

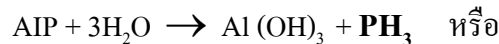
### สารรมฟอสฟีน (PHOSPHINE)

สารรมฟอสฟีนที่นำมาใช้สำหรับรมฆ่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนั้น ได้ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดย Dr. Werner Freyberg ในปี ค.ศ. 1930 โดยบรรจุอยู่ในถุง ซึ่งมี aluminium phosphide 57% และมีสารอื่นๆ 43% หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 มีการผลิตฟอสฟีน ในรูป tablets และ pellets ประเทศอเมริกาได้เริ่มนำเอาก๊าซฟอสฟีนมาใช้ ในปี ค.ศ. 1958 เพื่อกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรภายใต้การรับรองจากองค์การอาหารและยา ว่ามีความปลอดภัย ไม่มีพิษตกค้าง ทำให้ก๊าซฟอสฟีนเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น โดยเฉพาะการรมใบยาสูบ

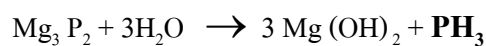
สำหรับก๊าซฟอสฟีนนั้นได้มาจากปฏิกิริยาของ aluminium phosphide หรือ magnesium phosphide กับไอน้ำในอากาศ ดังนี้

phosphide + water → hydrogen phosphide + powder reaction products ปฏิกิริยาทางเคมี คือ

อลูมิเนียม ฟอสไฟด์



แมกนีเซียม ฟอสไฟด์



อลูมิเนียมฟอสไฟด์และแมกนีเซียมฟอสไฟด์มีสารที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลงเช่นเดียวกันคือฟอสฟีน(PH<sub>3</sub>) แมกนีเซียมฟอสไฟด์จะมีคุณสมบัติที่เด่นกว่าเนื่องจากจะแตกตัวให้แก๊สพิษที่เร็วกว่า

คุณสมบัติของฟอสฟีน(PH<sub>3</sub>) คือ

1. เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย คล้ายกระเทียม
2. สูตรเคมี คือ PH<sub>3</sub>
3. น้ำหนักโมเลกุล 34.1
4. หนักกว่าอากาศ 1.2 เท่า
5. จุดเดือด - 87.4°C
6. ละลายน้ำได้ประมาณ 26% (โดยปริมาตรที่ 17°C)
7. ก๊าซฟอสฟีนที่เข้มข้นมากจะระเบิดลุกเป็นไฟได้
8. ทำปฏิกิริยากับโลหะ เช่น ทอง ทองแดง และเงิน
9. เป็นพิษต่อแมลงและสัตว์เลือดอุ่นสูงมาก
10. ไม่มีพิษตกค้าง
11. มี Ceiling concentration 0.3 ppm

สารฟอสฟีนเป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่ก๊าซชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นปะปนพร้อมกับก๊าซฟอสฟีน ในปฏิกิริยาของสารฟอสไฟด์ จะมีกลิ่นคล้ายกระเทียม ซึ่งส่วนใหญ่จะวัดได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่ามาตรฐานสาธารณสุขกำหนด คือ 0.3 ppm (0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.4 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ในบางครั้งการไม่ได้กลิ่นนี้อาจไม่ได้หมายถึงการไม่มีสารฟอสฟีนปนอยู่ แต่อาจเป็นเพราะเกิดจากการดูดซับกลิ่นโดยตัวผลิตภัณฑ์นั่นเอง

ฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นของการกระจายตัวสู่อากาศอย่างรวดเร็ว ความหนาแน่นของส่วนผสมระหว่างฟอสฟีนกับอากาศมีลักษณะเหมือนอากาศบริสุทธิ์ ดังนั้นฟอสฟีนที่ใช้ในการรมจึงต้องมีความบริสุทธิ์สูงเพื่อให้การรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ฟอสฟีนมีคุณสมบัติในการกระจายตัวดีมาก ที่ระดับปริมาณการใช้ปกติฟอสฟีนจะไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดที่ระดับความชื้นเหมาะสม แต่อาจจะมีผลทำให้ความสามารถในการงอกลดลงถ้าใช้กับเมล็ดที่มีความชื้นสูง

ฟอสฟีนละลายในน้ำได้เล็กน้อยและมีความสามารถในการละลายต่ำในตัวทำละลายส่วนใหญ่

ฟอสฟีนจะปฏิกิริยากัดกร่อนกับทองแดงและโลหะผสมทองแดง เช่น ทองเหลือง ในสภาวะที่มีความชื้นและเกลือในอากาศ เช่น ในน้ำทะเล ดังนั้นสารฟอสฟีนอาจจะทำลายเครื่องมือที่ทำด้วยทองแดงหรือโลหะผสมทองแดง รวมทั้งฟิล์มถ่ายรูป ดังนั้นก่อนใช้สารฟอสฟีน จำเป็นต้องมีการคลุมหรือเคลือบเครื่องมือต่างๆ ก่อน

ฟอสฟีนอาจลุกไหม้ที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  ที่ความดันต่ำและอากาศแห้ง ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่มากกว่า 1.8% (17900 ppm หรือ 27.3 mg/l หรือ  $27.3\text{ g/m}^3$ ) ในอากาศที่ความดันปกติจะเกิดระเบิดได้ ดังนั้นในทางการค้าจึงผลิตฟอสฟีนในรูปเม็ด (tablets or pellets) หรือรูปแผ่น (sachets) ซึ่งจะลดอันตรายจากการที่ฟอสฟีนเปลี่ยนรูป

เนื่องจากก๊าซฟอสฟีนที่มีความเข้มข้นมากๆ จะระเบิดลุกเป็นไฟได้ ในการผลิตสารรมฟอสฟีนในการค้าจึงมีการป้องกันไม่ให้เกิดระเบิด แต่อย่างไรก็ตาม ในการใช้ ผู้ปฏิบัติการจะต้องระมัดระวังด้วย โดยเฉพาะการรมกองผลิตผลที่มีขนาดใหญ่ ต้องใช้ปริมาณมาก จะต้องแบ่งปริมาณให้ถูกต้องเหมาะสม และควรมีการเตรียมพร้อม ในกรณีอาจเกิดการลุกเป็นไฟขึ้น

## รูปแบบของสารรมฟอสฟีน

ฟอสฟีนที่ผลิตเป็นการค้า อยู่ในรูปสารประกอบของฟอสไฟด์ 2 ชนิด คือ อลูมิเนียมฟอสไฟด์ (aluminum phosphide) และแมกนีเซียมฟอสไฟด์ (magnesium phosphide) ซึ่งมีเนื้อสารบริสุทธิ์ 56-60% และผลิตออกมาหลายรูปแบบได้แก่ แบบเม็ด (tablet และ pellet) แบบถุง แบบแผ่น และแบบแผ่นพับต่อกันเป็นสาย สารรมฟอสฟีนแบบ table จะมีน้ำหนัก 1 กรัม สารรมฟอสฟีนแบบ pellet มีน้ำหนัก 0.2 กรัม (น้อยกว่า 5 เท่า) สารรมฟอสฟีนที่ผลิตเป็นเม็ดจะสามารถใช้ได้กับการรมผลิตผลเกษตรที่บรรจุกระสอบ หรือถุงแล้วกองอยู่ภายใต้ผ้าพลาสติก หรือมโรงเก็บ ห้องภาชนะที่ว่างเปล่า แต่สำหรับรูปแบบถุง จะใช้ได้ดีกับผลิตผลประเภทแป้ง ใบยาสูบ และผลิตผลที่ไม่ต้องการให้เศษผงที่เหลือของสารรมฟอสฟีน เข้าไปปนเปื้อนกับผลิตผล

การทำปฏิกิริยาของอลูมิเนียมฟอสไฟด์ และแมกนีเซียมฟอสไฟด์กับไอน้ำในอากาศนั้น แมกนีเซียมฟอสไฟด์จะทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกว่าอลูมิเนียมฟอสไฟด์มาก ดังนั้น หากเลือกแมกนีเซียมฟอสไฟด์ มาใช้ในการรม จะต้องระมัดระวังมากขึ้น และต้องวางสารรมในเวลารวดเร็ว เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

## อัตราการใช้สารรมฟอสฟีน

อัตราที่ใช้รม 2-3 เม็ด (tables) ต่อผลิตผล 1 ตัน  
หรือ 1-2 เม็ด (tables) ต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร  
ในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน

## เมื่อใดควรและไม่ควรใช้ฟอสฟีนเป็นสารรม

### ควรใช้ฟอสฟีนเป็นสารรม

1. เมื่อสามารถรมภายในเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน
2. เมื่อพบด้วงอัญ *Trogoderma granarium* ทำลาย
3. เมื่อใช้ methyl bromide ไม่ได้ผล
4. ต้องการรมเมล็ดพันธุ์
5. เมื่อผลิตผลนั้นเคยรมด้วย methyl bromide มาก่อนนี้แล้ว
6. วัตถุที่เป็นก้อนแข็ง และผลิตผลที่บดอย่างหยาบๆ

### ไม่ควรใช้ฟอสฟีนเป็นสารรมเมื่อ

1. ผลิตผลที่สามารถดูดซับสูง เช่น แป้ง อาหารปลา เมล็ดพืชน้ำมันบางชนิด เช่น เมล็ดฝ้าย
2. เมื่อมีรายงานว่าแมลงที่จะกำจัดนั้นมีความต้านทานต่อฟอสฟีน
3. ในสถานที่ที่ใช้รมนั้นไม่มีการอุดรอยรั่ว เพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ
4. เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส
5. เมื่อต้องการป้องกันกำจัดในระยะเวลาที่รวดเร็ว น้อยกว่า 7 วัน
6. บริเวณที่จะปฏิบัติงานอยู่ใกล้ชิดกับบริเวณที่มีผู้พักอาศัย
7. เมื่อไม่มีพนักงานที่ได้รับการฝึกฝน และไม่มีความรู้ในการทำงานรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม

## คำเตือนและข้อแนะนำในการรมด้วยฟอสฟีน

- ห้ามรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ในขณะที่รมด้วยสารรมฟอสฟีน
- สวมถุงมือในขณะที่เปิด หรือขนย้ายสาร
- ห้ามสูดดมฝุ่นละอองของสาร หลีกเลี่ยงการจับต้องสาร หากผิวหนังโดนสารให้ล้างด้วยสบู่ และน้ำสะอาด หาก  
เข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำปริมาณมาก และพบแพทย์ทันที
- ผึ่งเสื้อผ้าและรองเท้าที่สวมใส่หลังจากปฏิบัติงาน ในที่มีอากาศถ่ายเท สะดวก ก่อนนำไปทำความสะอาด
- ระวังไม่ให้สารเจือปนในอาหารอื่น
- อย่าวางสารรมชนิดเม็ดซ้อนกันมากๆ ในขณะเตรียมการรม เพราะอาจทำให้เกิดการลุกไหม้
- ต้องระวังว่าลูมิเนียมฟอสไฟด์ที่ใช้แล้ว ยังมีส่วนที่หลงเหลืออยู่บ้างประมาณ 3-5%
- ห้ามทิ้งสารตกค้างในถังหรือท่อระบายน้ำ
- ควรเก็บสารรมในสภาพห้องเย็น อากาศแห้ง ถ่ายเทได้สะดวก และเก็บให้พ้นมือเด็ก

- ไม่เก็บสารรมโกสึน้ำหรือของเหลว เพราะอาจทำให้เกิดปฏิกิริยา เกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดได้
- ไม่เก็บสารรมโกสึวัตถุไวไฟ
- ห้ามใช้สารนี้ที่ระดับความเข้มข้น 1.7% โดยปริมาตร (17900 ppm) หรือ 27.3 มก./ลิตร หรือ 27.3 กรัม/ลบ.ม. เพราะที่ระดับนี้ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้
- ต้องคิดประกาศป้ายเตือน ห้ามบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณการรมโดยเด็ดขาด ยกเว้นมีการสวมเครื่องป้องกันอย่างรัดกุม

### ความเป็นพิษ และความปลอดภัยในการใช้ก๊าซฟอสฟีน

1. ฟอสฟีนเป็นสารที่มีพิษสูง ดังนั้นการหายใจเข้าสู่ร่างกายจะเป็นอันตรายถึงชีวิต ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีน 2.8 มล./ลิตร หรือ 28 กรัม/ลบ.ม. (ประมาณ 2000 ppm) ทำให้เสียชีวิตได้
2. ฟอสฟีนมีอันตรายสูงสามารถทำให้เสียชีวิตได้ถ้ากลืนกินเข้าไป การหายใจเอาก๊าซฟอสฟีนเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดการคลื่นไส้อาเจียน ท้องร่วง ปวดศีรษะ และเจ็บหน้าอก
3. ปริมาณสารฟอสฟีนตกค้างที่กำหนดไว้ในเมล็ดธัญพืชเท่ากับ 0.1 มก./กก. และธัญพืชแปรรูปเท่ากับ 0.01 มก./กก.
4. ระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่ปลอดภัย คือ 0.3 ppm (0.4 มก./ลิตร หรือ 0.4 กรัม/ลบ.ม.) ติดต่อกัน 8 ชม. ต่อวันและ 40 ชม. ต่อสัปดาห์

### อาการของผู้ที่ได้รับพิษจากก๊าซฟอสฟีน และการปฐมพยาบาล

พิษของฟอสฟีนทำให้เกิดอาการต่างๆ ดังนี้ คลื่นเหียน วิงเวียน อาเจียน หน้ามือ ตาลาย ปวดศีรษะ ปวดหน้าอก ปวดท้อง ลึนแข็ง พูดไม่ชัด เป็นต้น อาการดังกล่าวนี้จะไม่แสดงออกทันทีทันใด แต่จะปรากฏภายหลัง ภายในเวลา 30 นาทีถึง 48 ชั่วโมงแต่ความต้านทานของแต่ละบุคคล

### ระดับของอันตรายที่ได้รับจากก๊าซฟอสฟีนแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ

1. การได้รับก๊าซเล็กน้อยโดยการหายใจ
  - คลื่นเหียน, วิงเวียน
  - หูอื้อ
  - อาการอ่อนเพลีย
  - คลื่นไส้
  - เจ็บหน้าอก
2. การได้รับก๊าซปริมาณปานกลาง
  - อ่อนเพลีย
  - อาเจียน
  - เจ็บทรวงอก
  - ท้องร่วง
  - หายใจติดขัด

3. การได้รับสารพิษปริมาณสูง จะเกิดอาการภายใน 2-3 ชั่วโมงหรือ 2-3 วัน คือปวดบวมเนื่องจากมีน้ำคั่งในปอดและทำให้เกิดอาการต่างๆ ตามมาดังนี้

- ตาลาย วิงเวียนศีรษะ
- ผิวหนังเป็นสีเขียวช้ำ เนื่องจากขาดออกซิเจน
- หมดสติ
- เสียชีวิต

หากร่างกายได้รับก๊าซปริมาณมากจะมีผลต่ออวัยวะและระบบต่างๆ เช่น ตับ ไต ปอด ระบบประสาท และระบบหมุน

เวียน การหายใจได้รับก๊าซฟอสฟีนเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ปวดบวม และมีเลือดมาก เลือดออกในสมอง และเลือดคั่ง สารฟอสฟีนมีผลต่อระบบต่างๆ ของร่างกายดังนี้

1. ทำให้น้ำท่วมปอด
2. ปริมาณ SPGOT, LDH และ Alkaline Phosphatase เพิ่มขึ้น แต่ Prothrombin และ Harmorrhage ลดลง มีผลทำให้นัยต์ตาเหลืองเหมือนดีซ่าน
3. การกรองของเสียและเลือดในไตผิดปกติ ปัสสาวะไม่ออก

**ปัจจุบันยังไม่มียาใดๆ แก้พิษได้เด็ดขาด**

หากได้รับสารฟอสฟีนเข้าสู่ร่างกาย ต้องให้การช่วยเหลือทันที โดยนำผู้ป่วยไปยังห้องที่มีอากาศปลอดโปร่ง ถ่ายเทสะดวก และให้ความอบอุ่น ถ้าหยุดหายใจต้องผายปอดทันที ห้ามให้คลื่นนม เนย ไขมันหรือแอลกอฮอล์

ในการช่วยผู้ป่วยทันทีที่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง ผู้ที่เข้าไปช่วยเหลือจะต้องสวมหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ ใช้หน้ากากออกซิเจน ไม่ควรเข้าไปโดยไม่ดำเนินการป้องกันตัวก่อน

**คำแนะนำในการปฏิบัติรักษาผู้ป่วยเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ดังนี้ คือ**

1. นำผู้ป่วยสู่อากาศบริสุทธิ์โดยเร็ว
2. ตามแพทย์คว้นที่สุด
3. สำหรับคนไข้ที่มีอาการสาหัส ให้คนไข้นอนราบให้ทางด้านศีรษะต่ำกว่าเท้าเล็กน้อย
4. ในกรณีถูกผิวหนังให้ล้างด้วยสบู่หลายๆ ครั้ง
5. วิธีการรักษาสำหรับแพทย์
  - 5.1 ในกรณีผู้ป่วยหายใจเข้าไป ควรให้ออกซิเจนทันที รักษาระดับความเป็นด่างของปัสสาวะโดยให้ โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) 75% ปริมาณ 50-100 มล. อย่างช้าๆ ทางปาก
  - 5.2 หากผู้ป่วยกลืนเข้าไป ควรให้สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate) 0.2% ซึ่งจะทำปฏิกิริยาเกิดสารคิวปริคฟอสไฟด์ (Cupric phosphide) และต้องขจัดสารตกตะกอนนี้ออกจากร่างกายโดยให้สารละลายโปแตสเซียมเปอร์มันกานาท (Potassium permanganate) ที่อัตรา 1:500 ให้นม magnesia หรือไข่ขาว 2-3 ฟอง หลีกเลียงไขมัน และน้ำมัน

## การต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลง โดยใช้สารฆ่าแมลง คือแมลงศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เนื่องจากการใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ใช้บ่อยครั้ง ใช้ในอัตราที่ไม่เหมาะสม ตลอดจนใช้ไม่ถูกต้อง การใช้สารรมก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน รายงานจากหลายประเทศพบว่า แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด สร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน แมลงชนิดแรกที่พบความต้านทานคือ ค้างคาว *Trogoderma granarium* Evert (Coleoptera : Dermestidae) ในปี พ.ศ. 2522 ต่อมาพบในมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Botrychidae) และมอดฟืนเลื้อย *Oryzaephilus surrinamensis* L. (Coleoptera : Silvanidae)

ในประเทศไทย กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกัญและสัตววิทยา พบความต้านทานของมอดข้าวเปลือกในปี พ.ศ. 2534 มอดข้าวเปลือก 3 แห่่ง จากจังหวัดเชียงราย สุพรรณบุรี และสกลนคร ในจำนวน 15 จังหวัด แสดงความต้านทาน และมอดข้าวเปลือกจากจังหวัดเชียงรายต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนสูงถึง 3 เท่า แต่ด้วงวงข้าวโพด และมอดแป้งที่นำมาทดสอบในช่วงปี พ.ศ. 2534-2537 ไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน และในปัจจุบันพบว่ามอดข้าวเปลือกแถบทุกแห่งแสดงความต้านทานและพบด้วงวงข้าวโพดบางแห่งแสดงความต้านทาน

สถานการณ์การใช้สารรมฟอสฟีนที่เป็นอยู่ในขณะนี้จะทำให้แมลงสร้างความต้านทานได้เร็วขึ้น ซึ่งคาดได้ว่าจะต้องพบแมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมมากชนิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญยิ่งในการยึดหลักปฏิบัติการรมให้ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด เพื่อให้สารรมฟอสฟีนยังคงมี ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร