บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์หลายชนิด เช่น สุกร สัตว์ปีก โค ม้า ล่อ แพะ และแกะ ประเทศที่มีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รายใหญ่ ได้แก่ อาร์เจนตินา สหรัฐอเมริกา และจีน ในประเทศไทยมีแหล่งผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ นครราชสีมา เลย ลพบุรี สระแก้ว นครสวรรค์ ตาก เชียงราย อุทัยธานี พิษณุโลก ชัยภูมิ สระบุรี กำแพงเพชร และน่าน ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี พ.ศ. 2552 ประมาณ 4.62 ล้านตันต่อปี (ตาราง 1) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มักประสบปัญหาทางด้านราคาที่ไม่แน่นอนและประสิทธิภาพในการผลิตต่ำ เนื่องจากภัยธรรมชาติ ความแปรปรวนและการกระจายของน้ำฝน การขาดเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละท้องที่และการขาดเครื่องจักรกลในการปลูกและเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นคุณภาพของผลผลิตที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อราซึ่งเกิดจากการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม เช่น การเก็บเกี่ยวในช่วงที่มีความชื้นสูงหรือฝนตก การกะเทาะหรือสีเมล็ดข้าวโพดเกิดการแตกหักของเมล็ด และมีการเก็บรักษาข้าวโพดที่ไม่เหมาะสม ในประเทศไทยนิยมเก็บรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2 รูปแบบ คือ การเก็บรักษาในรูปฝักโดยอาจแขวนฝักข้าวโพดหรือเก็บทั้งฝักไว้ในยุ้งหรือที่โปร่งยกสูงให้อากาศถ่ายเทได้สะดวกและมีหลังคาป้องกันฝน และการเก็บรักษาในรูปเมล็ดโดยเก็บไว้ในกระสอบหรือกองไว้กับพื้นหรือเก็บไว้ในไซโล ในการเก็บรักษาต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพ โดยเฉพาะความชื้นและอุณหภูมิ (ตาราง 2, 3) โดยพบว่าปริมาณความชื้นสูงเป็นสาเหตุให้เชื้อราเจริญได้ดี เช่น *Aspergillus flavas* โดยเชื้อราชนิดนี้จะขับสารพิษที่เรียกว่า aflatoxin ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง และการเจริญของเชื้อราหรือเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดกระบวนการหมัก (fermentation) เป็นผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้คุณภาพของอาหารสูญเสีย (พันทิพา, 2547) นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นยังเหมาะแก่การเจริญเติบโต วางไข่ และฟักไข่ของแมลง ทำให้เกิดการแพร่ระบาดทำความเสียหายอย่างรวดเร็วต่อผลิตผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1 การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2552

จังหวัด	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (รวมรุ่น)				
	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่	
				ปลูก (กก.)	เก็บ (กก.)
เชียงราย	430,063	422,825	293,491	682	694
พะเยา	220,487	216,188	147,937	671	684
เลย	613,437	586,724	365,710	596	623
ลพบุรี	374,087	362,576	223,330	597	616
ตาก	584,839	566,604	406,698	695	718
นครราชสีมา	818,769	792,899	496,174	606	626
น่าน	522,410	512,116	333,358	638	651
สระแก้ว	200,463	196,037	133,107	664	679
พิษณุโลก	251,759	243,079	174,395	693	717
นครสวรรค์	373,217	367,245	249,846	669	680
อุทัยธานี	177,220	173,330	122,003	688	704
เพชรบูรณ์	1,011,406	986,934	689,076	681	698
ภาคเหนือ	4,434,555	4,330,175	2,982,247	673	689
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1,678,072	1,617,821	1,005,129	599	621
ภาคกลาง	986,245	957,440	628,743	638	657
รวมทั้งประเทศ	**7,098,872**	**6,905,436**	**4,616,119**	**650**	**668**

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2 ระดับความชื้นสูงสุด (critical moisture level) ของธัญเมล็ดและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สามารถเก็บในยุ้งฉาง (silo) และถังพักอาหาร (storage bin) ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส

Grain	Critical moisture level (%)
Rolled barley	14.2
Whole maize	14.8
Ground maize	13.0
Whole oats	14.5
Crimped oats	13.1
Soybean meal	13.1

ที่มา: พันทิพา (2547)

ตาราง 3 เปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุดที่ไม่เป็นผลเสียแก่วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ 70% อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส

Grain	Critical moisture level (%)
Whole corn	14.7
Ground corn	13.0
Whole oats	14.5
Ground oats	12.3
Whole wheat	14.3
Ground wheat	12.0

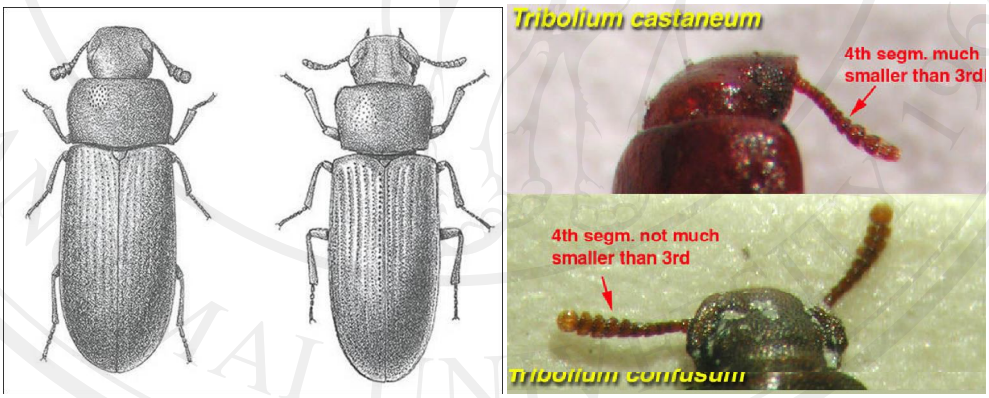
ที่มา: พันทิพา (2547)

มอดแป้ง

มอดแป้ง มี 2 ชนิดคือ *Tribolium castaneum* (red flour beetle) และ *Tribolium confusum* (confused flour beetle) จัดอยู่ในวงศ์ Tenebrionidae อันดับ Coleoptera ตัวเต็มวัยมอดแป้งทั้ง 2 ชนิด มีรูปร่างลักษณะและสีคล้ายกัน คือมีสีน้ำตาลแดง ขนาด 2.3 - 4.4 มิลลิเมตร ลำตัวแบ่งเป็น 3 ส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างชัดเจน ที่หัวมีหนวดค่อนข้างสั้น ลำตัวเรียวยาว ลักษณะที่แยกความแตกต่างระหว่างมอดแป้งทั้ง 2 ชนิด คือ *T. castaneum* มีขอบเหนือตาไม่เว้า ตาแยกจากกันเป็นระยะน้อยกว่า 2 เท่าของความกว้างของตา ปล้องหนวด 3 ปล้องสุดท้ายขยายใหญ่ออกเป็นลูกตุ้ม (capitate) ด้านข้างของอกมีลักษณะโค้ง ส่วน *T. confusum* ขอบตามีลักษณะเว้า ตาแยกออกจากกันเป็นระยะ 3 เท่าของความกว้างของตา หนวด 5 หรือ 6 ปล้องสุดท้ายจะค่อย ๆ ขยายออกเป็นแบบกระบอง (clavate) ด้านข้างของอกมีลักษณะตรง (ภาพ 1) (อุดม, 2526; Baldwin and Fasulo, 2003; PaDIL, 2009) ตัวเมียวางไข่ประมาณ 400-500 ฟอง ตามกระสอบ รอยแตกของเมล็ดข้าวหรือในแป้ง ไข่มีรูปร่างยาวรี สีขาว เมื่อวางไข่เสร็จตัวเมียจะขับสารเหนียวปกคลุมไข่ ทำให้อนุภาคหรือเศษผงในผลิตผลเกาะติดอยู่กับไข่ได้ง่าย ในแป้งจะทำให้แป้งจับกลุ่มของไข่กลายเป็นก้อน ไข่จะฟักใน 3-7 วัน หนอนจะมีสีครีมปนเหลือง ลำตัวเป็นปล้อง ๆ เห็นได้ชัด หนอนลอกคราบหลายครั้ง ตั้งแต่ 5-12 ครั้ง ตัวหนอนเมื่อเข้าดักแด้จะขึ้นมาเข้าดักแด้บนผิวหน้าของอาหาร แล้วเข้าดักแด้อยู่ข้างบน ระยะดักแด้ 3-7 วัน และกลายเป็นตัวเต็มวัย วงจรชีวิตของมอดแป้งจะใช้เวลาประมาณ 26-40 วัน ตัวเต็มวัยมอดแป้ง อาจมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 6 เดือน (กุสุมา และคณะ, 2548)



ภาพ 1 ความแตกต่างระหว่างมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) และ *Tribolium confusum* (J. du Val) ที่มา: (PaDIL, 2009; Baldwin and Fasulo, 2003)

มอดแป้งมีอุปนิสัยเป็นแบบ cannibalistic behavior คือ การกินพวกเดียวกันหรือกินแมลงอื่นเป็นอาหาร ตัวเต็มวัยของมอดแป้งจะกินไข่หรือดักแด้ของแมลงชนิดเดียวกันเป็นอาหาร โดยเพศผู้ชอบกินดักแด้ ส่วนเพศเมียชอบกินไข่ (พรทิพย์ และคณะ, 2548) นอกจากนั้นตัวเต็มวัยและตัวหนอนของมอดแป้งยังสามารถกินแมลงที่อยู่ในอันดับ Lepidoptera และ Coleoptera เช่น ทุกวัยของผีเสื้อข้าวโพด (*Ephestia cautella*) ผีเสื้อข้าวสาร (*Corcyra cephalonica*) และ ผีเสื้อ *Plodia interpunctella*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และยังสามารถกินไข่ ตัวหนอน และดักแด้ของมอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus surinamensis*) (กุสุมา และคณะ, 2548; พรทิพย์ และคณะ, 2548) มอดแป้งเป็นศัตรูอันดับรอง (secondary pest) คือ ตัวมอดแป้งไม่สามารถทำลายเมล็ดพืชจนเป็นรูหรือรอยแตกเสียหายได้ แต่ มักเข้าทำลายซ้ำเติมเมล็ดพืชที่ได้รับความเสียหายจนเป็นรูหรือรอยแตกจากแมลงชนิดอื่น ๆ (ชุมพล, 2533) มอดแป้งมีศัตรูธรรมชาติหลายชนิด เช่น ไร (*Acarophenax tribolii* Newstead and Duval และ *Pyemotes* spp.) และพวกต่อ แตน (*Rhabdepyris zea* Turner and Waterston และ *Cephalonomia* spp.) ซึ่งเป็นตัวเบียนของตัวหนอนมอดแป้งและมีไร *Blattisocius tarsalis* (Berlese) เป็นตัวห้ำไข่ ตัวหนอนและตัวเต็มวัยของมอดแป้ง นอกจากนั้นมีมวนตัวห้ำในวงศ์ Anthocoridae คือ มวน *Xylocoris flavipes* Reuter คอยทำลายมอดแป้งอีกด้วย มอดแป้งยังมีโอกาสเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งอยู่ใน genus *Trivoliocystis*, *Famnocystis*, *Nosema* และ *Adelina* เป็นต้น (กุสุมา และคณะ, 2548; พรทิพย์ และคณะ, 2548)

การแพร่ระบาด

มอดแป้งมีการแพร่กระจายทั่วโลก พบระบาดมากในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ในประเทศไทยพบทุกภาคและระบาดทั่วทั้งปี

การป้องกันกำจัด

การป้องกันกำจัดแมลงในโรงเก็บสามารถทำได้ทั้งก่อนและหลังจากที่แมลงเข้าทำลายผลิตผล ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การกำจัดหรือทำลายให้หมดและการลดปริมาณของแมลงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (ชุมพล, 2533)

1. การป้องกันกำจัดแมลงโดยไม่ใช้สารเคมี

ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บแบบไม่ใช้สารเคมีโดยควบคุมหรือส่งเสริมปัจจัยสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตหรือการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเรื่องอาหาร อุณหภูมิ ความชื้น เช่น การรักษาความสะอาดทั้งภายในและภายนอกโรงเก็บ ซึ่งเป็นแหล่งสะสมและขยายพันธุ์ของแมลง การรักษาความสะอาดเป็นวิธีการที่สำคัญเพราะทำง่ายที่สุดและเป็นมาตรการป้องกันแมลงได้ดีที่สุด การใช้ความร้อนและความเย็น การใช้กับดัก การใช้พลังงานเสียง (sound energy) การใช้พลังงานคลื่นวิทยุ (radiofrequency energy) การใช้พลังงานจากแสงอุลตราไวโอเล็ท (ultraviolet radiation energy) เป็นต้น Lu *et al*. (2011) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของคลื่นไมโครเวฟ (microwave) และสื่อนำความร้อน (conductive heating) กับมอดแป้ง *T. castaneum* พบว่าคลื่นไมโครเวฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และสื่อนำความร้อนมีผลต่อสรีรวิทยาและชีวเคมีของแมลง ทำให้สามารถกำจัด *T. castaneum* ในแป้งสาลีได้โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของแป้งสาลี ในส่วนของการควบคุมโดยชีววิธี Ramos-Rodrigues (2006) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง *Steinernema riobrave* กำจัดแมลง *T. castaneum* และ *P. interpunctella* พบว่า สามารถกำจัดแมลงได้ทั้งในระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย และพบว่าในระยะหนอนเป็นระยะที่อ่อนแอที่สุด โดยใน *P. interpunctella* พบการตาย 99% และ *T. castaneum* พบการตาย 80% นอกจากนี้การใช้สารบางอย่างที่ไม่เป็นพิษคลุกกับเมล็ดพืช ได้แก่ น้ำมันพืช ดินสอพอง ปูนขาว และอื่น ๆ การใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันแมลงได้ และการเก็บผลผลิตในภาชนะที่อากาศเข้าออกไม่ได้ (air tight storage) เช่น ถุงพลาสติก ไซโลแบบต่าง ๆ อาจสร้างด้วยวัสดุ เช่น อิฐ คอนกรีต พลาสติก เหล็กเสริมคอนกรีต และมักทาด้วยสารที่กันไม่ให้ความชื้นและอากาศเข้าออกได้ ในกรณีของไซโลที่ทำด้วยคอนกรีตควรเน้นเรื่องการออกแบบสร้างให้ถูกต้อง ป้องกันการแตกร้าว ซึ่งอาจเกิดปัญหาเรื่องความชื้นและการรมสารเคมี นอกจากนั้นการใช้กับดักในรูปแบบต่าง ๆ ก็สามารถกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บได้ โดย Stejskal (1995) ได้ทดสอบอิทธิพลของอาหาร และ paper shelter เปรียบเทียบกับ กับดักกาวเหนียวที่จำหน่ายเป็นการค้า (commercial sticky trap) ต่อ *T. castaneum* พบว่า อาหารและ paper shelter มีผลต่อการกำจัดมอดแป้ง *T. castaneum* และพบว่าการใช้กับดักกาวเหนียวที่จำหน่ายเป็นการค้าอย่างเดียวสามารถกำจัดมอดแป้งได้ดีกว่าการใช้กับดักร่วมกับอาหารและ paper shelter นอกจากนี้การใช้กับดักในแต่ละโรงเก็บต้องคำนึงถึงชนิดของแมลงศัตรูโรงเก็บที่ต้องการกำจัดด้วย

2. การป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี

การป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี คือการนำสารเคมีที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่ สารฆ่าแมลง สารดึงดูดและขับไล่แมลง รวมถึงสารเคมีอื่น ๆ ที่นำมาใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลง โดยทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัด หรือลดปริมาณแมลงที่อยู่ในโรงเก็บ รวมทั้งแมลงที่เคลื่อนย้ายเข้ามาจากแหล่งอื่น ในปัจจุบันการใช้สารฆ่าแมลงในโรงเก็บเป็นที่นิยมกันมากและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้สารฆ่าแมลงเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง แต่การใช้สารเคมีที่ไม่ถูกวิธีก็นำมาซึ่งผลเสียต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมรวมถึงมนุษย์ สัตว์น้ำ และสภาพแวดล้อม สารฆ่าแมลงที่ยอมรับให้ใช้ในโรงเก็บผลิตผลเกษตรนั้นมีพิษต่อแมลงสูงแต่เป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ การวัดค่าความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมวัดได้จากพิษทางปาก (acute oral toxicity) และพิษทางผิวหนัง (dermal toxicity) ต่อหนู ความเป็นพิษเหล่านี้แสดงด้วยค่า LD_{50} ซึ่งเป็นค่าหรืออัตราที่สามารถฆ่าประชากร 50% ของสัตว์ที่ทดสอบ (กุสุมา และคณะ, 2548; พรทิพย์ และคณะ, 2548) สารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphate เป็นสารฆ่าแมลงที่มีสารประกอบฟอสฟอรัสอยู่ในรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงสร้างของอินทรียสาร ในสงครามโลกครั้งที่ 2 กองทัพเรือเยอรมันได้สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกิจการสงคราม สารเคมีประเภทนี้มีพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนามาใช้ประโยชน์ในการฆ่าแมลง ข้อดีของสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ คือ มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลง สามารถกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวางและสลายตัวได้เร็ว มีพิษตกค้างน้อยมากในสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงนำมาใช้กับพืชผักและผลไม้ที่ต้องการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาสั้น ๆ และเป็นสารฆ่าแมลงที่มีฤทธิ์ที่ครอบคลุม นอกจากนั้นบางชนิดมีฤทธิ์ดูดซึม (systemic insecticide) สารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphate มีผลต่อแมลง โดยไปยับยั้งเอนไซม์ cholinesterase และไม่สามารถไปสลายสาร acetylcholine ซึ่งเป็นตัวส่งความรู้สึกจากปลายประสาทไปยังกล้ามเนื้อ และเกิดการสะสมของ acetylcholine การส่งความรู้สึกจึงดำเนินติดต่อกันโดยไม่มีการหยุด กล้ามเนื้อกระตุกอยู่ตลอดเวลา เป็นอัมพาตและตายในที่สุด (สุภาณี, 2540) ตัวอย่างสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ เช่น malathion, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, trichlorfon, monocrotophos เป็นต้น (ตาราง 4) นอกจากนี้ Zettler and McDonald (1984) รายงานว่า การใช้ fenitrothion สามารถกำจัดตัวเต็มวัยของ *T. castaneum* และ *T. confusum* ได้ดีกว่า malathion นอกจากนี้สารกลุ่ม pyrethroid ที่เป็นสารสังเคราะห์ที่มีต้นแบบจากไพรีทริน (pyrethrin) มีพิษต่อระบบประสาทของแมลงสูง ทำลายสมดุลของประจุโซเดียมและโปตัสเซียมที่เยื่อหุ้มเซลล์ประสาท สารกลุ่มนี้มีความเฉพาะเจาะจงสูงมีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่น (สุภาณี, 2540) สารที่นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บได้แก่ cypermethrin, permethrin, cyfluthrin เป็นต้น (ตาราง 4) และ Arthur (1999) รายงานการใช้ cyfluthrin 2 ppm สามารถควบคุม *Sitophilus oryzae* ในโรงเก็บข้าวสาลีได้นานถึง 10 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4 สารฆ่าแมลงที่ใช้โดยทั่วไปกับผลผลิตทางการเกษตรในโรงเก็บ

ชื่อสามัญ	ชื่อการค้า	สูตร	LD_{50} (mg/kg)	
			Oral	Dermal
Organophosphorus insecticides				
1. chlorpyrifos	Lorsban	50% EC	900	-
2. chlorpyrifos-methyl	Reldan	50% EC	941-2,140	2,000
3. etrimphos	Satisfar	50% EC	1,800	-
4. fenitrothion	Folithion	50% EC	250-500	3,000
5. malathion	Malathion	5%WP	1,375	4,000
6. methacrifos	Damfin	50% EC	680	-
7. phoxim	Baythion	50% EC	1,845	-
8. pirimiphos-methyl	Actellic	50% EC	2,050	2,000
9. tetrachlorvinphos	Gardona	75% EC	4,000	5,000
Synthetic pyrethroid insecticides				
10. bioresmethrin	Bioresmethrin	10% WP	9,000	-
11. cyfluthrin	Baythion	10% EC	540-1,189	-
12. cypermethrin	K-orthene	25% EC	4,000	-
13. deltamethrin	Ripcord	15% EC	2,200	-
14. permethrin	Coopex	10% EC	4,000	4,000
Fumigants				
15. methyl bromide	Methyl bromide			
16. aluminium phosphide	Celphos, Phostoxin			

ที่มา: พรทิพย์ และคณะ (2548)

วิธีการใช้สารเคมีในโรงเก็บ

1. การพ่นสารฆ่าแมลงภายในและภายนอกโรงเก็บ โดยพ่นสารที่พื้นหรือที่ฝาผนังให้มีพิษตกค้างเพื่อให้พิษของสารฆ่าแมลงสามารถกำจัดแมลงที่มีอยู่หรือหลบซ่อนอยู่ให้หมดไป รวมทั้งกำจัดแมลงที่เข้ามาในโรงเก็บในภายหลัง การพ่นสารฆ่าแมลงภายในโรงเก็บนิยมพ่นหลังจากทำความสะอาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เรียบร้อยแล้ว ซึ่งสารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ควรมีพิษตกค้างที่ยาวนานพอสมควร สารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ในโรงเก็บ ได้แก่ pirimiphos-methyl, malathion, fenitrothion, chlorpyrifos-methyl, tetrachlorvinfos, iodophenfos, chlopyrifos, methacrifos, phoxim, permethrin และ carbaryl (พรทิพย์และคณะ, 2548)

2. การพ่นสารเคมีตามผิวหน้าของกองเมล็ดหรือบนกระสอบที่บรรจุเมล็ดพืช หรือผลิตผล โดยพ่นสารเคมีตามผิวหน้าของกองเมล็ด ซึ่งอาจทำในระยะที่เมล็ดถูกขนถ่ายเข้าโรงเก็บผ่านทางสายพาน ซึ่งต้องติดหัวฉีดของเครื่องพ่นไว้เหนือสายพาน สารจะถูกพ่นออกไปในขณะที่เมล็ดผ่านไปตามสายพาน นอกจากนั้นการพ่นสารเคมีบนกระสอบที่บรรจุเมล็ดพืชอาจทำได้หลายแบบ เช่น พ่นสารบนกระสอบเป็นชั้น ๆ คือวางกระสอบชั้นแรกก่อนแล้วพ่นสารทางด้านบน เสร็จแล้ววางชั้นที่สองแล้วพ่นสารแบบเดียวกัน ทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ วิธีนี้ช่วยป้องกันการย้อนกลับเข้ามาของแมลงและกำจัดแมลงที่อยู่ตามผิวกระสอบ สารฆ่าแมลงนำมาใช้ในการพ่นกระสอบได้ในปัจจุบันมี2 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้แก่ pirimiphos-methyl, malathion, fenitrothion, bromophos, tetrachlorvinfos, chlorpyrifos-methyl และกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ได้แก่ permethrin และ deltamethrin (พรทิพย์ และคณะ, 2548)

3. การพ่นสารเคมีเพื่อรมในช่องว่างในโรงเก็บ โดยมักพ่นในรูปฝอยละเอียดมาก เพื่อกำจัดแมลงในโรงเก็บที่ว่างเปล่าก่อนนำผลิตผลมาเก็บไว้ และเป็นการป้องกันไม่ให้แมลงกลับมาทำลายผลิตผล สารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ phoxim, fenitrothion และ chlorpyrifos-methyl อัตรา 0.5-2.0 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตร ควรพ่นหลังทำความสะอาดโรงเก็บ พ่นตามพื้นและฝาโรงเก็บให้ทั่ว ทั้งภายในและภายนอกโรงเก็บ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีแมลงรอดชีวิตอยู่ (พรทิพย์ และคณะ, 2548) ส่วนการพ่นแบบหมอกควัน โดยใช้เครื่องพ่นหมอกควัน พ่นไปบนกองเมล็ดพืชที่เก็บไว้ในยุ้งฉางหรือโรงเก็บ หรือห้องที่มีสภาพปิดได้มิดชิด วิธีนี้สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกได้เป็นอย่างดี สารฆ่าแมลงที่ใช้คือ fenitrothion อัตรา 20 มิลลิลิตร หรือ esbioallethrin หรือใช้ deltamethrin (Deltacide ®) อัตรา 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำมันโซล่า 100 มิลลิลิตรต่อข้าวเปลือก 6 ตัน (กรมการข้าว, 2552)

4. การคลุกสารเคมีกับเมล็ดพืช วิธีนี้ใช้กับเมล็ดพันธุ์เท่านั้น และควรทำหลังจากเก็บเกี่ยวใหม่ ๆ เพราะการทำลายของแมลงในระยะนี้ยังมีน้อย วิธีนี้ไม่เหมาะกับเมล็ดที่จะนำมาบริโภค แต่ในข้าวเปลือก ซึ่งแม้ว่าจะทำเพื่อจุดประสงค์เพื่อทำเมล็ดพันธุ์ แต่เมล็ดที่เหลือใช้เกษตรกรอาจนำไปใช้เลี้ยงสัตว์หรือสีเพื่อบริโภคในครอบครัว ดังนั้นสารเคมีที่ใช้คลุกเมล็ดจึงมีน้อยชนิด สารเคมีที่นำมาใช้คลุกเมล็ดควรเป็นสารประเภทไพรีทรอยด์ ไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ออร์กาโนฟอสฟอรัส และสารประเภทคาร์บาเมท (พรทิพย์ และคณะ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การชุบสารเคมีตามกระสอบ หรือถุงบรรจุ วิธีนี้ช่วยชะลอ หรือป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูได้ แต่โอกาสที่แมลงถูกสารเคมีน้อยและแมลงยังสามารถเข้าทำลายผลิตผลได้ภายหลัง อีกทั้งวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงเพราะต้องใช้สารเคมีจำนวนมาก และทำให้กระสอบเปื่อยเร็ว สารเคมีที่นำมาใช้ในการชุบกระสอบคือ pirimiphos-methyl, phoxim เป็นต้น (พรทิพย์ และคณะ, 2548)

6. การรมสารเคมีกับผลิตผล เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงและรมสินค้าเพื่อการส่งออก เนื่องจากสามารถทำลายแมลงศัตรูได้ทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต รวมทั้งยังทำลายศัตรูชนิดอื่น ๆ เช่น นก หนู ไร และเชื้อรา สารรมส่วนใหญ่จะเข้าสู่แมลงได้โดยผ่านทางระบบหายใจ (respiration system) โดยผ่านทางรูหายใจเล็ก ๆ (spiracles) ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านข้างของลำตัวแมลงในระยะที่เป็นตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัย สารรมบางชนิดสามารถผ่านทางเปลือกไข่ (chorion) หรือผ่านทางท่อหายใจพิเศษของไข่ นอกจากนั้นสามารถซึมผ่านผนังลำตัวของแมลงได้ สารที่ใช้ในการรมแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ สามารถแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ สารรมในสภาพก๊าซ (gaseous fumigants) เช่น methyl bromide, hydrocyanic acid สารรมในสภาพของเหลว (liquid fumigants) เช่น ethylene dichloride+carbon tetrachloride (3:1), carbon tetrachloride+carbon disulphide (4:1) และสารรมในสภาพของแข็ง (solid fumigants) เช่น ฟอสท็อกซินแบบเม็ด (phostoxin tablets) เมื่อถูกอากาศจะเปลี่ยนเป็นก๊าซพิษฟอสฟีน (phosphine) หรือ ไฮโดรเจนฟอสไฟด์ (hydrogen phosphide) (พรทิพย์ และคณะ, 2548)

ดินเบา (Diatomaceous Earth)

ดินเบา คือ สารที่ได้จากการสะสมของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ที่เรียกว่า diatom ที่ตายทับถมกันอยู่ในชั้นดินในแหล่งน้ำจืดและน้ำทะเลนับล้านปี ในโครงสร้างประกอบด้วยรูพรุนเล็ก ๆ อยู่ทั่วไป มีเนื้อซุยพรุนคล้ายชอล์กและมีปริมาณซิลิกาสูงและประกอบด้วย อลูมิเนียม แคลเซียม ปูนขาว แมกนีเซียม เหล็กและอื่น ๆ (ตาราง 5) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกรดหรือชนิดของดินเบา นอกจากนั้นดินเบามีทั้งสีขาว จนถึงสีเทา (off-white to gray) ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบ และรูปร่าง ขนาด และการจัดเรียงตัวของไดอะตอมที่ทับถมกันนอกจากนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของไดอะตอมอาจแตกต่างกันบ้างตามแหล่งที่พบ นอกจากนี้ในแหล่งเดียวกันก็ยังอาจแตกต่างกันไปตามความลึกของแหล่งที่พบ ดินเบาจากธรรมชาติมักประกอบด้วยแร่ดิบ (crude ore) ที่บดให้ละเอียด ส่วนดินเบาที่ผลิตเป็นการค้าจากประเทศสหรัฐอเมริกาประกอบด้วย ซิลิกาไดออกไซด์ (SiO_2) และอาจมีการผสมสารฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ เช่น piperonyl butoxide (ตาราง 6) (ธัญรัศม์, 2553; อภิรักษ์ และคณะ, 2549; Chanbang, 2005; Korunic, 1998; Stathers, 2004; Subramanyam and Roesli, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 5 องค์ประกอบที่สำคัญของดินเบาที่จำหน่ายเป็นการค้า 4 ชนิด (1 มิลลิกรัมต่อเมล็ดพืช 1 กิโลกรัม)

Element	Protect-It®	Perma-Guard®	Dryacide®	Insecto®
Aluminum	0.9830	1.0410	2.5880	0.7410
Arsenic	0.0020	0.0020	0.0020	0.0010
Boron	0.0020	0.0050	0.0010	0.0010
Barium	0.0310	0.0230	0.0180	0.0230
Beryllium	0.0001	0.0001	0	0.0002
Calcium	1.3280	3.2470	0.5560	1.2110
Cadmium	0.0040	0.0003	0.0001	0.0020
Cobalt	0	0.0007	0	0.0001
Chromium	0.0050	0.0008	0.0040	0.0020
Copper	0.0050	0.0010	0.0020	0.0070
Iron	0.9330	0.2540	0.3240	0.4440
Potassium	0.3650	0.7470	0.1200	0.3470
Lithium	0.0001	0.0020	0.0010	0
Magnesium	0.6380	0.5070	0.2570	0.7180
Manganese	0.1200	0.0220	0.0030	0.0050
Molybdenum	0.0030	0.0002	0.0010	0.0020
Sodium	1.4860	1.5020	0.9490	0.6260
Nickel	0.0120	0.0003	0.0010	0.0070
Phosphorus	0.4280	0.1240	0.0120	0.3680
Lead	0.0020	0.0020	0.0080	0.0004
Sulfur	0.9520	0.4250	0.3100	0.1610
Rubidium	0	0	0	0.0270
Silicon	0.5110	0.4740	0.6640	0.3330
Strontium	0.0140	0.0400	0.0040	0.0140
Titanium	0.0100	0.0080	0.0060	0.0070
Vanadium	0.0090	0.0120	0.0240	0.0040
Zinc	0.0140	0.0010	0.0090	0.0090

ที่มา: Subramanyam and Roesli (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 6 ดินเบาที่ได้รับการขึ้นทะเบียนในประเทศสหรัฐอเมริกา

Primary name	EPA Registration	% Active ingredients		
		SiO_2	PBO	Pyrethrins
Crop Guard	7665-1	85.0	0	0
Diatomic Earth	65460-1	99.9	0	0
Dryacide	67595-1	97.0	0	0
Harper Valley Diatomaceous Earth	69261-1	100.0	0	0
Earth Grain Insecticide	69261-3	100.0	0	0
Insectigone (Sure Fire)	59913-1	77.7	0	0
Insecolo	66923-1	97.0	0	0
Insecto	48598-1	90.0	0	0
Melocide DE-100	65789-1	100.0	0	0
Melocide DE-200	65789-2	83.6	0	0
Killer	65462-1	90.0	0	0
Insecticide-D-20	67197-6	88.0	1.0	0.2
Perma Guard Household Insecticide-D-20	67197-7	88.0	1.0	0.2
Perma Guard Kleen Bin-D-20	67197-7	88.0	1.0	0.2
Protect-It	66923-2	90.0	0	0

ที่มา: Subramanyam and Roesli (2000)

แหล่งที่พบ

แหล่งที่พบดินเบาที่สำคัญ ในทวีปแอฟริกาตอนเหนือ พบที่เมืองทริโปลี ประเทศเยอรมันนี พบที่เมืองฮันโนเวอร์ และที่สหรัฐอเมริกาพบมีการผลิตดินเบามากในรัฐโอเรกอน แคลิฟอร์เนีย วอชิงตัน ไอดาโฮ และเนวาดา และได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นการค้า (ตาราง 5) นอกจากนั้นยังพบในประเทศญี่ปุ่น จีน เม็กซิโก และออสเตรเลีย เป็นต้น ส่วนในประเทศไทย พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินเบาปริมาณมากบริเวณลุ่มแม่น้ำวังในจังหวัดลำปาง จัดเป็นไดอะตอมชนิดที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด ทั้งหมด 5 แหล่ง คือ

1. บ้านม่อนหินแก้ว ตำบลวังพร้าว อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง
2. วัดม่อนศรีวัน ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
3. บ้านห้วยน้ำเค็ม ตำบลข้างแลง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
4. บ้านหนองถ้อย ตำบลนาครัว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง
5. ตำบลกล้วยแพะ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

(ธัญรัศม์, 2553; นงพงา, 2553; อภิรักษ์ และคณะ, 2549)

การใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์จากดินเบา นิยมนำมาเป็นสารขัดถู (abrasive) สำหรับขัดภาชนะโลหะต่าง ๆ ใช้ในการกรองเครื่องดื่ม เนื่องจากมีรูพรุน Celite ใช้เป็นตัวเติม (filler) หรือตัวเพิ่มเนื้อ (extender) ในการผลิตสีและขึ้นรูปพลาสติก ใช้เป็นฉนวนกันความร้อนและอุปกรณ์ป้องกันเสียง เช่น ทำแผ่นฝ้าเพดานห้องบันทึกเสียงหรือห้องประชุม และใช้ในการผลิตวัตถุกันไฟต่าง ๆ โดยนำมาอัดเป็นก้อน (block) หรือเป็นแผ่น (board) และใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตสบู่และผงซักฟอก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดแรงตึงผิวและยังป้องกันการกัดกร่อนของโลหะที่ใช้เป็นภาชนะในการซัก ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ ใช้ในอุตสาหกรรมทำสีเนื่องจากคุณสมบัติที่ขรุขระของเปลือกไดอะตอม สามารถทำให้กระจายแสงที่มาตกกระทบได้ดีทุกทิศทาง ช่วยเพิ่มความสว่างของสี ใช้ดินเบาเป็นสารตั้งต้นในการประกอบพวกอะลูมิโนซิลิเกตและซีโอไลต์ และใช้เป็นตัวช่วยในการกระจายตัว (deflocculant) ในอุตสาหกรรมเซรามิกโดยช่วยให้น้ำและดินมีการไหลตัวดี นอกจากนั้นดินเบาสามารถใช้ในการเกษตร โดยดินเบาเป็นส่วนผสมที่อนุญาตให้ใช้ในการผลิตเกษตรอินทรีย์ มีการใช้ดินเบาเป็นสารอนินทรีย์ในการผลิตสัตว์น้ำอินทรีย์ของประเทศ มีการนำดินเบาจากแหล่งน้ำจืดผสมกับสารฆ่าแมลงเพื่อไม่ให้สารฆ่าแมลงเกิดการจับตัวกัน (ธัญรัศม์, 2553; อภิรักษ์ และคณะ, 2549; Chanbang, 2005; Golob, 1997; Mewis and Ulrichs, 2000; Subramanyam and Roesli, 2000)

นอกจากนั้นดินเบามีหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำจากตัวแมลงมากขึ้น และทำลายชั้นไขมันที่ผนังลำตัวชั้นนอกของแมลง นอกจากนี้ยังทำให้ระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจเกิดความผิดปกติ เมื่อมอดแป้งได้รับสารฆ่าแมลงจะมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย และอนุภาคของดินเบาอาจขีดข่วนบริเวณผนังลำตัวชั้นนอกมีผลทำให้แมลงสูญเสียน้ำได้เช่นกัน แต่ก็นับว่าเป็นปัจจัยที่รองลงมา (ธัญรัศม์, 2553; อภิรักษ์ และคณะ, 2549;

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Chanbang, 2005; Golob, 1997; Mewis and Ulrichs, 2001; Subramanyam and Roesli, 2000) เนื่องจากแมลงเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก หากมีการสูญเสียน้ำเพียงเล็กน้อยก็มีผลรุนแรงทำให้แมลงตายได้ (Chanbang, 2005; Subramanyam and Roesli, 2000) และพบว่าดินเบาสามารถกำจัดศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น หอยทาก มด ไร หมัด เรือด แมลงสาบ เป็นต้น โดย Faulde *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพดินเบาในการกำจัดแมลงสาบอเมริกา *Periplaneta americana* แมลงสาบเยอรมัน *Blattella germanica* แมลงสาบ *Blatta orientalis* และ แมลงสามง่าม *Lepisma saccharina* พบว่า ดินเบาที่มาจากไดอะตอมน้ำจืด สามารถควบคุมแมลงสาบอเมริกาและแมลงสาบเยอรมัน รวมทั้งแมลงสามง่ามได้ดี แต่ไม่สามารถควบคุมแมลงสาบ *B. orientalis*

นอกจากนั้นยังนิยมใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ เช่น ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าว ผีเสื้อข้าวสาร และมอดแป้ง เป็นต้น ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของดินเบาในการกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด โดย Cao *et al.* (2006) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของดินเบา Puliangta™ จากประเทศจีน ในการกำจัด *Oryzaephilus surinamensis* และ *Sitophilus zeamais* พบว่าดินเบามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้งสองชนิดได้ดีซึ่งสามารถกำจัดได้ 85% ที่ระยะเวลา 4-6 วัน นอกจากนี้ Aldryhim (1990), Stathers *et al.* (2004) และ Wakil *et al.* (2010) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของดินเบา Dryacide® และ Protect-It® กับแมลงหลายชนิด ได้แก่ *T. confusum*, *Sitophilus granarius*, *S. zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Callosobruchus maculatus* และ *Rhyzopertha dominica* จากการทดลองพบว่า ดินเบา Dryacide® และ Protect-It® มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดี และพบว่าแมลงแต่ละชนิดมีความอ่อนแอต่อดินเบาที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นพบว่าดินเบาไม่มีผลต่อการงอกและคุณภาพของเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Ziaee and Khashaveh (2007) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของดินเบา 5 ชนิดได้แก่ Protect-It®, Insecto®, Perma-Guard®, Dryacide® และ SilicoSec® ในการกำจัด *T. castaneum* และ *O. surinamensis* และ *R. dominica* พบว่า Dryacide® และ Protect-It® มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงทั้ง 3 ชนิด และพบว่า *O. surinamensis* มีความอ่อนแอต่อดินเบามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ *R. dominica* และ *T. castaneum*

รูปแบบการใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลงโรงเก็บ

1. การคลุกเมล็ดหรือเคลือบเมล็ดด้วยดินเบา

วิธีนี้เป็นการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูที่อพยพเข้ามาภายหลัง (immigration insect) โดยเมล็ดพืชที่คลุกหรือเคลือบด้วยดินเบาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคหรือผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดพันธุ์โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพ เช่น การงอก และไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ เมล็ดพืชที่นิยมนำมาคลุกหรือเคลือบด้วยดินเบา ได้แก่ ถั่วลิสง ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ และถั่วต่าง ๆ (Stathers, 2004) นอกจากนี้ Athanassiou and Kavallierators (2005) ได้ศึกษาการใช้ดินเบา Pyri Sec® ในการคลุกบนเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ได้แก่ เมล็ดข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์ ข้าว และข้าวโพด เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของ *R. dominica* พบว่า การคลุกดินเบาบนข้าวสามารถป้องกันการเข้าทำลายของ *R. dominica* ได้ถึง 91% แต่การคลุกบนข้าวโพดสามารถป้องกันการเข้าทำลายได้เพียง 10.1%

2. การพ่นดินเบาบริเวณพื้นผิวโรงเก็บ

การพ่นดินเบาสามารถนำไปใช้ทั้งรูปแบบฝุ่นผง (dust) หรือผสมน้ำที่ข้น (slurry) เพื่อป้องกันแมลงที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นผิวโรงเก็บรวมทั้งไรศัตรู (Stathers, 2004) และ Collins and Cook (2006) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของดินเบา Silico-sec® และ Diasecticide® ในรูปแบบฝุ่นผงและผสมน้ำที่ข้น เพื่อกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ *S. granarius* และไรศัตรู *Lepidoglyphus destructor* บนพื้นผิวไม้ พบว่า ดินเบาทั้งสองชนิดในรูปแบบฝุ่นผงมีประสิทธิภาพดีกว่าผสมน้ำที่เข้มข้น ซึ่งผลการทดสอบสอดคล้องกับการทดลองของ Fields and Korunic (2000) และ Wakil *et al*. (2010) พบว่าดินเบาในรูปแบบฝุ่นผงมีประสิทธิภาพดีกว่าผสมน้ำที่ข้น ในการกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ *R. dominica, S. oryzae* และ *T. castaneum*

3. การใช้ดินเบาร่วมกับวิธีอื่น ๆ

- การใช้ดินเบาร่วมกับความร้อน (Dust plus heat)

การใช้ดินเบาร่วมกับความร้อนเป็นการเร่งการทำงานของ silica gel โดยพบว่าการตายของแมลงสาบเยอรมัน ที่ได้รับอุณหภูมิสูง 43.3 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 147 นาที แต่เมื่อความร้อนดังกล่าวร่วมกับดินเบา silica gel (Dri Die®) ในอัตรา 11 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าการตายของแมลงสาบใช้ระยะเวลาเพียง 18 นาที (Subramanyam and Roesli, 2000)

- การใช้ดินเบาร่วมกับการใช้สารรม (Dust plus fumigation)

ในออสเตรเลีย พบว่าการใช้ดินเบาเคลือบบนกองเมล็ดพืชในขณะรมด้วยฟอสฟีนนั้น พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บได้ดีกว่าการคลุมกองเมล็ดพืช (Subramanyam and Roesli, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การใช้ดินเบาร่วมกับปรสิต (Dust plus parasites)

การใช้ดินเบาร่วมกับปรสิต เช่น เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส เพื่อป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บทั้งในรูปแบบ (conidia) suspension และ powder เช่น การใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus* และ *Beauveria bassiana* โดย Kavallieratos *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *M. anisopliae* และ ดินเบาในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บ การใช้ *M. anisopliae* ร่วมกับการใช้ดินเบาสามารถกำจัด *T. castaneum* และ *R. dominica* แต่ไม่สามารถกำจัด *S. oryzae* นอกจากนี้ Michalaki *et al*. (2007) รายงานการใช้ *P. fumosoroseus* ร่วมกับดินเบา พบว่า การใช้ดินเบาร่วมกับ *P. fumosoroseus* ที่ระยะเวลา 14 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัด *T. castaneum* ได้ดีถึง 100% ในระยะตัวอ่อน และให้ผลดีกว่าการใช้ดินเบาหรือ *P. fumosoroseus* เพียงอย่างเดียว และจากการศึกษาของ Lord (2001) ได้ศึกษาการใช้เชื้อรา *B. bassiana* ร่วมกับการใช้ดินเบา พบว่า การใช้เชื้อราร่วมกับดินเบาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของ *R. dominica* ได้

- การใช้ดินเบาร่วมกับการควบคุมอากาศ (Dust plus aeration)

ในประเทศออสเตรเลีย การควบคุมอากาศในโรงเก็บเป็นการจัดการประชากรแมลงศัตรูและการควบคุมคุณภาพของเมล็ดข้าวสาลี พบว่าหลังจากควบคุมอากาศแล้วแมลงศัตรูโรงเก็บมีการเคลื่อนที่สู่บริเวณพื้นผิวส่วนบนของกองเมล็ดพืช หลังจากนั้นจะใช้ดินเบาในการควบคุมแมลงศัตรูที่มีอยู่และเพื่อป้องกันการเข้าทำลายแมลงศัตรูที่อพยพเข้ามา แต่การใช้ดินเบาร่วมกับการควบคุมอากาศได้ผลดีก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของเมล็ดพืชต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (Subramanyam and Roesli, 2000)

- การใช้ดินเบาร่วมกับสารฆ่าแมลง (Dust plus insecticide)

การทำงานร่วมกันระหว่างสารฆ่าแมลงและดินเบา พบว่าสารฆ่าแมลงทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสารอินทรีย์ใน silica gel ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดินเบา โดยพบว่าการเติมตัวทำละลาย hexane ในดินเบาทำให้เกิดการเปลี่ยนความหนาแน่นของดินเบา Gasil® จาก 50 กรัมต่อลิตร เป็น 10 กรัมต่อลิตร ซึ่งการเปลี่ยนความหนาแน่นดังกล่าวไม่สามารถเพิ่มศักยภาพของ silica gel ในดินเบาได้ สารฆ่าแมลงที่ความเข้มข้นต่ำสามารถเพิ่มศักยภาพของ silica gel แต่สารฆ่าแมลงที่มีความเข้มข้นสูงนั้น มีประสิทธิภาพในการ knock-down (Subramanyam and Roesli, 2000) การใช้ดินเบาร่วมกับสารฆ่าแมลงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยสารฆ่าแมลงที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ กลุ่ม pyrethroids และ organophosphate เช่น deltamethrin, malathion, pirimiphos-methyl เป็นต้น Cerruti and Lazzari (2005) ได้ทำการศึกษาการใช้ดินเบา (Keepdry®) ร่วมกับ deltamethrin ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บข้าวโพด พบว่า การใช้ deltamethrin ในอัตราต่ำร่วมกับดินเบาสามารถ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ควบคุม *S. zeamais* ได้ดีกว่าการใช้ deltamethrin หรือ ดินเบาเพียงอย่างเดียว Chintzoglou *et al.* (2008) และ Kavallieratos *et al.* (2010) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ดินเบา (SilicoSec®, Protect-It®, Insecto®) ร่วมกับสารฆ่าแมลง spinosad ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บ *T. confusum, S. oryzae* และ *R. dominica* พบว่า การใช้ดินเบาร่วมกับ spinosad มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง *S. oryzae* และ *R. dominica* ได้ดีกว่าการใช้ spinosad หรือ ดินเบาเพียงอย่างเดียว แต่ใน *T. confusum* การใช้ดินเบาร่วมกับ spinosad ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Athanassiou (2006) พบว่าการใช้ดินเบา (SilicoSec®) ร่วมกับ beta cyfluthrin ไม่สามารถกำจัด *T. confusum* แต่สามารถกำจัดและลดอัตราการผลิตลูกหลานของ *S. oryzae* ได้ นอกจากนั้นยังมีการใช้ดินเบาร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง (IGR: Insect Growth Regulator) เช่น methoprene โดย Chanbang *et al.* (2007) รายงานว่าการใช้สาร methoprene ร่วมกับดินเบา (Protect-It®) มีประสิทธิภาพในการกำจัด *R. dominica* และลดอัตราการผลิตลูกรุ่น F1

ข้อดีของการใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลง

การใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลงนั้น เนื่องจากดินเบาเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติทำให้ปลอดภัยต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยพบว่าค่า LD_{50} มีค่าประมาณ 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินเบามีความคงตัวบนเมล็ดพืช สามารถป้องกันกำจัดแมลงได้นาน เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม นอกจากนั้น ดินเบาทั้งในรูปของผงและ slurry สามารถประยุกต์ใช้ในบริเวณที่ว่างในโรงงานหรือบริเวณพื้นผิวโรงงาน การใช้ผงดินเบาคลุกหรือเคลือบเมล็ดพืชนั้นยังสะดวกในการทำความสะอาด นอกจากนั้นมีการแนะนำให้ใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลงในการผลิตพืชผักอินทรีย์และการผสมดินเบาในเมล็ดพืชอาหารสัตว์ โดยไม่เกิดความเสียหายต่อคุณภาพ (Stathers, 2004; Subramanyam and Roesli, 2000)

ข้อจำกัดในการใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลง

ดินเบามีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดแมลงวัยที่ 1 หรือแมลงที่เพิ่งฟักออกจากไข่ แต่ดินเบามีประสิทธิภาพต่ำในการกำจัดตัวเต็มวัยของแมลงชนิดต่าง ๆ ซึ่งทั้งนี้ประสิทธิภาพของดินเบายังขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา ชนิดของดินเบา ชนิดของแมลง กระบวนการนำดินเบามาใช้หรือวิธีการใช้ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น การเก็บรักษาดินเบา ความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ด ความชื้นสัมพัทธ์ รวมทั้งองค์ประกอบที่สำคัญของดินเบาโดยเฉพาะ crystalline silica มีปริมาณ 0.1-60% พบว่า ดินเบาที่แนะนำให้ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงประกอบด้วย crystalline silica น้อยกว่า 7% เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง เมื่อรับเข้าไปโดยการหายใจในปริมาณมาก ดังนั้นในการใช้ดินเบาทุกครั้ง ควรสวมหน้ากาก หรือใช้ดินเบาที่มีส่วนประกอบของ crystalline silica ที่ต่ำ เพื่อลดความเสี่ยง นอกจากนั้นการใช้ดินเบาในการป้องกันกำจัดแมลงในเมล็ดพืชที่เก็บรักษาในโรงเก็บ ควรระวัง เนื่องจากอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรที่ใช้ลำเลียงเมล็ดต่าง ๆ บนสายพาน เนื่องจากดินเบาเป็นสารขัดถูและเป็นฝุ่นผง นอกจากนั้นดินเบาไม่เหมาะกับการใช้ร่วมกับสารกลุ่ม organophosphate เนื่องจากสารเคมีในกลุ่มนี้จะเสื่อมฤทธิ์เร็ว อาจทำให้แมลงเกิดการพัฒนาความต้านทานต่อดินเบาได้ (Fields *et al.*, 2002; Stathers, 2004; Subramanyam and Roesli, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved