

Davide Aufiero

INFORMAZIONI SCIENTIFICHE & NOTE SULL'UTILIZZO FOSFURO DI ALLUMINIO /MAGNESIO & FOSFINA



ADRCORSI

Dello stesso autore:

PATENTINO SCORTA TECNICA AI TRASPORTI ECCEZIONALI
Teoria ed esercizi

PATENTINO GAS TOSSICI
Teoria ed esercizi

NORME SUL TRASPORTO STRADALE DI MERCI E DI PERSONE
Per aziende, forze dell'ordine e consulenti

PATENTINO ADR
seconda edizione
BASE - CISTERNA - RADIOATTIVI - ESPLOSIVI
TEORIA+QUIZ
Manuale ADR per autisti,
aziende e forze dell'ordine

PATENTINO ADR
BASE - CISTERNA - RADIOATTIVI - ESPLOSIVI
TEORIA+QUIZ
con nozioni per altri operatori coinvolti
nella gestione delle merci pericolose

MANUALE DEL CONDUCENTE PROFESSIONISTA
Per corsi Rinnovo CQC, corsi sul tachigrafo
ed altri corsi relativi al trasporto ed alla sicurezza stradale

Tutti i diritti sono riservati
Vietata ogni riproduzione o adattamento, parziale o totale, su qualunque supporto
Vietate le traduzioni non autorizzate in qualsiasi lingua

©2026 - ADRCORSI S.A.S. di Aufiero Davide Claudio Francesco & C.



ADRCORSI S.A.S.
di Aufiero Davide Claudio Francesco & C.
email: adrcorsi@pec.it - adrcorsi-sas@adrcorsi.com - davide_aufiero@yahoo.it
tel.: 393 403 46 09 - 02 23054012

Indice

La Fumigazione	5
Utilizzi della fosfina	5
Precauzioni sull'uso della fosfina	7
Variabili sull'uso della fosfina	9
Effetto della temperatura	9
Effetto dell'umidità	9
Effetto dell'anidride carbonica	9
Ventilazione	9
Effetti della fosfina	11
Avvelenamento lieve	11
Avvelenamento moderato	11
Avvelenamento grave	12
Indicazioni per i medici interni	12
Calcoli	13
Calcolo del volume della camera di fumigazione/recinto di fumigazione	13
Formula per il calcolo del volume	14
Conservazione	14
Informazioni ecologiche	14
Rischi per il cibo	14
Rischi per la salute	15
Premessa	15
Fisiologia dell'esposizione	15
Effetto Cardiaco	15
Effetto Neurologico	17
Effetto Sistemico	17
La biochimica dell'esposizione	18
Il ruolo dello stress ossidativo	18
Sistemi di disintossicazione	18
Il ruolo dei mitocondri	19
Fosfina - UN 2199	21
Generalità	21
Pericoli per l'uso	21
Etichette CLP	21
Classificazione	21
Rischio incendio	22
Precauzioni	22
Evacuazione ¹⁸	22
Pericoli per il trasporto - ADR	22
Classificazione	22
Etichette ADR	23
Istruzioni di imballaggio ADR: P200	23
Ulteriori prescrizioni ADR	23

Fosforo di magnesio -UN 2011 (CAS 12057-74-8)	24
Generalità	24
Reazione con l'acqua o con acidi	24
Pericoli per l'uso	24
Etichette CLP	24
Classificazione	24
Rischio incendio	25
Trattamento perdita	25
Evacuazione	25
Pericoli per il trasporto - ADR	26
Classificazione	26
Etichette ADR	26
Istruzioni di imballaggio ADR	26
Ulteriori prescrizioni ADR	27
Fosforo di alluminio - UN 1397 (CAS 20859-73-8)	27
Generalità	27
Reazione con l'acqua o con acidi	28
Pericoli per l'uso	28
Etichette CLP	28
Classificazione CLP	28
Rischio incendio	28
Trattamento perdita	29
Evacuazione	29
Pericoli per il trasporto - ADR	29
Classificazione	29
Etichette ADR	29
Istruzioni di imballaggio ADR	30
Ulteriori prescrizioni	31
Dispositivi di protezione individuali	31
Rilevatore di fosfina	33
Altri dispositivi di controllo	34
Certificato di controllo	35
Riferimenti bibliografici	36

La Fumigazione

La fumigazione è un metodo che consiste nel riempire completamente un'area con pesticidi gassosi, o fumiganti, per soffocare o avvelenare i parassiti presenti. Viene utilizzata per il controllo dei parassiti negli edifici (fumigazione strutturale), nel terreno, nei cereali e nei prodotti agricoli, ed è impiegata anche durante la lavorazione delle merci destinate all'importazione o all'esportazione per prevenire la diffusione di organismi esotici.

La fumigazione generalmente prevede le seguenti fasi: innanzitutto, l'area da fumigare viene solitamente coperta per creare un ambiente sigillato; successivamente, il fumigante viene rilasciato nell'ambiente; quindi, l'ambiente viene mantenuto in tale stato per un periodo prestabilito, durante il quale il gas fumigante si diffonde e agisce eliminando eventuali infestazioni; infine, l'ambiente viene ventilato per permettere ai gas tossici di fuoriuscire, rendendolo sicuro per l'accesso umano. Se la fumigazione ha esito positivo, l'area è ora sicura e priva di parassiti. Dopo l'evaporazione del gas, non rimangono residui chimici.

Principali parassiti della post-raccolta e dello stoccaggio:

- I curculionidi – punteruolo del riso, punteruolo del mais e punteruolo del grano
- Il punteruolo minore del grano
- La tignola del grano di Angoumois
- Il coleottero del grano seghettato
- Il coleottero rosso della farina e il coleottero confuso della farina
- Il coleottero piatto del grano e il coleottero rugginoso del grano
- Il coleottero del grano mercante
- Il coleottero del grano estraneo
- Bruchi che si nutrono in superficie
- La tignola del grano

Utilizzi della fosfina⁹

La fosfina è un gas incolore tossico ed infiammabile utilizzato per prevenire perdite dovute a insetti e vertebrati (principalmente roditori), è il componente attivo dei fosfuri metallici, rilasciato sotto forma di gas quando i fosfuri metallici solidi interagiscono con l'umidità presente nell'aria.

Questi fosfuri vengono utilizzati come fumiganti sotto teloni, nei mulini dei cereali, nei magazzini, nei vagoni ferroviari, nei container, nei silos, nei depositi agricoli, nella stiva delle navi.

I fumiganti a base di fosfuro metallico vengono applicati direttamente sulla merce o sull'ambiente da trattare, sia manualmente sia tramite apparecchiature a erogazione automatica.

I volumi delle strutture fumigate con prodotti a base di fosfuro variano da 20-20 m³ ad 1 milione e mezzo di m³.

Le fumigazioni con fosfuri metallici possono essere eseguite tutto l'anno, la frequenza e l'intervallo dei trattamenti variano notevolmente a seconda del settore, della merce, della categoria del sito, dell'ubicazione e di altri fattori.

Alcuni tipi di strutture di stoccaggio possono essere fumigate più frequentemente, inclusi silos/contenitori, camere, vagoni ferroviari e rimorchi. I silos/contenitori sono generalmente utilizzati per lo stoccaggio a lungo termine e normalmente vengono fumigati mensilmente durante la stagione calda, ma possono essere fumigati settimanalmente dagli utenti con elevati tassi di rotazione delle merci.

Le camere progettate espressamente per le fumigazioni possono essere utilizzate quotidianamente o settimanalmente durante la stagione delle fumigazioni, quando le merci vengono trasportate per la fumigazione, aerate e trasferite per la spedizione o per ulteriore stoccaggio. Allo stesso modo, i container per il trasporto, come vagoni ferroviari e rimorchi, fungono da deposito temporaneo per le merci durante il trasporto da un luogo all'altro e possono essere fumigati anche settimanalmente.

Le stive delle navi contenenti cereali destinati all'esportazione vengono in genere fumigate all'ultimo porto di carico, rimangono chiuse durante il viaggio e vengono aerate una volta raggiunta la destinazione.

Il fosforo di alluminio può anche essere applicato nelle tane in contesti agricoli e in alcune aree ricreative o residenziali per controllare i roditori che scavano tane.



Sebbene un uso oculato possa migliorare la qualità della vita e il sostentamento dei residenti, un uso improprio può causare gravi avvelenamenti cronici e acuti. Infatti, quasi 300.000 persone nel mondo muoiono ogni anno a causa di avvelenamento da pesticidi⁵.

I fosfori metallici costituiscono una gran parte dei pesticidi/fumiganti attualmente utilizzati.

L'uso di fosfori di alluminio, magnesio è diventato popolare nei paesi in via di sviluppo principalmente perché sono potenti, economici e non hanno effetti indesiderati sui prodotti agricoli. Tuttavia, il rischio di mortalità associato all'avvelenamento da fosfori negli esseri umani varia tra il 30% e il 100%⁵.

Le province settentrionali dell'Iran segnalano un tasso di avvelenamento da AIP piuttosto elevato, motivo per cui l'Iran ha cercato di controllare la produzione e l'acquisto di AIP, ma le compresse vengono ancora introdotte illegalmente nel paese e sono disponibili al pubblico a prezzi bassi.

I dati attuali indicano che l'AIP è una delle cause più comuni di decessi per avvelenamento in India, Sri Lanka, Iran e Oman⁵ e Marocco, ma non nei paesi europei e nordamericani.

Le segnalazioni di mortalità dovute ad avvelenamento da AIP variano a livello mondiale. Tra il 1997 e il 2003, il Regno Unito ha segnalato solo 93 casi di avvelenamento da AIP, tutti accidentali, e solo uno ha provocato un decesso.

In Germania, tra il 1983 e il 2003, sono stati segnalati solo 188 casi di avvelenamento da AIP, il 65% dei quali accidentali e principalmente inalatori, hanno causato principalmente un'irritazione transitoria dell'apparato gastrointestinale e respiratorio e nessuno ha provocato un decesso. I restanti avvelenamenti intenzionali hanno causato due decessi.

Al contrario, l'avvelenamento da AIP ha causato 146 decessi in Iran tra il 2000 e il 2007. Secondo Hosseinian et al. , oltre il 90% di questi avvelenamenti è suicida.

