**Uso militare dei pesticidi. Tossicità dell’”Agente Blu”**

Lubomir Simeonov, Yordan Simeonov

Space Research and Technology Institute (SRTI)

Bulgarian Academy of Sciences (BAS)

Acad. G. Bonchev Str., Block 1

1113 Sofia, Bulgaria

lubomir.simeonov@gmail.com



**Uso militare dei pesticidi. Tossicità dell’”Agente Blu”**

Durante la Guerra del Vietnam (1960 – 1971), l’Agente Blu e altri pesticidi vennero nebulizzati dall’esercito americano in quantità superiore a un ordine di grandezza in più rispetto all’uso domestico per il controllo delle piante infestanti. Gli erbicidi venivano stoccati e spediti in barili da 208 litri, e venivano chiamati in base al colore della striscia colorata su ogni barile. Questi venivano spruzzati prevalentemente sulle foreste del Vietnam del Sud per distruggere le coltivazioni e privare di rifornimenti le troppe Vietcong e del Vietnam del Nord e per rimuovere la copertura vegetale usata per nascondersi, rendendo le imboscate più difficili.

L’Agente Blu venne usato come erbicida da contatto nel Vietnam del Sudo per la defogliazione veloce, il controllo delle piante erbacee e la distruzione del riso. Blu era l’agente utilizzato per la distruzione delle coltivazioni di riso. Oltre 4 milioni di litri di Agente Blu, conosciuto anche come Phytar 560-G, facevano parte del programma con erbicidi del Dipartimento della Difesa (DOD), stando ai dossier militari sugli erbicidi.

L’Agente Blu funziona defogliando o seccando un’ampia varietà di specie vegetali di erba e cereali. Funziona disaccoppiando la fosforilazione delle piante. Veniva utilizzato in situazione in cui era necessario una veloce defogliazione, provocando imbrunimento o decolorazione nel giro di un giorno, con il massimo disseccamento e la caduta delle foglie nell’arco di due, quattro settimane. Privando le piante di riso dell’umidità, il nemico (compresi milioni di abitanti coltivatori di riso) sarebbe morto per mancanza del loro alimento principale. Questo fu una parte fondamentale delle “operazioni di distruzione del riso” del governo americano.



Le acque sotterranee del tratto alluvionale del Fiume Rosso ad Hanoi, in Vietnam, sono anossiche e ricche di ferro a causa della presenza naturale di materiale organico nei sedimenti. I problemi sono principalmente causa da tubi che raccolgono l’acqua da una profondità da 10 a 40 metri, I pozzi, progettati per fornire acqua potabile sicura ed evitare acque superficiali inquinate, vennero inavvertitamente immersi in falde contaminate con arsenico. L’uso dell’Agente Blu durante la Guerra del Vietnam e altri sviluppi industriali hanno spinto i livelli di arsenicali biodisponibili a crescere pericolosamente.

Operazione di distruzione del riso in Vietnam con l’Agente Blu



I soldati americani tentarono di far saltare in aria le risaie e i depositi di riso usando mortai e granate. Ma i chicchi di grano erano tenaci, e non venivano distrutti facilmente – ogni chicco sopravvissuto era un seme da raccogliere e piantare nuovamente. Presto, le “operazioni di distruzione del riso” divennero più sofisticate. Venivano direttamente lanciate dei sacchi di gomma o plastica sulle risaie, che esplodendo all’impatto rilasciavano erbicidi tossici. I barili di pesticidi venivano anche lanciati nelle acque di irrigazione delle risaie, inquinando fiumi e avvelenando il suolo e le persone per molti anni.

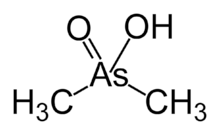
Risaie in Vietnam 

Tossicità dell’”Agente Blu”

L’Agente Blu contiene il 4,7 % di acido cacodilico (conosciuto anche come acido dimetilarsinico o dimetilarsinato, DMAA), e 26,4 % di cacodilato di sodio come principi attivi. L’acido cacodilico (la struttura molecolare nella prossima slide) è un cristallo solido incolore, inodore e agroscopico. Era disponibile anche in commercio sotto forma di concentrati solubili. Soluzioni acquose di acido cacodilico sono a volte colorate di blu. L’acido cacodilico è composto al 54 % da arsenico. Oltre al DMAA, l’altro composto arsenicale organico, che forma i principi attivi dei pesticidi degli erbicidi, è l’acido monometilarsonico (MMAA) usato soprattutto per il controllo delle piante infestanti. MMAA e DMAA sono inoltre metaboliti dell’arsenico inorganico formato a livello intracellulare dalla maggior parte degli organismi viventi (animali, piante e batteri).

Il termine “Agente Blu” fu inizialmente usato per l’acido cacodilico in forma di polvere che veniva miscelato all’acqua sul campo. L'acido cacodilico è un composto arsenicale altamente solubile che si scompone facilmente nel suolo. Si pensa abbia una tossicità molto bassa verso i mammiferi. La forma commerciale originale dell’Agente Blu era così diffusa e conveniente da trovarsi tra i 10 insetticidi, fungicidi e erbicidi tossici parzialmente deregolamentati dall’Agenzia per la protezione dell’ambiente americana (EPA) nel Febbraio 2004, e specifici limiti di residui tossici vennero tolti da carne, latte, pollame e uova. Le direttive dell’Organizzazione mondiale della sanità sui limiti di sicurezza dell’arsenico nell’acqua potabile prevedono 10 μg/L (OMS, 2003). In Vietnam, il limite di concentrazione legale è cinque volte superiore rispetto alle direttive OMS.

Struttura molecolare dell’acido cacodilico

 CAS 75-60-5

Le vie di immissione dell’acido cacodilico sono per ingestione, inalazione, contatto cutaneo e oculare (irritante), e assorbimento cutaneo. L’acido cacodilico viene assorbito nel sangue più facilmente quando viene inalato. Viene metabolizzato dal fegato e si bioaccumula e viene espulso da pelle, unghie e capelli. A differenza degli arsenicali inorganici, DMAA e MMAA non creano forti legami con le molecole nell’uomo. Pertanto, la loro tossicità acuta sembra essere inferiore rispetto a quella degli arsenicali inorganici. Tuttavia, studi recenti mostrano che gli arsenicali organici trivalenti, prodotti metabolici dell’arsenico inorganico, potrebbe essere più tossici del composto progenitore.

Il meccanismo di tossicità dell'arsenico comprende l’inibizione enzimatica e lo stress ossidativo insieme a effetti endocrini, epigenetici e sul sistema immunitario. Le determinazioni analitiche dell’avvelenamento da arsenico possono essere fatte attraverso l’analisi dei livelli di arsenico nelle urine, nei capelli e nelle unghie dei piedi. Le comunità e gli individui che fanno affidamento alle acque sotterranee come fonti idriche devono misurare i livelli di arsenico per essere sicuri che le loro scorte siano sicure, e le comunità con livelli di arsenico superiori a 5 μg/L nell'acqua potabile dovrebbero prendere in considerazione un programma per verificare il livello di arsenico nella popolazione.

Effetti negativi acuti sulla salute umana dell’acido cacodilico

I sintomi e i segni di avvelenamento acuto appaiono solitamente entro un’ora dopo l’ingestione. Negli individui esposti gravemente ad arsenicali organici, si riscontrano odore di aglio in alito e feci, e potrebbe essere presente un sapore salino e metallico in bocca, insieme a *malessere addominale*. Potrebbe comparire vomito, *diarrea acquosa* profusa, seguita da *disidratazione, squilibrio elettrolitico*, e graduale *abbassamento della pressione sanguigna*.

Gli effetti acuti sul sistema nervoso centrale cominciano con *vertigini, emicrania, sonnolenza e confusione*, e possono continuare con *debolezza muscolare, spasmi, convulsioni, stupore, paralisi generale, coma* e possibile *morte* entro 3-14 giorni. La *morte* solitamente avviene per *insufficienza circolatoria* ed eventualmente *lesioni renali*. La dose letale orale cinquanta, o LD50 per l'acido cacodilico nei ratti è di 644 mg/kg.

Il contatto cutaneo causa *irritazione, ustioni, rash* e *depigmentazione*.Il contatto oculare causa *irritazione*, *congiuntiviti* e *ustioni*. L’inalazione dell’acido cacodilico può irritare il naso e la gola e causare la formazione di *ulcere* o perforazioni nel setto nasale.

Uno studio ha concluso che l’inibizione dell’assorbimento può contribuire alla tossicità acuta, specialmente degli arsenicali organici, aggravando ulteriormente la deplezione dei carboidrati intracellulari.

Effetti negativi cronici sulla salute umana dell’acido cacodilico

Visto che l'avvelenamento da arsenico nell’uomo può avvenire attraverso un graduale accumulo di piccole dosi fino a raggiungere livelli letali, l’uso dell’Agente Blu e altri arsenicali organici può rappresentare un rischio a lungo termine.

I sintomi neurologici causati dall’esposizione prolungata agli arsenicali organici sono solitamente più frequenti di quelli gastrointestinali. L’acido cacodilico può causare parestesia e/o debolezza a mani e piedi.

La IARC (Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro – Parigi) classifica DMAA e MMAA come possibili cancerogeni per l’uomo (gruppo 2B). L’arsenobetaina e altri composti organici dell'arsenico non metabolizzati dall’uomo non sono classificabili in base alla loro cancerogenicità per l’uomo (gruppo 3). DMAA induce l’interruzione di filamenti singoli di DNA, lesione specifica ai polmoni, sia di topi che di ratti, e alle cellule polmonari umane in vitro. Questo danno può essere dovuto principalmente al radicale perossile del DMA e la produzione di specie di ossigeno reattive dal tessuto polmonare.

Studi di iniziazione-promozione su diversi organi hanno mostrato che il DMAA agisce come promotore di *tumori* a vescica, reni, fegato e tiroide nei ratti e come promotore di *tumori ai polmoni* nei topi. L’esposizione a vita al DMA nell’alimentazione o nell'acqua potabile causa un aumento dose-dipendente dei tumori alla vescica nei ratti. Il DMAA ha anche il potenziale di promuovere la *carcinogenesi* epatica nei ratti, forse attraverso un meccanismo che prevede la stimolazione della proliferazione cellulare e danni al DNA causati dai radicali dell’ossigeno. È stato ipotizzato che l’acido cacodilico causi *carcinomi polmonari*.

La *carcinogenesi polmonare* può derivare da un’esposizione ad alte dosi di acido cacodilico in quanto sia l’arsenico inorganico che l’acido cacodilico condividono sia dimetilarsina che trimetilarsina come metaboliti; la prima è stata associata a danni al DNA nel tessuto polmonare di ratti e topi dopo esposizione orale acuta ad alte dosi. Studi epidemiologici hanno registrato un aumento di *cancro ai polmoni* nei lavoratori delle fonderie, esposti per lavoro soprattutto ad arsenico pentavalente. Questi e molti altri studi suggeriscono che DMAA riveste un ruolo nella *carcinogenesi* dell'arsenico inorganico.

Uno studio ha concluso che i margini di esposizione, stimati basandosi su stime prudenziali, delle dosi giornaliere di arsenico in ogni sua forma indicano che l’esposizione a MMAA o DMAA a livelli importanti di esposizione ambientale, attraverso la via orale, difficilmente rappresentano un rischio per le donne incinte e i nascituri. Nei test sugli animali, con i topi, la tossicità materna era evidente alla dose minima, mentre la risposta teratogena era limitata alla palatoschisi a 400 e 600 mg/kg al giorno. L’effettiva dose tossica materna nel ratto era di 40 mg/kg al giorno.

Un contatto cutaneo ripetuto può causare *iperpigmentazione* e *cheratosi*. È stato notato che le persone malnutrite sono più predisposte alle lesioni cutanee correlate all’arsenico. Possono formarsi delle strisce bianche lungo le unghie.

Gli effetti acuti e cronici degli erbicidi arsenicali organici in commercio, utilizzati in una formulazione meno tossica dell’Agente Blu, come descritto *nelle slide precedenti*, rappresentano una chiara prova di un impatto peggiore su coloro che sono stati esposti o hanno maneggiato direttamente l’Agente Blu nelle risaie durante la Guerra del Vietnam. Nonostante gli effetti acuti e cronici degli arsenicali organici non siano tanti come quelli degli arsenicali inorganici, gli arsenicali organici possono comunque avere un impatto sulla salute umana, che sarebbe maggiore se studi futuri rivelassero ulteriori effetti sulla salute, per ora non dimostrati o non conosciuti.



1. Chemicals as Intentional and Accidental Global Environmental Threats, 2006, Lubomir Simeonov and Elisabeta Chirila (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 1-4020-5096-8.

2. Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security, 2008, Lubomir Simeonov and Vardan Sargsyan (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-1-4020-8255-9.

3. Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution - Contemporary Methodology, 2009, Lubomir I. Simeonov and Mahmoud A. Hassanien (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-90-481-2333-9.

4. Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development, 2011, Lubomir I. Simeonov, Mihail V. Kochubovsky, Biana G. Simeonova (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-94-007-0252-3.

5. Environmental Security Assessment and Management of Obsolete Pesticides in Southeast Europe, 2013, L.I.Simeonov, F.Z.Makaev, B.G.Simeonova (eds), NATO Science for Peace and Security, Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media, Dordrecht, ISBN 978-94-007-6460.



<https://toxoer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales

Headquarters office in Salamanca.

Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.

Contact Phone: +34 663 056 665