บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ใบยาสูบเวอร์ยิเนีย

ยาสูบอยู่ในวงศ์ Solanaceae จัดอยู่ใน Genus *Nicotiana* ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับพริก มะเขือ มะเขือเทศ และมันฝรั่ง ยาสูบมีสารนิโคติน (nicotine) ที่มีสูตรทางเคมี $C_{10}H_{14}N_2$ สารนี้ได้จากการสังเคราะห์ในส่วนราก โดยพบมากในส่วนของใบ ยาสูบที่สำคัญมี 2 ชนิด (species) คือ *Nicotiana tabacum* Linn. ที่มีพื้นที่ปลูกถึงร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูกยาสูบทั่วโลก ส่วนของใบมีสารนิโคติน 0.18-11.00 เปอร์เซ็นต์ นำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ยาสูบทั้งหมด ชนิดที่ 2 คือ *Nicotiana rustica* Linn. มีปริมาณสารนิโคตินในใบสูง นำไปใช้ในการทำสารฆ่าแมลง ยาฉุน และยาเคี้ยว ยาสูบมีลักษณะพิเศษต่างจากพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น โดยส่วนที่ใช้เป็นผลผลิตคือใบซึ่งไม่ได้นำมาใช้เป็นอาหาร แต่ใช้บริโภคโดยการสูบ สูด หรือเคี้ยว ยาสูบเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและการคลัง และมีลักษณะเป็นยาเสพติด ยาสูบที่ผลิตในประเทศไทยส่งออกไปยังต่างประเทศ แต่ในขณะเดียวกันก็มีการนำเข้ายาสูบจากต่างประเทศ ในประเทศไทยนิยมปลูกพันธุ์เวอร์ยิเนีย ซึ่งปลูกทั่วไปในแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเ ฉียงเหนือ จังหวัดที่มีการปลูกยาสูบเป็นจำนวนมากได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ สุโขทัย เลย สกลนคร แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ หนองคาย นครพนม ขอนแก่น และอุบลราชธานี เป็นต้น (ธรรมนูญ, 2526)

1. การจำแนกชนิดยาสูบ

ชนิดของยาสูบ (classes of tobacco) การจำแนกชนิดของยาสูบนั้นได้อาศัยสิ่ง ต่อไปนี้เป็นหลักในการจำแนก

1. การใช้ยาสูบ (uses of tobacco)
2. วิธีบ่ม (methods of curing)
3. ท้องถิ่นหรือแหล่งที่ปลูก (locations)
4. พันธุ์ (variety)

โดยมากยาสูบแต่ละชนิดมีวิธีบ่มต่างกัน ประโยชน์ที่นำไปใช้ ตลอดจนดินฟ้าอากาศในที่ปลูกต่างกัน ชนิดที่สำคัญของยาสูบแบ่งตาม ประเภทของยาสูบ แบ่งตามกรรมวิธีการบ่มใบยาได้ 3 ประเภท (สารานุกรมเยาวชน, 2543) ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ใบยาบ่มไอร้อน (flue-cured) ได้แก่ ใบยาเวอร์ยิเนีย (Virginia)
2. ใบยาบ่มอากาศ (air-cured) ได้แก่ ใบยาเบอร์เลย์ (Burley)
3. ใบยาบ่มแดด (sun-cured) ได้แก่ ใบยาเตอร์กิช (Turkish or Oriental) เป็นต้น

2. องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของใบยาบ่มไอร้อน (ฝ่ายวิจัย โรงงานยาสูบ, 2523)

องค์ประกอบทางเคมีหมู่ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพของใบยาสูบและควันบุหรี่พอสรุปได้ดังนี้ (ตาราง 2.1)

ตาราง 2.1 ปริมาณองค์ประกอบเคมีของใบยาบ่มไอร้อนที่ใช้ในการผลิตบุหรี่ในสหรัฐอเมริกา

องค์ประกอบ	อย่างต่ำ	อย่างสูง	ใบยาชั้นดี
เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด	1.35	2.70	2.00
เปอร์เซ็นต์ โปรตีนไนโตรเจน	0.55	1.10	0.70
เปอร์เซ็นต์ อะมิโนไนโตรเจน	0.11	0.36	0.21
เปอร์เซ็นต์ นิโคติน	1.40	3.50	2.30
เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด	7.50	26.00	18.75
เปอร์เซ็นต์ ส่วนละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์	3.80	7.50	5.00
กรดอินทรีย์ (0.01 นอร์มอลด่าง)	9.00	22.00	14.00
เปอร์เซ็นต์ เถ้า	9.00	15.00	12.00
pH ใบยา	4.60	5.50	5.10

2.1 ไนโตรเจน (Nitrogen)

สารประกอบไนโตรเจนในใบยาสูบมีอยู่หลายชนิด อาจแบ่งง่าย ๆ เป็น 2 กลุ่ม คือ โปรตีนไนโตรเจน (ไม่ละลายน้ำ) และไนโตรเจน (ละลายน้ำ) ได้แก่ แอลคาลอยด์ทั้งหมด กรดอะมิโน เอมีนไนเตรท และแอมโมเนีย ในที่นี้จะกล่าวถึงสารประกอบไนโตรเจน 2 ชนิด คือ ไนโตรเจน และนิโคติน

นิโคติน หมายถึงปริมาณแอลคาลอยด์ทั้งหมด คำนวณในรูปของนิโคติน เพราะนิโคตินเป็นแอลคาลอยด์ชนิดเดียวที่มีอยู่ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปของแอลคาลอยด์ทั้งหมดในใบยา ปริมาณไนโตรเจน และนิโคตินในใบยามีความสำคัญกับคุณภาพควันบุหรี่ในทางกลิ่น รส และความชวนสูบ ถ้าปริมาณนิโคตินมากแสดงถึงว่าใบยาสูบนั้นมีกลิ่นฉุน แต่ถ้ามากเกินไปจะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รสชาติแสบคอเนื่องจากควันด่างของนิโคติน และแอมโมเนีย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณไนโตรเจน และนิโคตินน้อย ใบยาจะขาดรสชาติ ไม่ชวนสูบ ใบยาบ่มไอร้อนชั้นดีควรมีปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินทั้งหมดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และนิโคตินประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนิโคตินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นที่รากของต้นยาสูบ แล้วส่งไปสะสมที่ใบ และก้าน ดั้งนั้นปริมาณนิโคตินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- พันธุ์ยาสูบ ซึ่งแต่ละพันธุ์ให้ปริมาณนิโคตินต่างกัน
- ธาตุอาหารไนโตรเจนที่ต้นยาสูบได้รับ ถ้ามีมากปริมาณนิโคตินก็จะมากขึ้นด้วย
- ความเสียหายของรากยาสูบอันเนื่องมาจากน้ำในดินมากเกินไป เป็นโรครากปม เนื่องจากไส้เดือนฝอย หรือโรคอื่น ๆ ทำให้ปริมาณนิโคตินน้อยลง
- การตอนยอดยาสูบเร็ว (ก่อนดอกบาน) และตอนให้ต่ำกับการหมั่นกำจัดหน่อยาสูบที่เกิดขึ้น ช่วยให้นิโคตินเพิ่มขึ้น
- ความชื้นในดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการควบคุมการเจริญเติบโต และปริมาณนิโคตินของใบยาสูบระดับความชื้นต่ำการเจริญเติบโตช้าลง ขนาดใบเล็กลงทำให้ปริมาณนิโคตินในใบยาเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามระดับความชื้นสูงช่วยเร่งความเจริญเติบโต ขนาดใบโตขึ้น และอาจเป็นไปได้ที่ไนโตรเจนในดินน้อยลงเพราะถูกชะล้างไปเสียบ้าง จึงทำให้ปริมาณนิโคตินลดลง
- ระดับความแก่สุกของใบยา ใบยาแก่จะมีปริมาณนิโคตินสูงขึ้นเล็กน้อย
- ตำแหน่งใบยาบนลำต้น ปริมาณนิโคตินสูงขึ้นจากใบยาโคนต้นไปยังยอดต้น ตัวอย่างเช่น ตาราง 2.2 ดังนี้

ตาราง 2.2 ตำแหน่งยาและปริมาณนิโคติน

ตำแหน่งใบยา	ปริมาณนิโคติน (เปอร์เซ็นต์)
ใบยาตีนทราย	2.12
ใบยาโคนต้น	2.49
ใบยากลางต้น	2.59
ใบยาบน	3.17
ใบยายอด	3.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้ปริมาณนิโคตินมากน้อยได้ เช่น การเว้นระยะปลูก การพรวนดิน การถ่ายเทอากาศในดิน ความลึกของดิน ผลผลิตต่อไร่ แสงสว่าง และอุณหภูมิ

2.2 คาร์โบไฮเดรท (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดในใบยา คือประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบยาแห้ง ประกอบด้วยสารประกอบ 3 กลุ่มใหญ่ คือ

ก. รีเซิฟคาร์โบไฮเดรท มีแป้ง เด็กซ์ตริน มอลโทส ซูโครส กลูโครส และฟรุคโตส

ข. เฮมิเซลลูโลส ส่วนใหญ่มีเพ็คติน และเพ็นโตซาน

ค. คาร์โบไฮเดรทที่ใช้เป็นโครงสร้างของใบ และผนังเซลล์ ได้แก่ เซลลูโลสและลิกนิน

องค์ประกอบคาร์โบไฮเดรทที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของ ควันบุหรี่มากที่สุดคือ น้ำตาล น้ำตาลในใบยาไม่ได้เกิดขึ้นในใบยาสดทั้งหมด แต่มีเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแป้งระหว่างกรรมวิธีการบ่มใบยาในโรงบ่ม แป้งจะถูกย่อยโดยเอนไซม์เป็นน้ำตาล

น้ำตาลในใบยาสูบแบ่งตามปฏิกิริยาเคมีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนอนรีดิวซ์ซิ่ง (non reducing sugar) ส่วนใหญ่หมายถึงน้ำตาลซูโครส ซึ่งถูกย่อยเป็นกลูโคสได้ และกลุ่มรีดิวซ์ซิ่ง (reducing sugar) ซึ่งน้ำตาลส่วนใหญ่ได้แก่ กลูโคส (น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดหรือน้ำตาลทั้งหมด) ใบยาชั้นดีควรมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดประมาณ 18.75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลในใบยามีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสของควันบุหรี่กล่าวคือ ในการเผาไหม้ของบุหรี่สารประกอบน้ำตาลจะให้ควันเป็นกรดระเหย ไปลดความด่างของบุหรี่ที่เกิดการเผาไหม้ของนิโคติน และแอมโมเนีย ควันบุหรี่ที่ดีควรมีสภาพเป็นกรดอ่อนจึงจะมีกลิ่นรสนุ่มนวล ไม่ระคายคอ ใบยาที่มีน้ำตาลน้อยควันจะเป็นด่างมาก ทำให้บุหรี่มีรสชาติฉุน ระคายคอ ฉะนั้นความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำตาลกับปริมาณนิโคตินจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพใบยาสูบ นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลในใบยายังบ่งบอกลักษณะของใบยาสูบแห้งนั้นได้อีกด้วย ตามปกติใบยาควรมีน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด 12.0 - 25.0 เปอร์เซ็นต์ ใบยาที่มีน้ำตาลมาก ๆ มักมีโครงสร้างของใบเรียบ ทึบ การเผาไหม้ไม่ดี และมีกลิ่นอ่อน