A Teheran sembra essere l'agente suicida più comune, soprattutto nelle persone di età inferiore ai 30 anni. Il tasso di mortalità varia tra il 18,6% e il 24% ed è più alto nelle aree rurali.

A contatto con l'acqua, una compressa di AIP rilascia il letale gas fosfina (PH_3), che ha suscitato interesse per il suo utilizzo come arma chimica.

L'AIP non ha un antidoto specifico e solo attraverso l'esperienza condivisa possiamo aumentare le probabilità di sopravvivenza migliorando la gestione dell'avvelenamento da AIP.

Più avanti vengono riportati i dettagli degli effetti della fosfina.

Vantaggi dei fumiganti a base di fosfina sono i seguenti:

- Tossici per insetti, roditori, uccelli e mammiferi.
- Alcuni sono tossici per semi di erbe infestanti, nematodi e funghi e possono essere applicati con diversi metodi.
- Penetrano in crepe, fessure, tane, pareti divisorie, terreno, merci e attrezzature.
- Si applicano senza disturbare la merce.
- Solitamente disponibili ed economici da usare.

Svantaggi dei fumiganti a base di fosfina

- Altamente tossici per l'uomo.
- Richiedono applicatori addestrati.
- L'area o la merce trattata deve essere recintata.
- Possono danneggiare la germinazione dei semi.
- Possono lasciare residui eccessivi pericolosi.
- Non impediscono la re-infestazione dopo la fumigazione.

Precauzioni sull'uso della fosfina

La fosfina è un gas infiammabile che in talune situazioni può esplodere.

Il suo utilizzo è limitato alla fumigazione atmosferica con o senza telone o copertura.

I teloni in tessuto o tela non sono adatti per la fumigazione.

Pellicole o teloni in polietilene o rivestiti in vinile sono idonei se sigillati correttamente al pavimento o alla superficie di base per prevenire perdite di gas.

Nel trattamento tenere conto che la fosfina è un gas altamente corrosivo per alcuni metalli con cui entra in contatto (rame, ottone, argento, oro)³⁹, apparecchi elettrici, cablaggi, illuminazione e in particolare apparecchiature elettroniche con circuiti integrati, chip per computer e dispositivi simili con rame e altri conduttori di elettricità rischiano di danneggiarsi durante la fumigazione con fosfina e potrebbero non funzionare correttamente dopo la fumigazione.

I ventilatori e i soffiatori utilizzati con prodotti a base di fosfina devono essere realizzati con materiali resistenti al fumigante.

Rimuovere o proteggere i seguenti articoli prima della fumigazione:

- Batterie e carica-batterie.
- Testine di irrigazione in ottone.
- Dispositivi di comunicazione.
- Computer.
- Motori elettrici.
- Apparecchiature elettroniche o elettriche.
- Carrelli elevatori.
- Rivelatori di fumo.
- Apparecchiature di commutazione.
- Sistemi di monitoraggio della temperatura.

Le fosfine possono essere utilizzate:

- quando una merce è necessaria entro non meno di 7 giorni;
- quando è presente Trogoderma granarium e l'uso di alternative non è possibile;
- quando devono essere trattati semi oleosi, pannelli di pressatura e farine;
- quando la germinazione è importante;
- quando le merci sono state precedentemente trattate con MB;
- alimenti trasformati;
- cereali e prodotti a base di cereali;
- frutta a guscio, semi e tabacco;
- cacao e chicchi di caffè;
- mangimi animali sfusi (inclusi cibo per cani);
- piume e lana grezza;
- molti alimenti trasformati;
- la fosfina è preferita anche per la fumigazione dell'orzo da malto.

La fosfina non deve essere utilizzata:

- in assenza di una squadra di fumigazione addestrata, qualificata e adeguatamente protetta;
- in ambienti chiusi e non sigillati;
- in presenza di resistenza nota nella popolazione di insetti;
- a temperature inferiori a 15 °C;
- quando è necessario un trattamento rapido, ovvero in meno di 7 giorni;
- in aree immediatamente adiacenti a luoghi di lavoro e zone abitate.

Un sistema per il trattamento si può pensare ad utilizzare:

- Lo stesso contenitore o locale utilizzato per il trasporto o lo stoccaggio (tra cui silos e granai, vagoni ferroviari, magazzini e strutture di stoccaggio piane).
- Una camera chiusa e a tenuta d'aria e modificata
- Una camera di fumigazione cioè una struttura appositamente costruita, normalmente con pareti solide, utilizzata principalmente per condurre fumigazioni.

A livello globale, il fosforo di alluminio e di magnesio è stato accettato per l'uso per eliminare le infestazioni di insetti in una varietà di prodotti, tra cui mangimi e ingredienti per mangimi, mais, semi di cotone, semi di erba, miglio, avena, Arachidi, noci pecan, popcorn, segale, sorgo, soia, grano, frutta e verdura. Questi fosfori possono essere utilizzati su una varietà di alimenti trasformati purché la polvere residua non entri in contatto diretto con il prodotto.

Possono essere utilizzati su alcune materie prime non alimentari, tra cui paglia e fieno, cotone, piume, tabacco, piante e fiori secchi e semi.

Variabili sull'uso della fosfina

● Effetto della temperatura

La temperatura ha effetti di vasta portata su tutti i fattori che determinano il successo della fumigazione:

- Generalmente non si possono utilizzare a temperature inferiori a 5°C.
- L'adsorbimento è il fattore fisico più importante che modifica la penetrazione dei fumiganti. La quantità di gas fisicamente adsorbito aumenta al diminuire della temperatura, ed è necessario aggiungere progressivamente più fumigante per mantenere concentrazioni libere di agire sugli insetti. Inoltre, a causa di questo effetto inverso, a basse temperature la diffusione del gas nel materiale è più lenta durante il trattamento, e si verifica una corrispondente diminuzione della velocità di desorbimento in seguito.
- La fumigazione a temperature alle quali gli insetti non sono attivi può essere vantaggiosa in alcuni trattamenti di quarantena.
- Se si fumigano semi o piante vive in stato di dormienza, il rischio di danni si riduce evitando i possibili effetti stimolanti delle alte temperature sui meccanismi fisiologici. In secondo luogo, se gli insetti infestanti sono mosche attive, le loro possibilità di sfuggire al materiale in attesa di trattamento in un ambiente fresco sono notevolmente ridotte.

La fumigazione a bassa temperatura:

- potrebbe non essere consigliabile perché un maggiore assorbimento del gas da parte del prodotto potrebbe interferire con la penetrazione;
- il materiale potrebbe risultare pericoloso da maneggiare perché il fumigante assorbito viene trattenuto più a lungo a basse temperature.

● Effetto dell'umidità

Le variazioni dovute all'umidità non sono importanti nella pratica .

● Effetto dell'anidride carbonica

L'anidride carbonica, in determinate concentrazioni, può stimolare i movimenti respiratori e l'apertura delle spirali negli insetti. Numerosi autori hanno dimostrato che l'aggiunta di anidride carbonica ad alcuni fumiganti può aumentare o accelerare l'effetto tossico del gas (Cotton e Young, 1929; Jones, 1938).

Ventilazione

L'area di fumigazione e l'area a rischio devono essere ventilate al termine del periodo di fumigazione.

La fosfina è più pesante dell'aria.

Ove possibile, durante la ventilazione degli edifici fumigati, il punto di partenza dovrebbe essere la parte superiore della struttura per ridurre al minimo il rischio che il fumigante entri in contatto con gli operatori o altre persone.

Qualora sia necessario accedere all'area di fumigazione per effettuare la ventilazione, ad esempio per aprire porte o finestre, è obbligatorio utilizzare il rilevatore di gas fosfina, l'autorespiratore, la tuta, l'elmetto, i guanti, scarpe antinfortunistiche.

Per aree semi-aperte è necessario controllare con il rilevatore i dispositivi sono tuta, la tuta, l'elmetto, i guanti, scarpe antinfortunistiche.

Aree come cantine, recipienti chiusi e altri spazi confinati simili devono essere ventilate forzatamente per rimuovere il fumigante.



L'operatore responsabile della fumigazione, indossando i DPI, deve monitorare l'atmosfera fino a quando le concentrazioni del fumigante non siano scese al di sotto del livello di sicurezza o di un altro livello appropriato, per garantire che tutte le aree siano sicure.

I materiali presenti nell'area di fumigazione potrebbero continuare a rilasciare gas anche dopo la fine dell'operazione di fumigazione e pertanto è necessario tenerne conto.

La durata della ventilazione deve essere stabilita di volta in volta.

Il Kit di pronto soccorso ed ulteriori dispositivi di protezione devono trovarsi a disposizione.

Prevedere un tempo sufficiente e utilizzare un numero adeguato di ventilatori per ventilare e aerare in base ai limiti strutturali.

Accendere tutti i ventilatori di ventilazione o aerazione, ove necessario.

Prima di rientrare, utilizzare un rilevatore di gas idoneo per determinare la concentrazione del fumigante in modo da poter adottare le precauzioni appropriate;

Verificare le concentrazioni di gas nelle aree a lenta aerazione.

La fosfina è altamente corrosiva per alcuni metalli, come i cavi di rame, gli irrigatori antincendio in ottone e le apparecchiature elettroniche. Per motivi di sicurezza, solo la persona che esegue la fumigazione deve essere in possesso delle chiavi dell'edificio da trattare.

I teli a tenuta di gas devono essere arieggiati fino a completa rimozione del fumigante prima di essere piegati, arrotolati, trasportati e conservati per un utilizzo futuro, passare il rilevatore sul telo prima di piegarlo.

Al termine di alcuni processi di fumigazione i residui rimanenti possono contenere fosfuri metallici non decomposti, che continueranno a decomporsi generando fumigante.

Il rifiuto deve essere gestito a norma di legge.

Qualsiasi indumento e attrezzatura contaminati devono essere rimossi e arieggiati.

L'aerazione deve essere effettuata a fasi, per evitare il rilascio improvviso di grandi quantità di fumigante.

Gli autorespiratori devono essere utilizzati per operazioni, come ad esempio in caso di guasti, quando si possono verificare esposizioni prolungate a concentrazioni più elevate. Maschere e filtri devono essere forniti individualmente e il responsabile della fumigazione deve tenere un registro d'uso.

Le maschere con filtro non devono mai essere indossate per entrare nell'area di fumigazione, qualora ciò si renda necessario, è obbligatorio indossare un autorespiratore.

In caso di emergenza durante la fumigazione avvertire il responsabile ed indossare i DPI.

Effetti della fosfina

• Avvelenamento lieve



Qualsiasi malessere può essere indice di un avvelenamento lieve o di un'altra malattia. Le persone esposte possono manifestare:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Mal di testa.• Affaticamento.• Irritazione cutanea.• Perdita di appetito• Vertigini,• Debolezza.• Nervosismo• Dolori articolari• Cambiamenti d'umore. | <ul style="list-style-type: none">• Nausea.• Sudorazione.• Diarrea.• Irritazione oculare.• Insonnia.• Sete.• Irrequietezza.• Irritazione del naso e della gola.• Perdita di peso. |
|---|---|

• Avvelenamento moderato



Nausea, tremore, incoordinazione muscolare, salivazione eccessiva, visione offuscata, sensazione di costrizione alla gola e al petto, difficoltà respiratorie, pelle arrossata o giallastra, crampi addominali, vomito, diarrea, confusione mentale, spasmi muscolari, pianto, sudorazione eccessiva, profonda debolezza, battito cardiaco accelerato, tosse.

● Avvelenamento grave



Vomito, perdita dei riflessi, incapacità di respirare, spasmi muscolari incontrollabili, costrizione delle pupille (per individuare le pupille), convulsioni, perdita di coscienza, forte secrezione dalle vie respiratorie, febbre, sete intensa, aumento della frequenza respiratoria.

A seconda della quantità di fosfina inalata, i sintomi possono manifestarsi immediatamente o diverse ore dopo l'esposizione.

Un avvelenamento lieve o moderato può provocare una sensazione di affaticamento, ronzio alle orecchie, nausea, oppressione al petto e malessere.

Tutti questi sintomi scompaiono normalmente all'aria aperta.

Tuttavia, quantità maggiori portano rapidamente ad affaticamento generale, nausea, sintomi gastrointestinali con vomito, mal di stomaco, diarrea, disturbi dell'equilibrio, forte dolore al petto e dispnea (difficoltà a respirare).

Concentrazioni molto elevate, invece, provocano rapidamente forte dispnea, cianosi (colorazione della pelle bluastra-violacea), agitazione, atassia (difficoltà a camminare o ad afferrare oggetti), anossia (contenuto di ossigeno nel sangue inferiore alla norma), perdita di coscienza e morte.

La morte può essere immediata o sopraggiungere diversi giorni dopo a causa di edema e collasso polmonare, paralisi dell'apparato respiratorio o edema cerebrale.

Possono inoltre verificarsi disturbi della funzionalità renale ed epatica (oematuria, proteinuria, uremia, ittero) e aritmie cardiache.

● Indicazioni per i medici interni

Dalle note del produttore:

- Assicurarsi che gli addetti alla fumigazione conoscano l'uso degli antidoti specifici;
- Nelle forme più lievi, i sintomi di avvelenamento possono manifestarsi anche dopo un certo tempo (fino a 24 ore), pertanto si consigliano le seguenti misure: riposo assoluto per uno o due giorni, durante i quali il paziente deve essere tenuto a riposo e al caldo;
- In caso di vomito o aumento della glicemia, somministrare soluzioni endovenose appropriate. Si raccomanda la somministrazione di ossigenoterapia e di stimolanti cardiaci e circolatori;
- Nei casi di avvelenamento grave, si raccomanda il ricovero in terapia intensiva in ospedale, in presenza di edema polmonare, la terapia steroidea e un'attenta supervisione medica. Potrebbero essere necessarie trasfusioni di sangue;

In caso di edema polmonare manifesto, si deve eseguire un salasso sotto controllo della pressione venosa e somministrare glicosidi per via endovenosa (in caso di emoconcentrazione, il salasso può provocare shock).



In caso di edema polmonare progressivo, è necessario procedere immediatamente all'incubazione con costante rimozione del liquido edematoso e instaurazione di una ventilazione a pressione positiva con ossigeno, nonché adottare tutte le misure necessarie per il trattamento dello shock. In caso di insufficienza renale, è necessaria l'emodialisi extracorporea. Non è noto un antidoto specifico per questo veleno.

- Il suicidio può essere tentato ingerendo fosfuri solidi per via orale. In tal caso, svuotare lo stomaco inducendo il vomito e lavarlo con una soluzione diluita di permanganato di potassio o una soluzione di perossido di magnesio fino a quando il liquido di lavaggio non smetta di emanare odore di carburo. Successivamente, somministrare carbone attivo;
- La ricerca scientifica ha dimostrato che l'avvelenamento da fosfina non è cronico; l'azione della fosfina è reversibile e i sintomi scompaiono spontaneamente.
- Istruire i dipendenti a segnalare immediatamente tutti gli incidenti al datore di lavoro o al supervisore. Segnalare inoltre qualsiasi segno di malattia o malessere fisico, indipendentemente dalla loro apparente natura lieve.
- Addetti alla disinfestazione: — dovrebbero sottoporsi a una visita medica almeno una volta all'anno e più frequentemente se le condizioni di salute lo richiedono.

Calcoli

● Calcolo del volume della camera di fumigazione/recinto di fumigazione

È necessario calcolare con precisione il volume della camera o del recinto di fumigazione, in modo da poter determinare il dosaggio corretto da applicare. Ai fini della fumigazione con teli, il volume del recinto corrisponde a tutto lo spazio racchiuso sotto i teli a tenuta di gas.

Il volume dello spazio da fumigare è il volume totale dello spazio racchiuso per la fumigazione. Misurare la lunghezza, la larghezza e l'altezza della camera. Moltiplicare le tre misure per ottenere il volume in piedi cubi o metri cubi.

• Formula per il calcolo del volume

Per determinare il volume della camera in piedi cubi è possibile utilizzare la seguente formula:
Volume totale della camera (m^3) = Altezza della camera (m) x Lunghezza della camera (m) x Larghezza della camera (m)

Formula per il calcolo del dosaggio

Per calcolare il dosaggio, sono necessarie le seguenti informazioni:

1. Programma di trattamento
1. Volume della camera di fumigazione (m^3)

Dosaggio (g) = volume (m^3) x velocità di dosaggio (g/1.000 m^3)

ESEMPIO

Un trattamento richiede 20 grammi ogni 100 m^3 di fosfina, le dimensioni della camera sono 30 m x 22 m x 5 m.

Ogni pastiglia libera 0,2 grammi di fosfina.

Calcolare quante pastiglie servono?

Dimensioni della camera: 30 m x 22 m x 5 m = 3300 m^3

20 g x 3300 m^3 / 10 m^3 = 660 g di PH_3

N° pastiglie = 660 g di PH_3 / [0.2 g di PH_3 /pastiglia] = 3.300 pastiglie

Conservazione

Conservare in un luogo asciutto e ben ventilato, lontano da fonti di calore, sotto chiave e ben segnalato.

Non conservare in edifici abitati da persone o animali domestici.

Informazioni ecologiche

La fosfina è un gas altamente tossico per un'ampia gamma di organismi viventi. L'uso in ambienti interni non comporta rischi per gli organismi non bersaglio al di fuori del sito da trattare.

Rischi per il cibo

Il 20 luglio 2017, in una valutazione⁹ effettuata dal comitato istituito dall'EPA (Agenzia dell'Ambiente degli Stati Uniti) denominato Chemistry Science Advisory Council si è potuto dimostrare che, dopo i tempi di aerazione e di mantenimento previsti dalle etichette dei prodotti, non sono presenti residui rilevabili di fosfina nel cibo.

I dati sui residui, relativi ai trattamenti post-raccolta registrati per le materie prime agricole e i prodotti trasformati immagazzinati, indicano che, con un'adeguata aerazione o un'ulteriore lavorazione dopo il trattamento, i residui di fosfina si dissipano fino a livelli non rilevabili. Di conseguenza, non si prevede esposizione attraverso gli alimenti.

Rischi per la salute

• Premessa

I fosfuri metallici causano un'ampia gamma di effetti che includono avvelenamento cellulare, stress ossidativo, inibizione della colinesterasi, collasso circolatorio, cardio-tossicità, tossicità gastrointestinale e polmonare, danni epatici, tossicità neurologica, squilibrio elettrolitico e disturbi metabolici generali⁹.

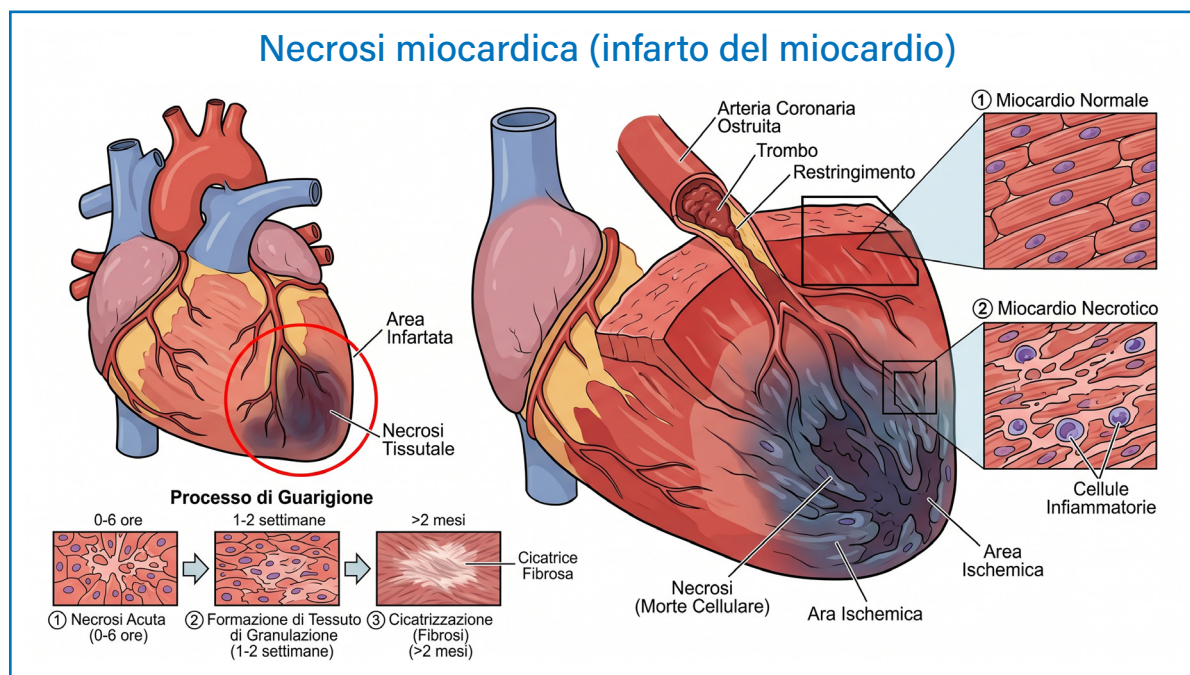
È stato dimostrato che la tossicità di PH_3 comporta una compromissione irreversibile del metabolismo. Meccanicamente, ciò può avvenire attraverso una crisi metabolica e/o l'effetto indiretto di un'aumentata produzione di ROS generata dal metabolismo stesso, portando infine al collasso cellulare o dell'organo bersaglio. È evidente che, in alcuni casi, la tossicità è direttamente correlata al fallimento della funzione metabolica e all'incapacità di mantenere l'omeostasi cellulare. Il trattamento dell'esposizione ai fosfuri metallici è generalmente di supporto a causa degli ampi effetti sistemici della tossicità uniti agli effetti diretti sull'insufficienza metabolica¹⁰.

Gli effetti sulla salute derivanti dall'inalazione di PH_3 possono manifestarsi a livelli minimi di 5,0-10,0 ppm nell'arco di diverse ore e in forma solida una dose di soli 1,5 g è considerata fatale per l'uomo. La maggior parte dei decessi avviene entro le prime 12-24 ore dall'esposizione. Un numero significativo di esposizioni deriva dall'uso a scopo suicidario di pellet fumiganti tramite ingestione. I rapporti pubblicati indicano che, in seguito all'ingestione, i fumiganti a base di fosfuri metallici producono gas PH_3 nell'intestino, che viene assorbito attraverso la mucosa intestinale e nel flusso sanguigno, distribuendosi così in tutto il corpo. La maggior parte degli studi sperimentali sui roditori ha imitato la via più comune di esposizione umana, ovvero l'ingestione di pellet. Pertanto, gran parte delle risposte fisiologiche rispecchia molto da vicino quelle osservate nei casi di esposizione umana intenzionale¹⁰.

• Fisiologia dell'esposizione

L'esposizione alla PH_3 provoca una serie di reazioni sistemiche che solitamente portano a gravi danni cellulari, tissutali e organici e, infine, alla morte.

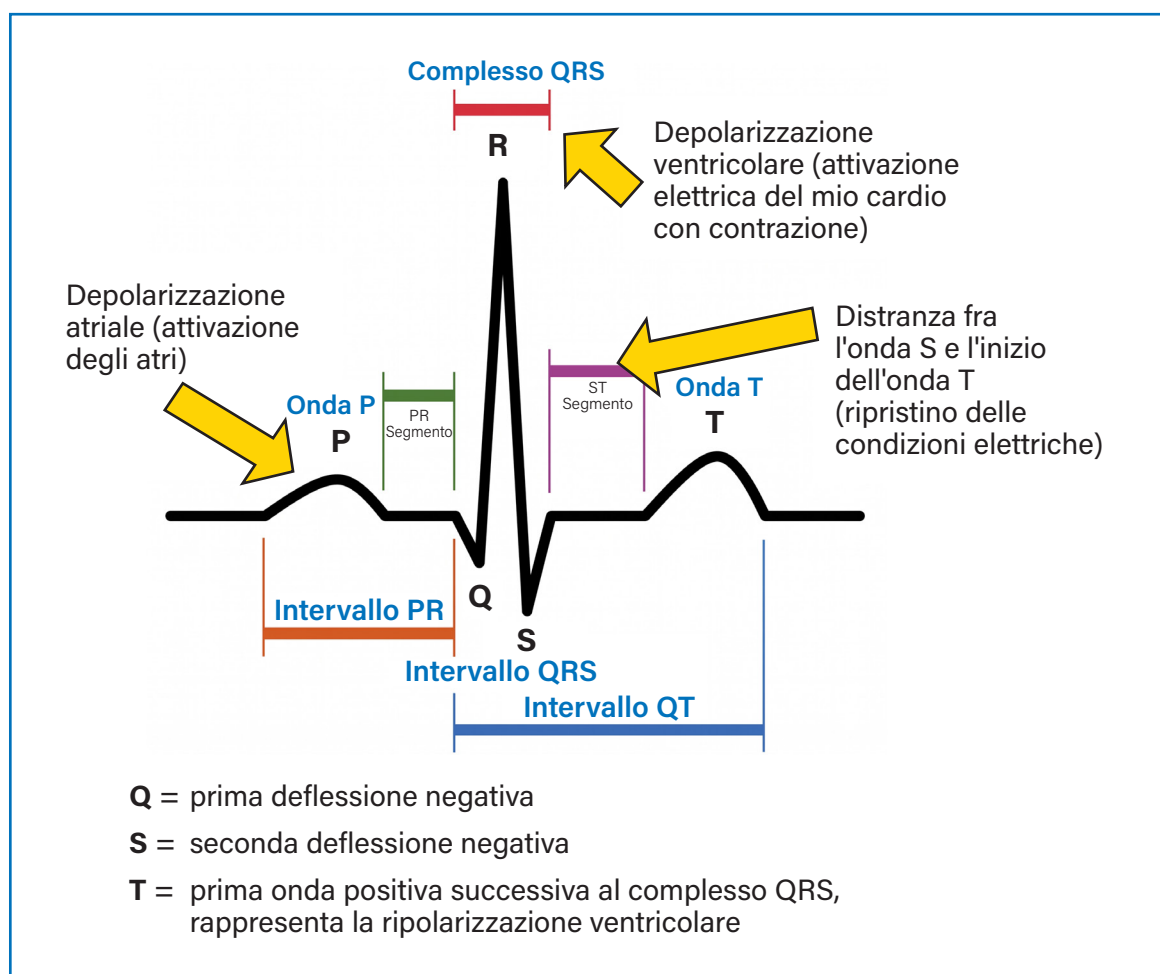
• EFFETTO CARDIACO



Si ritiene che il cuore sia uno dei principali organi bersaglio della tossicità da PH_3 , con l'insufficienza circolatoria e lo shock che risultano essere molto comuni. Gli studi condotti sui ratti anestetizzati da Lall et al.¹⁹ tramite somministrazione intragastrica di AIP (con dosi paria a 10, 20 e 40 mg) hanno evidenziato una grave necrosi (morte) miocardica, con una dose di 10 e 20 mg di AIP è stata osservata una caduta immediata della pressione arteriosa che si è ripresa parzialmente e si è stabilizzata per 10 minuti seguita da una caduta graduale fino alla morte dell'animale, con una dose pari a 40 mg non c'è stato alcun recupero della pressione arteriosa e si arrivati a morte.

Sono state osservate anche tachicardia (frequenza cardiaca superiore a 100 battiti al minuto) e bradicardia (inferiore a 60 battiti al minuto). La pericardite (infiammazione del sacco che avvolge il cuore) è stata riscontrata in casi di esposizione ai fosfuri metallici.

Gli effetti dell'esposizione ai fosfuri metallici sono dimostrati da alterazioni nelle anomalie della conduzione cardiaca, come l'elevazione del segmento ST e l'allargamento del complesso QRS.



Siwach et al.²⁰ hanno dimostrato che l'ingestione di fosfuri metallici (esseri umani) causa fibrillazione ventricolare (ectopi sopraventricolari e ventricolari), la tachicardia ventricolare pericolosa per la vita è stata registrata nel 40% dei casi e fibrillazione ventricolare nel 23,3% dei casi, un terzo dei pazienti ha sviluppato gradi variabili di blocco cardiaco.

La pressione sanguigna sistemica precipita entro pochi minuti dall'esposizione a causa del collasso vascolare e dell'arresto cardiaco. I referti post-mortem di individui esposti alle esalazioni di fosforo includono descrizioni di valvole mitrale e aortica infiammate.

● EFFETTO NEUROLOGICO



Come descritto Wilson R et al²¹ due bambini e 29 dei 31 membri dell'equipaggio a bordo di un mercantile per cereali si sono ammalati gravemente dopo aver inalato il fumigante tossico fosfina; un bambino è morto. I sintomi predominanti erano mal di testa, stanchezza, nausea, vomito, tosse e mancanza di respiro. I risultati fisici anomali includevano ittero, parestesia, atassia, tremore intenzionale e diplopia.

L'esposizione alla fosfina può anche provocare agitazione, convulsioni e contrazioni muscolari nell'uomo. Per quanto a nostra conoscenza, non sono stati segnalati effetti cognitivi a lungo termine a seguito di esposizioni a fosfuri metallici ²².

● EFFETTO SISTEMICO



Si segnala diminuzione del PH e dei livelli di bicarbonato.

Raro ma si segnala sindrome da stress respiratorio dopo l'ingestione di fosfuro di alluminio (ALP) acuto come riportato da Chugh SN et al ²³, si segnala anche ipoglicemia da fosfuro di zinco²⁴ ed insufficienza d'organo multi-sistemica (AIP)²⁵.

L'ipokaliemia (carenza di potassio) dovuta a vomito eccessivo è un altro fattore clinico critico dopo l'esposizione al fosfuro metallico²⁶.

● LA BIOCHIMICA DELL'ESPOSIZIONE

A causa della disponibilità, dell'uso diffuso di fosfuri metallici e dei devastanti esiti sulla salute derivanti dall'esposizione, numerosi studi hanno cercato di concentrarsi sui precisi meccanismi di tossicità dei fosfuri metallici, in particolare sugli effetti diretti del gas PH_3 . I risultati di questi studi possono essere raggruppati in due categorie ampiamente correlate tra loro:

- stress ossidativo;
- disfunzione mitocondriale.

● IL RUOLO DELLO STRESS OSSIDATIVO

ROS e perossidazione lipidica

Sono state descritte alterazioni tossicologiche fondamentali in relazione agli effetti dei fosfuri metallici e del loro sottoprodotto gassoso PH_3 sullo stress ossidativo. Modelli chimici hanno dimostrato che gli effetti della fosfina gassosa sono legati alla generazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e all'inibizione dei sistemi enzimatici disintossicanti. Studi in vitro hanno dimostrato che il PH_3 può ridurre il Fe^{3+} a Fe^{2+} sia nel citocromo ossidasi sia nel citocromo c.

Il Fe^{2+} , in presenza di perossido di idrogeno (H_2O_2), genera il radicale libero ossidrile ($\bullet\text{OH}$), un importante reagente e iniziatore della perossidazione lipidica nelle reazioni di Fenton (reazioni di ossidazione che utilizza H_2O_2 e Fe^{2+} per generare radicali ossidrilici $\bullet\text{OH}$), fondamentale nella formazione di anioni superossido altamente instabili, O_2^- .

È stato dimostrato che il danno ossidativo indotto dalla fosfina nei ratti causa una diminuzione dei livelli di glutathione ridotto (GSH) – che è un tripeptide antiossidante – e un aumento della perossidazione (degradazione) lipidica nel cervello, nei polmoni e nel fegato.

La presenza di prodotti di perossidazione lipidica nel cervello è supportata da studi su ratti esposti ad AIP²⁷.

In uno studio è stata dimostrata la diminuzione dei sulfidrilici totali e non proteici nel cervelletto, nel cervello e nel tronco encefalico dei ratti²⁷.

La somministrazione intragastrica di AIP nei ratti ha portato a aumenti significativi della malondialdeide (MDA), un marcatore della perossidazione lipidica, nel tessuto cardiaco dei ratti.

Dopo l'ingestione di Mg_3P_2 , la perossidazione potrebbe essere derivata dalla reazione diretta della PH_3 con l' H_2O_2 .

● Sistemi di disintossicazione

Questi effetti sono stati attenuati dal pretrattamento con melatonina 30 minuti prima dell'esposizione alla PH_3 ²⁷.

In una indagine²⁸ sono stati somministrati degli antiossidanti 30 minuti prima di entrare a contatto con PH_3 , melatonina, vitamina C e beta-carotene rispettivamente a 10, 30 e 6 mg/kg.

I cambiamenti indotti da PH_3 sono stati significativamente o completamente bloccati dalla melatonina mentre la vitamina C e il beta-carotene erano meno efficaci o inattivi. Questi risultati stabiliscono che la melatonina protegge dal danno ossidativo nel cervello, nel polmone e nel fegato dei ratti.

Danni al DNA



Gli effetti tossici della PH_3 coinvolgono anche il DNA nucleare e mitocondriale (mtDNA), un sottoprodotto di ossidazione della guanina del DNA chiamato l'8-idrossideossiguanosina (8-OH-d-Guo) aumenta di circa il 70% nel cervello e del 39% nel fegato, la sua maggiore presenza suggerisce che gli effetti della tossicità dei fosfuri metallici si estendono oltre il semplice danno agli organi, tessuti o cellule bersaglio, coinvolgendo anche il DNA nucleare ²⁸.

● Il ruolo dei mitocondri

Diversi studi hanno dimostrato che la tossicità può essere causata dall'alterazione o dall'inibizione della funzione mitocondriale, compresa l'inibizione dell'attività del citocromo c ossidasi ^{29,30}

Mitocondri e ROS

Oltre al loro ruolo nel metabolismo energetico, i mitocondri svolgono un ruolo significativo nella produzione di ROS e nell'attivazione dei processi che portano alla morte cellulare ^{30,31}.

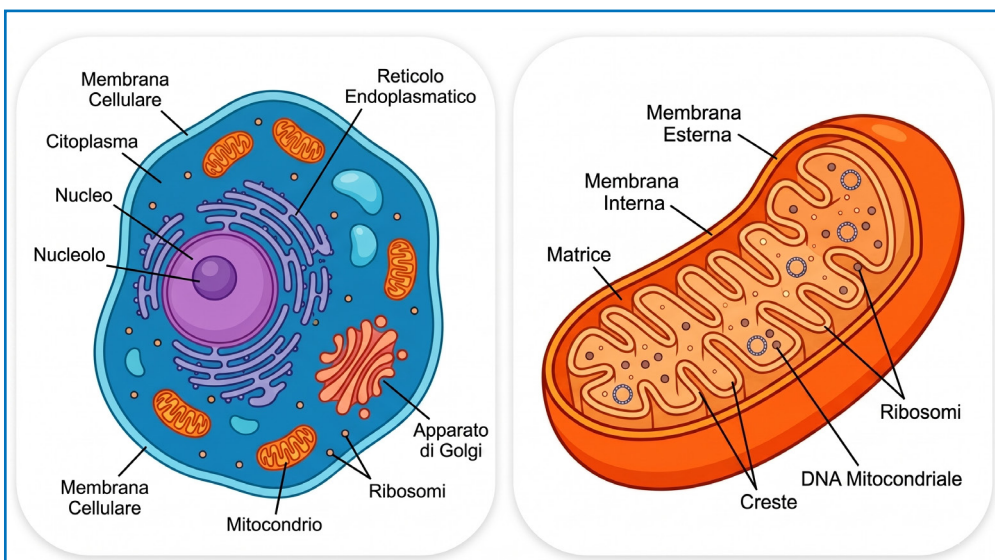
I ROS sono sottoprodotti dell'attività respiratoria cellulare e, per la maggior parte, vengono eliminati o resi non tossici da processi enzimatici innati di disintossicazione.

I ROS svolgono un ruolo importante nei processi fisiopatologici, specialmente per quanto riguarda il ruolo della segnalazione cellulare mitocondriale e l'esito biologico ^{31, 32, 33, 34}.

Se il flusso attivo di elettroni attraverso la catena respiratoria si interrompe, l'aumento della produzione di ROS può facilmente sopraffare il sistema di disintossicazione.

Il danno ossidativo che ne deriva può alterare le proteine, i lipidi e il DNA mitocondriale, dando origine a disturbi bioenergetici e all'inizio della morte cellulare.

Mitocondri e morte cellulare



La permeabilità della membrana mitocondriale è regolata attraverso canali noti come canali anionici voltaggio-dipendenti, che formano un complesso con la traslocasi dei nucleotidi adeninici nella membrana interna e con la ciclofilina D, questi pori MPTP ($\Delta\psi_m$) formano il poro di transizione della permeabilità mitocondriale

Poiché le concentrazioni crescenti di ROS e/o di Ca^{2+} intracellulare superano i processi di neutralizzazione, possono avere un impatto indesiderato sulla modulazione del MPTP. Man mano che si formano più ROS a seguito dell'apertura del $\Delta\psi_m$, vengono rilasciate proteine apoptotiche e il citocromo c attiva ulteriori caspasi (enzima che serve all'apoptosi) nell'ambiente cellulare.

L'alterazione dell'apertura del $\Delta\psi_m$ è collegata all'inizio dei processi apoptotici e necrotici.

Effetti della PH_3 sui mitocondri

Numerosi studi indicano che l'omeostasi metabolica mitocondriale e i processi di disintossicazione sono bersagli dell'attacco dei fosfuri metallici/ PH_3 ^{30, 35, 12, 37, 38}.

È stato dimostrato che la PH_3 inibisce il complesso IV (citocromo c ossidasi) della catena respiratoria nei mitocondri isolati di fegato di topo e riduce l'intensità di $\Delta\psi_m$.

L'esposizione ai fosfuri metallici altera l'omeostasi del glucosio nel cervello e nel fegato. Il cervello richiede tassi metabolici elevati e dipende dal glucosio per il mantenimento dell'attività neurale.

Gli studi indicano che la PH_3 ha un effetto sostanziale sulla funzione dei mitocondri epatici sia nei roditori che negli insetti. Entrambi producono H_2O_2 in seguito all'esposizione alla PH_3 . Nei mitocondri del fegato di ratto, in condizioni anossiche e quando l'ADP è ridotto, può formarsi abbastanza H_2O_2 da rappresentare circa il 2% del consumo di ossigeno³⁹.

Kashi e Chefurka¹¹ hanno indicato che, in certe condizioni, la PH_3 inibisce principalmente un componente del complesso del citocromo aa3 (complesso IV), come il citocromo a, possibilmente alterando lo stato di valenza del ferro eme¹¹.

La tossicità della PH_3 è stata strettamente correlata alla disponibilità e all'assorbimento metabolico di ossigeno. La tossicità aumenta in presenza di ossigeno e diminuisce in condizioni anossiche. Bolter e Chefurka hanno dimostrato che la tossicità della PH_3 aumenta in ambienti più aerobici rispetto alle condizioni anaerobiche¹².

Dati sperimentali e clinici precedenti hanno dimostrato che il cuore è un bersaglio significativo della tossicità dei fosfuri metallici. Non è ancora stato determinato sperimentalmente se ciò sia un effetto diretto dei leganti metallici ingeriti, come lo zinco, l'alluminio o i costituenti di magnesio del fosforo, oppure il risultato dei prodotti gassosi tossici sprigionati. È ampiamente accertato che il muscolo cardiaco sia molto ricco di mitocondri a causa dell'elevata richiesta di ossigeno ed energia del tessuto cardiaco.

Fosfina – UN 2199

• Generalità

Nomi in italiano: Fosfina

Nomi in inglese: Phosphine, Hydrogen phosphide

Formula molecolare: PH_3

Aspetto: gas

Peso molecolare²: 34 g/mol

Temperatura di ebollizione²: $-87,75^\circ\text{C}$

Densità relativa vapore: 1,17

Classificazione ONU: 2199

N°CAS: 7803-51-2

N°CE : 232-260-8

• Pericoli per l'uso

• ETICHETTE CLP

Etichette di pericolo (sito ECHA): GHS02, GHS06, GHS09

				
GHS02	GHS04	GHS05	GHS06	GHS09

NOTA: Nella scheda di sicurezza chimica del fornitore compare la GHS07

• CLASSIFICAZIONE

Dal sito dell'ECHA:

- H220 (flam.gas 1).
- H330 (acute tox.1 -inhalation)
- H314 (skin corr.1B)
- H400 (aquatic acute 1).

• Frasi di pericolo da SDS:

H220	Gas altamente infiammabile.
H232	Spontaneamente infiammabile all'aria
H280	Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato.
H314	Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato.
H330	Letale se inalato
H400	Molto tossico per gli organismi acquatici
EUH071	Corrosivo per le vie respiratorie.

● Rischio incendio

Può incendiarsi a causa di calore, scintille o fiamme ed anche da solo, sono possibili miscele esplosive con l'aria.

I vapori di gas liquefatto sono inizialmente più pesanti dell'aria e si propagano al suolo.

Nell'utilizzo del gas PH_3 tenere conto del ritorno di fiamma a causa dei vapori che strisciano lungo il terreno.

Utilizzare polvere estinguente, CO_2 , getto d'acqua nebulizzata o schiuma resistente all'alcol.

Per gli incendi di serbatoi effettuare le operazioni di spegnimento dalla massima distanza possibile.

Una volta estinto l'incendio, continuare a raffreddare i contenitori in modo adeguato.

A causa del rischio di congelamento, non dirigere l'acqua direttamente sul punto di fuoriuscita o sulle valvole di sicurezza.

Allontanarsi immediatamente se la valvola di sicurezza emette un fischio sempre più forte o se il serbatoio presenta segni di scolorimento dovuti all'effetto del calore.

Non sostare mai in prossimità delle testate del serbatoio.

● Precauzioni

Avvicinarsi dal lato sopravvento, evitando le zone più basse. Prima delimitazione nel raggio di 100 metri. Il personale non strettamente necessario deve rimanere all'esterno.

La polizia estende il cordone esterno a un raggio di circa 200 metri; in caso di incendio di autocisterne o serbatoi, a 1.500 metri. In presenza di grosse perdite, prendere in considerazione lo sgombero nel raggio di 250 metri.

Dopo il sopralluogo (misurazione con esplosimetro) adattare il perimetro interno (valore indicativo: 50-100 metri).

All'interno del perimetro di sicurezza può sostare solo il personale operativo adeguatamente protetto con autorespiratore.

In caso di perdite, indossare una tuta di protezione chimica a tenuta di gas; verificare la resistenza del materiale. Protezione antincendio pronta all'uso per la sicurezza della squadra d'intervento. Ventilare le aree chiuse prima di accedervi.

Pulire l'equipaggiamento protettivo e l'attrezzatura dopo l'uso sul lato sopravvento con acqua e spazzola. La squadra di de-contaminazione deve indossare protezioni per le vie respiratorie e per il corpo e raccogliere l'acqua (o la soluzione) di lavaggio.

● Evacuazione¹⁸



Nel caso di piccola perdita isolare tutti i lati per 60 metri, nel caso di grande perdita isolare per 400 metri.

Nel caso di presenza del vento nella direzione di evacuazione isolare per 300 metri di giorno e per 1,1 km di notte, nel caso di grande perdita isolare per 1,3 km di giorno e 3,7 km di notte.

● Pericoli per il trasporto – ADR

● CLASSIFICAZIONE

Etichetta	Gruppo di imballaggio	Numero ONU
4.3+6.1	I	UN 2011

● ETICHETTE ADR

		
ETICHETTA N°2.3	ETICHETTA N°2.1	MARCATURA DI PERICOLO PER L'AMBIENTE

● ISTRUZIONI DI IMBALLAGGIO ADR: P200

● ULTERIORI PRESCRIZIONI ADR

NUMERO ONU	IMBALLAGGIO IN COMUNE	DISPOSIZIONI PARTICOLARI
2199	MP9 Può essere imballata insieme in un imballaggio esterno previsto per gli imballaggi combinati: • con altre merci della classe 2; • con merci di altre classi, quando per queste l'imballaggio in comune è anche autorizzato; o • con merci che non sono sottoposte alle disposizioni dell'ADR, • a condizione che non reagiscano pericolosamente tra loro	CV9 I colli non devono essere lanciati o sottoposti ad urti. I recipienti devono essere stivati nei veicoli o container in modo da non potere né rovesciarsi né cadere. CV10 Le bombole devono essere coricate nel senso longitudinale o trasversale del veicolo o del container. Tuttavia, quelle che si trovano in prossimità delle pareti trasversali devono essere disposte trasversalmente. Le bombole corte e di largo diametro (circa 30 cm o più) possono essere poste longitudinalmente, i dispositivi di protezione dei rubinetti devono essere orientati verso il centro del veicolo o del container. Le bombole che sono sufficientemente stabili o che sono trasportate in dispositivi appropriati che le proteggano contro ogni caduta possono essere stivate ritte. Le bombole coricate devono essere stivate, attaccate o fissate in maniera sicura ed appropriata in modo da non potersi spostare CV36 I colli devono preferibilmente essere caricati in veicoli o container aperti o ventilati. Se questo non è possibile, e i colli sono caricati in altri veicoli o container chiusi, non deve essere possibile alcuno scambio di gas tra il vano di carico e la cabina del conducente e le porte di carico di questi veicoli o container devono essere marcate come segue, in lettere di almeno 25 mm di altezza: "ATTENZIONE SPAZIO NON VENTILATO APRIRE CON PRECAUZIONE" Il testo sarà redatto in una lingua giudicata appropriata dallo speditore. S2 Prescrizioni supplementari relative al trasporto delle materie liquide o gassose infiammabili (1) Apparecchi di illuminazione portatili È vietato entrare nella parte di carico in un veicolo coperto che trasporta liquidi che hanno un punto d'infiammabilità non superiore a 60°C o materie od oggetti infiammabili della classe 2 con apparecchi di illuminazione portatili diversi da quelli che sono progettati e costruiti in modo da non innescare l'incendio di vapori o gas infiammabili che potrebbero essere penetrati nell'interno del veicolo. (2) Funzionamento degli apparecchi di riscaldamento a combustione durante il carico o lo scarico È vietato fare funzionare gli apparecchi di riscaldamento a combustione dei veicoli FL (vedere Parte 9) durante il carico e lo scarico così come nei luoghi di carico. (3) Precauzioni contro le cariche elettrostatiche Per i veicoli FL (vedere Parte 9), prima del riempimento o lo svuotamento delle cisterne, deve essere realizzata una buona connessione elettrica tra il telaio del veicolo e la terra. Inoltre la velocità di riempimento deve essere limitata. S4 Vedere 7.1.7. <i>NOTA: La presente disposizione speciale S4 non si applica alle materie di cui al 3.1.2.6 se stabilizzate per aggiunta di inibitori chimici in modo che la TDAA sia superiore a 50°C. In quest'ultimo caso, il controllo della temperatura può essere ugualmente richiesto se la temperatura durante il trasporto può superare 55°C.</i> S20 Le disposizioni del capitolo 8.4 relative alla sorveglianza dei veicoli si applicano quando la massa o il volume totale di queste materie nel veicolo supera 10000 kg se trasportate in imballaggi o 3000 litri se trasportate in cisterne

Fosfuro di magnesio -UN 2011 (CAS 12057-74-8)

• Generalità

Nomi in italiano: Magnesio fosfuro, Trimagnesio fosfuro

Nomi in inglese: trimagnesium diphosphide, Magnesium phosphide

Formula molecolare: Mg_3P_2

Aspetto: giallo cubico cristallino³

Peso molecolare²: 134,86 g/mol

Temperatura di ebollizione²: > 750°C

Decomposizione⁴: quando la materia è riscaldata emette fumi tossici di ossidi di fosforo e fosfina

Densità: 2,06 g/cm³

Classificazione ONU: 2011

N°CAS: 12057-74-8

N°CE : 235-023-7

• Reazione con l'acqua o con acidi



• Pericoli per l'uso

• ETICHETTE CLP

Etichette di pericolo (sito ECHA): GHS02, GHS06, GHS09

		
GHS02	GHS06	GHS09

NOTA: Nella scheda di sicurezza chimica del fornitore compare la GHS07

• CLASSIFICAZIONE

Dal sito dell'ECHA:

- H260 (water react 1),
- H330 (acute tox.1 – inhalation),
- H311 (acute tox.3 dermal),
- H300 (acute tox.2 -oral),
- H400 (aquatic acute 1).

Frasi di pericolo dal sito ECHA:

H260	A contatto con l'acqua libera gas infiammabili che possono infiammarsi spontaneamente.
H300	Letale se ingerito.
H311	Tossico per contatto con la pelle.
H330	Letale se inalato.
H400	Molto tossico per gli organismi acquatici
EUH029	A contatto con l'acqua libera un gas tossico.
EUH032	A contatto con acidi libera gas molto tossici.
EUH070	Tossico per contatto oculare

• Rischio incendio

La sostanza a contatto con l'acqua si sviluppa gas infiammabili e tossici, il gas prodotto PH_3 ha la tendenza ad infiammarsi spontaneamente all'interno del campo di infiammabilità.

Per principi di incendio provare ad utilizzare estintore a polvere ABC o BC oppure cemento, calce spenta o sabbia.

In caso d'incendio, le materie possono esplodere o il loro imballaggio può rompersi.

Si consiglia di combattere l'incendio da una posizione protetta, il più lontano possibile.

Non si raccomanda l'uso dell'acqua, non utilizzare estintori a schiuma, si può provare ad utilizzare il biossido di carbonio.

• Trattamento perdita



Coprire con terra secca, sabbia asciutta o altro materiale non combustibile; impedire la diffusione o il contatto con la pioggia utilizzando un telo di plastica.

• Evacuazione¹⁸



Nel caso di piccola perdita isolare tutti i lati per 100 metri, nel caso di grande perdita isolare per 400 metri. Nel caso di presenza del vento nella direzione di evacuazione isolare per 900 metri di giorno e per 2,1 km di notte, nel caso di grande perdita isolare per 5,2 km di giorno e 7,8 km di notte.

● Pericoli per il trasporto – ADR

● CLASSIFICAZIONE

Etichetta	Gruppo di imballaggio	Numero ONU
4.3+6.1	I	UN 2011

● ETICHETTE ADR

		
ETICHETTA N°4.1	ETICHETTA N°6.1	MARCATURA DI PERICOLO PER L'AMBIENTE

● ISTRUZIONI DI IMBALLAGGIO ADR

P403 per ADR

Imballaggi combinati		Massa netta massima
Imballaggi interni	Imballaggi esterni	
Vetro 2 Kg Plastica. 15 Kg Metallo. 20 Kg Gli imballaggi interni devono essere ermeticamente chiusi	Fusti di Acciaio (1A1,1A2) Alluminio (1B1, 1B2) Altro metallo (1H1, 1H2) Legno compensato (1D) Cartone(1G)	400 Kg 400 Kg 400 Kg 400 Kg 400 Kg
	Casse di Acciaio (4A) Alluminio (4B) Altro metallo (4N) Legno naturale(4C1) Legno naturale, a pennelli a tenuta di polveri (4C2) Legno compensato (4D) Legno ricostruito (4F) Cartone (4G) Plastica espansa (4H1) Plastica rigida (4H2)	400 Kg 400 Kg 400 Kg 250 Kg 250 Kg 250 Kg 125 Kg 125 Kg 60 Kg 250 Kg
	Taniche di Acciaio (3A1, 3A2) Alluminio (3B1, 3B2) Plastica (3H1, 3H2)	120 Kg 120 Kg 120 Kg

Imballaggi semplici	Massa netta massima
Fusti di Acciaio (1A1, 1A2) Alluminio (1B1, 1B2) Metallo di verso dall'acciaio o l'alluminio (1N1, 1N2) Plastica (1H1, 1H2)	250 kg 250 kg 250 kg 250 kg
Taniche di Acciaio (3A1, 3A2) Alluminio (3B1, 3B2) Plastica (3H1, 3H2)	120 kg 120 Kg 120 Kg

Imballaggi compositi	Massa netta massima
Recipiente di plastica con fusto esterno di acciaio o alluminio (6HA1 o 6HB1)	250 Kg
Recipiente di plastica con fusto esterno di cartone, plastica o legno compensato (6HG1, 6HH1 o 6HD1)	75 Kg
Recipiente di plastica con cassa o gabbia esterna di acciaio o alluminio o con cassa esterna di legno naturale, legno compensato, cartone o plastica rigida (6HA2, 6HB2, 6HC, 6HD2, 6HG2, 6HH2)	75 Kg

Gli imballaggi devono essere ermeticamente chiusi sia per il trasporto via strada sia via mare (PP31).

● ULTERIORI PRESCRIZIONI ADR

NUMERO ONU	IMBALLAGGIO IN COMUNE	DISPOSIZIONI PER IL TRASPORTO	DISPOSIZIONI PARTICOLARI
2011	MP2 Non è consentito l'imballaggio in comune con altre merci	V1 I colli devono essere caricati in veicoli chiusi o scopetti telonati ed in container chiusi o telonati	CV3 Si devono prendere misure speciali durante la movimentazione dei colli al fine di evitare a questi il contatto con l'acqua CV28 Vedere 7.5.4 Non si possono stivare insieme ad alimenti umani o animali a meno di utilizzare 80 cm di spazio, interporre paratia a parete piena o altri colli S20 Le disposizioni del capitolo 8.4 relative alla sorveglianza dei veicoli si applicano quando la massa o il volume totale di queste materie nel veicolo supera 10 000 Kg se trasportati in imballaggi o 3000 litri se trasportate in cisterna

Fosfuro di alluminio – UN 1397 (CAS 20859-73-8)

● Generalità

Nomi in italiano: alluminio fosfuro

Nomi in inglese: aluminum phosphide, phostoxin, fumitoxin, aluminium monophosphide

Formula molecolare: AlP

Aspetto: solido cristallino grigio scuro o giallo scuro

Odore: aglio

Peso molecolare²: 57,95 g/mol

Temperatura di ebollizione⁶: 2550°C (nota⁷: non si scioglie o si decompone a temperature fino a 1000°C)

Decomposizione⁴: quando la materia è riscaldata emette fumi tossici di ossidi di fosforo e fosfina

Densità: 2,06 g/cm³

Classificazione ONU: 1397

N°CAS: 20859-73-8

N°CE : 235-023-7

Concentrazione: 56%

• Reazione con l'acqua o con acidi



• Pericoli per l'uso

• ETICHETTE CLP

Etichette di pericolo: GHS06, GHS02, GHS05, GHS09

			
GHS06	GHS02	GHS05	GHS09

• CLASSIFICAZIONE CLP

Dal sito dell'ECHA:

- H260 (water react 1),
- H330 (acute tox.1 – inhalation),
- H311 (acute tox.3 dermal),
- H300 (acute tox.2 -oral),
- H400 (aquatic acute 1).

Etichetta di pericolo (sito ECHA):

H260	A contatto con l'acqua libera gas infiammabili che possono infiammarsi spontaneamente.
H300	Letale se ingerito.
H311	Tossico per contatto con la pelle.
H318	Provoca gravi lesioni oculari
H330	Letale se inalato.
H400	Molto tossico per gli organismi acquatici
EUH029	A contatto con l'acqua libera un gas tossico.
EUH032	A contatto con acidi libera gas molto tossici.

• Rischio incendio

La sostanza a contatto con l'acqua si sviluppa gas infiammabili e tossici, il gas prodotto PH_3 ha la tendenza ad infiammarsi spontaneamente all'interno del campo di infiammabilità.

Per principi di incendio provare ad utilizzare estintore a polvere ABC o BC oppure cemento, calce spenta o sabbia.

In caso d'incendio, le materie possono esplodere o il loro imballaggio può rompersi. Si consiglia di combattere l'incendio da una posizione protetta, il più lontano possibile. Non si raccomanda l'uso dell'acqua, non utilizzare estintori a schiuma, si può provare ad utilizzare il biossido di carbonio.

● **Trattamento perdita**



Coprire con terra secca, sabbia asciutta o altro materiale non combustibile; impedire la diffusione o il contatto con la pioggia utilizzando un telo di plastica.

● **Evacuazione**¹⁸



Nel caso di piccola perdita isolare tutti i lati per 60 metri, nel caso di grande perdita isolare per 300 metri. Nel caso di presenza del vento nella direzione di evacuazione isolare per 600 metri di giorno e per 2 km di notte, nel caso di grande perdita isolare per 3 km di giorno e 6,5 km di notte.

● **Pericoli per il trasporto - ADR**

● **CLASSIFICAZIONE**

Etichetta	Gruppo di imballaggio	Numero ONU
4.3+6.1	I	UN 1397

● **ETICHETTE ADR**

ETICHETTA N°4.1	ETICHETTA N°6.1	MARCATURA DI PERICOLO PER L'AMBIENTE

● ISTRUZIONI DI IMBALLAGGIO ADR

P403 per ADR

Imballaggi combinati		Massa netta massima
Imballaggi interni	Imballaggi esterni	
Vetro 2 Kg Plastica. 15 Kg Metallo. 20 Kg Gli imballaggi interni devono essere ermeticamente chiusi	Fusti di Acciaio (1A1,1A2) Alluminio (1B1, 1B2) Altro metallo (1H1, 1H2) Legno compensato (1D) Cartone(1G)	400 Kg 400 Kg 400 Kg 400 Kg 400 Kg
	Casse di Acciaio (4A) Alluminio (4B) Altro metallo (4N) Legno naturale(4C1) Legno naturale, a pennelli a tenuta di polveri (4C2) Legno compensato (4D) Legno ricostruito (4F) Cartone (4G) Plastica espansa (4H1) Plastica rigida (4H2)	400 Kg 400 Kg 400 Kg 250 Kg 250 Kg 250 Kg 125 Kg 125 Kg 60 Kg 250 Kg
	Taniche di Acciaio (3A1, 3A2) Alluminio (3B1, 3B2) Plastica (3H1, 3H2)	120 Kg 120 Kg 120 Kg

Imballaggi semplici	Massa netta massima
Fusti di Acciaio (1A1, 1A2) Alluminio (1B1, 1B2) Metallo di verso dall'acciaio o l'alluminio (1N1, 1N2) Plastica (1H1, 1H2)	250 kg 250 kg 250 kg 250 kg
Taniche di Acciaio (3A1, 3A2) Alluminio (3B1, 3B2) Plastica (3H1, 3H2)	120 kg 120 Kg 120 Kg

Imballaggi semplici	Massa netta massima
Recipiente di plastica con fusto esterno di acciaio o alluminio (6HA1 o 6HB1)	250 Kg
Recipiente di plastica con fusto esterno di cartone, plastica o legno compensato (6HG1, 6HH1 o 6HD1)	75 Kg
Recipiente di plastica con cassa o gabbia esterna di acciaio o alluminio o con cassa esterna di legno naturale, legno compensato, cartone o plastica rigida (6HA2, 6HB2, 6HC, 6HD2, 6HG2, 6HH2)	75 Kg

Gli imballaggi devono essere ermeticamente chiusi sia per il trasporto via strada sia via mare (PP31).

● ULTERIORI PRESCRIZIONI ADR

NUMERO ONU	IMBALLAGGIO IN COMUNE	DISPOSIZIONI PER IL TRASPORTO	DISPOSIZIONI PARTICOLARI
1397	MP2 Non è consentito l'imballaggio in comune con altre merci	V1 I colli devono essere caricati in veicoli chiusi o scopetti telonati ed in container chiusi o telonati	CV23 Si devono prendere misure speciali durante la movimentazione de colli al fine di evitare a questi il contatto con l'acqua CV28 Vedere 7.5.4 Non si possono stivare insieme ad alimenti umani o animali a meno di utilizzare 80 cm di spazio, interporre paratia a parete piena o altri colli S20 Le disposizioni del capitolo 8.4 relative alla sorveglianza dei veicoli si applicano quando la massa o il volume totale di queste materie nel veicolo supera 10 000 Kg se trasportati in imballaggi o 3000 litri se trasportate in cisterna

Dispositivi di protezione individuali



Tuta protettiva Dupont Tychem C DPI III cat. cappuccio

Per le vie respiratorie si utilizza una maschera a pieno facciale con filtro polivalente



Facciale intero EN 136+ filtro ABEKP EN 14387

Quando autorizzato dal responsabile è possibile utilizzare la seguente maschera a semi-facciale con filtro polivalente



Semi-facciale EN 140 + filtri di tipo ABEKP EN 14387



Elemento - EN 397:2012, EN 12492, EN 16471:2014, EN 16473:2014 e EN 166:2001.



Scarpe - EN ISO 20345:2022



Guanti EN 374 in butile o PVC o neoprene o NBR

Rilevatore di fosfina

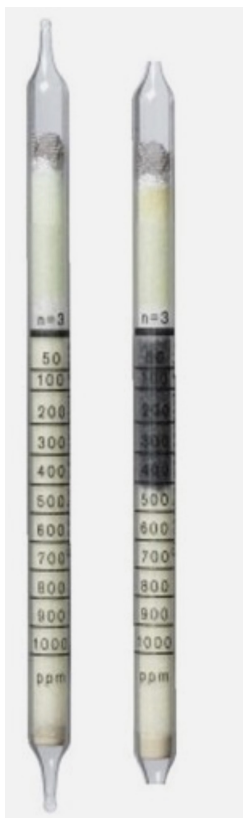
Serve che il dispositivo possa comunicare/trasferire con Bluetooth le rilevazioni.



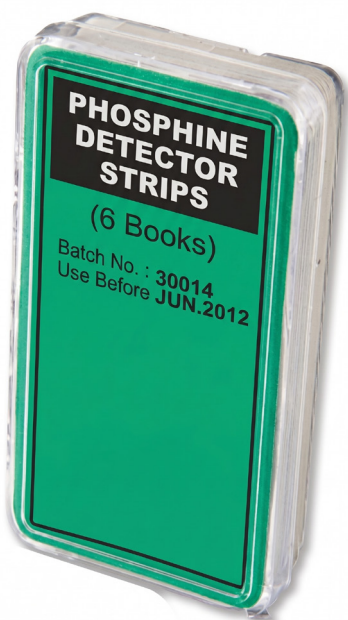
Altri dispositivi di controllo



Pompa per aspirazione.



Tubi di rilevazione PH_3 da attaccare alla pompa per aspirazione.



Strisce al cloruro di mercurio con ioduro di potassio per rilevazione PH_3 .

Certificato di controllo

Il sottoscritto

signore _____ con residenza in

codice fiscale _____

dipendente dall'azienda _____ con sede in

, consapevole delle sanzioni penali previste dall'art. 76 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445 per le ipotesi di falsità in atti e dichiarazioni mendaci, nonché della responsabilità civile e amministrativa derivante dalle dichiarazioni rese,

DICHIARA

sotto la propria responsabilità che

è stato effettuato il controllo della presenza di fosfina PH_3 presso _____
con rilevatore _____ calibrato in data _____
dalla ditta _____ e che quindi non permangono pericoli per gli esseri umani e gli animali.

DATA, LUOGO

Riferimenti bibliografici

- 1 Sito ECHA
- 2 Sito NIH
- 3 Lide, D.R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics* 88TH Edition 2007-2008. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2007, p. 4-74
- 4 *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials*. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. 2004., p. 2268
- 5 *A review of aluminium phosphide poisoning and a flowchart to treat it*, Arh Hig Rada Toksikol, Behrooz Hashemi-Domeneh, Nasim Zamani, Hossein Hassanian-Moghaddam, 2016 Sep 1;67(3):183-193.
- 6 Haynes, W.M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 4-45
- 7 U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *Extremely Hazardous Substances (EHS) Chemical Profiles and Emergency First Aid Guides*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office
- 8 Benjamin Wong, Rebecca Lewandowski. *The physiology and toxicology of acute inhalation phosphine poisoning in conscious male rats*. Inhal Toxicol. 2017 Dec 18;29(11):494–505
- 9 *Aluminum Phosphide, Magnesium Phosphide, and Phosphine Interim Registration Review Decision Case Numbers 0025, 0645, and 7608 - May 2024* -EPA (Environmental protection agency of United States)
- 10 Alfred M. Sciuto, Benjamin J. Wong. *Phosphine toxicity: a story of disrupted mitochondrial metabolism*. Ann N Y Acad Sci. 2016 June ; 1374(1): 41–51
- 11 Kashi KP, Chefurka W. *The effect of phosphine on the absorption and circular dichroic spectra of cytochrome c and cytochrome oxidase*. Pest. Biochem. and Physiol. 1976; 6:350–362.
- 12 Bolter C, Chefurka W. *The effect of phosphine treatment on superoxide dismutase, catalase and peroxidase in the granary weevil, Sitophilus granaries*. Pest. Biochem. Physiol. 1990; 36:52–60.
- 13 Dua R, Kumar V, Sunkaria A, et al. *Altered glucose homeostasis in response to aluminum phosphide induced cellular oxygen deficit in rat*. Ind. J. Exp. Biol. 2010; 48:722–730.
- 14 Turrens JF. *Mitochondrial formation of reactive oxygen species*. J. Physiol. 2003; 552:335–344. [PubMed: 14561818]
- 15 Price NR. *Some aspects of inhibition of cytochrome-c oxidase by phosphine in susceptible and resistant strains of Rhyzopertha dominica*. Insect Biochem. 1980; 10:147–150.
16. Jian FD, Jayas D, White NDG. *Toxic action of phosphine on the adults of the copra mite Tyrophagus putrescentiae [Astigmata: Acaridae]*. Phytoprotection. 2000; 81:23–28.
17. Price NR, Dance SJ. *Some biochemical aspects of phosphine action and resistance in three species of stored product beetles*. Comp. Biochem. Physiol. 1983; 76C(2):277–281.
- 18 Dr.Ing.Hans-Dieter Nüßler, *Handbuch für Gefahrgutunfälle mit, Met-modell für Effekte mit toxischen gasen*, starck Hamburg
- 19 Lall SB et al, *An experimental study on cardiotoxicity of aluminium phosphide*, Indian J.Exp. Biol. 1997; 35:10-1060-1064
- 20 Siwach SB, Singh H, Jagdish, et al. *Cardiac arrhythmias in aluminium phosphide poisoning studied by on continuous holter and cardioscopic monitoring*. J. Assoc. Physicians India. 1998; 46:598–601.
- 21 Wilson R, Lovejoy FH, Jaeger RJ, et al. *Acute phosphine poisoning aboard a grain freighter*. Am. J. Foren. Med. Pathol. 1981; 2:284.
- 22 Nath N, Bhattacharya I, Tuck AG, et al. *Mechanisms of phosphine toxicity*. J. Toxicol. 2011; 2011:494168.
- 23 Chugh SN, Ram S, Mehta LK, et al. *Adult Respiratory distress syndrome following aluminum phosphide ingestion. Report of 4 cases*. J. Assoc. Physicians India. 1989; 37:271–272.

- 24 Patial RK, Bansal SK, Kashyap S, et al. *Hypoglycaemia following zinc phosphide poisoning*. J. Assoc. Physicians India. 1990; 38.4:306.
- 25 Gupta V, Singh J, Doodan SS, et al. *Multisystem organ failure (MSOF) in aluminum phosphide (ALP) poisoning*. Clin. Toxicol. 2000; 47.2:287–288.
- 26 Kochar DK, Jain N, Sharma BV, et al. *Successful management of hypokalaemia related conduction disturbances in acute aluminum phosphide poisoning*. JIMA. 2000; 98.8:461–462.
- 27 Dua R, Gill KD. *Aluminum phosphide exposure: implication on rat brain lipid peroxidation and antioxidant defence system*. Pharmacol., & Toxicol. 2001; 89.6:315–319.
- 28 Hsu CH, Han BC, Liu MY, et al. *Phosphine-induced oxidative damage in rats: attenuation by melatonin*. Free Rad. Bio. Med. 2000; 28.4:636–642. [PubMed: 10719245]
- 29 Dua R, Kumar V, Sunkaria A, et al. *Altered glucose homeostasis in response to aluminum phosphide induced cellular oxygen deficit in rat*. Ind. J. Exp. Biol. 2010; 48:722–730.
- 30 Chefurka W, Kashi KP, Bond EJ. *The effect of phosphine on electron transport in mitochondria*. Pesticide Biochemistry and Physiology. 1976; 6:65–84.
- 31 Dikalov S. *Cross talk between mitochondria and NADPH oxidases*. Free Radic. Biol. Med. 2011; 51:1289–1301. [PubMed: 21777669]
- 32 Marchi S, Giorgi C, Agnoletto JM, et al. *Mitochondrial-ros crosstalk in the control of cell death and aging*. J. Signal Transduct. 2012; 2012:1–17.
- 33 Santos JH, Meyer JN, Van Houten B. *Mitochondrial localization of telomerase as a determinant for hydrogen peroxide-induced mitochondrial DNA damage and apoptosis*. Hum. Mol. Genet. 2006; 15:1757–1768. [PubMed: 16613901]
- 34 Cadenas E, Davies KJ. *Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging*. Free Radic. Biol. Med. 2000; 29:222–230. [PubMed: 11035250]
- 35 Nakakita H, Katsumata Y, Ozawa T. *The effect of phosphine on respiration of rat liver mitochondria*. J. Biochem. 1971; 69:589–593. [PubMed: 5551650]
- 36 Zuryn S, Kuang J, Ebert P. *Mitochondrial modulation of phosphine toxicity and resistance in Caenorhabditis elegans*. Toxicol. Sci. 2008; 102:179–186. [PubMed: 17998274]
- 37 Valmas N, Zuryn S, Ebert PR. *Mitochondrial uncouplers act synergistically with the fumigant phosphine to disrupt mitochondrial membrane potential and cause cell death*. Toxciol. 2008; 252:33–39.
- 38 Boveris A, Oshino N, Chance B. *The cellular production of hydrogen peroxide*. Biochem J. 1972; 128:617–630. [PubMed: 4404507]
- 39 Miljø og – Energiministeriet Miljøstyrelsen, Ministry of Environment and Energy, Denmark, Danish Environmental Protection Agency; *Corrosion Aspects of Phosphine Fumigation*; Nr.28 1996

