เอกสารประกอบการฝึกอบรมองค์ความรู้

เรื่อง

หลักปฏิบัติที่ดีของการใช้สารรมฟอสฟีน

10 สิงหาคม 2555

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

** หากมีข้อเสนอแนะ/แก้ไข กรุณาแจ้งยัง นางกรรณิการ์ เพ็งคุ้ม E-mail : kan_nikar2000@yahoo.com**

คำนำ

ผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว งา เดือย กาแฟ และพืชสมุนไพร เป็นต้น ผลิตผลเกษตรเหล่านี้เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากของประเทศไทย ทั้งในด้านการบริโภคและการส่งออก ผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวมักจะถูกทำลายให้ได้รับความเสียหายจากศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ ได้แก่ แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ สารพิษจากเชื้อรา และสัตว์ศัตรูผลิตผลเกษตร ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายโดยการสูญเสียน้ำหนัก นอกจากจะทำลายผลผลิตโดยตรงแล้ว ศัตรูผลิตผลเกษตรบางชนิด เช่น แมลง ยังมีการขับถ่ายของเสียออกมาทำให้มีกลิ่นเหม็น ตัวอ่อนแมลงบางชนิดยังทิ้งคราบหลังการลอกคราบไว้ ก่อให้เกิดความเสียหายด้านคุณภาพ โดยเฉพาะตลาดต่างประเทศ ซึ่งบางประเทศมีข้อกำหนดไว้ว่าผลิตผลเกษตรที่นำเข้าต้องปราศจากแมลงที่มีชีวิตอยู่เลย และเมื่อมีการเปิดการค้าเสรีระหว่างประเทศในด้านสินค้า การบริการ และการลงทุน ประเทศคู่ค้าจึงใช้มาตรการด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืชที่เข้มงวดมาใช้ ทำให้เกิดอุปสรรคทางการค้าที่มิใช่ภาษี เพื่อหลีกเลี่ยงและป้องกันความเสียหายและสูญเสียที่จะเกิดขึ้น การจัดการผลิตผลเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งต้องนำความรู้และวิทยาการหลายสาขามาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลให้ปลอดภัยและมีคุณภาพดีอย่างสม่ำเสมอในระหว่างที่เก็บรักษาไว้ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ได้ตระหนักถึงความสำคัญในด้านเทคนิคการใช้สารรมในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว จึงได้จัดการฝึกอบรมนี้ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเหมาะสม เพื่อนำไปเผยแพร่ ใช้เป็นแนวทางในการเก็บรักษาผลิตผลให้มีคุณภาพดี ลดความเสียหาย ลดการปนเปื้อนระหว่างการเก็บรักษา และเป็นการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลผลิตการเกษตรของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

สารบัญ

คำนำ	I
สารบัญ	II
บทนำ	1
บทที่ 1 คำนิยามการรม	2
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานในการรม	7
บทที่ 3 สารรมฟอสฟีน	13
บทที่ 4 อุปกรณ์การรม	22
บทที่ 5 วิธีการรม	33
1. การเตรียมการสำหรับรมยา	33
2. ขั้นตอนการรม	34
3. วิธีปฏิบัติเมื่อครบกำหนดการรม	39
บทที่ 6 งานวิจัยสารรมฟอสฟีนในประเทศไทย	44
เอกสารประกอบการเรียบเรียง	60
ภาคผนวก	62

บทนำ

การใช้สารรมเป็นวิธีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่นิยมมากวิธีหนึ่ง สามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เป็นศัตรู ได้แก่ นก หนู ไร และเชื้อรา โดยไม่มีพิษตกค้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารฆ่าแมลง ประเทศไทยใช้วิธีการรมผลิตผลเกษตรเพื่อการส่งออก และการบริโภคในประเทศนานกว่า 40 ปี สารรมที่นำมาใช้มีอยู่หลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมอย่างกว้างขวาง คือ สารรมเมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) และ ฟอสฟีน (phosphine) โดยการรมอาจให้บริษัทเอกชนผู้ประกอบการรับจ้างรม หรือดำเนินการรมด้วยตนเอง สารรมเมทิลโบรไมด์เป็นสารรมที่มีประสิทธิภาพดีและใช้เวลาในการรมสั้น แต่เนื่องจากเมทิลโบรไมด์ถูกระบุว่าเป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ทำให้แสงอาทิตย์และแสงอุลตราไวโอเลตส่องผ่านมายังโลกได้โดยตรงมีผลทำให้โลกร้อนขึ้น ดังนั้นภายใต้พิธีสารมอนทรีออลได้ทำความตกลงร่วมมือกันระหว่างประเทศมากกว่า 160 ประเทศ ให้มีมาตรการลดการใช้จนถึงยกเลิกการใช้ โดยกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วต้องยกเลิกการใช้ในปี ค.ศ. 2005 สำหรับกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาได้รับการผ่อนผันแต่ต้องควบคุมปริมาณการใช้ และต้องยกเลิกการใช้ภายในปี ค.ศ. 2015 และในปัจจุบันนี้ยังไม่มีสารชนิดใหม่ๆ ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนสารรมเมทิลโบรไมด์ได้ จึงเหลือเฉพาะสารรมฟอสฟีนที่ยังสามารถใช้ได้ ทำให้การใช้สารรมฟอสฟีนในผลิตผลเกษตรมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต

การใช้สารรมฟอสฟีนเพื่อกำจัดศัตรูผลิตผลเกษตรเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะกับการส่งออก ซึ่งเป็นมาตรการการกักกันพืชของประเทศผู้ซื้อสินค้า การรมเป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก แต่มักพบการรมที่ไม่ถูกต้อง อันเกิดจากสาเหตุที่สำคัญหลายประการ เช่น ผ้าพลาสติกที่ใช้คลุมกองผลิตผลไม่ได้มาตรฐาน อาจมีรอยรั่วฉีกขาดทำให้การรมไม่สมบูรณ์ การใช้อัตราสารรมน้อยหรือมากเกินไป หรือใช้ระยะเวลารมสั้นเกินไป ผลของการดำเนินการผิดพลาดเหล่านี้ เป็นอันตรายอย่างยิ่งกับผู้ปฏิบัติงาน ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย โดยที่การรมนั้นๆ ไม่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนเป็นสาเหตุทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนได้

การใช้สารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพดี ผู้รมต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการรม ได้แก่ คุณสมบัติของฟอสฟีน ชนิดของผลิตผลเกษตร ชนิดของแมลงศัตรู สถานที่ซึ่งจะดำเนินการรม ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น สำหรับหลักปฏิบัติที่ดีของการใช้สารรมฟอสฟีน ในที่นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนของหลักการปฏิบัติเพื่อการรมในสภาพบรรยากาศปกติที่ใช้ผ้าพลาสติกคลุม อุปกรณ์ วิธีการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับความรู้อย่างถูกต้อง สามารถปฏิบัติการรมได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ

บทที่ 1

คำนิยามการรม

Half-loss time (HLT)

HLT คือ ระยะเวลาที่ความเข้มข้นของสารรมลดลงครึ่งหนึ่งจากความเข้มข้นตั้งต้น เกิดขึ้นเนื่องจากการรั่วไหลของก๊าซหรือการดูดซับก๊าซของตัวผลิตผลเกษตรเอง สามารถวัดได้โดยการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซในระหว่างการรม

HLT มีความสำคัญเนื่องจากทำให้ทราบว่ามีการรั่วไหลของก๊าซมากเกินไปหรือไม่ ซึ่งหากมีการรั่วไหลของก๊าซมากจะทำให้ความเข้มข้นของสารรมไม่ถึงระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูที่เป็นเป้าหมายที่จุดสิ้นสุดของการรม

ระดับความเข้มข้นสูงสุด (The threshold limit value: TLV)

เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้สารรมจำเป็นต้องรู้ระดับความเข้มข้นของสารรมที่เริ่มเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (threshold limits) รวมถึงระยะเวลาสูงสุดที่รับสารได้และระยะเวลาการได้รับสารอย่างต่อเนื่องระหว่างชั่วโมงการทำงานปกติ ซึ่ง threshold limits มักมีหน่วยวัดเป็นจำนวนส่วนในล้านส่วน (parts per million: ppm) ของอากาศ และมักกำหนดเป็นค่าของการรับสารรมซ้ำ ๆ ในแต่ละวัน ซึ่งคำจำกัดความของค่าความเข้มข้นสูงสุดต่างๆ มีดังนี้

Threshold or Threshold Concentration คือ ความเข้มข้นของสารที่จะเริ่มมีการตรวจวัดได้ หรือเริ่มได้กลิ่น หรือเริ่มมีผลต่อสุขภาพ (ใช้แต่ละกรณีไป)

Threshold Limit Value: TLV คือ ค่าความเข้มข้นของสารในอากาศภายใต้สภาพที่เชื่อว่าผู้ปฏิบัติงานเกือบทุกคนอาจได้รับหลาย ๆ ครั้ง ในระหว่างการปฏิบัติงาน โดยปราศจากอันตราย

Threshold Limit Value: STEL TLV (Short term exposure limit) คือ ค่าความเข้มข้นของสารชนิดใดชนิดหนึ่งที่ถูกกำหนดให้เป็นขีดจำกัดความปลอดภัยในการทำงาน โดยค่าเฉลี่ยที่ผู้ปฏิบัติงานอาจจะได้รับซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ต้องไม่เกินค่านี้แม้ในระยะเวลาการทำงานสั้น ๆ เช่น ครั้งละ 15 นาที โดยต้องได้รับสารรมไม่เกิน 4 ครั้งต่อวัน และต้องมีเวลาห่างกันในการรับสารรมแต่ละครั้งไม่ต่ำกว่า 60 นาที ค่านี้มักกำหนดสำหรับสารที่มีพิษแม้ได้รับในช่วงเวลาสั้นๆ โดยปราศจากอาการเหล่านี้

1. การระคายเคืองนานๆ
2. การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในร่างกาย
3. มีอาการทางประสาทที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย เนื่องจากไม่สามารถควบคุมการทำงานของร่างกายได้ ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

Threshold Limit Value: Time Weighted Average (TWA) คือ ค่าความเข้มข้นของสารชนิดใดชนิดหนึ่งที่ถูกกำหนดให้เป็นขีดจำกัดความปลอดภัยในการทำงาน โดยค่าเฉลี่ยต้องไม่เกินค่านี้ตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ เช่น 8 ชั่วโมงในหนึ่งวัน หรือ 40 ชั่วโมงในหนึ่งสัปดาห์ โดยปราศจากอันตราย

สารรม (Fumigants)

สารรม คือ สารที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในรูปของก๊าซ ไอ หรือควัน (Vapor) ซึ่งเมื่ออยู่ในอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมจะอยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซและสามารถคงสภาพเป็นก๊าซอยู่ได้ หากความเข้มข้นและเวลาเหมาะสมจะสามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตได้ เนื่องจากมีพิษต่อสิ่งมีชีวิตจึงมีการนำมาใช้ในการกำจัดศัตรูผลิตผลเกษตร สารรมสามารถกระจายตัวเข้าสู่ผลิตผลเกษตรชนิดต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ทิศทางในการกระจายตัวของสารรมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของสารรมชนิดนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่ผู้ปฏิบัติการรมต้องทำความเข้าใจคุณสมบัติของสารรม เพื่อให้การใช้สารรมแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพสูงสุด

การรม (Fumigation)

การรม คือกระบวนการใส่สารรมเข้าไปในที่ ๆ มีการปิดผนึกป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ และสามารถเก็บกักก๊าซนั้น ๆ ไว้ให้ได้ในระยะเวลาที่ต้องการ เพื่อวัตถุประสงค์ในการกำจัดศัตรูผลิตผลการเกษตร ได้แก่ แมลง นก หนู ไร และจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

การรมในสภาพปิด (Fumigation enclosures)

การรมในสภาพปิด อาจเป็นการรมในโครงสร้างอาคารถาวร หรือกองรมแบบชั่วคราว แต่ต้องมีการปิดผนึกที่ดี มีประสิทธิภาพในการกักเก็บก๊าซพิษให้อยู่ในระดับความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพ และยาวนานพอที่จะกำจัดแมลงศัตรูเป้าหมายได้ทั้งหมด ซึ่งสารรมแต่ละชนิดมีช่วงระยะเวลาในการรมที่ต่างกัน เรียกระยะเวลาดังกล่าวเรียก exposure period

ระยะเวลาในการรม (Exposure period)

ระยะเวลาในการรม คือ ระยะเวลาที่ต้องการรมตามความเข้มข้นที่กำหนด เพื่อกำจัดศัตรูที่เป็นเป้าหมาย ระยะเวลาในการรมเริ่มต้นนับหลังจากความเข้มข้นของก๊าซอยู่ในระดับสมดุล คือ ความเข้มข้นของก๊าซคงที่และเท่ากันทุกส่วนภายในกองที่รม และความเข้มข้นสูงถึงระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง หรือระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง สำหรับฟอสฟีน คือ 0.05 กรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยระยะเวลาที่ใช้ในการรมกรณีที่รมด้วยฟอสฟีนมีหน่วยเป็นวัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการรมที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ

-สารรมที่ใช้

-ระยะที่ทนทานของศัตรูที่เป็นเป้าหมาย

-อุณหภูมิของผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำการรม

-อัตราการหายใจของศัตรูที่เป็นเป้าหมาย

-อัตราการใช้ของสารรมในกองผลิตผลเกษตรที่รม

อัตราการใช้ (Dosage)

อัตราการใช้ คือ ปริมาณสารรมที่ใส่เข้าไปภายในกองที่รม ตามระยะเวลาที่กำหนด หรือตามระยะเวลาในการรม อัตราการใช้มีหน่วยการวัด 2 แบบ คือ

- ปริมาณสารรม/ปริมาตรของกองที่รม มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เมตร

- ปริมาณสารรม/น้ำหนักของผลิตผลการเกษตร มีหน่วยเป็น กรัม/ตัน

ความเข้มข้น (Concentration)

ความเข้มข้น คือ ปริมาณสารรมในอากาศภายในกองที่รม หรือภายในพื้นที่ๆ ทำการรม เช่น ไซไล ซึ่งความเข้มข้นสามารถคำนวณได้โดยน้ำหนักหรือปริมาตรของก๊าซที่ให้ในปริมาตรของอากาศ หน่วยความเข้มข้นจะเป็น กรัม/ลูกบาศก์ หรือ มิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm แต่ตามปกติการวัดความเข้มข้นของก๊าซจะใช้หน่วยเป็น ppm เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซภายในกองรมมักไม่ได้รับผลกระทบจากความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดัน

ความสมดุล (Equilibrium)

ความสมดุลของความเข้มข้นของก๊าซเกิดขึ้นภายในกองภายหลังใส่สารรม เมื่อความเข้มข้นของก๊าซคงที่และเท่ากันทุกส่วนภายในกองรม (ภายในช่วงที่กำหนด เช่น $\pm$ 25%) และต้องรักษาระดับความเข้มข้นให้สูงพอที่จะทำให้ศัตรูที่ทนทานตายได้ การที่ความเข้มข้นไปไม่ถึงจุดสมดุลที่ระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงหรือความเข้มข้นต่ำเกินไปจะทำให้การรมล้มเหลว

การแพร่กระจาย (Diffusion)

การแพร่กระจาย คือ กระบวนการที่สารรมเคลื่อนจากที่ๆ มีความเข้มข้นสูงไปยังที่ๆ มีความเข้มข้นต่ำ จนในที่สุดระดับความเข้มข้นเท่ากันหมด (equilibium) ก๊าซในกองรมจะถูกพาไปโดยอากาศซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายได้แก่

1) ความเข้มข้นของก๊าซที่ต่างกัน

2) การไหลเวียนโดยอากาศธรรมชาติ เช่นเมื่อมีอากาศร้อนผสมกับอากาศเย็น

3) ก๊าซถูกพาไปโดยอากาศที่ไหลเวียนโดยพัดลม

ส่วนสารรมที่แยกโมเลกุลจะแพร่กระจายและสามารถแทรกซึมเข้าไปในผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่รม และเคลื่อนย้ายออกมาเมื่อทำการระบายอากาศหลังเสร็จสิ้นการรม

ความเร็วของการแพร่กระจายจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การแพร่กระจายเป็นหนึ่งในขบวนการที่ทำให้เกิดการสูญเสียของก๊าซออกไปจากกองที่รม และความสูญเสียจะเพิ่มมากขึ้นโดยมีลมและความร้อนเป็นปัจจัยเสริมที่สำคัญ ระยะเวลาที่ใช้ในการแพร่กระจายของก๊าซขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของก๊าซ ก๊าซที่มีน้ำหนักเบากว่าจะแพร่กระจายได้เร็วกว่า ดังนั้นฟอสฟีนจึงแพร่กระจายได้เร็วกว่าเมทิลโบรไมด์ซึ่งหนักกว่า

การดูดซับก๊าซ (Sorption)

การดูดซับก๊าซ คือ การดูดซับสารรมโดยผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่รม บางครั้งเป็นสาเหตุทำให้ความเข้มข้นของสารรมภายในกองที่รมลดลง ถ้ามีการดูดซับสารรมมากจะทำให้ความเข้มข้นของสารรมลดลงต่ำกว่าระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง ในกรณีนี้ถ้าไม่มีการเพิ่มปริมาณสารรมเข้าไปภายในกองที่รมจะทำให้การรมนั้นล้มเหลว ดังนั้นควรระมัดระวังผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูดซับได้มาก เช่น เมล็ดพืชที่มีน้ำมันมาก หรือเมล็ดพืชที่ความชื้นเมล็ดสูง

การดูดซับก๊าซมี 2 แบบ คือ การดูดซับทางเคมีและทางกายภาพ การดูดซับทางเคมีทำให้เกิดพิษตกค้างในผลิตผลเกษตรเพิ่มขึ้น การดูดซับทางเคมีจะลดเมื่ออุณหภูมิต่ำลงในขณะที่การดูดซับทางกายภาพจะเพิ่มขึ้น และเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้องมีการเพิ่มอัตราการใช้สารรมเมื่อทำการรมที่อุณหภูมิต่ำ

สารรมที่มีจุดเดือดสูง เช่น เมทิลโบรไมด์ มีแนวโน้มว่าจะถูกดูดซับโดยผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าและทิ้งพิษตกค้างเอาไว้นานกว่าสารรมที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น ฟอสฟีน

การรั่วไหล (Leakage)

การรั่วไหล คือ การสูญเสียสารรมออกไปจากภายในกองที่รม

การซึมผ่าน (Permeation)

การซึมผ่าน คือ การสูญเสียสารรมออกไปจากกองที่รม โดยการซึมผ่านพลาสติกรมยาเนื่องจากผ้าพลาสติกที่ใช้รมยาจะยอมให้ก๊าซผ่านได้เล็กน้อย

การระบายอากาศ (Aeration)

การระบายอากาศ คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นหลังเสร็จสิ้นการรม เมื่อเปิดกองที่รมสารรมจะถูกปลดปล่อยออกมาและแพร่กระจายออกไปจากผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่รมและจากภายในกองที่รม สามารถเร่งความเร็วของการระบายอากาศได้โดยเพิ่มอัตราการไหลของอากาศผ่านเข้าไปรอบๆกองผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่รม โดยการเปิดประตูและหน้าต่างโรงเก็บหรือใช้พัดลมเร่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศ

การปลดปล่อยก๊าซ (Desorption)

การปลดปล่อยก๊าซ คือ ปฏิกิริยาย้อนกลับของการดูดซับก๊าซ เป็นการปลดปล่อยสารรมที่ถูกดูดซับโดยผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำการรม สารรมจะถูกปลดปล่อยออกมาในระหว่างการระบายอากาศหลังเสร็จสิ้นการรม การปลดปล่อยก๊าซต้องใช้เวลานานหากทำการรมผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำและการปลดปล่อยก๊าซจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นสูงและสามารถเร่งความเร็วของการระบายอากาศได้เช่นเดียวกับการระบายอากาศ

พิษตกค้าง (Residues)

พิษตกค้าง คือ สารเคมีจำนวนเล็กน้อยที่ตกค้างอยู่ในผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์หลังเสร็จสิ้นการรม พิษตกค้างเกิดขึ้นได้ในระหว่างการรม และสามารถทำให้พิษตกค้างเกิดได้น้อยที่สุดด้วยการใช้อัตราการรม ระยะเวลา และวิธีการใช้สารรมที่ถูกต้อง พิษตกค้างได้แก่สิ่งต่อไปนี้

- สารเคมีที่สารรมได้ผลิตขึ้นมา เช่น ในรูปอลูมิเนียมฟอสไฟด์
- ก๊าซของสารรม เช่น เมทิลโบรไมด์ที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายหลังการรมที่อุณหภูมิต่ำ
- สารประกอบที่สร้างขึ้นมาใหม่ เมื่อสารรมได้ทำปฏิกิริยากับผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ในขณะทำการรม เช่น สารพิษโบรไมด์ ที่ได้จากการรมด้วยเมทิลโบรไมด์

ปริมาณพิษตกค้างในผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ภายหลังเสร็จสิ้นการรมขึ้นอยู่กับสภาพการรมและระยะเวลาในการระบายอากาศ ถ้ามีพิษตกค้างจำนวนมากอยู่ในผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดอันตราต่อผู้ปฏิบัติงาน หรือบุคคลอื่นซึ่งสัมผัสกับผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่กำลังปลดปล่อยก๊าซออกมา

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐานในการรม

การรมผลิตผลเกษตร

การรมผลิตผลเกษตร แบ่งออกเป็น 2 วิธีตามสภาพบรรยากาศการรม คือ

1. **การรมในสภาพสุญญากาศ** (Vacuum Chamber)

เป็นการรมภายใต้สุญญากาศในตู้รมแบบ Vacuum Chamber ปิดผนึกสนิท วัตถุประสงค์ในการรมแบบนี้เพื่อให้ก๊าซได้มีโอกาสแทรกซึมเข้าไปในผลิตผลเกษตรได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพดีขึ้น การรมในสภาพปกติอาจจะใช้เวลา 1-2 วัน แต่ถ้ารมในสภาพสุญญากาศอาจจะใช้เวลาเพียง 1-2 ชั่วโมงเท่านั้น โดยที่ตู้รมจะต้องออกแบบให้มีโครงสร้างที่เหมาะสม

2. **การรมในบรรยากาศปกติ** (Atmospheric Pressure Condition)

การรมในบรรยากาศปกติหรือในสภาพความดันธรรมดา ปฏิบัติได้ 2 วิธี ดังนี้

2.1 การใช้ภาชนะหรือโครงสร้างสำหรับรม ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือเป็นรูปทรงกระบอกเหมาะสมสำหรับใช้รมพืชหรือเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้อย หรือการรมปริมาณมากในไซโล

2.2 การรมภายใต้ผ้าคลุมพลาสติก (gasproof sheet) รมภายใต้สภาพความดันบรรยากาศปกติ ผ้าที่ใช้คลุมต้องสามารถเก็บกักก๊าซได้ดี เช่น ผ้าพลาสติก PVC (Polyvinyl Chloride) หนา 0.3 มม. ที่เรียกว่า ทาร์พอลีน (tarpaulins) การรมภายใต้ผ้าคลุมนี้ เหมาะสมสำหรับรมผลิตผลที่มีปริมาณมากๆ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด ข้าวสาร ถั่ว หรือมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งสามารถรมได้ทุกสถานที่ ตามโกดัง โรงเก็บต่างๆ หรือในเรือ รวมทั้งสามารถใช้รมตัวอาคารบ้านเรือนด้วย ซึ่ง**การรมในสภาพบรรยากาศปกติ ทำได้หลายแบบ เช่น**

1. Field fumigation
2. Soil fumigation
3. Raised trap fumigation
4. Space fumigation
5. Bulk fumigation
6. Spot fumigation
7. Warehouse fumigation (house, boxcar, van fumigation)
8. Grain elevator fumigation
9. Vault fumigation

การรมที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ และเพื่อการรมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดต้องคำนึงถึงพื้นฐานการรมที่สำคัญ ดังนี้

พื้นฐานการรมที่มีประสิทธิภาพ

โครงสร้างที่เหมาะสม

โครงสร้างในการรมอาจทำจากวัสดุหลายชนิด ได้แก่ โลหะ คอนกรีต อิฐ ดิน โคลนปูนพลาสเตอร์ และผ้าพลาสติกชนิดต่างๆ **สิ่งสำคัญของการเลือกใช้วัสดุต่างๆ เหล่านี้คือ ต้องสามารถเก็บกักก๊าซที่ใช้เป็นสารรมในขณะที่สารรมนั้นกำลังออกฤทธิ์เพื่อป้องกันกำจัดสิ่งมีชีวิตเป้าหมายให้อยู่เฉพาะบริเวณที่จำกัดได้ ไม่ให้รั่วไหลออกมาสู่บริเวณอื่นๆ ที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหรือผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งสารรมทุกชนิดที่ใช้รมโดยทั่วไปอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์แม้มีความเข้มข้นน้อย**

การรมจะได้ผลดีต้องดำเนินการเมื่อมีการใช้วัสดุที่เหมาะสม ผู้ปฏิบัติต้องได้รับการฝึกอบรมวิธีการรมที่ถูกต้อง โดยเฉพาะมาตรการเพื่อความปลอดภัยเป็นสิ่งต้องกระทำอย่างเข้มงวด การรมที่ปฏิบัติไม่ถูกต้องทำให้เกิดอันตราย และเสียค่าใช้จ่ายมาก ผลิตผลอาจเสียหายเปรอะเปื้อน หรือได้รับผลกระทบที่ไม่ต้องการ ที่สำคัญทำให้ศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารรม

พื้นฐานการรมที่มีประสิทธิภาพ

สารรมทุกชนิดเป็นก๊าซ สารรมแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน มีผลกับสิ่งที่มีชีวิตแตกต่างกัน การเลือกสารรมที่มีประสิทธิภาพจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังนี้

- ปฏิกิริยาที่เกิดกับผลิตผลที่รม
- วิธีการแพร่กระจายของก๊าซในระหว่างการรม
- การรั่วไหล หรือสิ่งที่จะทำให้ก๊าซนั้นเล็ดรอดจากโครงสร้างที่รม

การศึกษาเพื่อทำความเข้าใจถึงปัจจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องระมัดระวังในเรื่องของปฏิกิริยาที่มีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซในระหว่างการรม เพื่อให้สามารถดำเนินการรมอย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ

การพิจารณาเลือกใช้สารรม

การใช้สารรมอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่

- ระยะเวลา
- ชนิดของผลิตผล
- ชนิดของศัตรู
- สถานที่
- ข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายของการรม และราคาผลิตผล
- ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม
- ความสะดวกในการรม วิธีการปฏิบัติงาน

- ปฏิกิริยาที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งที่ไม่ใช่เป้าหมายที่ต้องการกำจัด
- ความต้องการของตลาด
- ปริมาณของสารพิษตกค้างในสินค้าตามข้อกำหนด

◈ ระยะเวลาที่เหมาะสม

โดยทั่วไปมีปัจจัย 3 ประการที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเวลา เพื่อให้การรมประสบความสำเร็จ

1. ระยะเวลาแพร่กระจาย เป็นช่วงที่ต้องการให้สารรมแพร่กระจายไปทั่วสถานที่ที่ใช้รมไม่ว่าจะโดยธรรมชาติ หรือด้วยวิธีอื่นๆ ที่ช่วยในการแพร่กระจาย
2. ระยะเวลารม เป็นช่วงเวลาที่สารรมค่อยๆ แพร่กระจายสารพิษ แทรกซึมเข้าไปในผลิตผล แสดงความเป็นพิษต่อแมลงศัตรู และความเข้มข้นของสารรมลดต่ำลงอย่างช้าๆ ตลอดเวลาที่รม
3. ระยะเวลาระบายอากาศหรือสลายตัว เป็นช่วงการระบายสารรมออกจากกองผลิตผล อาจใช้เวลาเพียง 2-3 นาที หรือชั่วโมง หรือหลายวัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารรมที่ใช้ เช่นเดียวกับระยะเวลารม และระยะการระบาย อาจแตกต่างจาก 2-3 ชั่วโมง ถึงหลายวัน

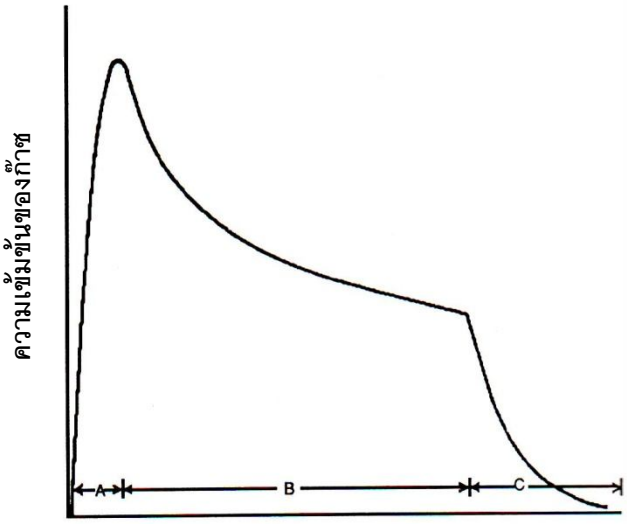
องค์ประกอบทั้งสามประการนี้มีความแตกต่างกันตามชนิดของสารรมที่เลือกมาใช้ วิธีการรม การแพร่กระจาย และการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือโดยวิธีอื่นๆ หากต้องการรมผลิตผลในระยะเวลาสั้น ควรใช้สารรมเมทิลโบรไมด์เท่านั้น ไม่สามารถใช้สารรมฟอสฟีน และคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ต้องใช้ระยะเวลารมนาน (5-7 วัน และ 15 วัน) เนื่องจากในการรมแต่ละครั้งจะต้องรักษาระดับความเข้มข้นของสารรมให้คงที่ใน**อัตราความเข้มข้นและระยะเวลาที่กำหนด** (CT) เพื่อที่จะทำให้ศัตรูพืชตาย

อัตราที่ใช้รมภายใต้ระยะเวลาที่กำหนด เรียกว่าค่า CT

ค่า CT **คือ ความเข้มข้น** x **เวลา** (Concentration X Time)

หมายเหตุ

ค่า CT ของการรมด้วย การรมด้วยฟอสฟีน และคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถลดระยะเวลาของการรมโดยเพิ่มระดับความเข้มข้นได้ แต่เมทิลโบรไมด์ อาจเพิ่มระดับความเข้มข้น และลดระยะเวลาของการรม ตามเวลาที่ต้องการได้ในช่วงระดับหนึ่ง



ภาพที่ 1 แสดงความเข้มข้นของก๊าซในช่วงระยะเวลาการรมโดยทั่วไป

A ระยะที่เริ่มใช้สารรม B ระยะการรม C ระยะสลายตัว

◈ ชนิดของผลิตผลที่ต้องการรม

สิ่งสำคัญที่สุดในการพิจารณาเลือกสารรม คือผลกระทบที่จะเกิดกับผลิตผล เนื่องจากผลิตผลที่นำมารมนั้นส่วนใหญ่เป็นอาหารของมนุษย์ สารรมอาจทำปฏิกิริยากับผลิตผลทำให้มีสารตกค้างที่ไม่ปลอดภัย หรือทำให้คุณภาพของผลผลิตเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการ ผลิตผลบางชนิดอาจมีการดูดซับก๊าซจนลดความเข้มข้นลงอย่างมาก ในกรณีที่จะรมเมล็ดพันธุ์พืชต้องพิจารณาถึงผลกระทบด้านความงอก ความเป็นพิษต่อเมล็ด และต้นกล้า

ผลผลิตที่จะนำมารมต้องผ่านขบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดี อยู่ในสภาพที่ดีพร้อมที่จะเก็บรักษา เช่น การลดความชื้น การคัดแยกสิ่งเจือปนออก ตลอดจนทำความสะอาด

◈ ข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายของการรม และราคาผลิตผล

การประเมินเกี่ยวกับค่าใช้จ่าของการรมต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่จำเป็นต่อไปนี้

- ราคาของสารรม
- ค่าใช้จ่ายในการนำสารรมไปยังสถานที่ใช้รม
- ค่าใช้จ่ายเนื่องจากความล่าช้าและการจัดการอื่นๆ ในช่วงที่ดำเนินการรม และระบายอากาศ
- ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือและบุคคลากรที่ใช้ในการรม และเคลื่อนย้ายกลับจากสถานที่ใช้รม

- ค่าใช้จ่ายสำหรับความปลอดภัยในการปฏิบัติการรม และเครื่องป้องกันภัย เช่นหน้ากาก และหลอดตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ
- ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือพิเศษ อาทิ เช่น เครื่องช่วยการแพร่กระจายก๊าซ
- ค่าใช้จ่ายในการทำลายหรือส่งคืนภาชนะเปล่าที่ใช้แล้ว
- ค่าใช้จ่ายในการอุดรอยรั่ว สถานที่รมนั้น

◈ ปฏิกิริยากับวัสดุที่ไม่ใช่เป้าหมาย

ในบางกรณีการเลือกใช้สารรมนั้นขึ้นอยู่กับการที่สารรมจะทำปฏิกิริยากับวัสดุต่างๆ ที่นำมาทำเป็นโครงสร้าง และใช้ในการป้องกันการรั่วไหล ปฏิกิริยากับวัสดุที่ไม่ใช่เป้าหมายทำให้เกิดการสูญเสียของสารรม ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซน้อยกว่าอัตราที่กำหนดไว้ ทำให้ประสิทธิภาพของการรมลดลง และอาจทำให้ผลิตผลเสียหายได้ในระหว่างการรม

สารรมแต่ละชนิดทำปฏิกริยากับวัสดุที่ต่างชนิดกัน สารรมฟอสฟีนทำปฏิกิริยากับทองแดงและโลหะผสมทองแดง ดังนั้นจึงเป็นอันตรายกับอุปกรณ์ที่เป็นเครื่องไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเลคทรอนิคที่มีส่วนประกอบที่ทำด้วยโลหะหรือทองแดง สารรมเมทิลโบรไมด์ทำลายความงอกของเมล็ดพันธุ์ ยางธรรมชาติ สารผสมอื่นที่ประกอบขึ้นจากกลุ่มกำมะถันอิสระ และยังทำลายอลูมิเนียมด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับสิ่งที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง เช่น กับคอนกรีตที่ยังใหม่

◈ ข้อพิจารณาการปฏิบัติงาน

การเลือกใช้สารรมอาจขึ้นอยู่กับการปฏิบัติงาน ได้แก่

- เวลาที่ต้องใช้ผลิตผล มีเวลามากพอหรือจำกัด
- สถานที่รมสามารถดำเนินการต่อเนื่องได้ขณะที่กำลังปฏิบัติการรม
- การจัดเตรียมกองผลิตผลมีความจำเป็นในการเคลื่อนย้ายผลิตผลเพื่อให้สารรมที่ใช้แพร่กระจายอย่างทั่วถึงหรือไม่
- สามารถระบายสารรมออกไปในบริเวณรอบๆ สถานที่รมได้หรือไม่

◈ ความต้องการของตลาด

การรมผลิตผลเพื่อส่งออกขึ้นอยู่กับความต้องการของประเทศนำเข้า (Imported Country Requirement) โดยพิจารณาจากกฎหมายกักกันพืชของแต่ละประเทศ บางประเทศต้องการให้ผลิตผลหรือวัสดุที่จะนำเข้าประเทศต้องผ่านการรมด้วยสารเคมีชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะ เช่น เมทิลโบรไมด์

◈ ผลของสารรมต่อคุณภาพของผลิตผลที่ถูกรม

โดยลักษณะทางเคมีสารรมเป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะทำให้เกิดผลที่ไม่พึงปรารถนา หรือมีผลเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตผลที่ถูกรม ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังผลต่างๆที่จะเกิดขึ้นด้วย และเนื่องจากข้อมูลของผลกระทบของสารรมต่อผลิตผลเกษตรซึ่งมีอยู่มากมายหลากหลายชนิดในประเทศไทยเรามีน้อยมาก ในการใช้สารรมผลิตผลเกษตรชนิดอื่นๆ ที่ไม่มีคำแนะนำให้ใช้มาก่อนจึงควรพิจารณา และระมัดระวังเป็นพิษ สารรมอาจมีผลต่อ

- ความงอก ความแข็งแรงของต้นกล้า และระยะพักตัวของเมล็ด
- คุณภาพ รสชาติ กลิ่น
- ขบวนการแปรรูป
- การเจริญของเชื้อราและการเกิดสารพิษจากรา

◈ ปริมาณของสารพิษตกค้าง

พิษตกค้างของสารรมที่ไม่เปลี่ยนสภาพอาจดำรงอยู่เป็นเวลานานในผลิตผลที่ถูกรม พิษตกค้างที่ไม่ระเหย เป็นผลจากปฏิกิริยาทางเคมีของส่วนประกอบของสารที่ถูกรมหรืออากาศกับสารรมอาจจะมีเกิดขึ้นด้วย และเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่กำหนดโดยผู้นำเข้า เช่นระดับ inorganic bromide ภายหลังการรมด้วย เมทิลโบรไมด์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหากับผลิตผลบางชนิด

นานาชาติได้กำหนดปริมาณพิษตกค้างที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดธัญพืช และอาหาร ดังนี้

ปริมาณของสารพิษตกค้างในสินค้าตามข้อกำหนด

พิษตกค้างที่กำหนด (มก./กก.) สำหรับสารรรม *	
สารรมฟอสฟีน	0.03 ในรูปของ สารรมฟอสฟีน
เมทิลโบรไมด์	50 ในรูปปริมาณของโบรไมด์
คาร์บอนไดออกไซด์	ไม่มีกำหนด

* ระดับสูงสุดที่อนุญาตให้มีในเมล็ดพืช (ดิบ) โดย Codex Alimentarius (1987)

บทที่ 3
สารรมฟอสฟีน

สารรมฟอสฟีน (Phosphine) ที่นำมาใช้สำหรับรมฆ่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรนั้น ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดย Dr. Werner Freyberg ในปี ค.ศ. 1930 โดยบรรจุอยู่ในถุง ซึ่งมี aluminiun phosphide 57% และมีสารอื่นๆ 43% หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 มีการผลิตฟอสฟีน ในรูป tablets และ pellets ประเทศอเมริกาได้เริ่มนำเอาก๊าซฟอสฟีนมาใช้ ในปี ค.ศ. 1958 เพื่อกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรภายใต้การรับรองจากองค์การอาหารและยา ว่ามีความปลอดภัย ไม่มีพิษตกค้างทำให้ก๊าซฟอสฟีนเป็นที่นิยมกันมากขึ้น โดยเฉพาะการรมใบยาสูบ

ฟอสฟีนเป็นสารรมที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผล วิธีการใช้ค่อนข้างง่าย ไม่มีอุปกรณ์ที่ยุ่งยาก สะดวกในการใช้ ไม่มีพิษตกค้างในกองเมล็ดพืช แต่หลังการรมแล้วแมลงจะสามารถเข้าทำลายใหม่ได้

ก๊าซฟอสฟีนที่นำมาใช้ในการรมยานั้นไม่ได้อยู่ในรูปของก๊าซ ผู้ผลิตก๊าซฟอสฟีนให้อยู่ในรูปของแข็ง อาจเป็นอลูมิเนียมฟอสไฟด์หรือแมกนีเซียมฟอสไฟด์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกริยากับความชื้นในอากาศจะให้ก๊าซฟอสฟีน ดังสมการข้างล่างนี้

Phosphide + water ⋯⋯→ hydrogen phosphide + powder reaction products

ปฏิกิริยาทางเคมี คือ

$AlP + 3H_2O$ ⋯⋯→ $Al(OH)_3 + PH_3$ หรือ

$Mg_3p_2 + 3H_2O$ ⋯⋯→ $3Mg(OH)_2 + PH_3$

การทำปฏิกิริยาของอลูมิเนียมฟอสไฟด์และแมกนีเซียมฟอสไฟด์กับไอน้ำในอากาศนั้น แมกนีเซียมฟอสไฟด์จะทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกว่าอลูมิเนียมฟอสไฟด์มาก ดังนั้น หากเลือกแมกนีเซียมฟอสไฟด์มาใช้จะต้องระมัดระวังมากขึ้น และต้องวางสารรมในเวลาอันรวดเร็วเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

1 คุณสมบัติของฟอสฟีน คือ

1. เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย คล้ายกลิ่นกระเทียม หรือคาวปลา
2. สูตรเคมี คือ PH_3
3. น้ำหนักโมเลกุล 34.1
4. หนักกว่าอากาศ 1.17 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

ก๊าซฟอสฟีนเป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่น (ฟอสฟีนบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 200 ppm จะไม่มีกลิ่น) แต่ก๊าซชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นปะปนพร้อมกับก๊าซฟอสฟีนจะมีกลิ่นคล้ายกระเทียม หรือคล้ายกลิ่นคาวปลา ฟอสฟีนมีคุณสมบัติหนักกว่าอากาศเล็กน้อย สามารถติดไฟและระเบิดได้ในอากาศ ฟอสฟีนมีค่า TLV เท่ากับ 0.3 ppm (0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.4 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) หมายความว่า ถ้าเราหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปเกินกว่า 0.3 ppm ทุกๆ วัน วันละ 7-8 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์ หรือ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จะมีอันตรายในบางครั้งการไม่ได้กลิ่นอาจไม่ได้หมายถึงไม่มีสารฟอสฟีนปนอยู่ แต่อาจเป็นเพราะเกิดจากการดูดซับกลิ่นโดยตัวผลิตผลที่รมเอง

ฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นของการรมจะกระจายตัวสู่อากาศได้ดีและรวดเร็ว ส่วนผสมระหว่างฟอสฟีนกับอากาศจะมีลักษณะเหมือนอากาศบริสุทธิ์ ฟอสฟีนที่ใช้ในการรมต้องมีความบริสุทธิ์สูงเพื่อให้การรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ฟอสฟีนมีคุณสมบัติในการกระจายตัวดีมากที่อัตราการใช้ปกติและความชื้นของเมล็ดเหมาะสม ฟอสฟีนจะไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดแต่อาจมีผลทำให้ความแข็งแรงของต้นกล้าลดลงเล็กน้อย แต่กับเมล็ดที่มีความชื้นสูงอาจทำให้ความงอกของเมล็ดลดลง ฟอสฟีนละลายได้เล็กน้อยในน้ำและในตัวทำละลายส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยากัดกร่อนทองแดงและโลหะผสมทองแดง เช่น ทองเหลือง ในสภาวะที่มีความชื้นและเกลือในอากาศ เช่น น้ำทะเล สารรมฟอสฟีนอาจจะทำลายเครื่องมือที่ทำด้วยทองแดงหรือโลหะผสมทองแดง รวมทั้งฟิล์มถ่ายรูป ดังนั้น ก่อนใช้สารรมฟอสฟีนจำเป็นต้องมีการคลุมหรือเคลือบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ก่อน

ฟอสฟีนอาจลุกไหม้ที่อุณหภูมิ 100 °C ที่ความดันต่ำและอากาศแห้ง และสามารถระเบิดได้ถ้ามี **ความเข้มข้นของก๊าซที่สูงมากกว่า 1.8 % (17,900 ppm หรือ 27.3 mg/l หรือ 27.3 g/m³) ในอากาศที่ความดันปกติ** ด้วยเหตุนี้ในทางการค้าจึงผลิตฟอสฟีนในรูปของแข็งเป็นเม็ด (tablets or pellets) หรือเป็นแผ่น (sachets) ซึ่งสามารถลดอันตรายจากการระเบิดลุกเป็นไฟลง แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ผู้ปฏิบัติการรมต้องระมัดระวัง โดยเฉพาะการรมกองผลิตผลที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้ฟอสฟีนปริมาณมาก จึงต้องแบ่งเพื่อกระจายจุดการวางฟอสฟีนหลายจุดและควรมีการเตรียมพร้อม ในกรณีอาจเกิดการลุกเป็นไฟขึ้น

2 รูปแบบของสารรมฟอสฟีน

ฟอสฟีนที่ผลิตเป็นการค้า อยู่ในรูปสารประกอบของฟอสไฟด์ 2 ชนิดคือ อลูมิเนียมฟอสไฟด์ (aluminum phosphide) และแมกนีเซียมฟอสไฟด์ (magmesium phosphide) ซึ่งมีเนื้อสารบริสุทธิ์ 56-60% ส่วนใหญ่ผลิตมาในรูปของแข็ง โดยแมกนีเซียมฟอสไฟด์ผลิตเป็นแบบ แบบเม็ด (pellet) เท่านั้น แต่

อลูมิเนียมฟอสไฟด์ ผลิตออกมาหลายรูปแบบได้แก่ แบบเม็ด (tablet และ pellet) แบบถุง (sachet) แบบแผ่น (plate) และแบบแผ่นต่อกันเป็นสาย (strip) สารรมฟอสฟีนรูปแบบต่างกันจะมีน้ำหนักของก๊าซที่ต่างกัน เช่น แบบ tablet ให้ก๊าซน้ำหนัก 1 กรัม (gm a.i.) แบบ pellet ให้ก๊าซน้ำหนัก 0.2 กรัม (น้อยกว่า 5 เท่า) สารรมฟอสฟีนที่ผลิตเป็นเม็ด จะสามารถใช้ได้กับการรมผลิตผลเกษตรที่บรรจุกระสอบ หรือถุงแล้วกองอยู่ภายใต้ผ้าพลาสติก หรือรมโรงเก็บ ห้องภาชนะที่ว่างเปล่า แต่สำหรับรูปแบบถุง จะใช้ได้ดีกับผลิตผลประเภทแป้ง ใบยาสูบ และผลิตผลที่ไม่ต้องการให้เศษผงที่เหลือของสารรมฟอสฟีนเข้าไปปนเปื้อนกับผลิตผล

รูปแบบต่างๆ ของสารรมฟอสฟีน

รูปแบบ	**น้ำหนักต่อหน่วย (กรัม)**	**น้ำหนักก๊าซต่อหน่วย (กรัม a.i.)**	**ขนาดบรรจุ**
เม็ดเล็ก (pellet)	0.6	0.2	100-1,600 เม็ด/กระป๋อง
เม็ดใหญ่ (tablet)	3.0	1	10 เม็ด/หลอด
กลม/แบน			100, 300, 500 และ 1,000 เม็ด/กระป๋อง
ตลับ (disc)	15	5	25 ตลับ/กระป๋อง
ถุง (sachet)	33	11	10 ถุง/แถว/กระป๋อง 10 ถุง/แถบ/กระป๋อง

รูปแบบ plates และ strips ประกอบด้วยแมกนีเซียมฟอสไฟด์บริสุทธิ์ 56% บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ห่อในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และปิดผนึกด้วยความร้อน strips ประกอบด้วย 20 plates ต่อเนื่องกัน น้ำหนัก การให้ก๊าซ ขนาด และการบรรจุเป็นดังนี้

รูปแบบ	**น้ำหนักต่อหน่วย (กรัม)**	**น้ำหนักก๊าซต่อหน่วย (กรัม a.i.)**	**ความยาว (ซม.)**	**ขนาดบรรจุ**
Plate	117	33	28x17	1 ถังมี 120 Plates บรรจุแยกกันในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกแน่น
Strip	2,340	660	560x17	1 ถังมี 6 Strips บรรจุแยกกันในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกแน่น

รูปแบบ bags, belts และ blankets ต่างก็มีสารออกฤทธิ์อลูมิเนียมฟอสไฟด์ 57% แต่มีน้ำหนักการให้ก๊าซ และขนาด ที่แตกต่างกันดังนี้

รูปแบบ	**น้ำหนักต่อหน่วย (กรัม)**	**น้ำหนักก๊าซต่อหน่วย (กรัม a.i.)**	**ขนาดบรรจุ**
Bag	34	11.3	110x110
Belt	136	45.2	1,200x70
Bag Blanket	3,400	1,133	5,900x220
Bag Chain	340	113	1,100x110

ฟอสฟีนเป็นสารรมที่นิยมใช้ ด้วยความต้องการที่หลากหลาย ฟอสฟีนจึงมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้เพื่อความสะดวก ง่าย มีประสิทธิภาพ และปลอดจากสารตกค้าง คุณสมบัติของผลิตผลเกษตรที่ความสำคัญ เช่น คุณสมบัติหลังการสี และคุณสมบัติการนำไปอบ หรือแม้แต่ความสามารถในการงอก กลิ่นและรสชาติ ไม่เปลี่ยนแปลงหลังการใช้สารรมฟอสฟีน ตัวอย่างสารรมฟอสฟีนที่ขายในท้องตลาด ได้แก่ **Phostoxin**® (aluminium phosphide) มีในรูป tablets, pellets, tablet prepac และ ropes **Magtoxin**® (magnesium phosphide) มีให้เลือกใช้ในรูป Cels/Strips หรือ Prepacs **Detia**® มีในรูป fumex bags, belts และ blankets รายละเอียดดังนี้

ตัวอย่างสารรมฟอสฟีนรูปแบบต่าง ๆ

Phostoxin®		ขนาดบรรจุ	การให้ก๊าซฟอสฟีน	การใช้
Phostoxin Tablets		333 Tablets/Flask 21 Flasks/Case	แต่ละ tablet ให้ก๊าซฟอสฟีน 1 กรัม	สินค้าเกษตรที่เป็นวัตถุดิบ
Phostoxin Pellets		1660 Pellets/Flask 21 Flasks/Case	แต่ละ pellet ให้ก๊าซฟอสฟีน 0.2 กรัม	สินค้าเกษตรที่เป็นวัตถุดิบ
Phostoxin Prepac		33 Tablets/Prepac 48 Prepacs/Drum 1-4 Prepacs /Pouch		ใช้กับรถไฟบรรทุกสินค้า/container ที่เป็นสินค้าสำเร็จรูป/วัตถุดิบ
Phostoxin Prepac Rope		1056 Tablets /Rope 2 Ropes/Drum		ใช้รมพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีการเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป

Magtoxin®		ขนาดบรรจุ	การให้ก๊าซฟอสฟีน	การใช้
Magtoxin Fumi-Cel		1 Fumi-Cel/Pouch 120 Pouches/Drum	แต่ละ Cel ให้ก๊าซฟอสฟีน 33 กรัม	ใช้กับการรมรถไฟบรรทุกสินค้า หรือการรมใน container
Magtoxin Fumi-Strip		1 Fumi-Strip/Pouch 6 Pouches/Drum	แต่ละ Strip ให้ก๊าซฟอสฟีน 660 กรัม	ใช้กับการรมพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีการเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป
Magtoxin Spot Fumigant Prepac		Prepacs/Pouch Pouches/Drum		ใช้กับการรมเฉพาะจุด เช่นในโรงงานผลิตแป้งหรือโรงงานทำขนม

Detiaphos®		ขนาดบรรจุ	การให้ก๊าซฟอสฟีน	การใช้
Detiaphos Tablets		333 Tablets/Flask 21 Flasks/Case		
Detiaphos Pellets		1660 Pellets/Flask 21 Flasks/Case		
Detia Fumex Bags		แต่ละ Tyvek® Bag (ถุงเล็ก) บรรจุ 11 กรัม อลูมิเนียมฟอสไฟด์ 50 or 75 Bags/Drum		

3 อัตราการใช้

อัตราการใช้สารมฟอสฟีนรมผลิตผลเกษตร จะแตกต่างกันเล็กน้อยขึ้นกับชนิดของผลผลิตเกษตร และชนิดของแมลงศัตรูที่ต้องการกำจัด เนื่องจากผลิตผลเกษตรที่ต่างชนิดกันจะดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้ต่างกัน ส่วนแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรปัจจุบันบางชนิดสามารถสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน

ดังนั้นการกำจัดจึงต้องเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนมากขึ้น สำหรับคำแนะนำการใช้สารรมอลูมิเนียมฟอสไฟด์ทั่วไปมีดังนี้

อัตราที่ใช้สำหรับรมผลิตผลเกษตรทั่วไป คือ 2-3 เม็ด (tablet) ต่อผลิตผล 1 ตัน หรือ 1-2 เม็ด (tablet) ต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 ^{O}C

สำหรับข้าวเปลือกหรือผลิตผลที่มีการดูดซับแก๊สสูง ใช้อัตรา 3 เม็ด (tablet) ต่อ 1 ตัน ใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5-7 วัน แต่ถ้าอุณหภูมิขณะรมต่ำกว่า 20 ^{O}C ต้องใช้ระยะเวลาในการรมนานขึ้นเป็น 14 วัน

สำหรับแมลงที่เริ่มสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน เช่น มอดแป้ง มอดหนวดยาว ในบางพื้นที่ ต้องเพิ่มระยะเวลาในการรมเป็น 7-10 วันเพื่อกำจัดทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลง

หากต้องการรมผลิตผลเกษตรในระยะเวลาสั้น ไม่สามารถใช้ฟอสฟีนได้ ทั้งนี้เพราะฟอสฟีนต้องการระยะเวลาในการรมนาน 5-7 วัน เนื่องจากในการรมแต่ละครั้งจะต้องรักษาระดับความเข้มข้นของสารรมให้อยู่ในอัตราและระยะเวลาที่กำหนด เพื่อทำให้แมลงตาย การรมด้วยฟอสฟีนไม่สามารถลดระยะเวลาของการรมโดยเพิ่มระดับความเข้มข้นได้

เมื่อจะเลือกชนิดสารรมที่จะใช้เพื่อควบคุมศัตรูพืชหลังเก็บเกี่ยว สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงไม่เพียงแต่การกำจัดศัตรูพืชเท่านั้น แต่ต้องให้ความสำคัญกับผลกระทบที่มีต่ออาหารหรือผลผลิตที่ทำการรมด้วย โดยปรกติแล้วสินค้าเกษตรที่ผ่านการรมด้วยสารรมฟอสฟีนจะไม่เกิดความเสียหาย ทั้งในด้านความงอกของเมล็ดพันธุ์ กลิ่น รสชาติ สิ่งที่ปรากฏภายนอก และแม้แต่คุณสมบัติการบด การนำไปทำขนม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้บางประการ ดังนี้

4 ข้อจำกัดการใช้และคำเตือน

- ควรใช้ฟอสฟีนเป็นสารรมเมื่อ

1. สามารถรมภายในเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน
2. พบด้วงอิฐ *Trogoderma granarium*
3. ใช้ เมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) ไม่ได้ผล
4. ต้องการรมเมล็ดพันธุ์
5. เมื่อผลิตผลนั้นเคยรมด้วยเมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) มาก่อนนี้แล้ว
6. วัตถุที่เป็นก้อนแข็ง และผลิตผลที่บดอย่างหยาบๆ

- ไม่ควรใช้ฟอสฟีนเป็นสารรมเมื่อ

1. ผลิตผลที่สามารถดูดซับสูง เช่น แป้ง อาหารปลา เมล็ดพืชน้ำมันบางชนิด เช่น เมล็ดฝ้าย
2. พบว่าแมลงที่ต้องการกำจัดมีความต้านทานต่อฟอสฟีน
3. ในสถานที่ที่ใช้รมนั้นไม่สามารถอุดรอยรั่ว เพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ

4. ***อุณหภูมิต่ำกว่า 15 ^{o}C***
5. ต้องการป้องกันกำจัดในระยะเวลาที่รวดเร็ว น้อยกว่า 7 วัน
6. บริเวณที่จะปฏิบัติงานอยู่ใกล้ชิดกับบริเวณที่มีผู้พักอาศัย
7. พนักงานไม่ได้ผ่านการฝึกอบรมด้านการใช้สารรมฟอสฟีนและด้านความปลอดภัยที่เหมาะสม

คำเตือนและข้อแนะนำเพื่อความปลอดภัยในการรมด้วยฟอสฟีน

- ห้ามรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ในขณะที่รมด้วยสารรมฟอสฟีน
- สวมถุงมือในขณะขนย้าย หรือเปิดใช้สาร
- ห้ามสูดดมฝุ่นละอองของสาร หลีกเลี่ยงการจับต้องสาร หากผิวหน้าโดนสารให้ล้างด้วยสบู่และน้ำสะอาด หากเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำปริมาณมาก และพบแพทย์ทันที
- ผึ่งเสื้อผ้าและรองเท้าที่สวมใส่หลังจากปฏิบัติงานในที่ๆ มีอากาศถ่ายเทสะดวกก่อนนำไปทำความสะอาด
- ระวังไม่ให้สารเจือปนในอาหาร
- อย่าวางสารรมชนิดเม็ดซ้อนทับกันมากๆ ในขณะเตรียมการรมเพราะอาจทำให้เกิดการลุกไหม้
- ห้ามทิ้งสารตกค้างในถังหรือท่อระบายน้ำ ควรทำการลดปริมาณสารตกค้างในเถ้าฟอสฟีนด้วยการแช่ในน้ำโซดาไฟ หรือผงซักฟอก ก่อนการนำไปฝังกลบ
- ควรเก็บสารรมในสภาพอากาศเย็น แห้ง และถ่ายเทได้สะดวก และเก็บให้พ้นมือเด็ก
- ไม่เก็บสารรมใกล้น้ำหรือของเหลวเพราะอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาและเกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดได้
- ไม่เก็บสารรมใกล้วัตถุไวไฟ
- ห้ามใช้สารนี้ที่ระดับความเข้มข้นที่มากกว่า 1.8 % โดยปริมาตร (17,900 ppm หรือ 24.9 มล./ลิตร หรือ 24.9 g/m^3) เพราะอาจทำให้เกิดการลุกไหม้ได้
- ต้องติดป้ายประกาศเตือน ห้ามบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณพื้นที่รมยา โดยเด็ดขาด ยกเว้นมีการสวมเครื่องป้องกันอย่างรัดกุม

5 ประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีน

ฟอสฟีนเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูผลิตผลเกษตรสูง มีความหลากหลายและอัตราการใช้ที่เป็นทางเลือก ฟอสฟีนจึงมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้ เพื่อความสะดวก ง่าย มีประสิทธิภาพ และปลอดจากสารตกค้าง คุณสมบัติของผลิตผลเกษตรที่ความสำคัญ เช่น คุณสมบัติหลังการสี และคุณสมบัติการนำไปอบ หรือแม้แต่ความสามารถในการงอก กลิ่นและรสชาติ ไม่เปลี่ยนแปลงหลังการใช้สารรมฟอสฟีน แต่การใช้ต้องทำอย่างระมัดระวัง เนื่องจากมีความเป็นพิษสูงเช่นกัน

ระดับความเข้มข้นสูงสุด (The threshold limit value: TLV)

TLV คือ ระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่เป็นพิษ และที่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากฟอสฟีนเป็นก๊าซที่มีพิษร้ายแรงมาก มีความเป็นพิษต่อมนุษย์สูงเช่นเดียวกับแมลง ถ้าใช้ไม่ถูกต้อง สามารถเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้ ไม่ว่าจะเป็นก่อนการรม ระหว่างการรม และหลังการรม ดังนั้นผู้ใช้ควรมีความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติความเป็นพิษ และควรระมัดระวังในการ ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามเราสามารถได้กลิ่นของฟอสฟีนได้ แม้จะมีฟอสฟีนอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างต่ำ แต่ถ้าหากสงสัยหรือไม่แน่ใจว่ามีความเข้มข้นมากน้อยแค่ไหน ควรทำการตรวจหาความเข้มข้นของฟอสฟีน โดยการใช้เครื่องมือตรวจวัดก๊าซฟอสฟีน ซึ่งฟอสฟีนที่ระดับความเข้มข้นของฟอสฟีนต่างกัน จะมีความสำคัญต่างกัน แบ่งได้ดังนี้

ความเข้มข้นของฟอสฟีน (ppm)	**ความสำคัญ**	**ปลอดภัย**
0.3	TLV-TWA	
1.0	TLV-STEL	
1.0-1.5	รู้สึกได้กลิ่น	
10	ทนได้นานหลายชั่วโมง	
400-600	อันตรายต่อชีวิตหลัง ถูกสารรม 30-36 นาที	
2000	ตาย	**อันตราย**

เนื่องจากบุคคลมีความอ่อนแอแตกต่างกัน ผู้ปฏิบัติงานบางคนอาจได้รับผลกระทบเมื่อได้รับสารที่ความเข้มข้นเท่ากับหรือต่ำกว่าค่า TLV และอาจมีอาการรุนแรงถ้าร่างกายไม่สมบูรณ์แข็งแรง ค่า TLV เป็นข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ที่พบในโรงงาน และจากการศึกษาที่ได้มีการทดสอบกับมนุษย์และสัตว์ ควรใช้ค่านี้เป็นคู่มือเพื่อควบคุมอันตรายต่อสุขภาพ และไม่ควรละเลยเนื่องจากเป็นค่าที่ละเอียดอ่อนคั่นกลางระหว่างความปลอดภัยและความเป็นอันตราย

6 อาการของผู้ที่ได้รับพิษจากก๊าซฟอสฟีน

สารรมฟอสฟีนนอกจากจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ อันตรายที่เกิดอาจเป็นเพียงอาการเล็กน้อย แต่ในบางกรณีอาจรุนแรงจนถึงขึ้นเสียชีวิตได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ผู้เกี่ยวข้องกับสารรมฟอสฟีนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเพื่อจะได้ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น กลไกการเกิดพิษของก๊าซฟอสฟีนยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดแต่

อวัยวะเป้าหมายในการเกิดพิษเป็นอวัยวะที่สำคัญภายในร่างกายที่มีออกซิเจนผ่านมาก เช่น ปอด สมอง หัวใจ ไต และตับ เชื่อว่าการเกิดพิษน่าจะเกิดจากการยับยั้ง Electron transportation ใน mitochondria

ก๊าซฟอสฟีนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางระบบประสาท ซึ่งจะเกิดอาการต่างๆ ดังนี้ คือ ผู้ป่วยจะมีอาการคลื่นเหียน วิงเวียน อาเจียน หน้ามืด ตาลาย ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร ปวดในท้อง ลิ้นแข็ง พูดไม่ชัด เป็นต้น อาการดังกล่าวนี้จะไม่แสดงออกทันที แต่จะปรากฏภายหลังภายในเวลา 30 นาที ถึง 48 ชั่วโมงแล้วแต่ความต้านทานของแต่ละบุคคล (delay effects)

หากร่างกายได้รับก๊าซฟอสฟีนปริมาณเล็กน้อยจะเกิดอาการคลื่นเหียน วิงเวียน หูอื้อ อ่อนเพลีย คลื่นไส้ และเจ็บหน้าอก หากร่างกายได้รับก๊าซฟอสฟีนปริมาณปานกลางจะเกิดอาการอ่อนเพลีย อาเจียน เจ็บหน้าอก ท้องร่วง และหายใจติดขัด หากร่างกายได้รับก๊าซปริมาณมากจะมีผลต่ออวัยวะและระบบต่างๆ เช่น ตับ ไต ปอด ระบบประสาท และระบบหมุนเวียน การหายใจเอาก๊าซฟอสฟีนเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ปอดบวมและมีเลือดมาก เลือดออกในสมอง และเลือดคั่ง ถ้าได้รับก๊าซฟอสฟีนปริมาณสูงจะเกิดอาการภายใน 2-3 ชั่วโมง หรือ 2-3 วัน คือ ปอดบวม เนื่องจากมีน้ำคั่งในปอด และทำให้เกิดอาการตาลาย วิงเวียนศีรษะ ผิวหนังเป็นสีเขียวช้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน หมดสติ และเสียชีวิต

การปฐมพยาบาล นำผู้ป่วยออกจากจุดเกิดเหตุให้เร็วที่สุด ให้อยู่ในที่อากาศถ่ายเทดี นอนหัวสูงเล็กน้อย (Half-upright position) ถอดเสื้อผ้าที่คับแน่นออกเพื่อให้หายใจได้สะดวก ทำการล้างตัว ดูสัญญาณชีพโดยเฉพาะการหายใจ ใส่ท่อช่วยหายใจหากพบการหายใจล้มเหลว

- ให้ย้ายผู้ป่วยออกไปในที่ๆ มีอากาศบริสุทธิ์ อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่ควรให้คนมุง
- ควรจัดให้ผู้ป่วยอยู่ในท่าที่เหมาะสม โดยให้ผู้ป่วยนอนหงายและทำให้ทางเดินหายใจโล่ง
- ถ้าผู้ป่วยมีอาการรุนแรงจนถึงหยุดหายใจ ไม่สามารถหายใจได้เองให้ทำการช่วยหายใจ ห้ามใช้วิธีการช่วยหายใจแบบปากต่อปากเพราะอาจเป็นอันตรายแก่ผู้ช่วยชีวิตเองได้ ถ้าอยู่ในสถานที่ๆ มีห้องพยาบาลให้ใช้เครื่องมือในการช่วยหายใจ ให้ออกซิเจน และรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที
- ถ้าผู้ป่วยมีอาการชัก จัดท่าให้ผู้ป่วยนอนตะแคง เพื่อป้องกันการสำลักและการเกิดการอุดกั้นระบบทางเดินหายใจ คลายสิ่งที่รัดตัวอยู่ เช่น เสื้อผ้า เข็มขัด ให้หลวม จากนั้นให้ใช้วัสดุที่นุ่มแต่เหนียวพันด้วยผ้า เช่น ช้อนหรือไม้ เพื่อป้องกันผู้ป่วยกัดลิ้น
- ถ้าไม่มีอาการผิดปกติในทันที ให้สังเกตอาการผิดปกติต่างๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย หายใจไม่สะดวก ปากและปลายมือ-ปลายเท้าเขียว กล้ามเนื้ออ่อนแรง อัตราการเต้นของหัวใจช้าลง หน้ามืด เป็นลมหมดสติ ให้สังเกตอาการต่ออีกอย่างน้อย 6 ชั่วโมง และควรไปพบแพทย์ถ้ามีอาการผิดปกติ

บทที่ 4
อุปกรณ์การรม

การใช้สารรมฟอสฟีนให้มีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยสูงสุด จำเป็นต้องมีอุปกรณ์การรมที่เหมาะสม สามารถเก็บก๊าซในระดับความเข้มข้นที่ต้องการ และยาวนานพอที่จะกำจัดแมลงได้ดี และในการการรมต้องมีอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานด้วย เนื่องจากฟอสฟีนเป็นก๊าซพิษที่มีอันตรายสูงซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการรมด้วยสารรมฟอสฟีนมีดังต่อไปนี้

1. **โครงสร้างที่ใช้ในการรม**

โครงสร้างที่ใช้ในการรมอาจเป็นโครงสร้างถาวร หรือโครงสร้างแบบชั่วคราว สิ่งสำคัญคือโครงสร้างเหล่านี้ต้องสามารถปิดสนิทไม่ให้มีการเข้าออกของก๊าซ และสามารถเก็บกักก๊าซที่ใช้เป็นสารรมให้ความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ต้องการ ภายในระยะเวลาการรมที่กำหนด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูที่เป็นเป้าหมาย และป้องกันไม่ให้สารรมรั่วไหลออกสู่ภายนอกโครงสร้างที่ใช้ในการรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เนื่องจากสารรมทุกชนิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์แม้ที่ความเข้มข้นต่ำ

1.1 **โครงสร้างถาวร** เป็นโครงสร้างที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการรม เช่น ไซโล ตู้คอนเทนเนอร์ และโรงเก็บที่สามารถปิดสนิทได้

1.2 **โครงสร้างแบบชั่วคราว** เป็นการสร้างสภาพปิดสนิทอย่างชั่วคราวโดยใช้ผ้าพลาสติกด้วยที่เรียกว่า"การรมภายใต้พลาสติก" ซึ่งการรมภายใต้พลาสติกนี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่บรรจุอยู่ในกระสอบ ในตู้คอนเทนเนอร์ และที่เก็บรักษาอยู่ในโรงเก็บ

2. **อุปกรณ์ที่ใช้ในการรม**

- ผ้าพลาสติก (gas-proof sheet หรือ tarpaulin)
- ถุงทราย (sand snake)
- อุปกรณ์การปล่อยก๊าซ
- ถุงมือ
- อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ
- หน้ากากป้องกันก๊าซพิษ ตัวกรองสารพิษ
- สารรม
- ผ้าเทปสำหรับปิดรอยรั่ว
- ท่อเก็บตัวอย่างก๊าซ

2.1 **ผ้าพลาสติกสำหรับรมยา**

ผ้าพลาสติกสำหรับรมยา เป็นผ้าพลาสติกที่นำมาใช้ทำโครงสร้างชั่วคราว เพื่อเก็บกักก๊าซเอาไว้ภายในกองที่รม ในระยะเวลาที่รม

2.1.1. **คุณสมบัติของผ้าพลาสติกสำหรับรมยา**

- ทนทานต่อแสงอุลตราไวโอเลต และทนทานต่อการฉีกขาด
- คงสภาพที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 °C
- ก๊าซฟอสฟีนไม่สามารถผ่านได้ (การสูญเสียก๊าซต้องน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/วัน/ตารางเมตร)
- ก๊าซเมทิลโบรไมด์ไม่สามารถผ่านได้ (การสูญเสียก๊าซต้องน้อยกว่า 0.02 กรัม/วัน/ตารางเมตร)

2.2.2. **การเลือกใช้ผ้าพลาสติกสำหรับรมยา** ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้

- ผ้าพลาสติกหนา 0.1 มิลลิเมตร เหมาะสมหรับการใช้เพียงครั้งเดียว ผ้าพลาสติกชนิดนี้ไม่สามารถนำมาใช้รมด้วยเมทิลโบรไมด์ภายใต้สภาพอากาศร้อน
- ผ้าพลาสติกหนา 0.2 มิลลิเมตร สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ แต่ต้องได้รับการดูแลอย่างดีไม่ให้มีรอยฉีกขาดหรือรูรั่ว
- ผ้าพลาสติกควรมีน้ำหนักเบาพอที่จะยกได้

2.2.3. **การคำนวณขนาดของผ้าพลาสติกสำหรับรมยา** ทำได้ดังนี้

- วัดความสูง ความกว้าง และความยาวของกอง
- เพื่อให้ได้ความกว้างที่ต้องการทำการคำนวณดังนี้

  ความกว้าง = (ความกว้าง + 2) x (ความสูง + 2 เมตร)
- เพื่อให้ได้ความยาวที่ต้องการทำการคำนวณดังนี้

  ความยาว = (ความยาว + 2) x (ความสูง + 2 เมตร)

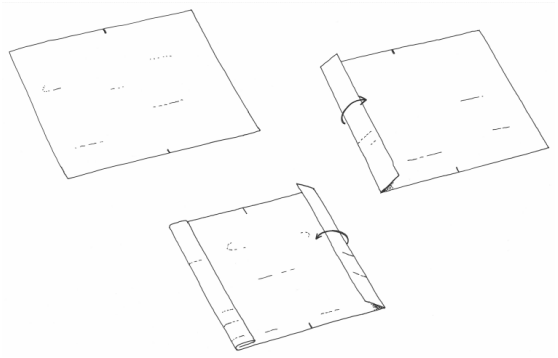
ความยาว 2 เมตรที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้มีบริเวณรอบๆ กองกว้างประมาณ 1 เมตร ทำให้สามารถทับน้ำหนักลงไป เพื่อปิดกั้นการผ่านเข้าออกของอากาศได้ดี

2.2.4. **ข้อควรระวังในการใช้ผ้าพลาสติกสำหรับรมยา**

ผ้าพลาสติกสำหรับรมยาจะต้องมีการใช้ด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้เกิดการฉีกขาดจนทำให้ก๊าซสามารถผ่านเข้าออกได้ มีข้อควรระวังดังต่อไปนี้

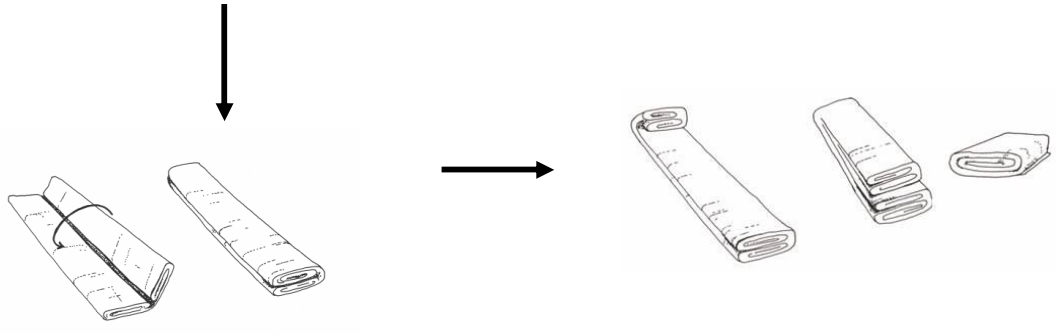
- ต้องไม่ลากผ้าพลาสติกไปบนพื้นที่หยาบ บนไม้ pallet หรือบนพื้น การเคลื่อนย้ายต้องใช้การยกตลอดเวลา เนื่องจากการลากผ้าพลาสติกอาจทำให้ผ้าพลาสติกเสียหายได้ และเป็นการลดคุณภาพของผ้าพลาสติก
- ต้องไม่กระชากผ้าพลาสติกแรงเกินไป ในขณะที่คลุมกองผลิตผลเกษตร เนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้เกิดการฉีกขาดและยากแก่การซ่อมแซม

- หลีกเลี่ยงการเดินบนผ้าพลาสติก เนื่องจากจะทำให้เกิดรูรั่วหากมีก้อนหินก้อนเล็กๆ อยู่บนพื้น
- การเก็บที่ดีและการเคลื่อนย้ายผ้าพลาสติกด้วยความระมัดระวังจะป้องกันความเสียหายของผ้าพลาสติก และสามารถการยืดอายุการใช้งานได้
- การเก็บต้องใช้การม้วนเข้าหากันให้เรียบร้อยและเก็บบนไม้ pallet ผ้าพลาสติกที่ดูแล ไม่ดีและวางกองไว้บนพื้นอาจเกิดความเสียหายจากการกัดแทะของหนู
- ต้องทำการตรวจสอบผ้าพลาสติกใหม่ก่อนที่จะใช้ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่ได้รับความเสียหายในระหว่างการขนส่ง
- ต้องพับผ้าพลาสติกอย่างถูกต้อง การพับผ้าพลาสติกอย่างถูกต้องจะสามารถคลี่ออกได้โดยง่ายด้านบนของกอง จากนั้นเปิดออกเพื่อคลุมกองผลิตผลเกษตร
- ในการปฏิบัติการรมที่ดีผ้าพลาสติกจะต้องยกและถือไป ห้ามลากผ้าพลาสติกไปตามพื้นโดยเด็ดขาด ผ้าพลาสติกจะต้องปิดทับให้แนบสนิทไปกับพื้น ซึ่งทำได้โดยการใช้น้ำหนักทับลงไป เพื่อให้สัมผัสแนบสนิทกับพื้น การใช้ถุงทรายจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด



วิธีการเก็บผ้าพลาสติก

พับชายผ้าพลาสติกทั้งสองด้านเข้าหากันตรงกึ่งกลางผ้า จากนั้นม้วนพับด้านยาวของผ้าอีกครั้ง



2.2.5. การตรวจสอบและซ่อมแซมผ้าพลาสติกสำหรับรมยา

- ต้องทำการตรวจสอบผ้าพลาสติกสำหรับรมยาเป็นประจำ คือ ก่อนและหลังการรมยาทุกครั้งต้องมีการตรวจสอบผ้าพลาสติกสำหรับรมยา หากพบรูรั่วหรือรอยฉีกขาดต้องทำการซ่อมแซมทันที

- การตรวจสอบรูรั่วหรือรอยฉีกขาดที่ดีที่สุดคือแขวนผ้าพลาสติกไว้บนท่อขนาดยาวภายในโรงเก็บ และตรวจสอบกับแสงโดยการเปิดประตู ด้วยวิธีการนี้จะสามารถตรวจสอบรูรั่วและรอยฉีกขาดได้โดยง่าย โดยแสงจะส่องผ่านรูรั่วหรือรอยฉีกขาดนั้น
- การซ่อมแซมรูรั่วหรือรอยฉีกขาดขนาดเล็กทำโดยใช้ผ้าเทปปิดทั้งสองด้านของผ้าพลาสติก ถ้าเป็นรอยฉีกขาดที่ใหญ่ให้ใช้ผ้าพลาสติกชนิดเดียวกันนำมาซ่อมแซมโดยการทากาวให้ติดกัน ต้องใช้กาวชนิดพิเศษที่ใช้สำหรับการติดผ้าพลาสติกเท่านั้น
- การซ่อมแซมโดยใช้ผ้าเทปเป็นการซ่อมแซมแบบชั่วคราว ควรจะเปลี่ยนเป็นการซ่อมแซมแบบถาวรทุกครั้งที่มีการตรวจสอบผ้าพลาสติก เนื่องจากการใช้เทปผ้าหรือผ้าพลาสติกรมยาผืนเล็กๆแปะติดไปกับผ้าพลาสติกโดยใช้กาวยางมีแนวโน้มที่จะหลุดออกในเวลาอันรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการรมกลางแจ้ง หรือเมื่อได้รับความร้อน
- การซ่อมแซมแบบถาวรสามารถทำได้ด้วยการใช้กาวซึ่งใช้สำหรับการปะผ้าพลาสติก เช่น การใช้ผ้าพลาสติกที่เป็น PVC ก็ควรใช้กาวที่สามารถทำละลาย PVC ได้
- ห้ามเย็บแผ่นพลาสติกที่จะนำมาซ่อมแซมรูรั่วติดกับผ้าพลาสติกรมยาโดยเด็ดขาด เนื่องจากรูที่เกิดจากเข็มจะทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซและทำให้ผ้าพลาสติกไม่แข็งแรงและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดรอยฉีกขาดที่ใหญ่ขึ้น

2.2.6. **การเชื่อมต่อผ้าพลาสติก**

- บางครั้งมีความต้องการใช้ผ้าพลาสติกมากกว่าหนึ่งผืนในการคลุมกองผลิตผลเกษตร ซึ่งขนาดของผ้าพลาสติกทำให้มีขนาดเท่าไหร่ก็ได้โดยการเชื่อมต่อผ้า แต่ถ้าเป็นไปได้ควรจะใช้ผ้าพลาสติกผืนเดียวคลุมกองในการรมยา เนื่องจากเป็นการลดโอกาสในการรั่วไหลของก๊าซในช่วงเวลาของการรม และเพื่อป้องกันการฉีกขาดของผ้าพลาสติกรอยต่อต้องทำให้มีความแข็งแรง ตรวจสภาพของผ้าพลาสติกทุกครั้งก่อนการใช้งาน ถ้ามีรูรั่วหรือรอยฉีกขาดจะต้องซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดี
- บริเวณรอยต่อของผ้าพลาสติกตามปกติแล้วจะเป็นจุดที่อ่อนแอที่สุดของกองที่รม เป็นจุดที่มักจะเกิดการรั่วไหลของก๊าซ ด้วยเหตุนี้การเชื่อมต่อผ้าพลาสติกควรจะทำตามแนวดิ่ง ซึ่งก็คือจากพื้นด้านบนลงมายังพื้นด้านล่างของอีกด้านหนึ่งของกอง
- การเชื่อมในแนวนอน คือ การทำการเชื่อมรอบๆกอง จะต้องทำด้วยความระมัดระวังอย่างยิ่ง ตามปกติแล้วไม่ควรจะทำการต่อเชื่อมผ้าพลาสติกในแนวนี้เมื่อรมผลิตผลเกษตรที่บรรจุอยู่ในกระสอบ
- เมื่อไหร่ก็ตามที่จำเป็นต้องทำการเชื่อมต่อผ้าพลาสติก จะต้องไม่ทำให้ผ้าพลาสติกแยกออกจากกันเพื่อให้สามารถเก็บกักก๊าซได้

การเชื่อมต่อผ้าพลาสติก ทำได้ดังนี้

- ดึงผ้าพลาสติกผืนแรกออกมาประมาณ 1 เมตร วางผ้าพลาสติกผืนที่สองลงบนกอง และให้ชายของมันวางลงบนชายของผ้าพลาสติกที่ผืนแรก
- ม้วนบริเวณที่ผ้าซ้อนทับกันให้แน่นที่สุดเท่าที่จะแน่นได้ ควรใช้ท่อนไม้แคบๆ ช่วยในการม้วน ไม้ที่ช่วยในการม้วนนี้อาจทำจากไม้อัดที่มีความกว้าง 4-5 เซนติเมตร
- หลังจากที่ม้วนแล้วให้ดึงไม้ออกจากนั้นยึดผ้าพลาสติกให้ติดกันด้วยตัวหนีบเพื่อไม่ให้ผ้าพลาสติกหลุดออกจากกัน
- ใช้ถุงทรายช่วยทับบริเวณผ้าพลาสติกที่ม้วนเชื่อมกันที่ด้านบนของกอง แต่กรณีที่เป็นด้านข้างของกองต้องใช้ตัวหนีบในการช่วยยึด ควรจะหนีบตัวหนีบทุกๆ 20 เซนติเมตร
- ที่ระดับพื้นผ้าพลาสติกที่ม้วนไว้ด้วยกันควรทำให้แบนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ถุงทรายทับให้ติดแนบสนิทไปกับพื้นเพื่อให้ปิดได้สนิท

2.2.7. **การเก็บรักษาผ้าพลาสติกสำหรับรมยา**

- การดูแลรักษาผ้าพลาสติกสำหรับรมยาควรจะทำการม้วนเก็บ
- ควรเก็บรักษาในห้องที่ไม่มีสัตว์จำพวกหนู เนื่องจากบางครั้งหนูจะมาทำรังภายในม้วนผ้าพลาสติก ทำให้ผ้าพลาสติกเกิดความเสียหายจากการกัดแทะของหนู
- หากไม่ได้เก็บผ้าพลาสติกอย่างถูกวิธีและไม่มีการตรวจสอบเป็นประจำ ก็อาจเกิดความเสียหายแก่ผ้าพลาสติกและทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

2.3 วัสดุที่ใช้ในการทับชายผ้าพลาสติก

ในปัจจุบันนี้สิ่งที่มีน้ำหนักที่นำมาใช้ในการทับชายผ้าพลาสติกมีหลายชนิด ได้แก่ ถุงทราย โซ่ ไม้ม้วนกระสอบ และกระสอบบรรจุผลิตผลเกษตร

ถุงทราย ถุงทรายเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติกกับพื้นของกองที่รม ถุงทรายควรจะเป็นถุงที่ทำแบบง่ายๆ ในลักษณะเป็นหลอดแล้วใส่ทรายเข้าไปภายใน ถุงทรายเป็นสิ่งที่ดีที่สุดในการใช้สำหรับการปิดผนึกเนื่องจาก มีความยืดหยุ่นและสามารถกดลงบนพื้นที่ไม่เรียบมากได้ มีลักษณะนิ่ม ดังนั้นจึงไม่ทำให้ผ้าพลาสติกเสียหาย ให้น้ำหนักที่มากในบริเวณเล็กๆ นอกจากนี้ยังทำได้ง่าย และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ถุงทรายทำได้จากวัสดุได้หลายชนิด

- ถุงพลาสติกสามารถนำมาตัดให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวที่เหมาะสม จากนั้นเติมทรายแห้งเข้าไปภายในแล้วผูกปมที่ด้านปลาย
- ผ้าใบเก่านำมาเติมทรายทำเป็นถุงทรายได้

- ผ้าพลาสติกรมยาที่ไม่ใช้แล้วสามารถนำมาตัดเป็นชิ้นให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและเย็บเข้าด้วยกันให้เป็นถุงทราย
- กระสอบหรือถุงปุ๋ย สามารถนำมาตัดและเย็บให้ได้ขนาดที่เหมาะสมในการใช้งาน

ข้อควรระวังถุงทรายต้อง

- ไม่ยาวหรือหนักเกินไป และสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยง่าย
- มีน้ำหนักมากพอในการทับชายผ้าพลาสติกให้แนบสนิทกับพื้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่พื้นผิวโรงเก็บไม่เรียบ
- ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 เซนติเมตร
- ไม่ควรเติมทรายมากว่า 85-90% ของความจุ และต้องใช้ทรายที่แห้ง การเติมทรายที่ถูกต้อง ถุงทรายต้องสามารถโค้งงอได้ และมีทรายกระจายเต็มไปตามความยาวของถุงทราย ถ้าเติมทรายจนเต็มแน่นมันจะไม่สามารถโค้งงอได้ แต่ถ้าเติมทรายน้อยเกินไปแม้ว่าสามารถโค้งงอได้ แต่จะมีน้ำหนักน้อยเกินไปในการทับชายผ้าพลาสติกเนื่องจากด้านในมีปริมาณทรายไม่มากพอ

โซ่ บางครั้งมีการนำโซ่มาใช้ในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติก ไม่แนะนำให้ใช้โซ่ในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติก เนื่องจากมีข้อเสีย คือ

- ไม่สามารถทำให้การปิดผนึกสนิทเหมือนถุงทราย เนื่องจากมีช่องว่างในบริเวณรอยต่อของโซ่ ทำให้น้ำหนักที่ทับลงบนชายผ้าพลาสติกไม่ต่อเนื่อง
- หากโซ่ตกลงบนผ้าพลาสติกจะทำให้เกิดรูรั่วเล็กๆ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการรั่วไหลของก๊าซ

ไม้ ไม่แนะนำให้ใช้ไม้ในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติก เนื่องจากไม้ไม่มีความยืดหยุ่นและไม่สามารถโค้งงอได้ ทำให้ไม่สามารถกดทับชายผ้าพลาสติกให้แนบสนิทไปกับพื้น ทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซ

ม้วนกระสอบ กระสอบเปล่าที่นำมาม้วนและมัดเข้าไว้ด้วยกัน บางครั้งนำมาใช้ในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติก ซึ่งม้วนกระสอบในลักษณะนี้มีน้ำหนักไม่มากพอที่จะกดให้ผ้าพลาสติกปิดสนิทอยู่กับพื้น ทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซออกจากกองที่รม นอกจากนี้บางครั้งกระสอบเปล่ายังคงมีเศษผลิตผลเกษตรเหลืออยู่ ทำให้เป็นที่หลบซ่อนของแมลงซึ่งถึงแม้มีจำนวนเล็กน้อย แต่ก็สามารถเป็นสาเหตุให้เกิดการเข้าทำลายของแมลงซ้ำได้อย่างรวดเร็วภายหลังเสร็จสิ้นการรม ดังนั้นไม่แนะนำให้ใช้ม้วนกระสอบในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติก

กระสอบบรรจุผลิตผลเกษตร ห้ามใช้กระสอบบรรจุผลิตผลเกษตรมาใช้ในการปิดผนึกชายผ้าพลาสติก เนื่องจากไม่สามารถทำให้การปิดผนึกสนิทเหมือนถุงทราย เพราะมีช่องว่างในบริเวณรอยต่อของ

กระสอบ ทำให้น้ำหนักที่ทับลงบนชายผ้าพลาสติกไม่ต่อเนื่อง และอาจมีการเข้าทำลายของแมลงในกระสอบผลิตผลเกษตร ทำให้เกิดการระบาดของแมลงซ้ำได้อย่างรวดเร็วหลังเสร็จสิ้นการรม

2.4 **เครื่องมือในการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ** (Monitoring equipment)

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซมีมากมายหลายชนิด ต้องใช้ให้เหมาะสมกับก๊าซและระดับความเข้มข้นที่จะทำการวัด เครื่องมือในการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซมีทั้งแบบที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และแบบที่ใช้ได้หลายครั้ง คือ เป็นเครื่องมืออิเลคทรอนิค

-เครื่องมือสำหรับดูดก๊าซ (Gas detector) **และหลอดวัดก๊าซ** (Gas detector tubes)

เครื่องมือสำหรับดูดก๊าซ (gas detector) และหลอดวัดก๊าซ (gas detector tubes) มีการผลิตจากหลายบริษัท แต่ละบริษัทก็จะทำหลอดวัดก๊าซ และเครื่องมือสำหรับดูดก๊าซเป็นชุดเฉพาะของแต่ละยี่ห้อ โดยหลอดวัดก๊าซแต่ละหลอดจะใช้ได้เพียงครั้งเดียว ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก นอกจากนี้ต้องทำความเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้เพื่อให้การอ่านค่าจากหลอดวัดก๊าซทุกชนิดถูกต้อง

- ต้องแน่ใจว่าหลอดวัดก๊าซถูกต้องตรงกับก๊าซที่จะวัด
- ต้องแน่ใจว่าหลอดวัดก๊าซยังไม่หมดอายุ
- ต้องแน่ใจว่าหลอดวัดก๊าซวัดอยู่ในช่วงความเข้มข้นที่จำเป็นต้องใช้
- ใช้หลอดวัดก๊าซและเครื่องมือสำหรับดูดก๊าซที่ผลิตจากบริษัทเดียวกัน เนื่องจากถ้าใช้จากต่างบริษัทอาจทำให้ค่าที่อ่านได้เกิดความผิดพลาด
- ต้องแน่ใจว่าเครื่องมือสำหรับดูดก๊าซไม่มีการรั่ว
- ต้องทำความสะอาดท่อที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างก๊าซก่อนทำการสุ่มตัวอย่างก๊าซ
- ต้องแน่ใจว่าท่อที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างก๊าซไม่มีการอุดตัน

เครื่องวัดความเข้มข้นของสารรม แบบปั๊มวัดความเข้มข้น

-เครื่องวัดก๊าซแบบ electronic

เครื่องวัดก๊าซแบบ electronic ที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนและเมทิลโบรไมด์ มีการผลิตจากหลายบริษัท เครื่องวัดก๊าซชนิดนี้สามารถวัดความเข้มข้นและเก็บข้อมูลเอาไว้ในเครื่องได้ แต่การวัด

อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เช่น ในการวัดความเข้มข้นของสารรมเมทิลโบรไมด์อาจเกิดการอ่านค่าผิดพลาดได้หากระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจเกิดสะสมขึ้นภายในกองที่รม เนื่องมาจากกิจกรรมของแมลง หรือผลิตผลเกษตรมีความชื้นสูง หรือบางครั้งอาจใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการรักษาระดับความดันภายในถังบรรจุเมทิลโบรไมด์ และเครื่องวัดก๊าซฟอสฟีนแบบ electronic จะค่อนข้างอ่อนไหวต่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยต้องมีตัวกรองก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ การปฏิบัติการรมที่ดี ต้องทำการตรวจสอบการอ่านค่าของเครื่องวัดก๊าซแบบ electronic เปรียบเทียบกับการใช้หลอดวัดก๊าซ

การดูแลรักษาเครื่องวัดก๊าซแบบ electronic

เครื่องวัดก๊าซแบบ electronic จะต้องมีการปรับค่ามาตรฐานใหม่เป็นประจำ เพื่อให้แน่ใจว่ามีประสิทธิภาพ เครื่องวัดก๊าซบางชนิดสามารถดูดซับความชื้นและคาร์บอนไดออกไซด์ ต้องมีการตรวจเช็คและเปลี่ยนตัวกรองอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือนั้นทำงานอย่างเหมาะสมและถูกต้อง

เครื่องวัดความเข้มข้นของสารรม แบบปั๊มวัดความเข้มข้น แบบอิเลคทรอนิคส์

2.6 ท่อสำหรับสุ่มตัวอย่างก๊าซ

การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซภายในกองที่รมต้องทำการปั๊มก๊าซจำนวนหนึ่งออกมาจากกองที่รม ตัวอย่างก๊าซจะถูกดูดออกมาจากภายในกองที่รมผ่านทางท่อเก็บตัวอย่างก๊าซ ชนิดและขนาดของท่อที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตาม เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อต้องไม่ใหญ่เกินไป เนื่องจากหากใหญ่เกินไปปริมาตรของอากาศจำนวนมากจะถูกดูดออกมาจากท่อที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก๊าซ ก่อนที่จะดูดก๊าซจริงๆได้ ท่อ nylon hydraulic เป็นท่อที่มีความยืดหยุ่นเหมาะสมในการนำมาใช้สุ่มตัวอย่างก๊าซ และควรใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2-5 มิลลิเมตร เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีในการเก็บตัวอย่างก๊าซ

2.7 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

2.7.1 อุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจ

ต้องสวมใส่อุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจทุกครั้งที่เข้าไปในสถานที่ที่เสี่ยงต่อการได้รับฟอสฟีนซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานด้านความปลอดภัยในการทำงาน (TLV) ในการเปิดภาชนะที่บรรจุสารที่ให้ฟอสฟีนต้องหันปากภาชนะบรรจุออกจากลำตัว เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการได้รับฟอสฟีนที่ความเข้มข้นสูงที่มาจากภาชนะบรรจุ

ผู้ที่ทำการรม และบุคคลที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องซึ่งมีความเสี่ยงในการได้รับฟอสฟีนเกินกว่าค่าความปลอดภัยควรมี

- หน้ากากกันแก๊สพิษชนิดเต็มหน้า และ ตลับกรองแก๊สฟอสฟีน
- อุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจชนิดมีถังอากาศติดตัว (self-contained breathing apparatus, SCBA)
- ต้องสวมอุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจตลอดเวลา เมื่อตรวจพบว่าค่าของฟอสฟีนที่วัดได้เกินค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน

อุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้จะต้องมีพร้อมใช้อยู่เสมอ และต้องบันทึกการใช้งานทุกครั้ง

2.7.2 ตลับกรองแก๊สฟอสฟีน (canister respirator)

ตลับกรองที่ใช้นั้นจะต้องเป็นชนิดที่ได้รับการผลิตมาเพื่อใช้กับฟอสฟีนโดยเฉพาะ ซึ่งต้องตรวจสอบฉลากที่กำกับมากับตลับกรอง หรือสอบถามจากเจ้าหน้าที่เทคนิคของผู้แทนจำหน่าย โดยก่อนการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ต้องทำการตรวจสอบว่าหน้ากากนั้นแนบสนิทกับใบหน้าหรือไม่ เพื่อป้องกันมิให้แก๊สเข้ามาทางรอยรั่ว ซึ่งทำการทดสอบโดยการใช้ฝ่ามือปิดท่อที่จะต่อเข้ากับตัวกรองอากาศ แล้วทำการหายใจลึกๆ เพื่อให้เกิดความดันลบขึ้นภายในหน้ากากและจับเวลา โดยความดันลบนี้ต้องคงสภาพยาวนานเกิน 15 วินาที

ผู้ที่ปฏิบัติงานการรมนั้นต้องไม่ไว้ผมยาว ไว้เครา และ/หรือ ไว้จอนหนา เนื่องจากหน้ากากอาจไม่แนบสนิทกับใบหน้าทำให้ไม่สามารถป้องกันแก๊สซึมเข้าไปได้ ผู้ที่ไว้ผมยาว เครา จอนต้องตัดเล็มให้สั้นหรือโกนออก เพื่อให้ผิวหนังได้สัมผัสกับขอบยางของหน้ากากอย่างเต็มที่ และทำให้มีทัศนะวิสัยที่ดี

หากใช้อุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจชนิดนี้ต้องตรวจสอบอายุของการใช้งานของอุปกรณ์ด้วย

ตลับกรองแก๊สจะต้องเปลี่ยนเมื่อ:

- หมดอายุการใช้งานตามที่ระบุบนฉลาก
- หรือ ระยะเวลาการใช้งานนั้นเกินกว่าระยะเวลาการใช้งานที่ระบุในเอกสารกำกับสินค้า
- วันหมดอายุของตลับกรองแก๊สนั้นดูได้จากวันที่ที่ระบุบนบรรจุภัณฑ์

ตลับกรองแก๊สต้องเก็บรักษาในสถานที่ที่เย็น แห้ง และระบายอากาศได้ดี ไม่อยู่ใกล้กับบริเวณที่อาจเกิดการปนเปื้อนของสารรมใดๆ ซึ่งมีข้อควรระวังต่อไปนี้:

- ต้องบันทึกวันที่ที่เปิดผนึกตลับกรองแก๊ส เพื่อต่อเข้ากับหน้ากากกันแก๊ส โดยการบันทึกบนตลับกรอง เพื่อจะเป็นข้อมูลของตลับกรองอันนั้น
- ก่อนเริ่มใช้งาน เมื่อเปิดผนึกด้านล่างของตลับกรอง ต้องบันทึกวันที่และเวลาที่เริ่มใช้งาน
- ควรทำลาย ตลับกรองแก๊สทันที ที่มีการใช้ตลับกรองในสถานที่ที่มีแก๊สพิษในระดับความเข้มข้นต่ำเป็นระยะเวลานาน หรือ เกิดเหตุการณ์ที่ทำให้ได้รับแก๊สพิษในระดับสูงแนวทางในการปฏิบัติสำหรับการใช้ตลับกรองแก๊สที่ถูกต้อง คือทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากการได้รับแก๊สอันตราย
- ตลับกรองที่หมดสภาพแล้ว ควรทำลายทิ้งเพื่อป้องกันมิให้นำมาใช้อีก
- ไม่ควรใช้ตลับกรองที่มีสภาพภายนอกไม่สมบูรณ์ เช่น มีรอยบุบ หรือ แตก
- ในการทำความสะอาดหน้ากากควรระวังไม่ให้น้ำเข้าในตลับกรองแก๊ส เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติทำลายความสามารถในการกรองแก๊ส

2.7.3 **ชุดอุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจชนิดที่มีถังอากาศติดตัว** (SCBA)

อุปกรณ์ชนิดผู้ประกอบการควรมีไว้เพื่อใช้แทนหน้ากากที่มีตลับกรองแก๊ส กรณีที่หน้ากากกรองแก๊สมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ เนื่องจากความเข้มข้นของ ฟอสฟีนสูงมาก และผู้ที่ปฏิบัติงานต้องทำงานยาวนานติดต่อกัน

ผู้ที่ใช้ชุดอุปกรณ์ชนิดนี้ต้องได้รับการอบรมในการใช้โดยผู้ผลิตอุปกรณ์ดังกล่าว และต้องมีการทดสอบความสามารถในการป้องกันแก๊สเช่นเดียวกับหน้ากากชนิดที่มีตลับกรองแก๊ส

ผู้ที่สวมใส่อุปกรณ์ชนิดนี้จะต้องมีการตรวจสอบว่าหน้ากากนั้นใส่ถูกต้อง แนบสนิทกับใบหน้าหรือไม่ เพื่อป้องกันแก๊สซึมเข้าทางบริเวณรอบใบหน้า สามารถทำการทดสอบโดยการใช้ฝ่ามือปิดท่อที่จะต่อเข้ากับถังอากาศ แล้วทำการหายใจลึกๆเพื่อให้เกิดความดันลบขึ้นภายในและจับเวลา โดยความดันลบนี้ต้องคงสภาพยาวนานเกินกว่า 15 วินาที

หลักปฏิบัติก็เช่นเดียวกับ การใช้หน้ากากชนิดที่มีตลับกรองแก๊ส

ก่อนการรม และก่อนการใช้ชุดอุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจชนิดที่มีถังอากาศติดตัวทุกครั้ง จะต้องทำการตรวจมาตรวัดความดันเสมอเพื่อให้แน่ใจว่ามีอากาศที่เพียงพอแก่การหายใจในระหว่างการปฏิบัติงาน และอากาศที่เติมในท่ออากาศดังกล่าวต้องมาจากเครื่องที่คอมเพรสเซอร์เป็นระบบที่ไม่ใช้น้ำมันหล่อลื่นต้องมีท่ออากาศสำรองไว้ในบริเวณที่ปฏิบัติงาน

ต้องมีการบันทึกข้อมูลการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวทุกครั้ง

หน้ากากป้องกันก๊าซพิษ

Self-contained breathing apparatus

บทที่ 5
วิธีการรม

การรมเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การรมที่มีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ผู้ปฏิบัติการรมจำต้องมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการรมอย่างถูกต้อง ตั้งแต่การเตรียมการก่อนการรม จนถึงการจัดการเมื่อเสร็จสิ้นการรม ซึ่งทั้งกระบวนการรมมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมการสำหรับรมยา

1.1 **สถานที่สำหรับรมยา** ควรมีการระบายอากาศที่ดี มีที่กำบังลมและฝน และสามารถป้องกันอุณหภูมิต่ำได้

1.2 **พื้น** บริเวณพื้นของสถานที่ๆ จะทำการรมยาอากาศจะต้องผ่านเข้าออกไม่ได้เพื่อให้สามารถเก็บกักก๊าซในระดับความเข้มข้นที่ต้องการเอาไว้ได้ตลอดระยะเวลาการรม

พื้นผิวที่เหมาะสมในการรมยา

- พื้นคอนกรีตที่ไม่มีรอยแตกเป็นพื้นผิวที่เหมาะสำหรับการรมเพราะสามารถเก็บกักก๊าซไว้ได้ดี และพื้นผิวต้องไม่มีรอยแยก หรือมีท่อระบายน้ำหรือสิ่งอื่นๆ ที่เป็นช่องทางให้ก๊าซรั่วไหลออกไปภายนอกกองที่รม
- พื้นที่ๆ จะใช้เป็นที่สำหรับรมยาต้องมีพื้นผิวเรียบ ไม่มีหินและวัตถุที่คม เพื่อให้สามารถทำการปิดผนึกระหว่างผ้าพลาสติกและผิวหน้าของพื้นให้สนิทเพื่อไม่ให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้

พื้นผิวไม่เหมาะสมในการรมยา

- พื้นดินเหนียว พื้นทราย พื้นหินที่มีรอยแตก เป็นพื้นผิวที่ไม่เหมาะสำหรับการรม

การแก้ไขพื้นผิวที่ไม่เหมาะในการรมยา

- พื้นคอนกรีตถ้ามีรอยแตกต้องทำความสะอาด และปิดรอยแตกด้วยซีเมนต์
- ถ้าทำจากคอนกรีตคุณภาพไม่ดีไม่สามารถเก็บกักก๊าซได้ ต้องทำการเคลือบและปิดด้วยวัสดุที่เหมาะสม
- หากไม่สามารถซ่อมแซมพื้นผิวได้และยังมีความจำเป็นต้องทำการรมยา ต้องทำการ ปูพื้นด้วยผ้าปูรองพื้น (floor sheet) เพื่อให้สามารถเก็บกักก๊าซได้ การปูผ้ารองพื้นต้องให้เหลือพื้นที่ของผ้าพลาสติกประมาณ 1 เมตร เลยจากกองผลิตผลเกษตร เพื่อให้ผ้าปูรองพื้นและผ้าพลาสติกที่ใช้คลุมรมยาสามารถปิดผนึกสนิทไม่ให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้

1.3 **การวัดขนาดกองผลิตผลเกษตร** การวัดขนาดของกองให้วัด ความกว้าง x ความยาว x ความสูง เพื่อ

- คำนวณปริมาตรของกองผลิตผลเกษตรเพื่อนำไปคำนวณปริมาณสารรมที่ใช้ ปริมาตรของกองที่รมคือพื้นที่ทั้งหมดภายใต้ผ้าพลาสติก
- คำนวณขนาดของผ้าพลาสติก

1.4 **การสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตผลเกษตร** สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตผลเกษตรที่จะรมโดยสุ่มตัวอย่างรอบกองเพื่อตรวจดูชนิดและปริมาณของแมลงที่เข้าทำลาย

1.5 **ฐานรองพื้น** (Pallets) ผลิตผลเกษตรควรกองอยู่บนฐานรองพื้น ในกรณีที่ใช้ผ้าปูรองพื้นต้องตรวจสอบด้านล่างของฐานรองพื้นแต่ละอันก่อนที่จะวางลงบนผ้าปูรองพื้น ถ้าพบตะปูหรือวัตถุอื่นๆ ที่อาจทำให้ผ้าปูรองพื้นขาดต้องเอาออกให้หมด

1.6 **แรงงานที่ต้องใช้ในการรม** จำนวนแรงงานที่ต้องการขึ้นอยู่กับขนาดของการรมแต่ละครั้ง แต่ต้องมีผู้ปฏิบัติงานอย่างน้อย 2 คน ในกรณีที่ใส่สารรมเข้าสู่กองที่รม และปล่อยก๊าซออกจากกองที่รม โดยผู้ปฏิบัติการรมคนหนึ่งจะต้องเป็นผู้ชำนาญด้านการรมและมีคุณสมบัติเหมาะสม นอกจากนี้ในกรณีฉุกเฉินมีผู้ได้รับอันตรายจากสารรม จะต้องมีคนช่วยเหลือหนึ่งคน ซึ่งบุคคลนี้จะต้องเป็นบุคคลที่ไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย และมีหน้าที่เพียงอย่างเดียวคือไปตามผู้อื่นมาช่วยเหลือให้ทันท่วงที

2.ขั้นตอนการรม

2.1 **ปูผ้ารองพื้น** (floor sheet) ใช้ในกรณีที่พื้นผิวของสถานที่รมไม่เหมาะสม ไม่เรียบ มีรอยแตก

2.2 **กองผลิตผลบนฐานรองพื้น** (pallets) **(ถ้ามี)**

ทำความสะอาดพื้นก่อนการปูผ้าพลาสติก

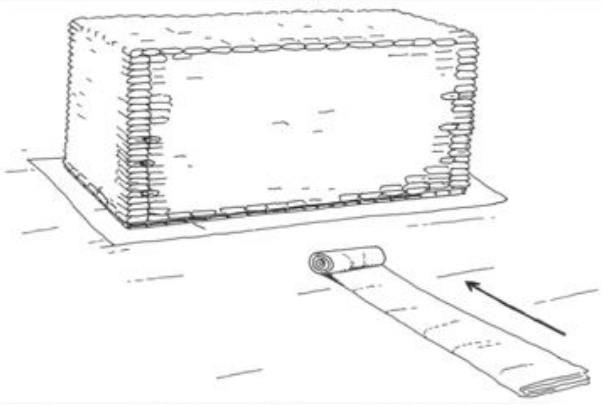
ปูผ้าพลาสติก

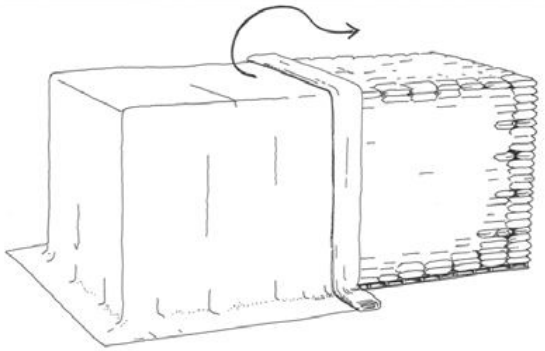
การจัดวางเรียงกระสอบที่ดี ควรห่างจากฝาผนัง และห่างจากกัน 0.8-1.0 เมตร

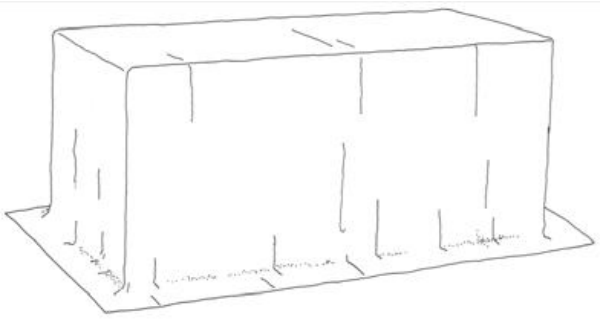
2.3 **คลุมกองด้วยผ้าพลาสติก**

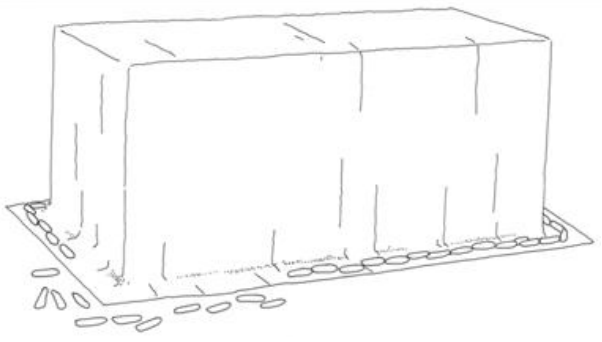
ขั้นตอนการคลุมกองด้วยผ้าพลาสติก

นำผ้าพลาสติกพาดด้านบนบริเวณกึ่งกลางกองผลิตผลเกษตร จากนั้นคลี่ผ้าพลาสติกออกทั้งสองด้านให้คลุมกองให้มิด และให้เหลือชายผ้าด้านละ 1 เมตร









เมื่อคลุมผ้าเสร็จให้นำถุงทรายทับชายผ้าพลาสติกด้วยถุงทราย (sand snake) โดยรอบกอง

2.4 ตรวจสอบรอยฉีกขาดและรูรั่วของผ้าพลาสติก

ให้ทำด้วยความระมัดระวัง หากพบต้องทำการซ่อมให้อยู่ในสภาพดี

ตรวจสอบรูรั่วของผ้าพลาสติก และรอยปะที่ซ่อมแซมไว้อีกครั้งก่อนการปล่อยก๊าซ

2.5 การปิดผนึกผ้าพลาสติกสำหรับรมยา

การปิดผนึกผ้าพลาสติกสำหรับรมยาให้แนบสนิทไปกับพื้นในการรมผลิตผลเกษตร เป็นการนำสิ่งที่มีน้ำหนักมาวางทับลงบนชายผ้าพลาสติกที่อยู่ติดกับพื้น การทำเช่นนี้ผ้าพลาสติกจะถูกทับให้ติดกับพื้นอย่างแน่นหนาไม่มีช่องว่างทำให้ก๊าซรั่วไหลออกไปได้

การปิดผนึกชายผ้าพลาสติกกับพื้น

- ต้องใช้ถุงทรายสองชั้นเรียงต่อกันอันต่ออัน
- เรียงถุงทรายเหมือนกับการเรียงอิฐ ดังนั้นถุงทรายเส้นหนึ่งจะคลุมทับช่องว่างของถุงทรายอีกเส้นหนึ่ง
- ตรงบริเวณมุมทุกมุมต้องมีถุงทรายหลายอันกองรอบมุมนั้น
- การเรียงถุงทรายเพียงแถวเดียวอาจจะใช้เฉพาะเมื่อถุงทรายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15-20 เซนติเมตร

การทับถุงทราย (sand snake) ต้องใช้ถุงทรายสองชั้นเรียงต่อกันอันต่ออันเพื่อให้น้ำหนักของทรายทับชายผ้าพลาสติกอย่างสม่ำเสมอ

2.6 การใส่สารรมฟอสฟีน

- **ฟอสฟีน** นำเม็ด aluminium phosphide ใส่ถาดกระดาษนำไปวางกระจายไว้ตามจุดต่างๆ เพื่อให้เม็ดฟอสฟีนทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศได้เต็มที่ สลายตัวได้หมด และเป็นการป้องกันไม่ให้ความเข้มข้นแก๊สที่สูงเกินไป โดยวางเม็ดฟอสฟีนไว้ระดับล่างของกองเพื่อการปนเปื้อนของเถ้าที่เหลือกับผลผลิต จากนั้นทับชายผ้าพลาสติกด้วยถุงทรายให้มิดชิด

2.7 **กั้นเขตพื้นที่อันตราย**

- ควรมีเชือกกั้นอาณาเขตของกองผลิตผลที่ทำการรม โดยห่างจากกองประมาณ 5 เมตรหรือมากกว่า และปิดประกาศรูปหัวกะโหลกไขว้ เพื่อประกาศเป็นพื้นที่อันตราย ให้ระบุชนิดของสารรมที่ใช้ ระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด เพื่อกันผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องให้เข้าใกล้บริเวณที่ทำการรม
- ถ้าโรงเก็บนั้นยังเปิดและมีผู้ปฏิบัติงานอยู่ควรมอบหมายให้มีผู้เฝ้าดูแลกองผลิตผลที่ทำการรมนั้นจนกว่าโรงเก็บจะปิด

2.8 **การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ** (Monitoring)

การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ คือ กระบวนการการตรวจวัดความเข้มข้นของสารรมภายในกองที่รม และบริเวณพื้นที่โดยรอบที่ทำการรม เนื่องจากในระหว่างการรมยาก๊าซจำนวนหนึ่งจะรั่วไหลออกไปภายนอกกองที่รม เหตุผลหลักในการรั่วไหลประกอบด้วย

- สภาพของผ้าพลาสติกที่ใช้ในการรมไม่ว่าจะเป็นผ้าพลาสติกใหม่หรือเป็นผ้าใช้แล้ว
- การปิดผนึกสนิทของผ้าพลาสติกสำหรับกับพื้น
- สภาพการกักเก็บก๊าซของพื้น และสภาพของลมที่พัดรอบบริเวณกองที่รม

เราไม่สามารถทำนายการรั่วไหลของก๊าซได้อย่างถูกต้อง วิธีเดียวที่จะทราบว่าเกิดการรั่วไหลของก๊าซ คือ ต้องทำการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ ซึ่งการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้การรมประสบความสำเร็จ

2.8.1. **การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ**

- การวัดความเข้มข้นของก๊าซเพื่อสุขภาพและความปลอดภัย

การวัดความเข้มข้นของก๊าซเพื่อสุขภาพและความปลอดภัย คือ การวัดความเข้มข้นของสารรมรอบๆบริเวณที่ทำการรม เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ปฏิบัติการรมและคนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับสถานที่รมยามีความปลอดภัย ซึ่งจะเกี่ยวกับระดับ TLV สำหรับฟอสฟีน มีค่าเท่ากับ 0.3 ppm (0.0004 กรัม/ลูกบาศก์เมตร) โดยต้องมีความระมัดระวังในการวัดมากกว่าการวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซเพื่อตรวจสอบความสำเร็จของการรม เนื่องจากเกี่ยวพันกับความปลอดภัยของมนุษย์ จึงต้องมีความแม่นยำ หากค่าที่วัดได้ไม่แม่นยำอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ การตรวจวัดความเข้มข้นบริเวณโดยรอบกองที่รมจะทำให้ผู้ปฏิบัติการรมทราบว่า

- ความเข้มข้นของสารรมในบริเวณที่ทำงานปลอดภัยต่อคนงานที่ปฏิบัติงานอยู่ และไม่เกินค่า TLV
- ความเข้มข้นของสารรมในผลิตผลเกษตรที่ทำการรมมีค่าไม่เกินค่า TLV เมื่อสิ้นสุดการรมและทำการระบายอากาศให้มีการปลดปล่อยสารรมออกมา เพื่อให้ผลิตผลเกษตรนั้นปลอดภัยในการเคลื่อนย้าย

- การวัดความเข้มข้นของก๊าซเพื่อตรวจสอบความสำเร็จของการรม

การวัดความเข้มข้นของก๊าซเพื่อตรวจสอบความสำเร็จของการรม คือ การวัดระดับความเข้มข้นและการแพร่กระจายของก๊าซภายในกองที่รม การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการทำนายว่าการรมจะประสบความสำเร็จหรือไม่ การรมที่ประสบความสำเร็จการแพร่กระจายของก๊าซต้องเป็นไปอย่างทั่วถึงภายในกองที่รม ความเข้มข้นของก๊าซภายในกองที่รมต้องถึงระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง และระดับความเข้มข้นนั้นต้องคงอยู่ภายในระยะเวลาที่กำหนด **ระดับความเข้มข้นของสารรมฟอสฟีนที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูที่เป็นเป้าหมายจะอยู่ในช่วง 0.1 และ 5.0 กรัม/ลูกบาศก์เมตร** (70-3,500 ppm) การปฏิบัติการรมที่ดี ต้องทำการตรวจวัดความเข้มข้นของสารรมที่อยู่ภายในกองที่รมเป็นประจำในระหว่างการรม การวัดความเข้มข้นของก๊าซในระหว่างการรมจะทำให้ผู้ปฏิบัติการรมทราบว่า

- มีปริมาณก๊าซที่อยู่ภายในกองที่รมเพียงพอหรือไม่
- เริ่มต้นนับระยะเวลาของการรม เมื่อปริมาณของก๊าซแพร่กระจายไปทั่วกองที่รม
- เกิดการรั่วไหลของก๊าซหรือไม่ หากเกิดการรั่วไหลให้ซ่อมแซมจุดที่เกิดการรั่วไหล เพื่อความปลอดภัย และเพิ่มปริมาณสารรมในกรณีที่จำเป็น
- ความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซในกองที่รมเป็นเท่าไหร่
- การรมครั้งนี้ประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว

ระยะเวลาที่ควรทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีน

เมื่อมีการใช้สารรมฟอสฟีน มีความจำเป็นต้องวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนภายในกองที่รม โดยแบ่งระยะเวลาการวัดความเข้มข้นได้ดังนี้

- 6-24 ชั่วโมง ภายหลังการใส่สารรมในรูปอลูมิเนียมฟอสไฟด์
- 2-4 ชั่วโมง ภายหลังการใส่สารรมในรูปแมกนีเซียมฟอสไฟด์
- 30-60 นาที ภายหลังการใส่ฟอสฟีนจากถัง
  เพื่อให้ทราบว่าก๊าซฟอสฟีนภายในกองที่รมอยู่ในสภาพสมดุลแล้วหรือไม่ คือ แพร่กระจายไปทั่วแล้วหรือไม่ เพื่อเริ่มต้นนับระยะเวลาการรม
- ทำการวัดอย่างน้อยที่สุดทุก 2 วัน จนกระทั่งระยะเวลาการรมสิ้นสุด เพื่อให้ทราบว่ามีการรั่วไหลของก๊าซออกไปภายนอกกองที่รมหรือไม่ และให้เพิ่มปริมาณสารรมถ้าความเข้มข้นของก๊าซลดต่ำลงกว่าระดับที่สามารถฆ่าแมลงได้ (เพื่อไม่ต้องเริ่มต้นรมใหม่หลังการรมเสร็จสิ้นไปแล้ว)

- การวัดที่จุดสิ้นสุดของการรมเพื่อหาว่าการรมนั้นประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว เวลาสำคัญที่สุดในการตรวจวัดความเข้มข้นของสารรมภายในกองที่รม ได้แก่ ช่วงสิ้นสุดของการรม เนื่องจากเป็นเวลาที่ทำให้ผู้ทำการรมทราบว่าการรมครั้งนี้ประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว

2.8.2 ท่อสำหรับสุ่มตัวอย่างก๊าซ

เพื่อการปั๊มก๊าซจำนวนหนึ่งออกมาจากกองที่รมสำหรับการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซอย่างมีประสิทธิภาพต้องระมัดระวังไม่ให้ท่อบิดงอ เนื่องจากจะทำให้เกิดการอุดตัน และควรระมัดระวังตลอดเวลาเพื่อให้แน่ใจว่า

- ท่อที่ใช้ไม่มีการบิดงอหรือเกิดการอุดตัน
- ก๊าซสามารถไหลผ่านได้อย่างสะดวก
- หากเป็นท่อที่เหมาะสม ความเข้มข้นของก๊าซที่วัดได้จากภายนอกจะต้องเท่ากับความเข้มข้นของก๊าซที่อยู่ภายใน

การวางท่อเก็บตัวอย่างก๊าซ

การวัดความเข้มข้นของก๊าซต้องทำการวัดอย่างน้อย 3 จุดภายในกองที่รม และวัดหลายครั้งในระหว่างการรม ดังนั้นจึงต้องทำการวางท่อตัวอย่างก๊าซ โดยการวางท่อเก็บตัวอย่างก๊าซทำได้ดังนี้

- วางในจุดที่สุ่มเอาไว้ก่อนที่จะคลุมผ้าพลาสติก โดยวาง 3 ระดับ คือ ระดับพื้น จุดกึ่งกลางของกอง และด้านบนของกอง
- ต่อท่อมาออกที่ระดับพื้นให้ท่อมีความยาวมากพอที่จะอยู่ภายนอกกองที่รมใต้ผ้าคลุมพลาสติก และต้องทำแถบผ้าสีเพื่อระบุว่าท่อสุ่มตัวอย่างก๊าซเส้นไหนต่อมาจากระดับใด
- ปิดตรงบริเวณพื้นด้วยถุงทราย เพื่อให้ผ้าพลาสติกแนบกับพื้น
- ท่อสุ่มตัวอย่างก๊าซจะต้องไม่วางใกล้ท่อที่นำสารรมเข้าไปภายในกอง หรือบริเวณที่วางเม็ดฟอสฟีน หรือต้องห่างอย่างน้อย 10 เซนติเมตร

3. วิธีปฏิบัติเมื่อครบกำหนดการรม

3.1 การครบกำหนดการรม

การรมผลิตผลเกษตรต้องปล่อยกองผลิตผลเกษตรที่รมไว้จนครบกำหนดเวลาของการรม สำหรับการรมด้วยฟอสฟีนครบกำหนดการรมใน 5 - 7 วัน

3.2 การระบายอากาศและการจัดการหลังเสร็จสิ้นการรม

การรมที่สิ้นสุดลงโดยสมบูรณ์ หมายถึง เวลาที่สิ้นสุดการถ่ายเทก๊าซที่เหลือออกจากกองผลิตผลที่ทำการรม เนื่องจากหลังเสร็จการรมปริมาณก๊าซจำนวนหนึ่งยังคงเหลืออยู่ภายในกองที่รมและในบริเวณที่ทำการรม จำเป็นต้องมีการลดความเข้มข้นของก๊าซให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยโดยทำการระบายอากาศ

เนื่องจากในการรมที่ประสบความสำเร็จนั้นความเข้มข้นของก๊าซที่ยังคงเหลืออยู่ภายในกองที่รมอาจจะสูงมากจนสามารถทำให้มนุษย์เสียชีวิตได้ ในบริเวณที่ทำการรมจะอนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าไปเคลื่อนย้ายหรือจัดการกับผลิตผลเกษตรได้หลังจากระดับความเข้มข้นของก๊าซลดลงเท่ากับระดับค่าความปลอดภัย หรือต่ำกว่าเท่านั้น

ขั้นตอนแรกในการระบายอากาศจากกองที่รมเป็นช่วงที่อันตรายที่สุด ดังนั้นในขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติงาน ที่เกี่ยวข้องทุกคนต้องสวมหน้ากากป้องกันก๊าซพิษตลอดเวลา จนกระทั่งความเข้มข้นของก๊าซที่วัดได้ต่ำกว่าระดับค่าความปลอดภัยบริเวณรอบๆ กองผลิตผลเกษตรภายในกองที่รม และภายในบริเวณที่รมยาและให้ปฏิบัติดังนี้

- ทำการเคลื่อนย้ายถุงทรายออกจากกองด้านหนึ่ง
- ให้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คนปีนขึ้นไปด้านบนของกองด้วยบันได และให้นำเชือกยาวๆ ขึ้นไปด้วย
- ให้ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ด้านล่างของกองผูกปลายเชือกด้านมุมของผ้าพลาสติก
- ให้ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ด้านบนของกองดึงเชือก (ต้องระวังไม่ให้เกิดการฉีกขาดของผ้าพลาสติก) จนกระทั่งผ้าพลาสติกที่อยู่ด้านล่างถูกยกขึ้นไปสู่ด้านบนของกองซึ่งจะทำให้ด้านมุมหนึ่งของกองเปิด ผ้าพลาสติกจะค้างอยู่ด้านบนของกองโดยใช้ ถุงทรายช่วยทับเอาไว้ หรือผูกเชือกไว้กับโครงหลังคา
- ให้ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ด้านบนปีนลงมาด้วยบันได และให้ออกไปจากบริเวณที่รมยา
- ผู้ปฏิบัติงานจะถอดหน้ากากออกได้เมื่อออกมาอยู่ภายนอกบริเวณที่รมยาแล้ว
- ใช้พัดลมเพื่อช่วยเร่งการระบายอากาศ และต้องมีการวัดความเข้มข้นของก๊าซก่อนที่จะประกาศว่าบริเวณที่รมยาเป็นบริเวณที่ปลอดภัยสามารถเข้าไปเคลื่อนย้ายหรือจัดการกับผลิตผลเกษตรได้

ความเร็วในการระบายอากาศจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

- ความเข้มข้นของสารรมภายในกองที่รม
- ปริมาตรของกองที่รม และโกดังที่ทำการรม
- แรงลมและทิศทางของแรงลม

การเปิดกอง โดยดึงชายผ้าพลาสติกขึ้น
เพื่อการระบายอากาศ

ข้อควรระวัง

- เพื่อป้องกันไม่ให้คนงานสูดดมสารรมเข้าไป ควรจะเริ่มขบวนการระบายอากาศตอนเย็นหลังเลิกงาน ถ้าเป็นไปได้ปล่อยให้มีการระบายอากาศตลอดคืน
- ผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น แป้ง เมล็ดพืชที่มีน้ำมันมาก อาจต้องการระยะเวลาในการระบายอากาศนานกว่าจะปลอดภัยในการเคลื่อนย้าย
- เราไม่สามารถคาดเดาระยะเวลาในการระบายอากาศได้ว่านานแค่ไหนก๊าซจึงจะระบายออกไปหมด อย่างไรก็ตามเมื่อรมด้วยเมทิลโบรไมด์จะต้องใช้เวลาในการระบายอากาศนานกว่าเมื่อรมด้วยฟอสฟีน และการระบายอากาศโดยใช้ธรรมชาติ บางครั้งอาจกินเวลานานถึง 5 วัน
- การประกาศว่าพื้นที่รมยาเป็นบริเวณที่ปลอดภัยในการเข้าไปปฏิบัติงาน ต้องทดสอบอากาศภายในบริเวณที่รม โดยการใช้เครื่องวัดก๊าซที่วัดได้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ซึ่งเหมาะในการวัดค่าความเข้มข้นในระดับที่ปลอดภัย เพื่อให้แน่ใจว่าความเข้มข้นของก๊าซลดลงต่ำกว่าระดับค่าความปลอดภัย เมื่อระดับความเข้มข้นของก๊าซต่ำกว่าระดับค่าความปลอดภัย จึงจะอนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าไปทำการเคลื่อนย้ายผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำการรม ระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยได้แก่
    - 0.3 ppm สำหรับฟอสฟีน (0.0004 กรัม/ลูกบาศก์เมตร)
    - 5 ppm สำหรับเมทิลโบรไมด์ (0.02 กรัม/ลูกบาศก์เมตร)
- ผลิตผลเกษตรหรืออาหารสัตว์ที่ทำการรมจะต้องทิ้งเอาไว้อย่างน้อย 48 ชั่วโมงภายหลังเสร็จสิ้นการระบายอากาศ ก่อนที่ผู้บริโภคจะนำไปบริโภค

3.3 คำแนะนำเกี่ยวกับความปลอดภัย

3.1 ในการดำเนินการรมใดๆ ไม่ควรดำเนินการรมโดยลำพัง อย่างน้อยที่สุดต้องมีผู้ช่วย 1 คน และหากกองผลิตผลใหญ่และสูงมากจะต้องพิจารณาเพิ่มผู้ร่วมงานเพื่อให้สามารถจัดการรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ขณะตรวจสอบการรั่วไหลหรือขณะปล่อยสารรม หรือขณะปฏิบัติการเอาผ้าพลาสติกออกจากกองที่รมนั้น ผู้ปฏิบัติงานควรสวมหน้ากากป้องกันก๊าซพิษหรือใช้ถังออกซิเจน

3.3 ถ้ามีผู้ประสบอุบัติเหตุจากก๊าซพิษ ขณะปฏิบัติงานจนไม่สามารถช่วยตัวเองได้ ผู้ที่จะเข้าไปช่วยต้องสวมหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ หรือสวมเครื่องช่วยหายใจ

3.4 การกำจัดกากที่เหลือจากการรม

หลังจากเสร็จสิ้นการรมด้วยสารรมฟอสฟีนแล้ว กากที่เหลือมีลักษณะเป็นเถ้าสีเทา (อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ หรือแมกนีเซียมอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์) อยู่บนภาชนะ การกำจัดทำได้โดยการเทเถ้านั้นใส่ในภาชนะที่มีส่วนผสมของน้ำที่ผสมผงซักฟอก หรือโซดาไฟ คนให้เข้ากัน แล้วจึงนำไปฝังกลบ สำหรับแมกนีเซียมฟอสไฟด์ที่เป็นแผ่น ให้ใส่ในภาชนะที่ระบายอากาศได้ดี เพื่อให้แมกนีเซียมฟอสไฟด์สลายตัวให้หมด แล้วจึงนำไปฝังดิน

ผู้รมที่ปฏิบัติการรมได้อย่างถูกต้องตามกระบวนการรม ทำให้ประสบผลสำเร็จในการรม แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดอาจทำให้เกิดความล้มเหลวในการรม ซึ่งสามารถสรุปเป็นการปฏิบัติการรมที่ดีและการรมที่ล้มเหลวได้ ดังนี้

การปฏิบัติการรมที่ดี

การปฏิบัติการรมที่ดี หมายถึง กระบวนการที่ทำให้การรมประสบความสำเร็จ แม้ว่าการรมจะดูเหมือนไม่ยุ่งยากแต่ในความเป็นจริงแล้วการรมเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องมีการวางแผนอย่างระมัดระวัง และต้องเข้าใจขบวนการและผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทำให้การรมมีประสิทธิภาพและปลอดภัย เพื่อให้แน่ใจว่า

- ผู้ปฏิบัติการรมปลอดภัยและไม่เป็นอันตราย
- ผู้คนที่อยู่บริเวณโดยรอบของสถานที่รมยาปลอดภัยและไม่เป็นอันตราย
- ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม
- ฆ่าแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต
- ผลิตผลเกษตรหรือผลิตภัณฑ์ที่รมไม่ได้รับความเสียหายจากการรม

การรมที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้วัสดุที่เหมาะสม ผู้ปฏิบัติการรมต้องได้รับการฝึกอบรมวิธีการรมที่ถูกต้อง และต้องมีความระมัดระวังเพื่อความปลอดภัย ในปัจจุบันการรมยังมีปฏิบัติอย่างไม่ถูกต้องทำให้การรมไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงาน ผลิตผลที่รมอาจเสียหาย เปรอะเปื้อน หรือได้รับผลกระทบตรงข้ามกับที่ต้องการ คือ ทำให้ศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารรม

ถ้าเกิดสิ่งต่อไปนี้แสดงว่าการรมนั้นเป็นการปฏิบัติการรมที่ไม่ดี

- มีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อมนุษย์
- โอกาสในการกำจัดศัตรูที่เป็นเป้าหมายลดลง
- ความเข้มข้นของก๊าซคงที่อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง การรมนั้นจะเป็นการเสียเวลาเปล่าเนื่องจากเป็นการรมที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ผู้ปฏิบัติการรมต้องระลึกไว้เสมอว่ากำลังทำงานอยู่กับก๊าซพิษ ดังนั้นจึงต้องแน่ใจว่ามีเครื่องมือในการป้องกันอย่างเหมาะสม โดยผู้ปฏิบัติการรมต้องมี

- หน้ากากป้องกันก๊าซพิษพร้อมตัวกรอง หรือเครื่องช่วยหายใจ
- บริเวณที่ทำการรมจะต้องมีกุญแจปากตายที่ไขวาล์วของถังบรรจุก๊าซได้พอดี เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายในการปรับ ซึ่งช่วยให้ปลอดภัยเมื่อทำงานกับถังที่บรรจุสารรม
- ต้องดูแลเครื่องวัดก๊าซให้ใช้งานได้ดีอยู่เสมอ เนื่องจากหากไม่มีการปรับให้เที่ยงตรง อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุอันตรายถึงแก่ชีวิต

การรมที่ล้มเหลว

ในกรณีที่การรมล้มเหลว ต้องพยายามหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้มเหลว ส่วนใหญ่จะเกิดจากการรั่วไหลของก๊าซออกไปภายนอกกองที่รมจากสาเหตุต่อไปนี้

- ใช้ผ้าพลาสติกที่ไม่ได้มาตรฐาน
- ผ้าพลาสติกมีรูรั่ว และรอยฉีกขาดและไม่ได้รับการซ่อมแซม
- ผ้าพลาสติกไม่ได้ปิดแนบสนิทไปกับพื้น
- ผลิตผลที่รมกองอยู่รอบเสา
- พื้นมีรอยแตก หรือมีผิวหน้าที่ไม่เรียบให้ไม่สามารถปิดสนิทได้
- การทับถุงทรายบริเวณมุมของกองไม่สนิท
- การเชื่อมต่อผ้าพลาสติกไม่ดี
- ระยะห่างระหว่างผนังและกองผลิตผลเกษตรที่รมน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถทำการปิดให้สนิทได้
- การคำนวณอัตราการใช้ไม่ถูกต้อง
  - การวัดปริมาตรของผลิตผลเกษตรไม่ถูกต้อง หรือการใช้อัตราการรมที่ไม่ถูกต้อง
  - ระยะเวลาในการรมสั้นเกินไปทำให้ไม่สามารถฆ่าแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C แมลงบางชนิดและไร ต้องการระยะเวลาในการรมนานกว่า 10 วัน สำหรับการฆ่าแมลงให้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต
- การใช้กระสอบม้วนซึ่งมีน้ำหนักเบานำมาใช้แทนถุงทรายซึ่งมีน้ำหนักมากกว่า
- การวางถุงทรายเพียงแค่ชั้นเดียวแทนที่จะวางถุงทรายซ้อนสองชั้น
- ไม่มีการวัดความเข้มข้นของก๊าซในระหว่างการรม ทำให้ไม่ทราบว่าก๊าซเกิดการรั่วไหล
- การรมทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C
- การรมทำใต้สภาพที่มีลมแรง
- ผลิตผลเกษตรที่รมถูกแมลงเข้าทำลายจากผลิตผลอื่นที่มีการเข้าทำลายของแมลงที่วางอยู่ภายในโรงเก็บเดียวกัน หลังจากทำการรมเสร็จสิ้นและเปิดผ้าพลาสติกออกแล้ว

บทที่ 6
ผลงานวิจัยสารรมฟอสฟีนของกรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตรได้ทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารรมฟอสฟีนมากกว่า 40 ปี เพื่อให้ได้คำแนะนำการใช้สารรมฟอสฟีนที่เหมาะสมกับผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยให้แก่เกษตรกร และผู้ประกอบการ ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีลักษณะเฉพาะหลายประการ เช่น ลักษณะภูมิอากาศ ชนิดและความแข็งแรงของแมลงศัตรู ชนิดของผลิตผลเกษตร และลักษณะการดำเนินการหลังการเก็บเกี่ยว ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพ และความสำเร็จของการรมทั้งสิ้น ซึ่งงานวิจัยที่ได้ดำเนินการมาแล้วได้แก่ งานด้านการทดสอบประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีน งานวิจัยทางด้านการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการรม เช่น การหาอุปกรณ์การรมที่เหมาะสม งานด้านการติดตามการพัฒนาความต้านทานต่อสารรมของแมลง โดยงานวิจัยเหล่านี้ต้องดำเนินการตามหลักการพื้นฐานของการใช้สารรมฟอสฟีน งานวิจัยดังกล่าวสามารถแบ่งได้ดังนี้

งานวิจัยการทดสอบประสิทธิภาพของสารรมฟอสฟีน (ปี 2526-ปัจจุบัน)

ข้าวสาร

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 วัน เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพดที่เข้าทำลายข้าวสาร ผลการทดลองพบว่าการรมอัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 5, 7 และ 9 วัน สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนการรมอัตรา 1 และ 2 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3 วัน พบว่าไข่และดักแด้ของด้วงงวงข้าวโพดรอดชีวิต (ชูวิทย์ และคณะ, 2532)

การใช้สารรมฟอสฟีนรมข้าวสารเพื่อป้องกันและกำจัดแมลง และเก็บรักษาคุณภาพข้าวสารไว้เป็นระยะเวลานาน ดำเนินการที่บริษัทมาบุญครองไรซมิล จำกัด ปทุมธานี โดยใช้ข้าวสาร 2 กองๆ ละ 55 ตัน รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 1 เม็ด (1 กรัม)/ตัน เปิดผ้าคลุมหลังรมยาแล้ว 170 และ 200 วัน พบว่าสารรมฟอสฟีนสามารถกำจัดแมลงหมดโดยไม่พบแมลงรอดชีวิต ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราไม่เพิ่มขึ้นและไม่พบสารแอฟลาทอกซิน คุณภาพของข้าวสารเสื่อมลงเล็กน้อยสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บแต่ยังคงมีคุณภาพดี (ชูวิทย์ และคณะ, 2531)

การลดปริมาณการใช้สารรมฟอสฟีนกำจัดแมลงในการเก็บรักษาข้าวสาร ดำเนินการที่บริษัทปทุมไรซ์มิลแอนด์แกรนารี จ.ปทุมธานี โดยใช้ข้าวสาร 3 กองๆ ละ 10 ตันรมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 2 กรัม/ตัน เปิดผ้าคลุมหลังรมยาแล้ว 1, 2 และ 3 เดือน เมื่อเปิดผ้าคลุมแล้วตรวจสอบคุณภาพข้าว การทำลายของโรคและแมลง ผลปรากฏว่าข้าวสารทุกกองมีคุณภาพดี ไม่พบแมลงมีชีวิต และไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา (พินิจ และคณะ, 2536)

การลดปริมาณการใช้สารรมฟอสฟีนกำจัดแมลงในการเก็บรักษาข้าวสาร ดำเนินการที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยใช้ข้าวสาร 4 กองๆ ละ 400 กก. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 2 กรัม/ตัน เปิดผ้าคลุมหลังรมยาแล้ว 4, 5 และ 6 เดือน เมื่อเปิดผ้าคลุมแล้วตรวจสอบคุณภาพข้าว การทำลายของโรคและแมลง ผลปรากฏว่าข้าวที่เปิดผ้าคลุมหลังการรม 4 เดือน ไม่มีการเข้าทำลายของแมลง และไม่พบแมลงมีชีวิต แต่ข้าวที่เปิดผ้าคลุมหลังการรมยา 5 และ 6 เดือน พบว่าเริ่มมีการเข้าทำลายของแมลง เช่น มอดหัวป้อม และมอดแป้ง (พินิจ และคณะ, 2538)

การรมข้าวสาร 20 ตันโดยดำเนินการตามวิธีการที่โรงสีปฏิบัติ คือ กองข้าวสารชิดฝาผนังทั้งสองด้านคลุมกองด้วยผ้าพลาสติกหนา 0.1 มิลลิเมตร ปิดผนึกผ้าพลาสติกด้วยด้วยถุงทรายเพียง 2 ด้าน เปรียบเทียบกับวิธีการปิดผนึกผ้าพลาสติกด้วยถุงทรายทั้ง 4 ด้าน ใช้ฟอสฟีนอัตรา 2 เม็ด(tablet)/ตัน ระยะเวลา 7 วัน เพื่อกำจัดมอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) ด้วงงวงข้าว, *Sitophilus oryzae* Linnaeus และมอดแป้ง, *Tribolium castaneum* (Herbst) ผลการทดลองพบว่าการรมตามวิธีการที่โรงสีปฏิบัติ คือ ปิดผนึกผ้าพลาสติกด้วยด้วยถุงทรายเพียง 2 ด้าน วัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนได้สูงสุดเพียง 126.25 ppm ในวันที่ 3 และวันที่ 7 เหลือเพียง 30 ppm และไม่สามารถกำจัดมอดหัวป้อมและด้วงงวงข้าวได้ 100% ดังนั้นการรมที่ปิดผนึกผ้าพลาสติกด้วยถุงทรายเพียง 2 ด้านถือเป็นวิธีการที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่วนการรมที่ปิดผนึกด้วยถุงทรายทั้ง 4 ด้านพบว่าวัดความเข้มข้นของก๊าซได้สูงสุด 667.5 ppm ในวันที่ 2 และวันที่ 7 ยังเหลือถึง 200 ppm และสามารถกำจัดแมลงทั้งสามชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโตจึงถือเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ (บุษรา และคณะ, 2544)

การรมข้าวสารกองละ 1 ตัน ด้วย aluminium phosphide อัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด (tablet)/ตัน ระยะเวลา 7 วัน ภายใต้ผ้าพลาสติก เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) มอดหัวป้อม (*Rhyzopertha dominica*) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) โดยทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทุกวัน ผลการทดลองพบว่าวันที่ 1-2 ของการรมระดับความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงสุดในวันที่ 2 จากนั้นความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนค่อยๆ ลดลง จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของก๊าซที่การรมทั้ง 3 อัตราเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นสูงสุดจะวัดได้ในวันที่ 2 ของการรมโดยอัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด/ตันวัดความเข้มข้นสูงสุดได้ 487, 925 และ 1,431 ppm ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นจะค่อยๆ ลดลง เมื่อครบ 7 วัน วัดความเข้มข้นได้ 75, 262 และ 406 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นที่อัตรา 2 และ 3 เม็ด/ตันยังค่อนข้างสูง ขณะที่อัตรา 1 เม็ด/ตัน ความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ และพบว่าการรมทั้ง 3 อัตรามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 3 ชนิดได้ 100% ทุกระยะการเจริญเติบโต (Kengkanpanich, 2003)

ข้าวเปลือก

ทดสอบวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มีคุณภาพดีเป็นเวลานาน ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยรมเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วย

อลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บไว้ทุกวิธีการ ความงอกยังเป็นปกติ ไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา แต่พบแมลงบางชนิดจากภายนอกเข้าทำลายเล็กน้อย (กุสุมา และคณะ, 2536)

ทดสอบวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มีคุณภาพดีเป็นเวลานาน ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยรมเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บไว้เมื่อเปิดผ้าคลุมในเดือนที่ 4 เริ่มพบการเข้าทำลายของมอดหัวป้อมและมอดแป้ง และพบมากขึ้นในเดือนต่อๆ มา ความงอกของเมล็ดยังคงเป็นปกติจนถึงเดือนที่ 6 (กุสุมา และคณะ, 2538)

การรมข้าวเปลือกกองละ 1 ตัน ด้วย aluminium phosphide อัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด(tablet)/ตัน ภายใต้ผ้าพลาสติก เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม และมอดแป้ง โดยทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทุกวัน ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทั้ง 3 อัตราเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นสูงสุดจะวัดได้ในวันแรกของการรม โดยการรมข้าวเปลือกอัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด/ตัน วัดความเข้มข้นสูงสุดได้ 87, 256 และ 612 ppm ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อครบ 7 วัน วัดความเข้มข้นได้ 0, 0 และ 12 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อรมข้าวเปลือกความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนต่ำมาก แสดงให้เห็นว่าข้าวเปลือกสามารถดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้มากทำให้ความเข้มข้นลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดแมลงพบว่าการรมข้าวเปลือกอัตรา 1 และ 2 เม็ด/ตันไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงมอดหัวป้อมได้ 100% ทุกระยะการเจริญเติบโต มีเพียงอัตรา 3 เม็ด/ตัน เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 3 ชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต

รำข้าว

การรมรำข้าวกองละ 1 ตันด้วย aluminium phosphide อัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด(tablet)/ตัน ภายใต้ผ้าพลาสติก เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม และมอดแป้ง โดยทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทุกวัน ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนของการรมทั้ง 3 อัตราเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นสูงสุดวัดได้ในวันแรกของการรม โดยวัดความเข้มข้นสูงสุดได้ 156, 293 และ 443 ppm ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อครบ 7 วัน วัดความเข้มข้นได้ 12, 18 และ 81 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อรมรำข้าวความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนต่ำมาก แสดงว่ารำข้าวดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้มากทำให้ความเข้มข้นลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดแมลงพบว่าการรมรำข้าวอัตรา 1 เม็ด/ตัน ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมอดหัวป้อมได้ 100% ทุกระยะการเจริญเติบโต (Kengkanpanich, 2003)

ข้าวโพด

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 วัน เพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวโพดที่เข้าทำลายเมล็ดข้าวโพด ผลการทดลองพบว่าการรมอัตรา 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 วัน สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนการรมอัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3 วัน พบว่าไข่และดักแด้ของด้วงงวงข้าวโพดรอดชีวิต ส่วนระยะเวลา 5, 7 และ 9 วัน สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวโพดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นระยะเวลาในการรมที่เหมาะสม คือ 5 วัน (ชูวิทย์ และคณะ, 2532)

ทดสอบวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดให้มีคุณภาพดีเป็นเวลานาน ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยรมเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติกด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บไว้ทุกวิธีการ ความงอกยังเป็นปกติ และไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง (ชูวิทย์ และคณะ, 2536)

ทดสอบวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดให้มีคุณภาพดีเป็นเวลานาน ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยรมเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติกด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บไว้เมื่อเปิดผ้าคลุมในเดือนที่ 6 เริ่มพบการเข้าทำลายของแมลง ความงอกของเมล็ดจะลดต่ำตั้งแต่เดือนที่ 7 และไม่มีการทำลายของเชื้อรา (ชูวิทย์ และคณะ, 2538)

การรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กองละ 1 ตันด้วย aluminium phosphide อัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด (tablet)/ตัน ภายใต้ผ้าพลาสติก เพื่อป้องกันกำจัดมอดหัวป้อม และมอดแป้ง โดยทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทุกวัน ผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อถึงวันที่ 7 การรมอัตรา 1 เม็ด/ตันไม่พบก๊าซฟอสฟีนเหลืออยู่ ขณะที่การรมอัตรา 2 และ 3 เม็ด/ตัน ความเข้มข้นเหลืออยู่เพียง 37 และ 150 ppm ตามลำดับ กล่าวได้ว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้มาก และเมื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดแมลงพบว่าการรมอัตรา 1 และ 2 เม็ด/ตัน พบมอดหัวป้อมรอดชีวิต แต่การรมอัตรา 3 เม็ด/ตันไม่พบแมลงรอดชีวิต (รังสิมา และคณะ, 2550)

ถั่วต่าง ๆ

การใช้สารรมฟอสฟีนในการกำจัดด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* (L.)) ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองพืชไร่พระพุทธบาท จ.ลพบุรี โดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 และ 2 tablet/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน ผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตราและระยะเวลาสามารถกำจัดด้วงถั่วเหลืองได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (พรทิพย์ และคณะ, 2530)

การใช้สารรมฟอสฟีนเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วในการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเขียว ดำเนินการทดลองที่กองกีฏและสัตววิทยา โดยรมเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 10 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 3, 6, 9 และ 12 เดือน ผลการทดสอบพบว่าไม่พบการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว และไม่ทำให้ความงอกลดลงแม้จะเก็บในตู้รมนานถึง 12 เดือน (พรทิพย์ และคณะ, 2533)

การทดสอบวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวให้มีคุณภาพดีเป็นเวลานานและปราศจากการทำลายของแลง ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยรมเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้ทุกวิธีการความงอกยังปกติ และไม่พบการทำลายของโรค แต่พบการทำลายของด้วงถั่วเขียวบ้างเล็กน้อยในเดือนที่ 6 (พรทิพย์ และคณะ, 2536)

การทดสอบวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวให้มีคุณภาพดีเป็นเวลานานและปราศจากการทำลายของแลง ดำเนินการทดลองที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยรมเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน ผลการทดสอบพบว่าในเดือนที่ 3 และ 4 ไม่พบการเข้าทำลายของแมลง แต่จะพบตั้งแต่เดือนที่ 5 เป็นต้นไป และจำนวนแมลงที่มีชีวิตจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา (พรทิพย์ และคณะ, 2538)

การใช้สารรมฟอสฟีนเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วพุ่ม ในการเก็บรักษาเมล็ดถั่วพุ่ม ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี โดยรมเมล็ดถั่วพุ่มจำนวน 5 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 1, 2, 4 และ 6 เดือน ผลการทดสอบพบว่าไม่พบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วพุ่ม โดยจะเริ่มพบแมลงเข้าทำลายในเดือนที่ 6 เพียงเล็กน้อย (พรทิพย์ และคณะ, 2539)

การใช้สารรมฟอสฟีนเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วพุ่ม ในการเก็บรักษาเมล็ดถั่วพุ่ม ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี โดยรมเมล็ดถั่วพุ่มจำนวน 20 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 กรัม/ลบ.ม. โดยรมทุก 4 และ 6 เดือนเป็นเวลา 1 ปี ผลการทดลองพบว่าเมื่อครบ 1 ปีเปิดตู้รมไม่พบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูถั่วพุ่ม (พรทิพย์ และคณะ, 2540)

แป้ง

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดมอดแป้งที่เข้าทำลายแป้งข้าวจ้าว ผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลา สามารถกำจัดมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (พินิจ และคณะ, 2534)

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดมอดแป้งที่เข้าทำลายแป้งข้าวจ้าวเหนียว ผลการ

ทดลองพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลา สามารถกำจัดมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (พินิจ และคณะ, 2535)

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดมอดแป้งที่เข้าทำลายแป้งสาลี ผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลา สามารถกำจัดมอดแป้งได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (โสภาวรรณ และคณะ, 2535)

งา

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 และ 2 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดผีเสื้อข้าวสารที่เข้าทำลายเมล็ดงา ผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตราและทุกระยะเวลา สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวสารได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (พรทิพย์ และคณะ, 2534)

การใช้สารรมฟอสฟีนในการเก็บรักษาเมล็ดงา เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูงา ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี โดยรมเมล็ดงาจำนวน 2 กก. ในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. รมภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 2 กรัม/ลบ.ม. แล้วเปิดผ้าคลุมเมื่อครบกำหนด 1, 2, 4 และ 6 เดือน ผลการทดสอบพบว่าไม่พบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูงาตลอดระยะเวลา 6 เดือน และพบว่าฟอสฟีนไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดงา (พรทิพย์ และคณะ, 2536)

มะขามหวาน

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 tablet/ลบ.ม. ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน เพื่อกำจัดด้วงขาโตที่เข้าทำลายมะขาม ผลการทดลองพบว่าสามารถกำจัดด้วงขาโตได้ทุกระยะการเจริญเติบโตและไม่ทำให้รสชาติมะขามเปลี่ยน (บุษรา และคณะ, 2538)

การใช้สารรมอลูมิเนียมฟอสไฟด์ในการกำจัดแมลงศัตรูสำคัญของมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ด้วงงวงมะขาม (*Sitophilus linearis*) และด้วงขาโต (*Caryedon serratus*) พบว่า ที่อัตรา 1 tablet/ตัน สามารถกำจัดแมลงทั้งสองชนิดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยไม่ทำให้คุณภาพของมะขามหวานเปลี่ยนแปลง (กรรณิการ์ และคณะ, 2550)

เมล็ดกาแฟ

การรมกาแฟสารด้วยสารรมอลูมิเนียมฟอสไฟด์ อัตรา 1-3 tablet/ตัน ระยะเวลา 7 วัน สามารถกำจัดด้วงกาแฟ *Araecerus fasciculatus* De Geer ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (กรรณิการ์ และคณะ, 2552)

มะม่วงหิมพานต์

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1 และ 2 tablet/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดมอดยาสูบที่เข้าทำลายเม็ดมะม่วง

หิมพานต์ ผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตรา และทุกระยะเวลา สามารถกำจัดมอดยาสูบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (บุษรา และคณะ, 2533)

มะพร้าวแห้ง

การใช้สารรมฟอสฟีนในการกำจัดมอดฟันเลื่อยใหญ่ (*Oryzaephilus mercator* Fauvel) ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร โดยรมเนื้อมะพร้าวแห้งจำนวน 2 กองๆ ละ 2 ตัน ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 2 และ 3 เม็ด(tablet)/ตัน รมนาน 5 วัน ผลการทดสอบพบว่าสามารถกำจัดมอดฟันเลื่อยใหญ่ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (พรทิพย์ และคณะ, 2529)

มันสำปะหลัง

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดด้วงถั่วกาแฟที่เข้าทำลายมันสำปะหลังเส้น ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลา 3 วันไม่สามารถกำจัดดักแด้ของด้วงถั่วกาแฟได้ แต่ระยะเวลา 5 และ 7 วันสามารถกำจัดด้วงถั่วกาแฟได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (โสภาวรรณ และคณะ, 2533)

การทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยรมในตู้รมขนาด 1 ลบ.ม. ภายใต้ผ้าพลาสติก ด้วยอลูมิเนียมฟอสไฟด์อัตรา 1, 2 และ 3 กรัม/ลบ.ม. ระยะเวลา 3, 5 และ 7 วัน เพื่อกำจัดด้วงถั่วกาแฟที่เข้าทำลายมันสำปะหลังผลการทดลองพบว่าการรมทุกอัตรา และทุกระยะเวลาสามารถกำจัดดักแด้ของด้วงถั่วกาแฟได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (โสภาวรรณ และคณะ, 2534)

เดือย

การรมเดือยสีกองละ 1 ตันด้วย aluminium phosphide อัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด(tablet)/ตัน ภายใต้ผ้าพลาสติก เพื่อป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดฟันเลื่อย และมอดแป้ง โดยทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทุกวัน ผลการทดลองพบว่าการใช้ฟอสฟีนทุกอัตรามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูเดือยทั้ง 3 ชนิดทุกระยะการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นสูงสุดพบที่อัตรา 3 เม็ด/ตัน ความเข้มข้นสูงสุดของการรมทุกอัตราวัดได้ในวันที่ 2 ของการรม โดยอัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด/ตันวัดความเข้มข้นสูงสุดได้ 550, 837 และ 1,150 ppm ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นจะค่อยๆ ลดลง เมื่อครบ 7 วัน วัดความเข้มข้นได้ 62, 250 และ 462 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นที่อัตรา 2 และ 3 เม็ด/ตันยังค่อนข้างสูง ขณะที่อัตรา 1 เม็ด/ตัน ความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ และพบว่าการรมทั้ง 3 อัตรามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 3 ชนิดได้ 100% ทุกระยะการเจริญเติบโต (รังสิมา และคณะ, 2552)

การรมเดือยเปลือกกองละ 1 ตันด้วย aluminium phosphide อัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด(tablet)/ตัน ภายใต้ผ้าพลาสติก เพื่อป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด มอดฟันเลื่อย และมอดแป้ง โดยทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนทุกวัน ผลการทดลองพบว่าการใช้ฟอสฟีนทุกอัตรามีประสิทธิภาพในการกำจัด

แมลงศัตรูเดือยทั้ง 3 ชนิดทุกระยะการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของก๊าซฟอสฟีนที่วัดได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นสูงสุดพบที่อัตรา 3 เม็ด/ตัน ความเข้มข้นสูงสุดของการรมทุกอัตราวัดได้ในวันที่ 2 โดยอัตรา 1, 2 และ 3 เม็ด/ตันวัดความเข้มข้นสูงสุดได้ 250, 400 และ 562 ppm ตามลำดับ และความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อครบ 7 วัน วัดความเข้มข้นได้ 0, 25 และ 87 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของก๊าซที่การรมทั้ง 3 อัตราค่อนข้างต่ำแสดงว่าเดือยเปลือกดูดซับก๊าซฟอสฟีนได้มากทำให้ความเข้มข้นของก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว (รังสิมา และคณะ, 2552)

งานวิจัยด้านการติดตามการพัฒนาความต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน

แม้มีการวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคนิคการใช้สารรม ทั้งอัตราการใช้สารรม และระยะเวลาการรมที่เหมาะสม แก่ผู้ประกอบการซึ่งต้องเน้นให้ผู้ประกอบการปฏิบัติให้เป็นปรกติอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากการรมที่ไม่ถูกต้องนอกจากจะส่งผลให้แมลงไม่ตายแล้ว แมลงยังสามารถสร้างความต้านทานได้อีกด้วย แต่ยังพบการรมที่ไม่ถูกต้องอยู่ตลอดเวลา ทำให้นักวิจัยต้องทำการติดตามการพัฒนาความต้านทานของแมลงการการวางแผนการป้องกันกำจัดแมลงต่อไป ซึ่งงานวิจัยด้านการติดตามการพัฒนาความต้านทานของแมลงที่ผ่านมามีดังนี้

การต้านทานของแมลงต่อสารรมฟอสฟีน

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลง โดยใช้สารฆ่าแมลง คือแมลงศัตรูพืชสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เนื่องจากการใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ใช้บ่อยครั้ง ใช้ในอัตราที่ไม่เหมาะสม ตลอดจนใช้ไม่ถูกต้อง การใช้สารรมก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน รายงานจากหลายประเทศพบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด สร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน แมลงชนิดแรกที่พบความต้านทานคือ ด้วงอิฐ *Trogoderma granarium* Evert (Coleoptera: Dermestidae) ในปีพ.ศ. 2522 ต่อมาพบในมอดข้าวเปลือก *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) และมอดฟันเลื่อย *Oryzaephilus surrinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae)

ในประเทศไทย กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา ดำเนินการทดสอบความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน ระหว่าง ตุลาคม 2532-กันยายน 2537 โดยรวบรวมแมลงจาก 5 จังหวัดในภาคเหนือ 12 จังหวัดภาคกลาง และ 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (รวม 23 จังหวัด) โดยใช้อัตรา 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ทดสอบกับมอดข้าวเปลือก และอัตรา 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ทดสอบกับมอดแป้งและด้วงงวงข้าวโพด ในระยะเวลา 20 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่า ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีน แต่พบความต้านทานของมอดข้าวเปลือกในปี พ.ศ. 2534 โดยพบว่ามอดข้าวเปลือก 3 แหล่งจากจังหวัดเชียงราย สุพรรณบุรี และสกลนคร ในจำนวน 15 จังหวัด แสดงความต้านทาน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แหล่งที่รวบรวมแมลงมาตรวจสอบและแหล่งที่พบความต้านทานต่อสารมฟอสฟีน (ตุลาคม 2534-กันยายน 2536)

สถานที่	ชนิดของแมลงที่พบความต้านทาน		
	ด้วงงวงข้าวโพด	มอดแป้ง	มอดข้าวเปลือก
ภาคกลาง			
กรุงเทพฯ	X	X	X
ฉะเชิงเทรา	X	X	X
ชัยนาท	-	-	X
นครปฐม	-	X	X
เพชรบุรี	-	-	X
ปราจีนบุรี	-	X	X
ราชบุรี	-	-	X
ลพบุรี	-	-	X
สมุทรปราการ	X	X	X
สิงห์บุรี	-	X	X
สุพรรณบุรี	X	X	√
สระบุรี	-	X	X
ตะวันออกเฉียงเหนือ			X
กาฬสินธ์	-	-	X
ขอนแก่น	-	X	X
บุรีรัมย์	-	-	X
ร้อยเอ็ด	-	X	X
สกลนคร	-	-	√
อุบลราชธานี	-	X	X
ภาคเหนือ			
เชียงราย	-	X	√
เชียงใหม่	X	X	X
พิษณุโลก	X	X	X
เพชรบูรณ์	-	-	X
แพร่	-	-	X

หมายเหตุ X ไม่ต้านทาน √ ต้านทาน

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การตายของมอดข้าวเปลือก จากแหล่งที่พบความต้องการ หลังจากได้รับสารรมฟอสฟีนที่อัตราและระยะเวลารมต่างๆกัน (ตุลาคม 2534-กันยายน 2536)

สถานที่	อัตราของสารรมฟอสฟีน (มิลลิกรัม/ลิตร)	ระยะเวลารม (ชั่วโมง)	การตายของมอดข้าวเปลือก (%)
เชียงราย	0.03	20	0
เชียงราย	0.03	24	0
เชียงราย	0.03	48	0
เชียงราย	0..03	20	0
สกลนคร	0.03	20	0
สกลนคร	0.03	24	0
สกลนคร	0.03	48	8
สกลนคร	0.06	20	100
สุพรรณบุรี	0.03	20	0
สุพรรณบุรี	0.03	24	0
สุพรรณบุรี	0.03	48	13
สุพรรณบุรี	0.06	20	100

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การตายของมอดข้าวเปลือกจากจังหวัดเชียงราย หลังจากได้รับสารรมฟอสฟีนที่อัตราและระยะเวลารมต่างๆกัน (เดือนตุลาคม 2534-กันยายน 2536)

อัตราของสารรมฟอสฟีน (มก./ลิตร)	ระยะเวลารม (ชั่วโมง)	การตายของมอดข้าวเปลือก (%)
0.03	20	0
0.03	48	0
0.03	72	7
0.10	72	14
0.20	48	100

จากการติดตามตรวจสอบความต้านทานของมอดข้าวเปลือกต่อสารรมฟอสฟีน โดยรวบรวมมอดข้าวเปลือกจากโรงสีในเขตจังหวัดภาคกลางจำนวน 15 จังหวัด คือ กรุงเทพฯ ชัยนาท นครนายก นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี ลพบุรี สระบุรี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร สิงห์บุรี สุพรรณบุรี อยุธยา และ

อ่างทอง พบว่ามอดข้าวเปลือกจาก 2 แหล่ง คือ โรงสีในจังหวัดชัยนาท และสมุทรปราการที่ไม่แสดงความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนเท่านั้น มอดข้าวเปลือกจาก 13 แหล่งแสดงความต้านทาน และ 2 ใน 13 แหล่งมีความต้านทานถึง 2 เท่า ของอัตราที่ใช้ทดสอบ และ 6 ใน 13 แหล่งมีความต้านทานถึง 3 เท่าของอัตราที่ใช้ทดสอบ

ในปี พ.ศ. 2543-2544 ตรวจสอบมอดข้าวเปลือก จากโรงเก็บของศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 11 ศูนย์ คือ ชลบุรี ราชบุรี ลพบุรี ชัยนาท นครสวรรค์ กำแพงเพชร พิษณุโลก แพร่ นครราชสีมา ขอนแก่น พบว่า มอดข้าวเปลือกจาก 2 ศูนย์ คือนครสวรรค์ และแพร่ที่ไม่แสดงความต้านทานต่อสารมฟอสฟีน มอดข้าวเปลือกจาก 9 ศูนย์ แสดงความต้านทาน และในจำนวนนี้ พบ 3 ใน 9 แหล่งที่ต้านทานมากว่า 1 เท่าของอัตราที่ใช้ทดสอบ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การตายของมอดข้าวเปลือกจากศูนย์ขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร หลังจากได้รับสารรมฟอสฟีนที่อัตราต่างๆ ในระยะเวลารม 20 ชั่วโมง (ตุลาคม 2541-กันยายน 2544)

ศูนย์ขยายพันธุ์พืช	**เปอร์เซ็นต์การตาย**			
	อัตรา 1 เท่า	**อัตรา 2 เท่า**	**อัตรา 3 เท่า**	**อัตรา 5 เท่า**
กำแพงเพชร	13	-	-	-
ขอนแก่น	15	-	-	-
ชัยนาท	96	100	-	-
ชลบุรี	83	-	-	-
เชียงใหม่	98	-	-	-
นครราชสีมา	15	-	67	19
นครสวรรค์	100	-	-	-
แพร่	100	-	-	-
ราชบุรี	48	-	-	-
สุโขทัย	12	-	-	-
อุบลราชธานี	2	100	-	-

หมายเหตุ อัตราทดสอบ 1 เท่า 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร

ในปี 2553-2555 กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้ทำงานร่วมกับโครงการลดการใช้สารรมเมธิลโบรไมด์ ในการศึกษาระดับความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง ในโรงเก็บผลิตผลเกษตรทั่วประเทศไทย โดยทดสอบที่อัตรา 0.04

มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 20 ชั่วโมง ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบการเกิดการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนในด้วงงวงข้าวโพด (ตารางที่ 5) แต่สำหรับมอดแป้งพบว่าในแมลงบางแหล่งมีการสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนแล้ว (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ผลความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของด้วงงวงข้าวโพดจากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย ปี 2553-2554

สถานที่เก็บแมลง				**ชนิดความ** *
ภาค	**จังหวัด**	**อำเภอ**	**ชนิดของโรงเก็บ**	**ต้านทาน**
กลาง	กาญจนบุรี	ท่าม่วง	โรงสีข้าว	X
		ท่าม่วง	โรงสีข้าว	X
	ฉะเชิงเทรา	เมือง	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
		บางน้ำเปรี้ยว	โรงสีข้าว	X
		บางน้ำเปรี้ยว	โรงสีข้าว	X
		บางน้ำเปรี้ยว	โรงสีข้าว	X
		บางน้ำเปรี้ยว	โรงสีข้าว	X
	ชัยนาท	วัดสิงห์	โรงสีข้าว	X
	นครปฐม	เมือง	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
	นครปฐม	เมือง	โรงสีข้าว	X
		กำแพงแสน	โรงสีข้าว	X
	นครสวรรค์	ตากฟ้า	ศูนย์วิจัยพืชไร่	X
		ตากฟ้า	โรงเก็บข้าวโพด	X
	นครนายก	เมือง	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
	นนทบุรี	เมือง	โรงเก็บข้าว	X
	ปทุมธานี	ธัญญบุรี	ศูนย์วิจัยข้าว	X
		ลาดหลุมแก้ว	โรงสีข้าว	X
		สามโคก	โรงสีข้าว	X

สถานที่เก็บแมลง				ชนิดความต้านทาน
ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ชนิดของโรงเก็บ	
กลาง	เพชรบุรี	เขาย้อย	โรงสีข้าว	X
		เขาย้อย	โรงสีข้าว	X
	พิจิตร	คงเจริญ	โรงสีข้าว	X
	ราชบุรี	ปากท่อ	โรงสีข้าว	X
		ปากท่อ	โรงสีข้าว	X
		ปากท่อ	โรงสีข้าว	X
	สุพรรณบุรี	สวนแตง	โรงสีข้าว	X
	สระบุรี	เมือง	โรงสีข้าว	X
		วิหารแดง	โรงสีข้าว	X
		วิหารแดง	โรงสีข้าว	X
	อยุธยา	พระนครศรีอยุธยา	โรงสีข้าว	X
		นครหลวง	โรงสีข้าว	X
	อ่างทอง	วิเศษชัยชาญ	โรงสีข้าว	X
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ขอนแก่น	บ้านไผ่	โรงสีข้าว	X
		น้ำพอง	โรงสีข้าว	X
	สุรินทร์	เมือง	โรงสีข้าว	X
	หนองคาย	ท่าบ่อ	โรงสีข้าว	X
	อุดรธานี	บ้านผือ	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
		กุมภวาปี	โรงสีข้าว	X
เหนือ	เชียงราย	แม่จัน	โรงสีข้าว	X
		พาน	โรงสีข้าว	X
		พาน	โรงสีข้าว	X
	เชียงใหม่	ดอยสะเก็ด	โรงสีข้าว	X
	พะเยา	แม่ใจ	โรงสีข้าว	X
เหนือ	พิษณุโลก	พรหมพิราม	โรงสีข้าว	X
	สุโขทัย	เมือง	โรงสีข้าว	X

สถานที่เก็บแมลง				ชนิดความต้านทาน
ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ชนิดของโรงเก็บ	
ใต้	นครศรีธรรมราช	เมือง	โรงสีข้าว	X
		เมือง	โรงสีข้าว	X
		หัวไทร	โรงสีข้าว	X
		หัวไทร	โรงสีข้าว	X

หมายเหตุ X ไม่ต้านทาน √ ต้านทาน

* ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 6 ผลความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนของมอดแป้งในโรงสีข้าวจากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย ปี 2554-2555

สถานที่เก็บแมลง		จำนวนโรงสีที่เก็บแมลง	ผลทดสอบความต้านทาน		หมายเหตุ
ภาค	จังหวัด		ไม่ต้านทาน	ต้านทาน	
กลาง	ฉะเชิงเทรา	4	1	3	
	สุพรรณบุรี	8	2	6	
	เพชรบุรี	2	0	2	
	ราชบุรี	3	1	2	
	สระบุรี	3	0	3	
	กาญจนบุรี	2	1	1	
	ชัยนาท	1	1	0	
	ปทุมธานี	1	0	1	
	เพชรบูรณ์	5	0	5	
	สมุทรปราการ	1	0	1	
	นครสวรรค์	1	1	0	
	นครปฐม	2	1	1	
	ลพบุรี	2	0	2	
	พระนครศรีอยุธยา	3	0	3	
ตะวันออกเฉียงเหนือ	อุดรธานี	8	0	8	
	ร้อยเอ็ด	6	5	1	
	อำนาจเจริญ	3	1	2	

สถานที่เก็บแมลง		จำนวนโรงสีที่เก็บแมลง	ผลทดสอบความต้านทาน		หมายเหตุ
ภาค	จังหวัด		ไม่ต้านทาน	ต้านทาน	
	ชัยภูมิ	1	0	1	
	นครราชสีมา	6	3	3	
	สุรินทร์	8	6	2	
	บุรีรัมย์	1	1	0	
	ยโสธร	4	3	1	
	ศรีสะเกษ	1	1	0	
	เลย	1	0	1	
	ขอนแก่น	2	1	1	
	มุกดาหาร	2	1	1	
	สกลนคร	1	0	1	
	นครพนม	1	0	1	
	หนองบัวลำภู	2	1	1	
	หนองคาย	1	0	1	
เหนือ	เชียงราย	1	1	0	
	เชียงใหม่	2	0	2	
	ตาก	1	0	1	
	สุโขทัย	2	1	1	
	พะเยา	2	1	1	
	พิษณุโลก	1	0	1	
	พิจิตร	2	1	1	
ใต้	สงขลา	4	0	4	
	นครศรีธรรมราช	2	0	2	
		103	35	68	

หมายเหตุ * ทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร

แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรในประเทศไทยเริ่มสร้างความต้านทานต่อสารรมฟอสฟีนแล้ว โดยเฉพาะในแหล่งที่มีการใช้สารรมฟอสฟีนมากและใช้อยู่เสมอ ในปัจจุบันพบว่ามอดข้าวเปลือกแทบทุกแหล่งแสดงความต้านทาน พบด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งบางแหล่งแสดงความต้านทาน การที่พบแมลงต้านทานทำให้ทราบว่าต้องเพิ่มความระมัดระวังในการใช้สารชนิดนั้นในการป้องกันกำจัดแมลงในแหล่งนั้น และควร

นำวิธีการอื่นๆ มาใช้ร่วมด้วยเพื่อป้องกันกำจัดแมลงชนิดดังกล่าว ยิ่งในสถานะการที่สารรมเมทิลโบรไมด์ถูกพิจารณาว่าเป็นสารที่ทำลายสภาพแวดล้อม และหลายประเทศกำลังดำเนินการต่อต้านเพื่อห้ามการผลิตและการใช้ ก็จะทำให้สารรมเหลือเพียงสารรมฟอสฟีนชนิดเดียวเท่านั้น เมื่อแมลงสร้างความต้านทานแล้วก็จะเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรด้วยวิธีการใช้สารรม

การประกอบการรมที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการทำให้การรมไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ เช่น ผ้าพลาสติกมีรอยรั่วฉีกขาด การใช้ผ้าพลาสติกบาง ใช้อัตราน้อยหรือมากเกินไป หรือระยะเวลารมสั้นไป ผลของการดำเนินการผิดพลาดเหล่านี้ เป็นสาเหตุทำให้แมลงสร้างความต้านทานได้เร็วขึ้น ซึ่งคาดได้ว่าจะต้องพบแมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมมากชนิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญยิ่งในการยึดหลักปฏิบัติการรมให้ถูกต้องตามวิธีที่กำหนด ควรใช้เมื่อจำเป็นเท่านั้น การปฏิบัติการรมควรทำอย่างระมัดระวัง ตรวจสอบผ้าคลุมพลาสติกไม่ใช้มีรอยรั่วซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเก็บกักก๊าซได้และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานซึ่งอยู่รอบข้าง หลีกเลี่ยงการรมบ่อยครั้ง เพื่อให้สารรมฟอสฟีนยังคงมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร การใช้วิธีการอื่น ได้แก่ การทำความสะอาดโรงเก็บก่อนและหลังการนำผลิตผลเข้าเก็บรักษา การจัดการแมลงศัตรู และการป้องกันกำจัดโดยวิธีผสมผสานจะเป็นวิธีการที่ชะลอการสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

นิรนาม, 2545. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การรมยากำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. งานมาตรฐานและบริการตรวจพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

นิรนาม, 2549. เอกสารประกอบการเรียบเรียง เรื่อง ซัลฟูริลฟลูออไรด์. 16 สิงหาคม 2549 ณ โรงแรมรามาการ์เดน กรุงเทพฯ. 10 หน้า.

นิรนาม, 2550. เอกสารประกอบการเรียบเรียง เรื่อง สารทดแทนเมทิลโบรไมด์. 17 มกราคม 2550 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรน์ กรุงเทพฯ. 20 หน้า.

นิรนาม, 2553. หลักเกณฑ์การปฏิบัติที่ดี การรมด้วยฟอสฟีน. ผู้เรียบเรียง จำลอง ลภาสาธุกุล สำนักบริหารโครงการลดเลิกใช้สารเมทอลโบรไมด์ในประเทศไทย สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 24 หน้า.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ กุสุมา นวลวัฒน์ บุษรา จันทร์แก้วมณี ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมร สุทธิสุทธิ์ ลักขณา ร่มเย็น และภาวินี หนูชนะภัย, 2548. แมลงที่พบในผลิตผลเกษตรและการป้องกันกำจัด. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี-หลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 150 หน้า.

Friendship, R. 1989. Fumigation with phosphine under gas-proof sheets. Overseas Development Natural Resources Institure Bulletin, No. 26, 22 pp.

Graver, J.E. van Someren, 2004. Guide to Fumigation Under Gas-Proof Sheets. Australian Centre For International Agricultural Research. Canberra Australia. 170 pp.

Olson KR, Anderson IB, Benowitz NL, Blanc PD, Clark RF, Kearney TE, et al. Poisoning & drug overdose. the California Poison Control System. 5th ed. New York: McGraw-Hill 2004.

Farrow C, Wheeler H, Bates N, Murray V. The chemical incident management handbook. London: The Stationery Office 2000.

International Programme on Chemical Safety. International Chemical Safety Cards (ICSCs): Phosphine. International Labour Office, 1998.

Schenker MB, Offerman SR, Albertson TE. Pesticides. In: Rom WN, Markovitz SB, eds. *Environmental and occupational medicine*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2007:1171 - 2.

ภาคผนวก

จากการทดสอบเป็นจำนวนมากพบว่า อาหารและยาสูบ รวมถึงสิ่งที่ไม่ใช่อาหาร สามารถรมด้วยสารรมได้ ทั้งนี้ข้อมูลนี้มิใช่รายการที่สมบูรณ์ที่สามารถรมด้วยฟอสฟีน แต่เป็นเพียงคำแนะนำเพื่อผลการรมที่เหมาะสมเท่านั้น

ตาราง ชนิดพืชที่สามารถใช้กับสารรมฟอสฟีน

Fields of Application:	Tablets and Pellets	Bag	Belt	Blanket	Bag Chain	Plate	Strip
Grain in silo	x	x					
Bulk grain in flat storage	x	x	x	x		x	x
Stack	x	x			x	x	x
Space, container		x		x	x	x	x
Ship				x			x
Agricultural Commodities:							
Grains	X	x	x		x	x	
Pulses	X	x			x	x	
Oil seeds	X	x			x	x	
Nuts		x		x		x	x
Coffee Beans		x		x		x	x
Cocoa Beans		x		x		x	x
Process Foods:							
Cereal		x		x	x	x	x
Dried fruits		x		x	x	x	x
Dried vegetables		x		x	x	x	x
Herbs		x		x	x	x	x
Tea		x		x	x	x	x
Dairy Products		x		x	x	x	x
Non-food items:							
Tobacco		x		x	x	x	x
Cotton		x		x	x	x	x
Wood	X	x		x	x	x	x
Bamboo/Rattan	X	x		x	x	x	x
Leather products		x		x	x	x	x
Seeds	x	x		x	x	x	x

รายชื่อสารรมฟอสฟีน บริษัทผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายที่ผ่านการขึ้นทะเบียน ปี 2555

ชื่อการค้า	ชื่อสามัญ	สูตร	แหล่งผลิต	ผู้จำหน่าย	ผู้นำเข้า	ลักษณะภาชนะบรรจุ
FUME TOXIN	aluminium phosphide	56% TB	Jiningn High Technology Development Zone Yongfeng Chemical Plant	เอเชียเพส คอนโทรล แอนด์ อินสเปคชั่น หจก.	เอเชียเพส คอนโทรล แอนด์ อินสเปคชั่น หจก.	ขวดอลูมิเนียมขนาด 1.5 กก. บรรจุ 500 เม็ด
NEOFUME 56% TB	aluminium phosphide	56% TB	Jiningn Shengcheng Chemical Experimental Co., Ltd. PRC	นีโอเทค อินสเปคชั่น บจก.	นีโอเทค อินสเปคชั่น บจก.	ขวดอลูมิเนียมขนาด 1.5 กก.
Asiaphide	aluminium phosphide	56% TB	Jiangsu Shuangling Chemical Group Co., Ltd. PRC	เคมแฟค บจก.	เคมแฟค บจก.	ขวดอลูมิเนียมขนาด 1.5 กก.
Fumiphos	aluminium phosphide	56% TB	Jiangsu Shuangling Chemical Group Co., Ltd. PRC	บี.บี.เอน เตอร์ไพรส์ บจก.	บี.บี.เอน เตอร์ไพรส์ บจก.	ขวดอลูมิเนียมขนาด 1.5 กก.
Asiaphosphide	aluminium phosphide	56% TB	Jiangsu Shuangling Chemical Group Co., Ltd. PRC	เอเชีย อินสเปคชั่น บจก.	เคมแฟค บจก.	ขวดอลูมิเนียม และขวดโลหะ ขนาด 1.5 กก.