele metalice care au o densitate relativ mare în comparație cu apa și se presupune că greutatea este asociată cu toxicitatea. Metalele grele



sunt, de asemenea, considerate oligoelemente, deoarece sunt prezente în urme de concentrații în intervalul ppb până la mai puțin de 10 ppm în majoritatea matricelor de mediu. Anterior, oamenii de știință foloseau termenul „metale grele” atunci când se refereau la oligoelemente. De fapt, nu toate metalele sunt în esență grele (de exemplu, Al, Ni) și unele elemente nu sunt metale (de exemplu, As, Se). De aceea, în zilele noastre, cercetătorii preferă termenul „oligoelemente (metalice)” sau, mai simplu, „oligoelemente”.

Metalele pot fi clasificate ca esențiale și neesențiale, depinzând dacă exercită o funcție în procesele biochimice și fiziologice (Goyer et al., 2004). Conform Organizației Mondiale a Sănătății (OMS) elementele esențiale sunt I, Zn, Se, Fe, Cu, Cr și Mo. Alte oligoelemente pot/ ar putea avea efecte benefice sau pot fi esențiale precum Mn, Co, As, Ni și V (Amiard, 2011). De fapt, Cu și Fe sunt încorporate într-un număr de metaloenzime implicate în formarea hemoglobinei și metabolismul carbohidraților (Henriques și colab., 2017; Tchounwou și colab., 2012), în timp ce Zn joacă un rol important în diviziunea și creșterea celulară, vindecarea rănilor și descompunerea carbohidraților (Roohani și colab., 2013). Oligoelemente neesențiale precum Hg, Pb sau Cd nu joacă niciun rol fiziologic și sunt toxice în cantități foarte mici (Goyer et al., 2004).

Oligoelementele toxice sunt elemente naturale, caracterizate în general prin greutate și densitate atomică ridicată, care prezintă efecte toxice asupra sistemelor biologice. Acești contaminanți pot intra în lanțul alimentar prin diferite căi, inclusiv deversarea industrială, operațiunile miniere și utilizarea apei de irigare contaminate.

- **Oligoelemente toxice reprezentative:** arsenicul, cadmiul, plumbul și mercurul (în mare parte accidental) sunt printre cele mai îngrijorătoare oligoelemente toxice din cereale. Ele pot fi încorporate în cereale din sol și surse de apă contaminate.
- **Standarde de reglementare:** Organizațiile internaționale (Uniunea Europeană etc.), precum și autoritățile naționale au stabilit standarde și linii directoare pentru concentrațiile de oligoelemente toxice din cereale pentru a minimiza expunerea umană.

### 1.3. Surse de contaminare

#### 1.3.1. Surse de contaminare cu pesticide

- **Agricultură**

Agricultura este principalul sector economic în care s-au folosit pesticide clorurate, ale căror efecte se resimt și astăzi. Impactul pesticidelor utilizate în agricultură asupra apei este sub formă de poluare difuză, care se măsoară în prezent în apele subterane și de suprafață.

Emisiile de Poluanți Organici Persistenti (POP) utilizați în sectorul agricol în atmosferă apar din surse staționare, precum aplicarea pesticidelor pe sol și prin ardere, sau din surse mobile corelate în principal cu vehiculele rutiere (tractoare și alte mijloace de transport).

- **Industrie**

Sursele de emisii din sectorul industrial sunt în principal bine determinate. Cu toate acestea, există și unele surse difuze generate de depozitarea deșeurilor solide și lichide din producția de pesticide. Stocurile existente (inclusiv deșeurile) de POP sunt corelate cu cantitățile de POP care nu mai sunt utilizate și care ar putea fi eliminate.

#### 1.3.2. Sursă de contaminare cu compuși de azot

Cantitatea de nitrați existentă în plantă la un moment dat este rezultatul echilibrului dintre cantitatea absorbită și cantitatea utilizată în proteinogeneză. Orice factor susceptibil de



a interveni în lanțul metabolic, care asigură transformarea azotului nitric în azot amino și azot proteic, poate influența cantitatea de nitrați liberi din plantă.

Sursele de contaminare cu nitrați, nitriți și amoniu a produselor horticole sunt:

- **surse naturale:** nitrați din sol, apele de suprafață, apele subterane, ca urmare a descompunerii naturale a azotului organic de către microorganisme și transformării în materiale precum proteine la plante, animale. Apariția naturală a nitraților și nitriților în mediu este consecința așa-numitului „ciclu al azotului”.
- **surse antropice** date de utilizarea îngrășămintelor sintetice în fertilizarea culturilor horticole, agriculturii și aplicarea deșeurilor rezultate din aceste ferme zootehnice pe solurile cultivate.
  - Fertilizarea excesivă, cu doze care depășesc necesarul de azot al plantei în perioada de consum maxim, duce la creșterea conținutului de nitrați al plantei. Administrarea îngrășămintelor cu azot, sub formă de îngrășământ foliar, duce la creșterea conținutului de nitrați, dar într-o perioadă scurtă de la aplicare, nivelul de nitrați scade până la valoarea de pretratare. Conținutul de nitrați al plantelor poate fi redus cu 20-25% prin stropirea culturilor cu apă în perioada de dinainte de recoltare.
  - Niveluri ridicate de nitrați se găsesc în culturile cultivate pe soluri bogate în azot și humus, chiar și în absența fertilizării cu îngrășăminte cu azot. Problema poluării cu nutrienți începe la nivelul gospodăriei și anume de la gestionarea și utilizarea necorespunzătoare a gunoierului de grajd în agricultură. Agricultura ecologică promovează utilizarea compostului, îngrășământ care nu dăunează mediului, este mai ieftin și ușor accesibil.
- **Potențialul genetic** al plantei face ca nitrații să se acumuleze în plantă. Speciile de plante caracterizate prin cel mai mare conținut de nitrați sunt legumele al căror organ care se consumă este frunza.
- **Condițiile climatice** (temperatura, precipitațiile, intensitatea luminii) determină nivelul de nitrați din plante, ca urmare a condițiilor în care are loc reacția de reducere. Dintre acestea, regimul de iluminare are un rol foarte important, deoarece intervine ca sursă care furnizează energie în procesul de reducere a nitraților din plantă (nitrat – nitrit – amoniu – aminoacid).

### ***1.3.3. Surse de contaminare cu metale grele (plumb, arsen, cadmiu, antimoniu, crom, nichel, zinc, mercur, aluminiu)***

Reziduurile de elemente grele sunt cele mai persistente reziduuri de război din zonele afectate care contaminează aerul, solul și apa. Timpul lor de rezidență în mediu depinde de proprietățile redox. Sursele de contaminare cu metale sunt vaporii și particulele de împușcături, fragmentele de gloanțe, amorsele, detonatoarele, hardware-ul militar, armele, muniția, artileria și grenadele, războiul cu drone.

Contaminarea cu oligoelemente toxice a culturilor provine în principal din următoarele surse:

- (i) Contaminarea solului: metalele grele precum plumbul (Pb), arsenul (As) și cadmiul (Cd) se acumulează în solurile agricole din cauza emisiilor industriale, activităților miniere și surselor geologice naturale.



- (ii) Apa de irigare: Apa contaminată de la evacuarea industrială, irigarea cu ape uzate sau apele subterane cu conținut ridicat de metale care apar în mod natural pot introduce metale grele în sol și în sistemul vegetal.
- (iii) Depuneri atmosferice: Poluanții din aer din activități industriale, emisiile vehiculelor, arderea combustibililor fosili și, în mod excepțional, emisiile de explozii (de război) se pot depune pe culturi și sol, crescând concentrațiile de metale.
- (iv) Îngrășăminte și pesticide: Îngrășămintele cu fosfat și anumite pesticide conțin urme de metale grele, contribuind la acumularea pe termen lung a solului.
- (v) Folosirea deșeurilor și nămolului: Utilizarea nămolului de epurare, a compostului sau a deșeurilor organice ca amendamente la sol poate introduce cantități semnificative de metale grele în câmpurile agricole.

Odată absorbite de plante, aceste metale se pot acumula în părțile comestibile, prezentând riscuri pentru sănătatea umană.

#### 1.4. Efectele pesticidelor și îngrășămintelor cu azot excesiv asupra solului și apei

Aplicarea pesticidelor și a îngrășămintelor cu azot în exces în agricultura modernă, în timp ce contribuie la creșterea randamentelor, reprezintă amenințări semnificative atât pentru calitatea solului, cât și pentru cea a apei, cu efecte ulterioare asupra sănătății ecosistemului și potențiale daune asupra bunăstării umane. Cerealele, o sursă de hrană dominantă la nivel global, prezintă o vulnerabilitate deosebită la contaminarea cu aceste inputuri agrochimice.

##### 1.4.1. Pesticide

Utilizarea pesticidelor pentru combaterea dăunătorilor pot induce o serie de consecințe ecologice nedorite atât pentru sol, cât și pentru resursele de apă.

- **Efecte edafice:**

- **Perturbarea biotică:** Aplicarea pesticidelor poate avea un impact negativ asupra organismelor din sol care nu sunt țintă, inclusiv insectele benefice, râmele și comunitățile microbiene, ducând la diminuarea biodiversității și la perturbarea proceselor esențiale, cum ar fi ciclul nutrienților și descompunerea.
- **Contaminarea solului:** reziduurile persistente de pesticide se pot acumula în matricea solului, pot inhiba creșterea plantelor și prezintă riscuri pentru organismele care consumă material vegetal contaminat.
- **Alterarea proprietăților solului:** Anumite pesticide pot modifica structura solului, capacitatea de reținere a apei și alte proprietăți fizico-chimice, reducând potențial fertilitatea solului.

- **Efecte acvatice:**

- **Contaminarea apei:** scurgerile de pesticide din câmpurile agricole pot contamina resursele de apă de suprafață și subterane, având un impact negativ asupra vieții acvatice și pot infiltra sursele de apă potabilă.
- **Ecotoxicitate:** Pesticidele pot prezenta toxicitate față de organismele acvatice, inducând daune sau mortalitate la pești, nevertebrate și alge, perturbând astfel ecosistemele acvatice.



- **Contaminarea sedimentelor:** Pesticidele se pot lega de particulele de sedimente, acumulându-se în căile navigabile și pot prezenta riscuri prelungite pentru viața acvatică.

#### 1.4.2. Îngrășăminte cu azot în exces

În timp ce fertilizarea cu azot poate crește productivitatea culturilor, aplicarea ei excesivă poate exercita efecte dăunătoare asupra calității solului și a apei.

- **Efecte edafice:**

- **Acidifierea solului:** aplicarea excesivă de azot poate contribui la acidificarea solului, influențând biodisponibilitatea nutrienților și împiedicând potențial creșterea plantelor.
- **Dezechilibrul nutrienților:** Nivelurile ridicate de azot pot perturba echilibrul altor nutrienți esențiali din sol, limitând potențial creșterea și dezvoltarea plantelor.
- **Emisii de gaze cu efect de seră:** îngrășămintele cu azot pot contribui la emisia de protoxid de azot (N<sub>2</sub>O), un gaz cu efect de seră puternic implicat în schimbările climatice.

- **Efecte acvatice:**

- **Eutrofizare:** scurgerea excesivă de azot poate induce eutrofizarea în corpurile de apă, caracterizată prin înflorirea algelor, epuizarea oxigenului și uciderea ulterioară a peștilor.
- **Contaminarea cu nitrați:** concentrațiile crescute de nitrați în apa potabilă pot prezenta riscuri pentru sănătate, în special pentru sugari, ducând la methemoglobinemie, o afecțiune care afectează transportul oxigenului.
- **Contaminarea apelor subterane:** Nitrații se pot scurge în apele subterane, contaminând sursele de apă potabilă și pot necesita eforturi costisitoare de remediere.

#### Referințe

- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Han, H., & Abdel-Rahman, M. A. (2021). Heavy metals in irrigation water and their impact on soil health and crop productivity: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 786, 147571.
- Antoniadis, V., Golia, E. E., & Tsadilas, C. D. (2017). Heavy metals in fertilizers: A review. *Journal of Environmental Management*, 201, 1-10.
- Bajwa, H., Jabar, Z. J., Hussain, M., & Abbas, F. (2019). Environmental legacy of wars: Impact of ordnance on soil, water, and human health. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18029-18042.
- Broomandi, P., Guney, M., Kim, J. R., & Karaca, F. (2020). Soil contamination in areas impacted by military activities: A critical review. *Environmental Geochemistry and Health*, 42(7), 2115-2134.
- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., ... & Sutton, M. A. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889-892.



- Garbino, H. (2019). The impact of landmines and explosive remnants of war on food security: The Lebanese case. *Journal of Conventional Weapons Destruction*, 23(3), 21-26.
- Gozak, N. Y., Trofymenko, O. V., & Dmytruk, Y. V. (2023). Peculiarities of heavy metals accumulation in forage plants and lichens in areas affected by military actions. *Ukrainian Journal of Ecology*, 13(1), 198-204.
- Okafor-Yarwood, I. M. (2014). Use of depleted uranium weapons in contemporary military interventions. *African Security Review*, 2(1), 111-125.
- Panagos, P., Karydas, C. G., & Kougias, I. (2018). Soil contamination in former military areas: A review. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(3), 963-978.
- Pérez-Izquierdo, J., Vilchez, C., & Santos-Villoslada, J. (2024). A review about the mycoremediation of soil impacted by war-like activities: Challenges and gaps. *Journal of Fungi*, 10(2), 108.
- Rodríguez-Seijo, A., Arias-Estévez, M., Fernández-Calviño, D., Simal-Gandara, J., & Mejuto, J. C. (2016). Assessment of potential environmental risk by heavy metals in soils from military shooting ranges. *Environmental Pollution*, 216, 703-711.
- Sakhnenko, V., Semenova, N., Smirnova, O., Kolchanov, O., & Yevchuk, O. (2024). Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land*, 13(10), 1614.
- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 71-82
- Skalny, A. V., Aschner, M., Bobrovnitsky, I. P., Chen, P., Tsatsakis, A., Paoliello, M. M., Djordevic, A. B., & Tinkov, A. A. (2021). Environmental and health hazards of military metal pollution. *Environmental Research*, 201, 111568.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Vasiliev, S., & Petrova, A. (2024). Risks of soil pollution with toxic elements during military actions in Lviv. *Journal of Ecological Engineering*, 25(1), 195-208.
- Zolnikov, T. R., & Schinasi, L. H. (2020). Heavy Metal Toxicity in Armed Conflicts Potentiates AMR in *A. baumannii* by Selecting for Antibiotic and Heavy Metal Co-resistance Mechanisms. *Frontiers in Public Health*, 7, 7008767.



## Capitolul 2. Termeni și definiții

### 2.1. Condiții generale legate de contaminare

#### Contaminare

Prezența unor **substanțe dăunătoare** (chimice, biologice sau fizice) în alimente, sol sau apă peste niveluri acceptabile, ceea ce le face nesigure pentru consum sau utilizare.

#### Siguranța alimentelor

**Disciplina științifică** s-a concentrat pe manipularea, pregătirea și depozitarea alimentelor în moduri care să **prevină contaminarea** și să asigure că sunt sigure pentru consumul uman.

#### Limite maxime de reziduuri (LMR)

Cel mai înalt nivel de **pesticide sau contaminanți permis legal** în produsele alimentare, stabilit de **Codex Alimentarius, UE, FAO și reglementările naționale**.

#### Evaluare a riscurilor

Procesul de **identificare, evaluare și control al pericolelor potențiale** în alimentație și agricultură, în special contaminarea cauzată de daunele mediului cauzate de război.

### 2. 2. Termeni privind contaminarea cu metale grele

#### Metale grele

**Elemente toxice** (de exemplu, plumb, cadmiu, mercur, arsen) care se **acumulează în sol și culturi**, prezentând riscuri grave pentru sănătate atunci când sunt consumate.

#### Bioacumulare

Acumularea treptată a **metalelor grele** sau a substanțelor toxice în plante, animale sau oameni în timp.

#### Fitoremediere

Un proces care utilizează **plante pentru a absorbi și neutraliza metalele grele** din solurile contaminate.

#### Contaminare cu plumb (Pb)

Poluarea cu plumb din cereale cauzată de **activități militare, muniție și deșeuri industriale**, ducând la **tulburări neurologice și de dezvoltare** atunci când sunt consumate.

#### Contaminare cu cadmiu (Cd)

Un **metal greu extrem de toxic** care se acumulează în sol din **cauza îngrășămintelor, a emisiilor industriale și a resturilor de război**, afectând funcția rinichilor și sănătatea oaselor.

#### Contaminare cu arsen (As).

Arsenicul intră în lanțul alimentar prin **pesticide, contaminarea apei și poluarea cauzată de război**, ceea ce duce la otrăvire cronică și riscuri de cancer.

#### Contaminare cu mercur (Hg).



Contaminarea cu mercur în agricultură este rezultatul **emisiilor industriale, explozivilor și activităților miniere**, care afectează sănătatea neurologică și dezvoltarea fătului.

### 2.3. Termenii de contaminare a compusului cu azot

#### Compuși cu azot

Compuși chimici care conțin **azot** (de exemplu, nitrați, nitriți, amoniac) care **afectează solul, apa și sănătatea plantelor** atunci când sunt utilizați excesiv.

#### Poluare cu nitrați ( $\text{NO}_3^-$ ).

Niveluri ridicate de **nitrați în apă și sol**, adesea cauzate de **utilizarea excesivă a îngrășămintelor și scurgeri industriale legate de război**, ceea ce duce la contaminarea apei și probleme de sănătate precum **methemoglobinemia („sindromul bebelușului albastru”)**.

#### Toxicitatea nitriților ( $\text{NO}_2^-$ ).

Nitriții, derivați din nitrați, sunt **extrem de toxici** și contribuie la **nitrozaminele cancerigene** din alimente și apa de băut.

#### Contaminare cu amoniac ( $\text{NH}_3$ ).

Amoniacul din **scurgerile agricole, explozivii și deșeurile industriale** poate **acidifica solul și apa**, dăunând creșterii plantelor și ecosistemelor acvatic.

#### Eutrofizare

Procesul în care **excesul de compuși de azot** din corpurile de apă provoacă **creșterea excesivă a algelor**, ceea ce duce la epuizarea oxigenului și la colapsul ecosistemului acvatic.

#### Denitrificarea

Un proces natural în care **microorganismele transformă nitrații în azot gazos**, reducând nivelul de azot din sol și prevenind poluarea.

### 2.4. Termeni de contaminare cu pesticide

#### Pesticide

Substanțe chimice utilizate pentru **controlul dăunătorilor, buruienilor și bolilor**, dar pot lăsa **reziduuri dăunătoare** în alimente și în mediu.

#### Pesticide organoclorurate (OCP)

O clasă de **pesticide persistente, toxice** (de exemplu, **DDT, aldrină, dieldrină**) care se acumulează în **sol, apă și lanțurile trofice**.

#### Pesticide organofosforice (OP)

Pesticide extrem de toxice (de exemplu, **clorpirifos, malathion**) care **afectează funcțiile sistemului nervos** și sunt supuse **reglementărilor stricte ale UE**.

#### Onicotinoizi

O clasă de **insecticide sistemice** legate de **declinul populației de albine** și restricționate de **legislația UE**.



### **Glifosat**

Un **erbicid utilizat pe scară largă** (găsit în Roundup) care este analizat pentru **potențialele sale efecte cancerigene**.

### **Reziduuri de pesticide**

**Urme de pesticide rămase** în alimente după tratament, care trebuie să rămână sub **limitele maxime de reziduuri (LMR)** pentru a fi sigure.

### **Managementul integrat al dăunătorilor (IPM)**

O **abordare a agriculturii durabile** care minimizează utilizarea pesticidelor prin combinarea metodelor biologice, fizice și chimice de combatere a dăunătorilor.

## **2.5. Termeni specifici de conflict privind contaminarea agricolă**

### **Contaminarea solului indusă de război**

Poluarea terenurilor agricole cauzată de **explozibili, metale grele și distrugerii industriale în timpul conflictelor**.

### **Contaminare cu reziduuri explozive**

Contaminarea chimică de la **bombe, mine și resturi militare**, care afectează fertilitatea solului și siguranța alimentelor.

### **Contaminarea prin radiații**

Prezența **materialelor radioactive** (de exemplu, uraniu din obuze cu uraniu sărăcit) în zonele agricole, care afectează pe termen lung **siguranța solului și a culturilor**.

### **Poluarea cu uraniu sărăcit (DU).**

Un **metal greu toxic și radioactiv** folosit în muniția militară care poate **persista în sol timp de zeci de ani**, crescând **riscurile de cancer și boli de rinichi**.

### **Reabilitarea terenurilor post-conflict**

Procesul de restaurare a terenurilor agricole distruse de război prin **decontaminarea solului, agricultura durabilă și recuperarea mediului**.

## **2.6. Condiții de reglementare internaționale și UE**

### **Codex Alimentarius**

Un **standard global de siguranță** alimentară care stabilește **limitele maxime de reziduuri** pentru pesticide, metale grele și alți contaminanți din alimente.

### **Limitele maxime de reziduuri ale UE (LMR)**

**Limitele legale ale contaminanților** (de exemplu, metale grele, pesticide) din alimente conform **Regulamentului (CE) nr. 396/2005**.



### Directiva UE privind nitrații (91/676/CEE)

Legea europeană care limitează **poluarea cu azot din agricultură**, impunând fermierilor să urmeze **planurile de management al nutrienților**.

### European Green Deal și Strategia Farm to Fork

Inițiativele UE de **reducere a consumului de pesticide și îngrășăminte cu 50% până în 2030**, promovând agricultura **ecologică și agricultura durabilă**.

### Măsuri Sanitare și Fitosanitare (SPS).

**Normele OMC** care asigură că reglementările privind siguranța alimentară și contaminarea **nu creează bariere comerciale inutile**.

### Referințe

- Alexa, E., (2003) Contaminanți în produse vegetale I.S.B.N. 973-620-071-X, Editura Eurobit, Timisoara.
- Alexa, E. (2008) Contaminanți în produse horticoale și cerealiere, ISBN 978-973-729-152-3. Editura SOLNESS, Timișoara.
- Brhane, G., Dargo, H. (2014). Assessment of some heavy metals contamination in some vegetable and canned foods: A review. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, 1(9), 1394- 1403.
- Elzwayie, A., Afan, H.A., Allawi, M.F., El-Shafie, A. (2017). Heavy metal monitoring, analysis and prediction in lakes and rivers: State of the art. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(13), 12104-12117
- Gallart-Mateu, D., Armenta, S., de la Guardia, M. (2014). Implementing the contamination prevention programs in the pesticide industry by infrared spectroscopy. *Talanta*, 119, 312-319
- Gomaa, N.A.R. (2022). Heavy metals, definition, sources of food contamination, incidence, impacts and remediation A literature review with recent updates. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(1), 419 - 437
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X., et al. (2019). A review on heavy metals contamination in soil: Effects, sources, and remediation techniques. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 28(4), 380-394.
- Morrissy, J.G., Currell, J., Reichman, S.M., Surapaneni, A., Mallavarapu, M., Crosbie, N., Hirth, D., Aquiliona, S., Rajendram, W., Ball, A. (2021). Nitrogen contamination and bioremediation in groundwater and the environment: A review. *Earth-Science Reviews*, 222, 103816.
- Su, C. (2014). A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2), 24
- Vryzas, Z. (2018). Pesticide fate in soil-sediment-water environment in relation to contamination preventing actions. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 4, 5-9
- Yadav, I.C., Devi, N. L. (2017). Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental Science & Engineering*, 6, 141–154.



### Capitolul 3. Contextul internațional al conflictului ucrainean și legislația la nivel național și european

Războiul din Ucraina a perturbat agricultura globală, dat fiind că Ucraina este unul dintre cei mai mari exportatori mondiali de **grâu, porumb și orz**. Conflictul a dus la **degradarea solului, contaminarea din activități militare, restricții comerciale și provocări legate de securitatea alimentară**.

#### 3.1 Impacturi internaționale cheie:

##### Securitatea alimentară și aprovizionarea globală cu cereale

- Ucraina, împreună cu Rusia, reprezintă **aproximativ 30% din exporturile globale de grâu**. Războiul a perturbat lanțurile de aprovizionare, ducând la **creșterea prețurilor** la alimente și la penurie de cereale, în special în Africa și Orientul Mijlociu.
- **Inițiativa transportului cerealelor pe Marea Neagră**, intermediată de ONU și Turcia, a fost o încercare de a asigura trecerea în siguranță a exporturilor de cereale, dar prăbușirea acesteia a tensionat și mai mult piețele alimentare globale.

##### Contaminarea mediului și a agriculturii

- **Metalele grele, reziduurile de combustibil și munițiile neexplodate** din activitățile militare **au poluat terenurile agricole ucrainene**, crescând riscurile de contaminare a cerealelor.
- **Bombardamente pe scară largă și distrugerea terenurilor** au dus la degradarea solului, afectând productivitatea agricolă pe termen lung.

##### Perturbarea comerțului agricol și a lanțurilor de aprovizionare

- **Porturile și deteriorarea infrastructurii** au limitat capacitatea Ucrainei de a exporta cereale, forțând să se bazeze pe rute alternative prin **Polonia, România și Statele Baltice**.
- **Sancțiunile împotriva Rusiei** au perturbat aprovizionarea cu îngrășăminte și produse agrochimice, afectând producția agricolă globală.

#### 3.2 Legislația națională ucraineană privind contaminarea și siguranța alimentelor

Cadrul de reglementare al Ucrainei se aliniază cu **standardele Uniunii Europene (UE)**, ca parte a eforturilor sale de **aderare la UE și de conformitate cu comerțul agricol**. Domeniile cheie de atenție includ **utilizarea pesticidelor, controlul poluării cu nitrați și reglementările privind contaminarea cu metale grele**.

##### Principalele legi și reglementări ucrainene

###### Legea privind pesticidele și produsele agrochimice (2002, modificată)

- Reglementează **utilizarea, înregistrarea și eliminarea** pesticidelor și îngrășămintelor
- Necesită respectarea **limitelor UE de reziduuri** în produsele alimentare

###### Legea cu privire la protecția mediului (1991, modificată)

- Definește reglementări privind **poluarea solului, contaminarea chimică și gestionarea deșeurilor industriale**
- Stabilește standarde pentru contaminarea cu metale grele și nitrați în agricultură



**Legea privind siguranța și igiena alimentelor (2014, modificată pentru a se alinia la standardele UE)**

- Stabilește **limite maxime de reziduuri (LMR) pentru pesticide și contaminanți**
- Reglementează producția, depozitarea și distribuția alimentelor pentru piețele interne și de export

**Planul național de acțiune privind reducerea poluării cu nitrați**

- Implementează măsuri pentru a preveni scurgerea excesivă a compușilor de azot în sol și apă
- Sprijină fermierii în adoptarea **tehnichilor de fertilizare durabilă**

**Strategia pentru agricultură durabilă și dezvoltare rurală (2020-2030)**

- Încurajează **practicile agricole rezistente la climă și ecologice**
- Promovează **agricultura de precizie și bioremedierea** pentru a reduce riscurile de contaminare

### ***3.3 Legislația și reglementările europene privind contaminarea agricolă***

Pe măsură ce Ucraina urmărește o **integrare mai strânsă cu UE**, trebuie să respecte legile europene stricte privind **siguranța alimentară, protecția mediului și legile comerciale.**

**Reglementări cheie ale UE relevante pentru contaminarea cerealelor:**

#### **➤ Reglementările UE privind pesticidele și produsele agrochimice**

**Regulamentul (CE) nr. 1107/2009** – reglementează **autorizarea și utilizarea pesticidelor** în UE

**Regulamentul (UE) 2019/1381** – Introduce o **transparență mai strictă în evaluarea riscurilor alimentare**

**Impact asupra Ucrainei:**

- Exporturile de cereale ucrainene către UE trebuie să respecte **limitele de reziduuri de pesticide** în conformitate cu **Regulamentul (CE) nr. 396/2005**
- Ucraina trebuie să elimine treptat **pesticidele interzise din UE**, cum ar fi neonicotinoidele

#### **➤ Reglementările UE privind nitrații și metalele grele**

**Directiva Nitraților (91/676/CEE)** – Limitează poluarea cu compuși de azot în corpurile de apă

**Metalele grele din alimente Regulamentul (UE) 2023/915** – Stabilește limite stricte de **cadmiu, plumb și arsenic în cereale**

**Impact asupra Ucrainei:**

- Fermierii trebuie să implementeze **cele mai bune practici de management (BMP)** pentru a **reduce scurgerea azotului**
- Respectarea **pragurilor UE pentru metale grele** este necesară pentru exporturi

#### **➤ Legile UE privind siguranța alimentară și comerțul**

**Legea alimentară generală (Regulamentul (CE) nr. 178/2002)** – Stabilește baza politicii UE privind siguranța alimentară



**Limitele maxime de reziduuri (LMR) ale UE pentru contaminanții din alimente (Regulamentul (CE) nr. 1881/2006, actualizat în 2022) – Stabilește limite pentru contaminanții din cereale**

**Impact asupra Ucrainei:**

- Producătorii de cereale din Ucraina trebuie să testeze contaminanții înainte de export
- Trasabilitatea strictă este necesară pentru a îndeplini standardele de certificare HACCP și siguranța alimentară

➤ **Agricultura sustenabilă și politicile privind Pactul Verde ale UE**

**Strategia Farm to Fork (2020)** – își propune să reducă utilizarea pesticidelor și a îngrășămintelor cu **50% până în 2030**

**Politica agricolă comună (PAC) 2023-2027** – Sprijină agricultura ecologică prin subvenții

**Impact asupra Ucrainei:**

- Ucraina trebuie să-și alinieze practicile agricole sustenabile cu obiectivele Pactului Verde al UE

**Referințe**

- Alexa, E., (2003) Contaminanți in produse vegetale I.S.B.N. 973-620-071-X, Editura Eurobit, Timisoara.
- Alexa, E. (2008) Contaminanți în produse horticole și cerealiere, ISBN 978-973-729-152-3. Editura SOLNESS, Timișoara.
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (Various decrees aligning with EU MRLs for pesticides). *Official Gazette of Ukraine*.
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (Various decrees aligning with EU MRLs for pesticides). *Official Gazette of Ukraine*.
- Council of the European Communities. (1991). *Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources*. Official Journal of the European Communities, L 375, 1-8.
- Datsko, O., Melnyk, O., Kovalenko, I., Butenko, A., Zakharchenko, E., Ilchenko, V., Onychenko, V., & Solokha, M. (2025). Estimation of the content of trace metals in Ukrainian military-affected soils. *Notulae Botanicae Horti Cluj-Napoca*, 53(1), 14328.
- Didenko, N. O. (2024). SOIL DAMAGE AND RECOVERY IN UKRAINE: LESSONS FROM GLOBAL POST-WAR EXPERIENCES. *Land Reclamation and Water Management*, (2), 79-86.
- ERS USDA (Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture). (2023, September). *Global Fertilizer Market Challenged by Russia's Invasion of Ukraine*
- European Commission. (2006). *Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. Official Journal of the European Union, L 364, 5-24
- European Commission. (2006). *Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. Official Journal of the European Union, L 364, 5-24.
- European Commission. (2020). *A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system*.
- European Commission. (2022). *Commission Regulation (EU) 2022/1370 of 4 August 2022 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of certain contaminants in foodstuffs*. Official Journal of the European Union, L 206, 12–25



- European Commission. (2023). *EU-Ukraine Solidarity Lanes*
- European Parliament and Council. (2005). *Regulation (EC) No 396/2005 of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC*. Official Journal of the European Union, L 70, 1-16.
- European Parliament and Council. (2021). *Regulation (EU) 2021/2115 of the European Parliament and of the Council of 2 December 2021 establishing rules on support for strategic plans to be drawn up by Member States under the Common agricultural policy (CAP Strategic Plans) and financed by the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF) and by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Regulations (EU) No 1305/2013 and (EU) No 1307/2013*. Official Journal of the European Union, L 435, 1-186.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2022). *The impact of the war in Ukraine on global food security and related matters under the mandate of FAO*.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2023). *The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the conflict*.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute). (2023). *How sanctions on Russia and Belarus are impacting exports of agricultural products and fertilizer*.
- Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2020). *Strategy for Sustainable Agriculture and Rural Development 2020-2030*.
- Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (Various National Action Plan documents on Nitrate Pollution Reduction)
- Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. (Various regulations and standards on heavy metal and nitrate contamination in agriculture). *Official Gazette of Ukraine*.
- Pavlo Martyshev, Oleg Nivievskiy, Mariia Bogonos - <https://www.ifpri.org/blog/regional-war-global-consequences-mounting-%20damages-ukraines-agriculture-and-growing-challenges/>
- Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine—a review. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 881-887.
- UN (United Nations). (2022). *Black Sea Grain Initiative*.
- Verkhovna Rada of Ukraine. (1991). *Law of Ukraine on Environmental Protection (with amendments)*
- Verkhovna Rada of Ukraine. (2002). *Law of Ukraine on Pesticides and Agrochemicals (with amendments)*
- Verkhovna Rada of Ukraine. (2014). *Law of Ukraine on Food Safety and Hygiene (with amendments)*.
- World Bank. (2022). *The impact of the war in Ukraine on global commodity markets*



## Capitolul 4. Măsuri necesare pentru reducerea contaminării cerealelor

Cerealele sunt o componentă fundamentală a aprovizionării globale cu alimente, dar contaminarea lor cu substanțe nocive, inclusiv pesticide, metale grele și compuși cu azot, prezintă riscuri semnificative pentru sănătate și mediu. Pentru a asigura siguranța și durabilitatea alimentelor, este esențial să se implementeze măsuri eficiente care să reducă la minimum contaminarea în fiecare etapă a producției - de la gestionarea solului și fertilizare până la recoltare, depozitare și procesare.

### 4.1. Măsuri de reducere a conținutului de pesticide din cereale și produse din cereale Aplicarea bunelor practici agricole (GAP) în timpul producției de cereale

Produsele pentru protecția plantelor sunt „pesticidele” care protejează culturile sau plantele dorite și utile. Sunt folosite în agricultură, precum și în alte sectoare. Conțin cel puțin o substanță activă pentru protejarea plantelor sau a produselor vegetale împotriva dăunătorilor/bolilor și îmbunătățirea productivității în câmp și postrecoltare, evitând și contaminarea cu micotoxine produse de unele specii fungice, care pot fi prezente în produsele derivate.

Pesticidele includ, printre altele: erbicide, fungicide, insecticide, acaricide, nematocide, moluscicide, regulatori de creștere, repellenți, rodenticide și biocide și pentru fiecare o gamă largă de compuși chimici sintetici. Utilizarea pesticidelor este permisă mai degrabă în agricultura integrată decât în cea ecologică. Utilizarea pesticidelor în agricultura integrată trebuie făcută prin aplicarea managementului integrat al dăunătorilor (IPM). Acesta din urmă ține cont de principii agronomice, mecanice, fizice și biologice, recurgând la utilizarea selectivă a pesticidelor sintetice atunci când abordarea unor situații nu poate fi gestionată cu succes prin alte mijloace. Rotația culturilor, folosirea de soiuri rezistente/tolerante și semințe certificate, precum și utilizarea de organisme benefice sunt practici comune pentru a minimiza aplicațiile cu substanțe chimice. Atunci când se utilizează pesticide, este necesar să se respecte nivelurile maxime de reziduuri (LMR) ale acestora, astfel cum sunt impuse de diferite organisme autorizate și în conformitate cu „Bunele practici agricole”. Pentru utilizarea pesticidelor trebuie aplicate și strategii antirezistență pentru a maximiza eficacitatea prin reducerea aplicării acestora. În ansamblu, monitorizarea dăunătorilor prin utilizarea observațiilor în teren, a metodelor clasice și moleculare de diagnosticare precum și a sistemelor de prognoză permit programarea managementului dăunătorilor, ținând cont de niveluri de prag având în vedere cultura și condițiile climatice ale zonei de referință. În detaliu, metode precum imagistica hiperspectrală și testele bazate pe PCR permit detectarea promptă și precisă a agenților patogeni, permițând măsuri preventive înainte de izbucnirea bolii. Apar noi tehnologii în managementul cerealelor. Având în vedere natura imprevizibilă a condițiilor meteorologice, este adesea dificil de estimat efectele bolii în fiecare anotimp. Sunt disponibile noi instrumente pentru a prezice riscurile probabile de îmbolnăvire, a concepe măsuri adecvate de control și a lua decizii mai bune cu gestionarea bolilor cerealelor, iar astfel de instrumente pot ajuta cultivatorii să fie mai degrabă proactivi decât reactivi în ceea ce privește gestionarea bolilor. Cu toate acestea, tehnologiile de teledetecție, cum ar fi imaginile prin satelit și drone și IoT oferă o modalitate accesibilă de a monitoriza și gestiona bolile la scară largă. Agenții de control



biologic și substanțele naturale, inclusiv inductorii de rezistență, pot limita severitatea agenților patogeni din cereale, limitând utilizarea produselor farmaceutice. Strategiile de protecție integrată a cerealelor de dăunători și boli trebuie făcute și având în vedere posibilitatea ca aceste culturi să fie afectate de boli fungice producătoare de micotoxine, care pot contamina cerealele și produsele derivate. Conform unor studii recente, cele mai importante micotoxine care apar pe cereale sunt deoxinivalenol (DON), zearalenona (ZEN), aflatoxinele (AF), ochratoxina A (OTA), toxinele T-2/HT-2 și fumonizinele (FUM). Acești metaboliți secundari sunt produși de diferite specii de ciuperci aparținând în esență genurilor *Aspergillus*, *Penicillium* și *Fusarium*. Monitorizarea acestor agenți patogeni fungici în teren permite o mai bună programare a strategiilor de protecție a acestora evitând contaminarea cu micotoxine pe cereale și derivați. Diverse operații de uz casnic și industriale, cum ar fi spălarea, albirea, decojirea și tratamentele termice s-au dovedit eficiente pentru reducerea reziduurilor de pesticide. Tehnologii noi precum plasma rece, câmpul electric pulsat, iradierea, ultrasunetele au fost aplicate pentru a degrada reziduurile de pesticide și micotoxinele în funcție de tipul de pesticid și de parametrii de prelucrare, având în vedere, de asemenea, că disiparea acestora poate avea loc prin procedurile de măcinare și gătit. Oricum, este fundamental managementul adecvat al culturii pentru a preveni acumularea de reziduuri de pesticide și micotoxine în postrecoltare și în produsele derivate.

Reducerea contaminanților din cereale necesită o abordare cuprinzătoare care include:

- **Practici agricole durabile:** Utilizarea tehnicilor agricole ecologice pentru a limita acumularea de substanțe nocive.
- **Tehnologii agricole de precizie:** Implementarea sistemelor de monitorizare bazate pe inteligență artificială pentru a optimiza aplicarea de îngrășăminte și pesticide.
- **Conformitatea cu reglementările:** Asigurarea respectării standardelor de siguranță alimentară și a ghidurilor de mediu.
- **Procesare și testare post-recoltare:** aplicarea curățării avansate a cerealelor, detoxifiere și teste de laborator pentru detectarea și eliminarea contaminanților.

Prin integrarea acestor măsuri, producția de cereale poate deveni mai sigură, mai durabilă și aliniată la obiectivele globale de securitate alimentară.

#### ***4.1.1. Managementul integrat al dăunătorilor (IPM)***

IPM este o abordare cuprinzătoare care combină diferite metode de combatere a dăunătorilor pentru a minimiza utilizarea pesticidelor. Acesta include:

- **Control biologic:** Utilizarea prădătorilor naturali și a microorganismelor pentru a suprima populațiile dăunătorilor.
- **Practici agronomice:** Rotația culturilor, culturile intercalate și soiurile de culturi rezistente pentru a reduce focarele dăunătorilor.
- **Control mecanic:** Capcane, bariere și **îndepărtarea** manuală a dăunătorilor.
- **Controlul chimic ca ultimă soluție:** Aplicarea **pesticidelor** numai atunci când este necesar și în doze minime.

#### ***4.1.2. Selecția de pesticide ecologice***

În locul pesticidelor chimice tradiționale, ar trebui folosite alternative mai sigure:



- **Biopesticide:** derivate din surse naturale, cum ar fi bacterii, ciuperci sau extracte de plante.
- **Produse chimice cu toxicitate scăzută:** Pesticide cu degradare rapidă în mediu și impact minim asupra speciilor nevizate.
- **Aplicare de precizie:** Tehnici de pulverizare direcționate pentru a evita utilizarea excesivă a pesticidelor.

#### ***4.1.3. Optimizarea metodelor de aplicare a pesticidelor și a timpului***

Asigurarea utilizării adecvate a pesticidelor reduce reziduurile din produsul final:

- **Respectarea dozelor recomandate:** Evitarea aplicării excesive.
- **Urmărirea condițiilor meteorologice:** Aplicarea pesticidelor pe vreme optimă pentru a preveni deriva și scurgerea.
- **Perioade înainte de recoltare:** Asigurarea unei perioade suficiente pentru degradarea pesticidelor înainte de recoltare.

#### ***4.1.4. Monitorizarea reziduurilor de pesticide în sol și apă***

Pentru a preveni acumularea de pesticide și contaminarea mediului, ar trebui implementate următoarele măsuri:

- **Zone tampon:** Zone de vegetație din apropierea corpurilor de apă pentru a absorbi scurgerea pesticidelor.
- **Managementul solului:** Testarea regulată și utilizarea tehnicilor de bio-remediere pentru îndepărtarea reziduurilor de pesticide.
- **Sisteme de filtrare a apei:** Prevenirea contaminării surselor de irigare și apă potabilă.

#### ***4.1.5. Tratamentul post-recoltare și detoxifierea cerealelor***

Mai multe tehnici pot reduce reziduurile de pesticide din cerealele recoltate:

- **Curățare și spălare:** Îndepărtează reziduurile de suprafață.
- **Prelucrare termică:** Tratament termic pentru degradarea pesticidelor.
- **Ozonare și tratament UV:** Metode fără substanțe chimice pentru a descompune moleculele de pesticide.

#### ***4.1.6. Monitorizare și teste de laborator***

Testarea regulată asigură siguranța cerealelor înainte de a ajunge la consumatori:

- **Analiza cromatografică și spectrometrică:** Detectarea reziduurilor de pesticide în probele de cereale.
- **Eșantionare aleatorie:** Efectuat în diferite etape (câmp, depozitare, distribuție).
- **Respectarea limitelor de reglementare:** Asigurarea că reziduurile de pesticide nu depășesc nivelurile de siguranță.

#### ***4.1.7. Implementarea agriculturii ecologice***

Trecerea la agricultura ecologică reduce utilizarea pesticidelor prin:

- **Folosirea compostului și a îngrășămintelor organice:** Creșterea fertilității solului în mod natural.



- **Folosirea controlului natural al dăunătorilor:** Insecte benefice, plantare însoțitoare și biopesticide.
- **Evitarea substanțelor chimice sintetice:** Se folosesc numai substanțe organice aprobate.

### Programe de instruire și conștientizare a fermierilor

Educația este cheia pentru reducerea utilizării pesticidelor:

- **Ateliere și seminarii:** Predarea celor mai bune practici pentru aplicarea pesticidelor și a metodelor alternative.
- **Ferme demonstrative:** Arătând eficacitatea tehnicilor durabile.
- **Orientări accesibile:** Oferirea fermierilor strategii clare de reducere a pesticidelor.

#### *4.1.8. Conștientizarea consumatorilor și recomandări privind siguranța alimentară*

De asemenea, consumatorii pot lua măsuri pentru a minimiza expunerea la pesticide:

- Spălare și decojire corespunzătoare: Reducerea reziduurilor de pesticide de suprafață.
- Alegerea produselor ecologice certificate: Asigurarea nivelurilor mai mici de pesticide.
- Urmând metode de gătit care reduc pesticidele: Unele pesticide se degradează cu căldură.

#### *4.1.9. Consolidarea controlului guvernamental și certificării*

Reglementarea eficientă asigură conformitatea cu standardele de siguranță:

- Armonizarea cu normele internaționale (de exemplu, UE, Codex Alimentarius).
- Inspecții regulate ale fermelor și instalațiilor de depozitare.
- Sancțiuni mai severe pentru utilizarea excesivă a pesticidelor și contaminarea.
- Încurajarea programelor de certificare pentru cereale fără pesticide sau organice.

Implementarea acestor măsuri va reduce reziduurile de pesticide din culturile de cereale, va proteja sănătatea umană și va promova agricultura ecologică.

## **4.2. Măsuri de reducere a contaminării cu metale grele în cereale și produse din cereale** **Bune practici agricole în timpul producției de cereale**

Măsurile de atenuare a riscurilor legate de prezența metalelor grele includ testarea solului pentru metale grele și posibila remediere prin fitoremediere, rotația cerealelor cu culturi care absorb metale grele sau adăugarea de amendamente de sol precum var, biocarbon sau materie organică pentru a reduce biodisponibilitatea metalelor.

Se recomandă, de asemenea, controlul inputurilor utilizate în timpul producției, în special verificând dacă apa de irigare nu este contaminată cu metale precum cadmiul și plumbul. Îngrășămintele cu fosfat bogat în cadmiu trebuie, de asemenea, evitate, iar îngrășămintele organice (cum ar fi gunoiul de grajd) trebuie testate pentru contaminarea cu metale.



## **Măsuri care trebuie luate în timpul procesării cerealelor**

Monitorizarea lanțurilor de aprovizionare este crucială, materiile prime și produsele prelucrate fiind analizate în mod regulat pentru prezența metalelor grele.

### ***4.2.1. Controlul surselor de contaminare***

- Monitorizarea regulată a solului, apei și aerului pentru a identifica sursele de metale grele.
- Detecția și limitarea îngrășămintelor contaminate, pesticidelor și apelor uzate în agricultură.

### ***4.2.2. Analiza agrochimică a solului***

- Testarea periodică a solului pentru conținutul de metale grele.
- Folosirea numai a îngrășămintelor și composturilor certificate cu niveluri scăzute de elemente toxice.

### ***4.2.3. Aplicarea îngrășămintelor organice***

- Utilizarea materialelor de var pentru a reduce biodisponibilitatea metalelor grele din sol.
- Aplicarea materiei organice (humus, biochar) pentru legarea metalelor grele și reducerea mobilității acestora.

### ***4.2.4. Cultivarea culturilor rezistente la acumularea de metale grele***

- Utilizarea soiurilor de culturi și hibrizilor cu o capacitate scăzută de acumulare a metalelor grele în cereale.

### ***4.2.5. Fitoremediere – Purificarea Biologică a Solului***

- Cultivarea plantelor de fitoremediere (floarea soarelui, muștar, lucernă) pentru absorbția și îndepărtarea metalelor grele din sol.

### ***4.2.6. Selectarea corectă a câmpurilor pentru cultivare***

- Evitarea cultivării cerealelor pe terenuri contaminate sau industriale.
- Monitorizarea zonelor din apropierea zonelor industriale și a autostrăzilor.

### ***4.2.7. Controlul și epurarea apei de irigare***

- Testarea apei de irigare pentru conținutul de metale grele.
- Utilizarea sistemelor de filtrare și a altor tehnologii de purificare a apei.

### ***4.2.8. Optimizarea tehnologiilor de depozitare și procesare a cerealelor***

- Folosirea materialelor de depozitare sigure pentru a evita contactul cu suprafețele metalice care pot elibera elemente toxice.
- Îndepărtarea contaminării suprafeței prin curățare și spălare înainte de procesare.

### ***4.2.9. Teste de laborator pentru determinarea calității produselor cerealiere***

- Monitorizarea regulată a conținutului de metale grele din cereale, făină, cereale și alte produse.



- Implementarea standardelor de siguranță în conformitate cu reglementările naționale și internaționale.

#### **4.2.10. Reglementări și supraveghere guvernamentală**

- Implementarea unor reglementări de mediu mai stricte și control asupra conformității.
- Introducerea certificării produselor privind conținutul de metale grele.

#### **4.2.11. Dezvoltarea agriculturii ecologice**

- Încurajarea tranziției către metode de agricultură ecologice.
- Evitarea îngrășămintelor sintetice și a pesticidelor care pot conține metale grele.

Implementarea acestor măsuri va ajuta la reducerea contaminării cu metale grele în culturile de cereale, la sporirea siguranței alimentelor și la minimizarea impactului negativ asupra sănătății umane și asupra mediului.

### **4.3. Măsura de reducere a compușilor de azot din cereale și produse din cereale**

Compușii de azot, cum ar fi nitrații, nitriții și aminele biogene, se pot acumula în cereale și produse cerealiere din cauza practicilor agricole, a contaminării mediului sau a activității microbiene în timpul procesării și depozitării. În timp ce unii compuși de azot sunt indicatori benefici ai conținutului de proteine, alții – în special în cantități excesive – pot prezenta riscuri pentru sănătate. Pentru a asigura siguranța și calitatea alimentelor, este esențial să se implementeze strategii eficiente care vizează reducerea compușilor de azot nedorți. Acestea includ optimizarea practicilor de fertilizare, selectarea soiurilor de cereale cu absorbție redusă, îmbunătățirea manipulării post-recoltare, controlul condițiilor de depozitare (temperatură, umiditate și ventilație) și aplicarea unor metode de procesare direcționate care inhibă creșterea microbială și degradarea enzimatică. Împreună, aceste măsuri contribuie la produse pe bază de cereale mai sigure și mai sănătoase, sprijinind în același timp sistemele agricole și de producție durabile.

#### **Bune practici agricole în timpul producției de cereale**

Măsurile de atenuare includ utilizarea tehnicilor de agricultură de precizie, în care solul este testat în mod regulat pentru a monitoriza nivelurile de azot și fertilizarea este ajustată în consecință, aplicând doar cantitatea necesară de îngrășământ cu azot și optând pentru îngrășămintă cu eliberare lentă sau organice pentru a minimiza scurgerea azotului.

O bună practică pentru menținerea materiei organice din sol, utilizarea compostului și a îngrășământului verde pentru a îmbunătăți retenția de azot și rotația culturilor cu leguminoase pentru a fixa în mod natural azotul în sol poate ajuta, de asemenea.

Irigarea controlată cu tehnici de picurare poate ajuta, de asemenea, la prevenirea scurgerii azotului în apele subterane.

În cele din urmă, utilizarea inhibitorilor de nitrificare cu îngrășămintă poate încetini conversia amoniului în nitrat, reducând pierderile de azot.

#### **Măsuri care trebuie luate în timpul procesării cerealelor**

Este important să se asigure că cerealele sunt depozitate în condiții de umiditate scăzută pentru a reduce degradarea microbială și formarea de compuși toxici de azot.



Tehnicile de detoxifiere, cum ar fi înmuierea, germinarea, tratamentele termice și fermentația (de exemplu, fermentația cu aluat) pot fi, de asemenea, utilizate pentru a reduce unii compuși de azot.

#### ***4.3.1. Optimizarea fertilizării cu azot***

- Aplicarea îngrășămintelor în funcție de nevoile plantelor și analiza solului pentru a preveni acumularea excesivă de azot.
- Utilizarea îngrășămintelor cu azot stabilizat și cu eliberare lentă pentru a reduce scurgerea nitraților.

#### ***4.3.2. Rotația culturilor și integrarea legumelor***

- Incorporarea leguminoaselor fixatoare de azot în rotațiile culturilor pentru a îmbogați în mod natural solul cu azot și a reduce utilizarea îngrășămintelor sintetice.
- Alternarea culturilor de cereale cu plante cu rădăcini adânci pentru a îmbunătăți absorbția de azot.

#### ***4.3.3. Agricultură de precizie și tehnici inteligente de fertilizare***

- Implementarea tehnologiilor agricole de precizie (drona, senzori, AI) pentru optimizarea aplicării îngrășămintelor cu azot.
- Utilizarea aplicației cu rată variabilă (VRA) pentru a distribui eficient azotul pe baza cerințelor în timp real ale instalației.

#### ***4.3.4. Utilizarea inhibitorilor de nitrificare***

- Adăugarea de inhibitori de nitrificare la îngrășăminte pentru a încetini conversia azotului și a reduce scurgerea nitraților în apele subterane.

#### ***4.3.5. Managementul controlat al irigațiilor***

- Evitarea irigațiilor excesive, care pot elimina compușii de azot din sol.
- Implementarea irigației prin picurare și a altor tehnologii eficiente din punct de vedere al apei pentru a minimiza scurgerea azotului.

#### ***4.3.6. Fertilizare organică și compostare***

- Înlocuirea îngrășămintelor sintetice cu compost, gunoi de grajd și alte îngrășăminte organice care eliberează azot mai treptat.
- Promovarea activității microbiene în sol pentru a spori eficiența azotului.

#### ***4.3.7. Îmbunătățirea sănătății solului și culturilor de acoperire***

- Cultivarea culturilor de acoperire (de exemplu, trifoi, muștar) pentru a absorbi excesul de azot și a preveni scurgerea nitraților.
- Creșterea materiei organice din sol pentru a îmbunătăți retenția de azot.

#### ***4.3.8. Tehnici adecvate de depozitare și prelucrare a cerealelor***

- Asigurarea condițiilor optime de uscare și depozitare pentru a preveni transformările compușilor de azot care ar putea crește nitrații din cereale.



- Spălarea și prelucrarea cerealelor pentru a îndepărta contaminanții de suprafață.

#### ***4.3.9. Monitorizare și analize de laborator***

- Analiza regulată a probelor de sol, apă și cereale pentru a monitoriza nivelurile de nitrați și azot.
- Respectarea reglementărilor privind siguranța alimentară pentru nivelurile acceptabile de compuși de azot din produsele cerealiere.

#### ***4.3.10. Politici de reglementare și măsuri de protecție a mediului***

- Consolidarea reglementărilor guvernamentale privind utilizarea îngrășămintelor cu azot.
- Încurajarea programelor de certificare pentru cereale și produse din cereale cu conținut scăzut de nitrați.

Prin implementarea acestor măsuri, contaminarea cu compuși de azot din cereale și produse din cereale poate fi redusă semnificativ, îmbunătățind siguranța alimentară și durabilitatea mediului.

### **Referințe**

- Abdelhamied, A. S., Selim, E. M. M., & Mosaad, I. S. (2024). Modified Slow-Release Urea Fertilizers on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Wheat Crop (*Triticum aestivum* L) for Safe and Sustainable Agricultural System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 55(22), 3497-3509.
- Ali, A., Guo, D., Jeyasundar, P. G. S. A., Li, Y., Xiao, R., Du, J., ... & Zhang, Z. (2019). Application of wood biochar in polluted soils stabilized the toxic metals and enhanced wheat (*Triticum aestivum*) growth and soil enzymatic activity. *Ecotoxicology and environmental safety*, 184, 109635.
- Bai, G., Su, Z., & Cai, J. (2018). Wheat resistance to *Fusarium* head blight. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(3), 336-346.
- Chełkowski, J. (2010). *Fusarium* head blight of wheat: pathogenic species and their mycotoxins. *World Mycotoxin Journal*, 3(2), 107-119.
- Conservation agriculture based integrated crop management sustains productivity and economic profitability along with soil properties of the maize-wheat rotation. *Scientific reports*, 12(1), 1962.
- de Chaves, M. A., Reginatto, P., da Costa, B. S., de Paschoal, R. I., Teixeira, M. L., & Fuentefria, A. M. (2022). Fungicide resistance in *Fusarium graminearum* species complex. *Current Microbiology*, 79(2), 62.
- Deguine, J. P., Aubertot, J. N., Flor, R. J., Lescourret, F., Wyckhuys, K. A., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3), 38.
- Fărcaș, A. C. (2024). Food Safety in Cereal Grains: Contaminants, Legislation, and Mitigation Strategies. DOI: 10.5772/intechopen.1007523.



- Hendrichs, J., Pereira, R., & Vreysen, M. J. (2021). Area-wide integrated pest management: development and field application (p. 1028). Taylor & Francis.
- Hrynko, I., Kaczyński, P., Łuniewski, S., & Łozowicka, B. (2023). Removal of triazole and pyrethroid pesticides from wheat grain by water treatment and ultrasound-supported processes. *Chemosphere*, 333, 138890.
- Islam, T. (2022). An integrated pest management program for managing fusarium head blight disease in cereals. *Journal of integrative Agriculture*, 21(12), 3434-3444.
- Joshi, P., Sandhu, K. S., Dhillon, G. S., Chen, J., & Bohara, K. (2024). Detection and monitoring wheat diseases using unmanned aerial vehicles (UAVs). *Computers and Electronics in Agriculture*, 224, 109158.
- Khan, B. A., Nadeem, M. A., Nawaz, H., Amin, M. M., Abbasi, G. H., Nadeem, M., Ali, M., Ameen, M., Javaid, M. M., Maqbool, R., Ikram, M., & Ayub M. A. (2023). Pesticides: impacts on agriculture productivity, environment, and management strategies. In *Emerging contaminants and plants: Interactions, adaptations and remediation technologies* (pp. 109-134). Cham: Springer International Publishing.
- Kuzdraliński, A., Kot, A., Szczerba, H., Nowak, M., & Muszyńska, M. (2017). A review of conventional PCR assays for the detection of selected phytopathogens of wheat. *Journal of molecular microbiology and biotechnology*, 27(3), 175-189.
- Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F., & Aliferis, K. A. (2021). Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 795, 148625.
- Ma, Q., Liu, W., Zhai, G., Zhu, N., Gu, Y., Liu, H., ... & Zhu, X. (2025). Effect of slow-release nitrogen fertilizer on the vertical distribution of root and soil nutrients in the middle and later stage of wheat. *Plant and Soil*, 1-16.
- Pérez, A. L., & Anderson, K. A. (2009). DGT estimates cadmium accumulation in wheat and potato from phosphate fertilizer applications. *Science of the total environment*, 407(18), 5096-5103.
- Pooniya, V., Zhiipao, R. R., Biswakarma, N., Kumar, D., Shivay, Y. S., Babu, S., Das, K., A. K. Choudhary, Swarnalakshmi, K., Jat, R. D., Choudhary, R. L., Ram, H., Khokhar, M. K., Mukri, G., Lakhena, K. K., Puniya, M. M., Jat, R., Muralikrishnan, L., Singh A. K., & Lama, A. (2022).
- Sadhasivam, S., Britzi, M., Zakin, V., Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Quinn, E., & Sionov, E. (2017). Rapid detection and identification of mycotoxigenic fungi and mycotoxins in stored wheat grain. *Toxins*, 9(10), 302.
- Sereda, I., Danilov, R., Kremneva, O., Zimin, M., & Podushin, Y. (2023). Development of Methods for Remote Monitoring of Leaf Diseases in Wheat Agroecosystems. *Plants*, 12(18), 3223.
- Simão, L. M., Cruppe, G., Michaud, J. P., Schillinger, W. F., Diaz, D. R., Dille, A. J., ... & Lollato, R. P. (2024). Beyond grain: Agronomic, ecological, and economic benefits of diversifying crop rotations with wheat. *Advances in agronomy*, 186, 51-112.
- Simpson, D. R., Weston, G. E., Turner, J. A., Jennings, P., & Nicholson, P. (2001). Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *European Journal of Plant Pathology*, 107, 421-431.



- Sojithamporn, P., Leksakul, K., Sawangrat, C., Charoenchai, N., & Boonyawan, D. (2023). Degradation of pesticide residues in water, soil, and food products via cold plasma technology. *Foods*, 12(24), 4386.
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1112.
- Wang, G., Hu, F., Li, H., Yin, W., Fan, Z., Fan, H., ... & Chai, Q. (2025). Optimal green manure application reduces nitrogen losses, enhances wheat grain yield, and improves nitrogen use efficiency. *Journal of Integrative Agriculture*.
- Yang, J., Lai, X., Wang, Y., Guo, L., Zong, Y., Zhang, D., ... & Li, P. (2024). Nitrification inhibitor shifts the composition of soil microbial communities and increases N utilization potentials in wheat soil under elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Plant and Soil*, 1-16.
- Zhang, X., Zhang, J., Li, L., Liu, Y., Zhen, W., & Wang, G. (2024). Interaction Effects of Water and Nitrogen Practices on Wheat Yield, Water and Nitrogen Productivity under Drip Fertigation in Northern China. *Agriculture*, 14(9), 1496.



## Capitolul 5. Metodele analitice de control al contaminanților

### 5.1. Metode analitice pentru detectarea conținutului de pesticide în cereale și produse din cereale

Metodele de analiză a pesticidelor pot fi în general clasificate în 4 grupe: tehnici cromatografice, tehnici spectroscopice, tehnici de spectrometrie de masă, tehnici de imunotestare și electroforeză capilară. Metodele analitice convenționale sunt cromatografia de gaze (GC) și cromatografia lichidă de înaltă performanță (HPLC) cuplate cu diverși detectoare (UV, FD, DAD). Sunt utilizate diferite tipuri de detectoare în funcție de clasa de pesticide analizate (ECD-pentru compuși halogenați, FPD pentru pesticide care conțin sulf și fosfor, NPD pentru compuși cu azot și fosfor). FID este potrivit pentru detectarea tuturor pesticidelor. MS și MS tandem sunt superioare în comparație cu alte detectoare. Analizele reziduurilor de pesticide necesită pregătirea complexă a probelor care implică proceduri de extracție și curățare pentru a asigura o extracție bună a substanțelor vizate și pentru a evita co-extracția compușilor interferanți nedoriti. Tehnica de preparare a probelor QuEChERS este utilizată pe scară largă pentru analiza multireziduurilor în diferite matrice alimentare. Această tehnică a câștigat popularitate datorită simplității, vitezei, capacității de a extrage un spectru larg de pesticide și a consumului redus de solvenți organici. Cerealele sunt matrice complexe datorită prezenței grăsimii și proporției mari de solide și se recomandă unele modificări ale tehnicii QuEChERS pentru a îmbunătăți eficiența, selectivitatea și sensibilitatea extracției. Pe lângă QuEChERS, extracțiile lichid-lichid și în fază solidă sunt metode de extracție de importanță în analiza pesticidelor. QuEChERS este compatibil cu GC și LC cuplate cu MS sau MS/MS.

### 5.2. Metode analitice pentru detectarea contaminării cu metale grele în cereale și produse din cereale

Cele mai frecvent utilizate tehnici analitice în laboratoarele de analiză a alimentelor pentru a determina contaminarea cu elemente grele din alimente sunt: Spectrometria de absorbție atomică în flacără—FAAS și Spectrometria de absorbție atomică a cuptorului cu grafit—GF-AAS. Există multe alte metode, cum ar fi Spectrometria de absorbție atomică cu plasmă cuplată inductiv—ICP-AES, Spectrometria de masă cu cuplare inductivă—ICP-MS, Spectrometria de absorbție atomică a cuptorului de grafit cu sursă continuă de înaltă rezoluție—HR-CS-GFAAS; Cromatografia cu schimb de anioni cuplată la spectrometrie de masă cu plasmă cuplată inductiv—AEC-ICP MS; Spectrometrie de emisie optică cu plasmă indusă cu microunde—MIP OES; Electrochimie ; Cromatografia lichidă cuplată cu spectrometrie de masă (LC-MS/MS); Cromatografie gazoasă — spectrometrie de masă în tandem (GC-MS). AFS și spectroscopia de absorbție cu raze X (XAS) identifică formele chimice ale metalelor grele. Pregătirea probei include uscarea, măcinarea, defalcarea probei prin digestia uscată, umedă și la microunde.

### 5.3. Metode analitice pentru detectarea compușilor cu azot în cereale și produse din cereale

Detectarea și cuantificarea compușilor care conțin azot din cereale și produse pe bază de cereale sunt esențiale pentru evaluarea calității nutriționale - în special conținutul de proteine



- precum și pentru asigurarea siguranței alimentelor prin monitorizarea substanțelor azotate nedorite, cum ar fi nitrații, nitriții sau aminele biogene. Mai multe metode analitice sunt utilizate în mod obișnuit atât în laboratoarele de cercetare, cât și în industrie pentru a atinge aceste obiective, fiecare având propriile puncte forte și limitări.

#### **Metoda Kjeldahl**

Metoda Kjeldahl este una dintre cele mai vechi și mai utilizate tehnici pentru determinarea conținutului total de azot din alimente, inclusiv din cereale. Principiul metodei presupune digestia probei cu acid sulfuric concentrat, care transformă azotul organic în sulfat de amoniu. După digestie, soluția este alcalină și amoniacul eliberat este distilat și cuantificat prin titrare. Deoarece azotul este o componentă cheie a proteinelor, această valoare este apoi utilizată pentru a estima conținutul de proteine folosind un factor de conversie specific.

Metoda Kjeldahl rămâne o metodă de referință datorită preciziei și aplicabilității largi. Este standardizat de organizații precum AOAC și ISO și este utilizat în mod obișnuit în laboratoarele de control al calității din industria alimentară.

#### **Metoda de ardere Dumas (analiza elementară)**

O alternativă la metoda Kjeldahl este metoda Dumas, care determină conținutul total de azot prin ardere la temperatură înaltă. În acest proces, proba este arsă într-un mediu bogat în oxigen, transformând azotul în azot molecular ( $N_2$ ), care este apoi măsurat folosind un detector de conductivitate termică. Metoda este mai rapidă și nu necesită acizi sau baze puternice, ceea ce o face mai sigură și mai ecologică. Cu toate acestea, la fel ca metoda Kjeldahl, nu face distincție între azotul proteic și cel neproteic.

#### **Spectrofotometrie UV-Vizibilă**

Spectrofotometria UV-Vis este frecvent utilizată pentru a detecta compușii anorganici de azot, cum ar fi nitrații și nitriții, în probele de cereale. Una dintre cele mai frecvent utilizate proceduri este reacția Griess, care este specifică pentru nitriți. În această metodă, nitritul reacționează cu acidul sulfanilic și un agent de cuplare pentru a forma un colorant azoic puternic, a cărui intensitate poate fi măsurată spectrofotometric la aproximativ 540 nm.

Pentru nitrați, care nu reacționează direct în reacția Griess, este de obicei necesară o etapă de reducere pentru a le transforma în nitriți. Alternativ, pot fi utilizate metode directe de absorbție UV, în special în intervalul 220-275 nm. Această metodă este relativ simplă și eficientă din punct de vedere al costurilor, deși trebuie avut grijă pentru a minimiza interferența de la alte componente ale matricei.

#### **Cromatografie lichidă de înaltă performanță (HPLC)**

HPLC este o tehnică care permite separarea și cuantificarea unei game largi de compuși de azot din cereale, inclusiv aminoacizi liberi, amine biogene, uree și peptide mici. Detectarea se realizează de obicei folosind UV, fluorescență sau spectrometrie de masă, în funcție de analiții specifici și reactivii de derivatizare utilizați.

De exemplu, aminoacizii pot fi derivatizați cu o-ftalaldehidă (OPA) sau clorură de dansil pentru a crește sensibilitatea de detectare. HPLC este deosebit de importantă pentru profilarea nutrițională și monitorizarea proceselor de fermentație sau de alterare a produselor cerealiere.

#### **Cromatografia ionică**

Cromatografia ionică (IC) este foarte eficientă pentru determinarea speciilor de azot anorganic, cum ar fi nitrații și nitriții. Este deosebit de utilă atunci când sunt necesare limite de detecție foarte scăzute sau când se analizează matrice de cereale complexe. Sistemele IC pot



separa ionii în funcție de încărcătura și dimensiunea lor și îi pot detecta cu sensibilitate și specificitate ridicată, făcând metoda potrivită pentru testarea conformității cu reglementările în domeniul siguranței alimentare.

### **Cromatografia de gaze (GC) și spectrometria de masă GC (GC-MS)**

Cromatografia gazoasă, adesea cuplată cu spectrometria de masă (GC-MS), este utilizată pentru detectarea compușilor volatili care conțin azot, cum ar fi aminele biogene. Acești compuși se pot forma în timpul alterării cerealelor sau proceselor de fermentație și pot servi ca indicatori ai calității produsului.

Înainte de analiză, aminele sunt de obicei derivatizate pentru a le îmbunătăți volatilitatea și detectarea. Această tehnică oferă o sensibilitate și o specificitate excelentă, deși necesită instrumentare și pregătire a probelor mai avansate în comparație cu metodele spectrofotometrice.

### **Electroforeza capilară (CE)**

Electroforeza capilară este o tehnică în curs de dezvoltare pentru analiza compușilor de azot, care oferă o rezoluție ridicată și necesită cantități minime de probă și reactivi. Este potrivit pentru analiza aminoacizilor, nitraților și nitriților. Deși nu este încă la fel de frecvent utilizat ca HPLC sau cromatografia ionică, CE câștigă popularitate în setările analitice academice și de înaltă precizie datorită eficienței și profilului său de chimie ecologică.

### **Referințe**

- He, S., Niu, Y., Xing, L., Liang, Z., Song, X., Ding, M., & Huang, W. (2024). Research progress of the detection and analysis methods of heavy metals in plants. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1310328.
- Vasilachi, I. C., Stoleru, V., & Gavrilesco, M. (2023). Analysis of heavy metal impacts on cereal crop growth and development in contaminated soils. *Agriculture*, 13(10), 1983.
- Balkrishna, A., Kumari, A., Kumar, A., Arya, V., Chauhan, A., Upadhyay, N. K., ... & Kuca, K. (2024). Biosensors for detection of pesticide residue, mycotoxins and heavy metals in fruits and vegetables: A concise review. *Microchemical Journal*, 111292.
- Proshad, R., & Idris, A. M. (2023). Evaluation of heavy metals contamination in cereals, vegetables and fruits with probabilistic health hazard in a highly polluted megacity. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(32), 79525-79550.
- Yutilova, K., Shved, E., Rozantsev, G., & Adamski, A. (2025). Russia–Ukraine war impacts on environment: warfare chemical pollution and recovery prospects. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.
- Jomova, K., Alomar, S. Y., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2025). Heavy metals: toxicity and human health effects. *Archives of toxicology*, 99(1), 153-209.
- Anwar Samsidar, A. S., Shafiquzzaman Siddiquee, S. S., & Sharifudin Md Shaarani, S. M. S. (2018). A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs.
- Radowan, A. A. A. (2024). Analytical Techniques for Determining Pesticide Residues in Food: A Comprehensive Review. *International Journal of Materials Technology and Innovation*, 4(1), 42-74.



- Scutarașu, E. C., & Trincă, L. C. (2023). Heavy metals in foods and beverages: Global situation, health risks and reduction methods. *Foods*, 12(18), 3340.
- Shukla, S., Mbingwa, G., Khanna, S., Dalal, J., Sankhyan, D., Malik, A., & Badhwar, N. (2023). Environment and health hazards due to military metal pollution: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20, 100857.
- Prof. Yuriy Dmytruk Podillia State University (PSU) Soil Protection Institute of Ukraine (SPIU) The State of Soil in Ukraine: Features, degradation and impact of war. [Presentation\\_The-State-Soil-Ukraine\\_22.10.2024.pdf](#)
- Solokha, M., Demyanyuk, O., Symochko, L., Mazur, S., Vynokurova, N., Sementsova, K., & Mariychuk, R. (2024). Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land*, 13(10), 1614.
- Broomandi, P., Guney, M., Kim, J. R., & Karaca, F. (2020). Soil contamination in areas impacted by military activities: a critical review. *Sustainability*, 12(21), 9002.
- Solokha, M., Pereira, P., Symochko, L., Vynokurova, N., Demyanyuk, O., Sementsova, K., ... & Barcelo, D. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment*, 902, 166122.
- Leal Filho, W., Fedoruk, M., Paulino Pires Eustachio, J. H., Barbir, J., Lisovska, T., Lingos, A., & Baars, C. (2023). How the war in Ukraine affects food security. *Foods*, 12(21), 3996.
- The importance of Ukraine and the Russian federation for global agricultural markets and the risks associated with the war in Ukraine. Information note. Food and Agriculture Organizations of the Unaided Nations. 10 June 2022. Update. [FAO 2023 Risks associated war Ukraine \(no pollutants\).pdf](#)
- Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine—a review. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 881-887.
- Temkin, A. M., Evans, S., Spyropoulos, D. D., & Naidenko, O. V. (2024). A pilot study of chlormequat in food and urine from adults in the United States from 2017 to 2023. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 34(2), 317-321.
- Wolterink, G., & Moretto, A. PIRIMIPHOS-METHYL (ADDENDUM). *Pesticide residues in food—2006*, 355.
- Lagisz, M., Wolff, K., & Port, G. (2010). Time matters: delayed toxicity of pirimiphos-methyl on *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae) and its effects on efficacy estimation of residual treatments. *Journal of Stored Products Research*, 46(3), 161-165.
- Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance pirimiphos-methyl; finalised: 10 August 2005. EFSA Scientific Report (2005) 44, 1-53, Conclusion on the peer review of pirimiphos-methyl. <http://www.efsa.eu.int>
- Division of Toxicology and Human Health Sciences-Glyphosate - ToxFAQs™. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. August 2020. [Toxfacts\\_Glyphosate.pdf](#)
- TOXICOLOGICAL PROFILE FOR CHLORPYRIFOS U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. September 1997.
- [ATSDR ToxProfile\\_Chlorpyrifos.pdf](#)



- GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: FOURTH EDITION INCORPORATING THE FIRST AND SECOND ADDENDA. 12. CHEMICAL FACT SHEETS. p. 487-488. [pirimiphos-methyl-fact-sheet-WHO.pdf](#)
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry ToxFAQs, U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Public Health Service: CHLORPYRIFOS CAS # 2921-88-2. September 1997. [Toxfacts84\\_Chlorpyrifos.pdf](#)
- Nugent, A., & Thielecke, F. (2020). Dietary intakes of whole grains, health benefits but do contaminants pose a major risk?. *Proceedings of the Nutrition Society*, 79(OCE2), E436.
- Thielecke, F., & Nugent, A. P. (2018). *Contaminants in grain—A major risk for whole grain safety? Nutrients 10 (9): 1213.*
- Anca Corina Fărcaș (2024). Chapter: Food Safety in Cereal Grains: Contaminants, Legislation, and Mitigation Strategies in Worldwide Megatrends in Food Safety and Food Security.
- DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1007523>. [Farcas 2024 Chapter.pdf](#)
- Ukrainian wheat crop-2020: quality and safety under the spotlight. Source: [APK-Inform](#). Sep 17, 2020.
- [Ukrainian wheat crop-2020: quality and safety under the spotlight](#)



## Capitolul 6. Riscul pentru sănătate legat de contaminarea cerealelor și a produselor cerealiere

### 6.1. Riscul pentru sănătate legat de contaminarea cerealelor și a produselor cerealiere cu pesticide

Consumul de cereale și produse din cereale contaminate cu pesticide poate prezenta diverse riscuri pentru sănătate, în funcție de tipul și cantitatea de pesticide, de durata expunerii și de starea generală de sănătate a individului.

#### Riscuri potențiale pentru sănătate

- **Toxicitate acută:** Unele pesticide pot provoca intoxicații acute, manifestate prin greață, vărsături, diaree, dureri de cap, amețeli, convulsii sau chiar deces dacă sunt expuse la doze mari.
- **Efecte pe termen lung:** Expunerea pe termen lung la pesticide, chiar și la doze mici, poate crește riscul de afecțiuni cronice, cum ar fi:
  - **Cancer:** Anumite pesticide sunt considerate cancerigene sau pot contribui la dezvoltarea cancerului, în special leucemia, limfomul non-Hodgkin și cancerul de sân.
  - **Boli neurologice:** Expunerea la pesticide poate afecta sistemul nervos, crescând riscul de Parkinson, Alzheimer și alte boli neurodegenerative.
  - **Tulburări hormonale:** Unele pesticide pot perturba sistemul endocrin, afectând fertilitatea, dezvoltarea și funcția tiroidiană.
  - **Probleme respiratorii:** Inhalarea sau expunerea la anumite pesticide poate provoca astm, bronșita și alte probleme respiratorii.
  - **Deteriorarea sistemului imunitar:** Unele studii sugerează că pesticidele pot slăbi sistemul imunitar, făcând organismul mai susceptibil la infecții.
  - **Probleme de dezvoltare la copii:** Femeile însărcinate expuse la pesticide pot avea copii cu greutate mică la naștere, defecte congenitale sau întârzieri în dezvoltare.

#### Factorii care influențează riscul pentru sănătate:

- **Tipul de pesticide:** Diverse pesticide au grade diferite de toxicitate și pot provoca diferite efecte asupra sănătății.
- **Cantitatea de pesticid:** Cu cât este mai mare cantitatea de pesticid ingerată, cu atât este mai mare riscul pentru sănătate.
- **Durata expunerii:** Expunerea repetată sau prelungită la pesticide poate crește riscul de efecte pe termen lung.
- **Starea de sănătate individuală:** Persoanele cu sistemul imunitar slăbit, femeile însărcinate, copiii mici și persoanele cu anumite afecțiuni medicale preexistente pot fi mai vulnerabile la efectele nocive ale pesticidelor.

### 6.2. Riscul pentru sănătate legat de contaminarea cerealelor și a produselor cerealiere cu metale grele

Metalele grele toxice, cum ar fi cadmiul, mercurul, plumbul și arsenul nu numai că pot concura cu mineralele esențiale (de exemplu, calciu, magneziu și fier) pentru absorbția celulară,



dar prezintă și o afinitate pentru constituenții celulari vitali, inclusiv proteinele structurale, enzimele și acizii nucleici, putând perturba funcțiile lor respective. Consumul de cereale și produse cerealiere contaminate cu metale grele prezintă o gamă largă de riscuri pentru sănătate, a căror manifestare depinde de o serie de factori, printre care tipul și concentrația metalului greu, durata expunerii și starea fiziologică a individului. Metalele grele sunt dăunătoare chiar și la concentrații mici datorită timpului lor biologic lung de înjumătățire, naturii persistente și potențialului de acumulare în organele corpului.

### **Riscurile pentru sănătate ale contaminării cu metale grele în cereale și produse din cereale**

Cerealele și produsele din cereale pot acumula metale grele precum **plumbul (Pb)**, **arsenul (As)** și **cadmiul (Cd)** din sol, apă și aer contaminat. Expunerea cronică la aceste metale prin consumul de alimente prezintă riscuri semnificative pentru sănătate.

- **Toxicitate acută:** Expunerea la anumite metale grele, cum ar fi mercurul și arsenul, poate declanșa otrăvire acută, caracterizată prin simptome precum greață, vărsături, diaree, cefalee, amețeli, convulsii și, în cazuri extreme, moarte.
- **Efecte pe termen lung:** Chiar și expunerea pe termen lung la doze mici de metale grele poate crește incidența bolilor cronice severe:
  - **Cancer:** Anumite metale grele, precum arsenicul, cadmiul și plumbul, sunt clasificate ca fiind cancerigene sau pot contribui la dezvoltarea neoplasmelor, în special a cancerelor de piele, plămâni, vezicii urinare și rinichilor.
  - **Boli neurologice:** Expunerea la metale grele poate afecta sistemul nervos și a fost implicată în etiologia tulburărilor neurodegenerative precum boala Parkinson și boala Alzheimer.
  - **Tulburări renale:** Cadmiul și plumbul pot afecta funcția rinichilor, crescând riscul de insuficiență renală.
  - **Probleme osoase:** Plumbul poate interfera cu metabolismul calciului, favorizând osteoporoza și fracturile.
  - **Afectarea sistemului cardiovascular:** Unele metale grele pot influența negativ tensiunea arterială și ritmul cardiac, crescând riscul de boli cardiovasculare.
  - **Probleme de dezvoltare la copii:** Expunerea la metale grele în timpul sarcinii poate avea consecințe negative asupra dezvoltării fetale, inclusiv greutate mică la naștere, malformații congenitale și întârzieri ale dezvoltării neuronale.

Mai jos sunt prezentate riscuri mai specifice (în funcție de element) pentru sănătate ale contaminării cu metale grele în cereale și produse din cereale.

#### ➤ **Plumb (Pb)**

- **Daune neurologice** – În special dăunătoare copiilor, provocând tulburări cognitive, IQ redus și întârzieri în dezvoltare.
- **Efecte cardiovasculare** – Risc crescut de hipertensiune arterială și boli de inimă.
- **Leziuni renale** – Acumularea pe termen lung poate duce la disfuncții renale.

#### ➤ **Arsenic (As)**

- **Carcinogenitate** – Expunerea pe termen lung la arsenul anorganic este legată de cancer (piele, plămâni, vezică urinară).
- **Tulburări ale pielii** – Hiperpigmentare, leziuni și keratoză.



- **Efecte neurologice și cardiovasculare** – Risc crescut de declin cognitiv, diabet și boli cardiovasculare.
- **Cadmiu (Cd)**
  - **Toxicitate renală** – Organ țintă major; expunerea cronică duce la insuficiență renală.
  - **Slăbiciune osoasă** – Determină epuizarea calciului, ducând la osteoporoză și fracturi.
  - **Carcinogenitate** – Clasificat ca un cancerigen uman, legat de cancerul pulmonar și de prostată.

#### Populații Vulnerabile

- **Sugari și copii** – Mai susceptibili la leziuni neurologice și tulburări de dezvoltare.
- **Femei însărcinate** – Risc ca metalele grele să traverseze placenta, afectând dezvoltarea fătului.
- **Persoane în vârstă** – Risc mai mare de afectare a rinichilor și boli legate de oase.

#### Limite de reglementare și prevenire

Limitele stricte de reglementare sunt stabilite de organizații precum **EFSA, OMS și FDA** pentru a controla nivelurile de metale grele din alimente. Măsurile preventive includ monitorizarea solului și a apei, utilizarea controlată a îngrășămintelor și tehnici de procesare pentru a reduce contaminarea cerealelor.

#### Manifestări toxice

- **Toxicitate acută:** Expunerea la anumite metale grele, cum ar fi mercurul și arsenul, poate declanșa otrăvire acută, caracterizată prin simptome precum greață, vărsături, diaree, cefalee, amețeli, convulsii și, în cazuri extreme, moarte.
- **Efecte pe termen lung:** Chiar și expunerea pe termen lung la doze mici de metale grele poate crește incidența bolilor cronice severe:
  - **Cancer:** Anumite metale grele, inclusiv arsenicul, cadmiul și plumbul, sunt recunoscute ca fiind cancerigene sau sunt implicate în dezvoltarea neoplasmelor, în special a carcinoamelor de piele, plămâni, vezicii urinare și rinichilor.
  - **Disfuncție cardiovasculară:** Anumite metale grele au fost asociate cu efecte dăunătoare asupra sistemului cardiovascular, inclusiv modificări ale tensiunii arteriale și ale ritmului cardiac, crescând astfel riscul de boli cardiovasculare.
  - **Boli neurologice:** Expunerea la metale grele poate afecta sistemul nervos și a fost implicată în etiologia tulburărilor neurodegenerative precum boala Parkinson și boala Alzheimer.
  - **Tulburări renale:** Cadmiul și plumbul pot afecta funcția rinichilor, crescând riscul de insuficiență renală.
  - **Probleme osoase:** Plumbul poate interfera cu metabolismul calciului, favorizând osteoporoza și fracturile.
  - **Probleme de dezvoltare la copii:** Expunerea la metale grele în timpul sarcinii poate duce la rezultate adverse ale dezvoltării, inclusiv greutate mică la naștere, malformații congenitale și întâzieri ale dezvoltării neurologice.
  - **Toxicitate hepatică:** Prin dereglarea sistemului antioxidant din organismul uman, metalele grele provoacă stres oxidativ în ficat care poate duce la inflamație, induce modificări cancerigene și insuficiență hepatică.



- **Efecte metabolice și toxicitate sistemică a organelor:** Prin legarea de proteine în sistemele biologice și prin reacții redox, metalele grele perturbă mecanismele de control celular și provoacă disfuncția mecanismelor antioxidante celulare, duc la generarea de specii reactive de oxidare care provoacă, în plus, deteriorarea ADN-ului și degradează și inactivează biomoleculele.

#### Factori de risc

- **Tip de metal greu:** Fiecare metal greu are un profil toxic specific, provocând efecte distincte asupra sănătății.
- **Concentrația de metale grele:** Cu cât cantitatea de metale grele ingerată este mai mare, cu atât este mai mare riscul pentru sănătate.
- **Durata expunerii:** Expunerea repetată sau prelungită la metale grele crește riscul de efecte pe termen lung.
- **Starea de sănătate a individului:** Persoanele cu un sistem imunitar slab, femeile însărcinate, copiii mici și persoanele cu anumite afecțiuni medicale preexistente sunt mai vulnerabile la efectele nocive ale metalelor grele.

### 6.3. Riscul pentru sănătate legat de contaminarea cerealelor și a produselor cerealiere cu compuși de azot

Prezența contaminanților azotați în cereale reprezintă o amenințare semnificativă pentru sănătatea publică. Acești compuși, inclusiv nitrați, nitriți și amine, pot proveni din diverse surse antropice, cum ar fi îngrășămintele, pesticidele și evacuarea apelor uzate.

#### Mecanisme de contaminare

Contaminarea cerealelor cu compuși de azot poate apărea pe tot parcursul producției și procesării:

- **Înainte de recoltare:** Aplicarea excesivă a îngrășămintelor pe bază de azot poate duce la concentrații crescute de nitrați în matricea solului, ducând ulterior la o absorbție crescută și acumulare în țesuturile plantelor.
- **Post-recoltare:** Condițiile de depozitare suboptime pot favoriza creșterea microorganismelor capabile să transforme nitrații în nitriți și amine.
- **Prelucrare:** Anumite tehnici de prelucrare, inclusiv prăjirea și fermentarea, pot induce formarea compușilor de amine.

#### Rezultate adverse asupra sănătății

Consumul de cereale contaminate cu compuși azotați poate duce la un spectru de efecte negative asupra sănătății, a căror severitate depinde atât de concentrația contaminantului, cât și de durata expunerii. Riscurile cheie pentru sănătate includ:

- **Methemoglobinemie:** Nitriții pot oxida hemoglobina în methemoglobină, o formă a proteinei care nu transportă oxigen. Acest lucru poate afecta livrarea de oxigen către țesuturi, ducând la cianoză, oboseală și dispnee.
- **Carcinogenitate:** Aminele specifice pot reacționa cu nitriții din mediul acid al stomacului pentru a produce nitrozamine, compuși recunoscuți pentru potențialul lor cancerigen.



- **Toxicitate sistemică:** Expunerea la compuși azotați a fost implicată în dezvoltarea diferitelor probleme de sănătate, inclusiv disfuncții neurologice, cardiovasculare și de reproducere.

### Strategii de atenuare

Atenuarea eficientă a contaminării cu compuși de azot în cereale necesită implementarea măsurilor de prevenire și control în toate etapele de producție și procesare:

- **Aplicare optimizată a îngrășămintelor:** Utilizarea judicioasă a îngrășămintelor azotate, adaptate cerințelor specifice culturii, este esențială pentru a minimiza acumularea de nitrați în sol și absorbția ulterioară a plantelor.
- **Practici de depozitare controlată:** Menținerea condițiilor de depozitare adecvate care inhibă proliferarea microbiană și formarea de subproduse azotate este crucială.
- **Asigurarea cuprinzătoare a calității:** Monitorizarea regulată a nivelurilor de compuși de azot din cereale și produse derivate din cereale prin teste analitice este necesară pentru a asigura siguranța consumatorilor.

### Referințe

- Alavanja, M. C. R., Bonner, M. R., & Beane Freeman, L. E. (2012). Pesticide exposure and cancer risk: An update from the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspectives*, 120(6), 879-887.
- Amarloei, A., Nourmoradi, H., Nazmara, S., Heidari, M., & Mohammadi-Moghadam, F. (2024). Toxic heavy metals of agricultural products in developing countries and its human health risk assessment: A study from Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(1), 1-18.
- Amiard, J., Amiardtriquet, C., Barka, S., Pellerin, J., Rainbow, P., 2006. Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquat. Toxicol.* 76, 160–202.
- Arora, M., Mittleman, M. A., & Sanyal, S. (2024). Heavy metal exposure and cardiovascular disease. *Circulation Research*, 134(8), 1162-1175.
- Balali-Mood, M., Naseri, K., & Afshari, R. (2021). Toxic effects of heavy metals. *Journal of Medical Toxicology*, 17(1), 1-28.
- Barman, S. C., Kisku, G. C., & Singh, R. (2024). Heavy metal contamination and its impact on the food chain: Exposure, bioaccumulation, and risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 30(3), 2438726.
- Corsini, E., Luster, M. I., & Kimura, J. (2015). A comprehensive review of pesticides and the immune dysregulation: Mechanisms, evidence and consequences. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 25(4), 258-278.
- Goyer, R., Golub, M., Choudhury, H., Hughes, M., Kenyon, E., Stifelman, M., 2004. U.S. Environmental Protection Agency, Issue paper on the human health effects of metals. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/human\\_health\\_effects.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/human_health_effects.pdf)
- Grandjean, P., & Landrigan, P. J. (2014). Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *The Lancet Neurology*, 13(3), 330-338.
- Henriques, B., Rocha, L.S., Lopes, C.B., Figueira, P., Duarte, A.C., Vale, C., Pardal, M.A., Pereira, E., 2017. A macroalgae-based biotechnology for water remediation: Simultaneous removal of Cd, Pb and Hg by living *Ulva lactuca*. *J Environ Manage.* 191, 275-289.



- Jaishankar, M., Tseten, T., Annu, N., Kumar, A., & Bhasker, R. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Chemosphere*, 108, 105-115.
- Jurewicz, J., Hanke, W., & Zielinska, A. (2019). Pesticides: Environmental stressors implicated in the development of central nervous system disorders and neurodegeneration. *Toxics*, 7(2), 31.
- Kim, Y. H., Kim, K. H., & Kim, Y. S. (2017). Immunotoxicity of pesticides: From mechanisms to adverse health effects. *Journal of Clinical Toxicology*, 7(1), 1000331.
- Kumar, K., & Ram, M. (2014). Acute pesticide poisoning: A proposed classification tool. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, Critical Reviews*, 17(1), 22-38.
- Mnif, W., Hassine, A. I. H., Bouaziz, A., Bartegi, A., Thomas, O., & Mosbah, H. (2011). Effect of endocrine disruptor pesticides: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(6), 2265-2283.
- Mostafalou, S., & Abdollahi, B. (2013). Cancer health effects of pesticides: Systematic review. *Iranian Journal of Toxicology*, 7(2), 527-544.
- Mostafalou, S., & Abdollahi, M. (2013). Pesticides and neurodegenerative diseases: An update. *Neurotoxicology*, 34, 242-253.
- Rauh, V. A., Arunachalam, S., & Horton, M. K. (2020). Prenatal and childhood pesticide exposure and neurodevelopmental outcomes: A review. *Environmental Health Perspectives*, 128(7), 075001.
- Rahman, M. A., Uddin, M. J., & Rahman, M. M. (2021). Heavy metal contamination and associated health risk in the most consumed fruits and vegetables from agricultural lands of Bangladesh. *Exposure and Health*, 13(2), 263-278.
- Roohani, N., Hurrell, R., Kelishadi, R., Schulin, R., 2013. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J. Res. Med. Sci. Off. J. Isfahan Univ. Med. Sci.* 18, 144–157.
- Salameh, P., Baldi, I., & El Hajj, T. (2018). Environmental exposure to pesticides and respiratory health. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 24(1), 47-53.
- Sarwar, M. F., Sarwar, M., Sarwar, M. H., & Khalid, M. T. (2016). Environmental and health effects of pesticide residues. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16040-16056.
- Sharma, A., Kumar, A., & Singh, R. (2024). A systematic review of pesticide exposure, associated risks, and long-term human health impacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(1), 1-18



Cofinanțat de  
Uniunea Europeană



# OpenEAT



Referință proiect: 2024-1-RO01-KA220-VET-000249064