2.3 กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ในใบยาสูบมีความสัมพันธ์กับกลิ่นรส และความหอมของควันบุหรี่ กรดอินทรีย์ ประกอบด้วยกรดชนิดต่าง ๆ หลายสิบชนิดแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. กรดไม่ระเหย มีอยู่ 90 เปอร์เซ็นต์ ของกรดทั้งหมดในใบยา ได้แก่ กรดมาลิค กรดซิตริค กรดอ๊อกซาลิค และกรดมาโลนิค ฯลฯ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. กรดระเหย ถึงแม้จะมีปริมาณน้อย แต่ให้ผลต่อความหอมของควันบุหรี่ได้มาก ส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิตริค กรดฟอร์มิค กรดแอลฟาเมธิลบิวไทริค กรดไอโซวาเลอริค และกรดเฟนนิลอะซิติค ฯลฯ

กรดทั้ง 2 กลุ่มนี้ปรากฏอยู่ในใบยาสูบตามธรรมชาติในรูปอิสระ และรูปของเกลือแคลเซียม แมกนีเซียม และโปแตสเซียม ความเป็นกรดของใบยาวัดได้จากค่า pH ของใบยา ในการวิเคราะห์ใบยาสูบของห้องทดลองบางแห่งมีรายงานความเป็นกรดของใบยาในรูปของจำนวนด่าง (0.1 นอร์มอล) เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดในใบยานั้น ซึ่งความเป็นกรดของใบยาชั้นดีจะพอเหมาะกับด่าง (0.1 นอร์มอล) ประมาณ 14 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ pH ของใบยาประมาณ 5.10

ค่า pH ใช้แทนระดับความเป็นกรดเป็นด่างของสารใดสารหนึ่ง ซึ่งความเป็นกรดเป็นด่างนี้มีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1-14 ที่ pH 7 หมายถึงระดับเป็นกลาง (ไม่เป็นกรดไม่เป็นด่าง) ถ้าตัวเลขมีค่าน้อยกว่า 7 หมายความว่าสารนั้นมีฤทธิ์เป็นกรด ถ้าตัวเลขมีค่ามากกว่า 7 สารนั้นมีฤทธิ์เป็นด่าง (เมื่อค่า pH น้อยลง ความเป็นกรดจะมีมากขึ้น และเมื่อค่า pH มากขึ้นความเป็นด่างจะมีมากขึ้น) ค่า pH ของใบยามีช่วงระหว่าง 5.0 -6.5 ซึ่งหมายความว่าเป็นกรดอย่างอ่อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารธาตุต่าง ๆ ที่ต้นยาสูบได้รับ และความสุกของใบยาค่า pH ของใบยาโคนต้นจะสูงกว่าค่า pH ของใบยากลางต้นและยอดต้นโดยทั่วไป และมีข้อสังเกตว่าถ้ากรดไม่ระเหยทั้งหมดที่มีอยู่ในใบยามีปริมาณสูง องค์ประกอบคาร์โบไฮเดรทในใบยานั้นมักจะมีปริมาณต่ำ

2.4 แร่ธาตุต่าง ๆ ในใบยา

ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในใบยาสูบแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ ประเภทที่ 1 ต้นยาสูบต้องการเป็นจำนวนมากได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และกำมะถัน ประเภทที่ 2 ต้นยาสูบต้องการเป็นจำนวนน้อยได้แก่ เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง สังกะสี คลอรีน โซเดียม ซิลิกอน และโมลิบดินัม และประเภทที่ 3 คือ แร่ธาตุที่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และอ๊อกซิเจน ธาตุอาหารต่าง ๆ เหล่านี้ที่ปรากฏอยู่นอกจากจะแสดงถึงความเจริญเติบโตของต้นใบยาสูบแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติในการเผาไหม้ของใบยาด้วย การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ จะหาเฉพาะธาตุที่สำคัญ 4 ธาตุคือ โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม แล้วรายงานเป็นรูปของออกไซด์ ส่วนรวมของแร่ธาตุทั้งหมดจะแสดงออกในรูปของปริมาณเถ้ากับ pH ของเถ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

-ปริมาณเถ้า

การเผาไหม้ของยา และบุหรี่ ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นก๊าซไปหมด คงเหลืออยู่แต่เถ้าที่เป็นสารอนินทรีย์ ธาตุส่วนใหญ่ในเถ้าคือ โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ลักษณะเถ้าใบยาที่ดีควรมีสีขาว ละเอียด เบา ฟู เช่นเดียวกับบุหรี่ที่ไหม้ลามดี ไม่มีถ่านดำ เถ้าควรเกาะกันเป็นลำ ไม่ร่วงง่าย ปริมาณเถ้าของใบยาชั้นดีปริมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของเถ้าที่มากเกินไป หมายถึงใบยานั้นมีเนื้อน้อย แต่ปริมาณเถ้าน้อยเกินไปใบยานั้นอาจมีคุณภาพด้อยในเรื่องการเผาไหม้

-pH เถ้า

pH เถ้าหรือความเป็นกรดด่างของเถ้า สัมพันธ์กับคุณภาพในการเผาไหม้ของใบยา โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ช่วยเร่งให้ใบยาสูบเผาไหม้ได้โดยปราศจากเปลวไฟ แคลเซียม แมกนีเซียม ช่วยการเผาไหม้ให้ได้เถ้าสีขาว และเกาะกันเป็นลำไม่ร่วงง่าย เถ้าของธาตุเหล่านี้เมื่อละลายน้ำจะให้คุณสมบัติเป็นด่าง ส่วนธาตุอีกพวกหนึ่งคือ คลอรีน ฟอสฟอรัส ซิลิกอน และกำมะถัน เป็นธาตุที่ถ่วงอัตราการเผาไหม้ของใบยาสูบให้ช้าลง เถ้าของธาตุเหล่านี้จะให้คุณสมบัติเป็นกรด โดยเฉพาะคลอรีน ถ้ามีปริมาณมากยิ่งเป็นผลเสีย

อย่างไรก็ตาม pH ของเถ้าทั้งหมดจะแสดงความเป็นด่าง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าส่วนใหญ่คือเถ้าของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง และมีปริมาณมากกว่าเถ้าของธาตุอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นกรด แต่ถ้าความเป็นด่างลดน้อยลง ก็แสดงถึงว่าปริมาณของธาตุที่ถ่วงอัตราการเผาไหม้มีสูงขึ้น

2.5 สารหอมในใบยา

สารหอมระเหยในใบยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกลุ่มใหญ่ เกิดขึ้นในใบยาตามธรรมชาติ ประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหย เรซิน (ยาง) และแวกซ์ (ขี้ผึ้ง) สารทั้งหมดนี้เกิดจากต่อมที่ขนของใบยาสด มีลักษณะเป็นยางเหนียว สารหอม เช่น เรซินเมื่อเผาไหม้จะแตกตัวออกให้สารหอมระเหย นอกจากนี้สารหอมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติแล้ว การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกรรมวิธีการผลิต เช่น การบ่มและการเก็บให้ได้อายุ (aging) ยังมีส่วนช่วยให้เกิดสารหอมระเหยบางอย่างได้อีก

การวัดสารหอมในใบยาที่กระทำอยู่ในปัจจุบัน กระทำโดยหาปริมาณของส่วนที่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งสกัดจากสารหอมคือ เรซิน น้ำมันหอมระเหย และแวกซ์ ออกจากใบยา แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ สารประกอบอื่น ๆ ในใบยาซึ่งอาจไม่ให้ความหอมจะถูกสกัดปนออกมาด้วยอีกหลายชนิด เช่น นิโคติน พิกเม็นท์ ฯลฯ ดั้งนั้นส่วนที่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์จึงแสดงความหอมได้ไม่ชัดเจนนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6 องค์ประกอบฟีนอลลิค

องค์ประกอบฟีนอลลิคเป็นองค์ประกอบเคมีหมู่ใหญ่อีกหมู่หนึ่ง มีประมาณ 6.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบยาแห้งประกอบด้วยฟีนอลลิคส่วนมาก และฟีนอลลิคส่วนน้อย

-ฟีนอลลิคส่วนมาก ซึ่งเรียกว่า โปลีฟีนอล ส่วนมากได้แก่ คลอโรเจนิคแอซิด 3 เปอร์เซ็นต์ รูติน 1 เปอร์เซ็นต์ และสโคโปเลติน 0.03 เปอร์เซ็นต์ สารเหล่านี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของใบยาสูบบนลำต้น และความสุกแก่ของใบยา โดยเฉพาะคลอโรเจนิคแอซิดจะมีมากในใบยาชั้นดี ซึ่งหมายถึงในใบยาส่วนบนของลำต้น และใบยาซึ่งแก่เต็มที่ จากการค้นคว้าตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบันนี้ทำให้เชื่อว่าโปลีฟีนอลส่วนใหญ่มีความเกี่ยวข้องกับสีของใบยาแห้ง สารเหล่านี้มีอยู่ในใบยาสดจะไม่มีสี แต่เมื่อถูก อ๊อกซิไดซ์ หรือเปลี่ยนแปลงโดยเอนไซม์ เช่น ในขณะที่กำลังบ่มหรือตากแดด จะเปลี่ยนเป็นสีแดงปนน้ำตาล และความสัมพันธ์ระหว่างฟีนอลส่วนใหญ่กับความหอมของควันบุหรี่ ก็มีหลักฐานว่าฟีนอลส่วนใหญ่มีส่วนเพิ่มกลิ่นรสของควันบุหรี่ด้วย เช่น สโคโปเลติน คือสารหอมคูมารินประเภทหนึ่ง สารคูมารินก็ถูกใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรส (flavor additive) กับบุหรี่มานานแล้ว

-ฟีนอลลิคส่วนน้อย ซึ่งได้แก่ฟีนอลระเหยง่าย เป็นฟีนอลที่ให้ความหอมแก่ควันบุหรี่โดยตรง ฟีนอลเหล่านี้ได้แก่ ซิมเปิลฟีนอล ยูเกนอล ไกวคอล เครซอล เป็นต้น

2.7 โคลโรฟีลล์ และพิกเมนท์อื่น ๆ

พิกเมนท์หรือเม็ดสีในใบยาสูบก็คล้ายกับของพืชอื่นทั่ว ๆ ไป ประกอบด้วย สีเขียวของโคลโรฟีลล์ เอ และโคลโรฟีล ล์ บี สีเหลืองของแคโรทีนและแซนโทฟิล ซึ่งสีเหลืองทั้งสองนี้มักเรียกรวมกันว่า แคโรทีนอยด์ ความเข้ม และความสดใสของสีเขียวในใบยาสดขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาสูบ ธาตุอาหารที่ต้นยาสูบได้รับ และความแก่สุกของใบยาในขณะที่ใบยาสดยังอ่อน สีเขียวจะปรากฏเด่นชัดกว่า ส่วนสีเหลืองจะปรากฏขึ้นเมื่อสีเขียวหายไปในตอนที่ใบยาเริ่มแก่ และโดยเฉพาะในระยะแรกของการบ่ม ระยะนี้จะมีสีเหลืองของเฟลโวนเกิดขึ้นด้วย ระยะต่อมาจะกลายเป็นสีแดงและสีน้ำตาลของกลุ่มฟีนอลลิคในข้อ 2.6 ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเม็ดสีต่าง ๆ ในใบยากำลังเป็นที่สนใจต่อการค้นคว้าในปัจจุบันมาก เพราะเชื่อว่าจะมีความสัมพันธ์กับความหอมของใบยา เนื่องจากเมื่อสีของใบยาเริ่มเปลี่ยนแปลง กลิ่นหอมของใบยาก็จะมีเพิ่มขึ้นด้วย

2.8 เอนไซม์

มีเอนไซม์จำนวนไม่น้อยที่พบว่าปรากฏอยู่ในใบยาสูบ เป็นต้นว่า โปรทีเอส ไลเปส อไมเลส อินเวอร์เทส ฟอสฟาเทส เพ็คเทส อ๊อกซิเดส รีดักเทส ฯลฯ ความรู้ในเรื่องเอนไซม์ซึ่งมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของต้นยาสูบตั้งแต่เจริญเติบโตจนถึงการบ่ม และการเก็บให้ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อายุนั้น ยังไม่เป็นที่ทราบกันดีนัก ปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่สำคัญเท่าที่ทราบก็คือ ช่วยเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาลในระหว่างการบ่ม และการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

3. การประเมินคุณภาพทางเคมีในใบยาบ่มไอร้อนจากองค์ประกอบเคมี

จุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเคมีเหล่านี้กับคุณภาพใบยาสูบ หรือเพื่อหาสิ่งช่วยชี้บอกคุณภาพใบยาสูบร่วมกับวิธีประเมินคุณภาพทางสายตาและการสัมผัส เช่น การจับต้อง ดูสี และดมกลิ่น ซึ่งได้ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน องค์ประกอบเคมีต่าง ๆ ในใบยาสูบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยา (ตาราง 2.1) แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ประเภทที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยาในทางบวก ซึ่งหมายถึงคุณภาพของใบยาดีขึ้นเมื่อปริมาณขององค์ประกอบเหล่านั้นเพิ่มขึ้น ได้แก่

- ส่วนละลายในแอลกอฮอล์
- สารรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด
- น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด
- แป้ง

2. ประเภทที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยาในทางลบ กล่าวคือ คุณภาพของใบยาดีขึ้นเมื่อปริมาณขององค์ประกอบเหล่านั้นลดลง ได้แก่

- ไนโตรเจนทั้งหมด
- โปรตีน
- เพ็คติน
- เพ็นโตซาน
- เซลลูโลส
- ลิกนิน
- กรดอ๊อกซาลิค
- กรดซิตริค
- นิโคติน

3. ประเภทที่มีความสัมพันธ์ไม่แน่นอนกับคุณภาพในใบยา กล่าวคือ คุณภาพของใบยาอาจจะดีขึ้นเมื่อองค์ประกอบเหล่านั้นมีปริมาณมากขึ้นหรือลดลง ได้แก่

- ส่วนสารละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์
- ส่วนละลายในอีเทอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- โปลีฟีนอล
- แทนนิน
- กรดแอลมาลิค
- เรซิ่น และแวกซ์
- ค่า pH

หมายเหตุ องค์ประกอบเคมีที่จัดอยู่ในประเภทที่ 1 และที่ 2 นั้น มีขอบเขตจำกัด ยกตัวอย่าง เช่น น้ำตาล แม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับคุณภาพใบยา กล่าวคือ ใบยาที่มีน้ำตาลมาก รสสูบนุ่มนวลดีกว่าใบยาที่มีน้ำตาลน้อย แต่ใบยาที่มีน้ำตาลมากจนเกินไปจะมีรสจืด มีผลให้คุณภาพใบยาลดลงได้เช่นเดียวกัน ในทำนองเดียวกัน ประเภทที่ 2 นิโคติน แม้ว่าจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยาในทางลบ แต่มีขอบเขต เช่น ในใบยาที่มีนิโคตินต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป ก็จะไม่ก่อให้เกิดผลดีกับใบยานั้น

3.1 ความสมดุลขององค์ประกอบต่าง ๆ ในใบยา

เนื่องจากสาเหตุผลที่ว่า องค์ประกอบบางชนิดให้คุณค่าทางบวก และบางชนิดให้คุณค่าทางลบ จึงเป็นการยากที่จะใช้องค์ประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นเครื่องชี้คุณภาพของใบยานั้น นักวิทยาศาสตร์จึงใช้วิธีหาความสมดุลระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในใบยาแทน และนำมาใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพ ซึ่งปรากฏว่าเป็นที่ยอมรับ และสะดวก จึงเป็นที่ทราบกันดีว่าในการประเมินคุณภาพของใบยานั้น ความสมดุลขององค์ประกอบต่าง ๆ ทางเคมีสำคัญมากกว่าจำนวนมากน้อยที่แท้จริงขององค์ประกอบนั้น ๆ

ความสมดุลที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ใบยารัสเซีย ใช้ประเมินคุณภาพโดยดูค่า “Shmuk นัมเบอร์” ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{\%\text{น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด (คิดเป็นกลูโคส)}}{\%\text{ โปรตีน}}$

หรือดูค่า “สัมประสิทธิ์ Kovalenko” ซึ่งได้จาก $\frac{\%\text{น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด (คิดเป็นกลูโคส)}}{\%\text{ ไนโตรเจนทั้งหมด}}$

ซึ่งทั้งค่า “Shmuk นัมเบอร์” และ “สัมประสิทธิ์ Kovalenko” มากขึ้นเท่าใด คุณภาพใบยาจะดีขึ้นเท่านั้น แต่บางแห่งแทนที่จะใช้ค่า 2 ชนิดนี้ กลับใช้ “สัมประสิทธิ์โปลีฟีนอล” ซึ่งได้จาก $\frac{\%\text{โปลีฟีนอล (คิดเป็นกลูโคส)}}{\%\text{ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด (คิดเป็นกลูโคส)}}$ ค่านี้น้อยลงเท่าใด คุณภาพใบยาจะดีขึ้นเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 ความสมดุลขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในการประเมินคุณภาพใบยาบ่มไอร้อน

ในการประเมินคุณภาพใบยาบ่มไอร้อนที่ปลูกในประเทศใหญ่ ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา และแคนาดา พิจารณาจากความสมดุล 2 ประเภท คือ ความสมดุลระหว่างไนโตรเจน/นิโคติน และความสมดุลระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน

3.2.1 ความสมดุลระหว่างไนโตรเจน/นิโคติน

อัตราส่วนของไนโตรเจน/นิโคติน บอกให้ทราบถึง ความหนาบาง เนื้อน้อย เนื้อมาก ใบยาคุณภาพดี อัตราส่วนไนโตรเจน/นิโคติน ไม่ควรสูงมากเกินไปหรือต่ำเกินไป ใบยาที่มีคุณภาพดีควรมีอัตราส่วน ไนโตรเจน/นิโคติน ไม่ควรสูงมากเกินไปหรือต่ำเกินไป ใบยาที่มีคุณภาพดีควรมีอัตราส่วนไนโตรเจน/นิโคติน อยู่ในช่วง 0.5 – 1.0 (ตาราง 2.3) สำหรับใบยาที่ดีที่สุดควรมีอัตราส่วน ไนโตรเจน/นิโคติน ประมาณ 0.6 - 0.7 ซึ่งใบยาจะลักษณะที่ต้องการคือเนื้อบางถึงปานกลาง เมื่อแก่สุกจัดจะให้ระดับน้ำตาลที่สมดุลกับปริมาณไนโตรเจน

ตาราง 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสมดุล ไนโตรเจน/นิโคติน กับลักษณะของใบยาสูบ

อัตราส่วน ไนโตรเจน/นิโคติน	ลักษณะของใบยา
สูง (เกินกว่า 1.0)	บาง เบา เนื้อน้อย
พอดี (0.6 – 0.7)	ดี เนื้อบางถึงปานกลาง
ต่ำ (น้อยกว่า 0.5)	หนา หนัก เนื้อมาก

3.2.2 ความสมดุลระหว่างน้ำตารีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน

เป็นความสมดุลอีกอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ยาสูบใช้เป็นหลักในการประเมินคุณภาพใบยาบ่มไอร้อนอัตราส่วนน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณ คาร์โบไฮเดรทและแอลคาลอยด์ในใบยา สารประกอบไนโตรเจนหรือแอลคาลอยด์เมื่อเผาไหม้จะทำให้ควันบุหรี่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะช่วยลดความเป็นด่างในควันบุหรี่ทำให้ควันบุหรี่มีรสนุ่มนวล ลด ความระคายคอ ชวนสูบ ฉะนั้นความสมดุลของสารทั้ง 2 ชนิด จึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของควันบุหรี่ ใบยาสูบที่ให้คุณภาพในการสูบดี ควรมีอัตราส่วนของ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ ประมาณ 10 ดังตาราง 2.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสมดุล น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน กับคุณภาพบุหรี่จากใบยา

อัตราส่วน น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน	คุณภาพของควันบุหรี่จากใบยา
สูงมาก ๆ (สูงกว่า 10 มาก)	ควันบุหรี่มีรสจืด ไม่มีรสชาติ ไม่ชวนสูบ
พอดี (ประมาณ 10 มาก)	ควันบุหรี่มีรสชวนสูบ นุ่มนวล
ต่ำ (ต่ำกว่า 10 มาก)	ควันฉุนเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

ผู้เชี่ยวชาญการสูบยา กล่าวกันว่า ชอบใบยาที่มีอัตราส่วนน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด /นิโคติน เท่ากับ 10.3 มากกว่าอัตราส่วน 15.8 (หมายถึงอัตราส่วน 15.8 ควันมีรสจืดหรือไม่มีกลิ่นรส) และชอบมากกว่าอัตรส่วน 5.4 (หมายถึงอัตราส่วน 5.4 ควันมีรสฉุนมากและระคายคอ)

อัตราส่วนไนโตรเจน/นิโคติน และ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด /นิโคติน นับเป็นความสมดุลที่สำคัญสำหรับใบยาบ่มไอร้อน ประเทศสหรัฐอเมริกาและ แคนาดาซึ่งผลิตใบยาบ่มไอร้อนชั้นดีของโลกใช้เป็นหลักในการประเมินคุณภาพของใบยาที่ผสมพันธุ์ใหม่ขึ้นมาทุกปี พันธุ์ใหม่ที่จะนำมาใช้แทนพันธุ์เก่านอกจากผลผลิตต้องดีแล้ว คุณภาพใบยาจะต้องเท่าหรือดีกว่าพันธุ์ที่มีอยู่เดิม โดยพิจารณาจากอัตราส่วนดังกล่าวแล้ว จึงจะได้รับการยอมรับ

4. คุณภาพในการซื้อขาย และการจัดชั้นใบยาไทย

ใบยาที่บ่มเสร็จเรียบร้อยแล้ว (เวอร์ยิเนีย) จะต้องนำมาคัดเป็นใบ ๆ เพื่อกำหนดชั้นมาตรฐานให้ถูกต้องสำหรับการซื้อขายแล้วรวมมัดใบยาชั้นเดียวกันเข้าด้วยกันเป็นกำ ๆ และมัดหัวกำด้วยใบยาอีกทีหนึ่ง นำใบยาชั้นเดียวกันมาอัดรวมเป็นห่อ โดยใช้เครื่องอัดใบยาซึ่งทำขึ้นโดยเฉพาะ ใบยาแต่ละห่อหนักประมาณ 60 - 70 กิโลกรัม แล้วห่อหุ้มด้วยกระสอบป่าน

การจัดชั้นใบยาได้อาศัยหลักมาตรฐานการจัดชั้นใบยาเวอร์ยิเนียอเมริกัน ซึ่งประกอบด้วย หมู่ คุณภาพ และสี ดังนี้

หมู่ การจัดใบยาสูบให้อยู่ในหมู่ใดนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะบางประการที่มีส่วนสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับตำแหน่งของใบบนลำต้น

คุณภาพ การจัดใบยาสูบให้อยู่ในระดับคุณภาพใดนั้น ขึ้นอยู่กับระดับสูงต่ำขององค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ขนาดของใบยากว้าง ยาว ตำหนิ และส่วนเสีย เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สี สีเป็นองค์ประกอบที่จะระบุคุณค่าของใบยา ใบยาแต่ละสีจะมีกลิ่นและรสแตกต่างกัน (อุทิศ, 2550ข)

โรงงานยาสูบกระทรวงการคลัง ได้ปรับปรุงการจัดชั้นใบยาบ่มด้วยไอร้อนใหม่มาตรฐานใหม่นั้น ชั้นคงคล้ายเดิม แต่เพิ่มคุณภาพของแต่ละชั้นขึ้น และมีระดับต่ำสูงของคุณภาพ แต่ละตัวอย่างให้คำจำกัดความที่รัดกุม เช่น หมู่ของใบยาคือ อักษรตัวแรกของชั้นใบยา เช่น BCK คงความหมายอย่างเดิมแต่อธิบายให้แน่นอนลงไป (ตาราง 2.5)

B คือ ใบยา โดยทั่ว ๆ ไปแล้วควรจะอยู่ในตำแหน่งกลางลำต้นจนสูงขึ้นไป (ครึ่งต้นตอนบน) หรืออธิบายได้ว่ามีปลายใบแหลม ใบมักพับหน้าเข้าหากัน เนื้อหนากว่าหมู่อื่น ๆ เส้นใยจะทำมุมแหลมกับก้านกลางใบ มีตำหนิจากดินน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

C คือ ยากลาง ตามปกติจะอยู่กลางลำต้นหรือต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ต้องมีลักษณะใบยาหน้าใบเปิดม้วนเข้าหาก้านกลางใบ ปลายใบมน เนื้อบางหรือปานกลาง มุมเส้นใยจะทำมุมกับก้านกลางใบกว้างกว่ายาใบ มีตำหนิที่เกิดจากดินเล็กน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

X คือ ยาตีน ตามปกติจะอยู่ตอนล่างของลำต้น ใบบางมาก ใบยาของหมู่นี้ปลายใบกลมหน้าราบ ตำหนิเกิดจากดินมากกว่าทุก ๆ หมู่

นอกจากใบยา 3 หมู่ดังกล่าวแล้วนั้นยังมียาตาย (N) และยาร่วง

อักษรหรือตัวย่อตัวที่สองของชั้นใบยาก็คือตัวเลข ซึ่งบอกให้รู้ถึงระดับคุณภาพต่าง ๆ มารวมกันแล้วได้ดังนี้

1 = ดีเลิศ 2 = ดีมาก 3 = ดี 4 = พอใช้ 5 = ต่ำ

แต่ละตัวทั้ง 5 นี้พิจารณาจากองค์ประกอบของคุณภาพทั้ง 10 ของใบยาตามระดับต่ำสูงคือ

1. ความแก่ มีระดับต่ำ สูง คือ ไม่แก่ ไม่สุก แก่ สุก
2. โครงสร้างของใบ มี ทึบมาก ทึบ แน่น โปร่ง
3. เนื้อ มีหนามาก หนา ปานกลาง บาง
4. น้ำมัน มี น้ำมันน้อย น้ำมันปานกลาง น้ำมันมาก
5. ความเข้มของสี มี ซีด อ่อน ปานกลาง แก่ เข้ม
6. ความกว้าง แคบ (3 นิ้ว -5 นิ้ว) ปกติ (5 นิ้ว-8 นิ้ว) กว้าง (8 นิ้ว ขึ้นไป)
7. ความยาว วัดเป็นนิ้ว (ยาใบ 1 ชั้นต้องยาว 18 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น2, 3 ยาว 16 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 4 ยาว 14 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 5 ยาว 12 นิ้ว ขึ้นไป ยา ชั้นกลาง 1, 2 ยาว 18 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 3 ยาว 16 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 4,5 ยาว 14 นิ้ว ขึ้นไป ฉะนั้นยากลางจะต้องไม่ต่ำกว่า 14 นิ้ว ถ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยากลางต่ำกว่า 14 นิ้ว ต้องลดให้เป็นยาตีน ยาตีน ชั้น 1, 2, 3, 4, 5 ต้องยาวไม่ต่ำกว่า 12 นิ้ว ทั้งนั้น ถ้าใบยาใดก็ตามต่ำกว่า 12 นิ้ว จะไม่เข้าชั้นใดในใบยา ยากลาง และยาตีน)

8. ความสม่ำเสมอ วัดเป็นร้อยละ
9. ตำหนิที่ยอมให้ วัดเป็นร้อยละ
10. ส่วนเสียที่ยอมให้ วัดเป็นร้อยละ

เหล่านี้รวมกันพิจารณาแล้วเป็นคุณภาพของแต่ละชั้น มิใช่พิจารณาคุณภาพแต่ละข้อเท่านั้น โดย 1 = ดีเลิศ 2 = ดีมาก 3 = ดี 4 = พอใช้ 5 = ต่ำ

สี ซึ่งเป็นตัวประกอบที่สามของชั้นใบยา แสดงคุณค่าของใบยาได้ด้วย มี 6 สีด้วยกันคือ

L = สีมะนาวสุก F = สีส้ม V = สีมะนาวสุกหรือสีส้มติดเขียว

S = สีมะนาวสุกหรือสีส้มสลิด K = สีเพี้ยน G = สีเขียว

ส่วนที่แตกต่างของสีในมาตรฐานเก่าและใหม่คือ

F เดิมหมายถึงสีคละซึ่งสีเขียวปน K ใหม่หมายถึงสีที่เพี้ยนไปจากสีเดิมซึ่งควรจะเป็นสี L หรือ สี F แต่อาจจะเนื่องจากการบ่มทำให้เกิดจากสีเทา ๆ หรือน้ำตาลอ่อนเกิดขึ้นไม่มีเขียวปน

S เก่า หมายถึง สี L หรือ F ที่มีไหม้หรือฝ้าเกิดขึ้น

S ใหม่ คือใบยาที่ไม่สุก โครงสร้างทึบ หรือทึบมาก สีซีดไปจากสี L หรือ F หมายถึงสลิค

LV FV เก่าใช้รวมเป็น V

ใหม่เพิ่ม G คือใบยาไม่แก่

ในการจัดชั้นใบยาที่ปรับปรุงใหม่นี้จะต้องดำเนินตามข้อบังคับทั้ง 17 ข้อ ในการปรับปรุงมาตรฐานใบยาใหม่นี้ เพื่อที่จะได้เป็นที่รู้จักกันทั่วไปทั้งใน และต่างประเทศใช้ติดต่อซื้อขายกับต่างประเทศ เวลาที่กล่าวถึงชื่อชั้นใบยาใดก็ตามจะทำให้ทราบได้ว่ามีคุณภาพนั้น ๆ เช่นเรียกว่า C3L ก็คือ ใบยากลาง ชั้นดี สีมะนาวสุก โครงสร้างโปร่ง เนื้อบาง มีน้ำมันปานกลาง สีแก่ กว้าง 8 นิ้ว ยาว 16 นิ้วขึ้นไป ความสม่ำเสมอร้อยละ 80 ตำหนิที่ยอมให้ร้อยละ 15 การปรับปรุงคุณภาพของใบยาให้ดี ราคาก็จะดีขึ้น และในเวลาเดียวกันทำให้ใบยาสูบที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น บุหรี่ ยาเส้น ซิการ์ ยานัดถุ์ ก็พลอยมีคุณภาพได้มาตรฐานคงที่สม่ำเสมอ เช่น เวลาจะปรับปรุงบุหรี่ถ้าใช้ยาแบบใหม่ C3L ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ก็จะได้ใบยาดีทั้งหมดถ้าเป็นใบยาแบบเก่าที่ยังไม่ได้ปรับปรุง ก็จะมีใบยาสลิคปนมาด้วยซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์ของ C3L จริง ๆ น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดให้คือไม่ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ความหอม รส และการไหม้ลามก็จะไม่คงที่ลดลงตามส่วนด้วย (กองมาตรฐานใบยา โรงงานยาสูบ, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 ตารางชั้นใบยาสูบเวอร์ยิเนียไทย

ชั้นใบยาเวอร์ยิเนียไทย (Thai Virginia Tobacco Grades)		
หมู่ (Group)		**ตัวอย่างชั้น (Grades)**
ใบยาบน (B)		**B1F**
ใบยากลาง (C)		**C3L**
ใบยาล่าง (X)		**X4V**
		มีทั้งหมด 67 ชั้น
คุณภาพ : ดีเลิศ (1) - ดีมาก (2) - ดี (3) - พอใช้ (4) - ต่ำ (5) **สี : เหลือง (L) - ส้ม (F) - ติดเขียว (V) - สลิค (S) - เพี้ยน (K) - เขียว (G)**		

ที่มา: สถานีทดลองใบยาสูบแม่โจ้ ฝ่ายใบยา โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเสียหายเนื่องมาจากแมลงในโรงเก็บ

ผลผลิตทางการเกษตรที่นำมาเก็บไว้ในโรงเก็บ หรือในโกดังมักจะเกิดความเสียหายโดยมีปัจจัยที่เป็นสาเหตุสำคัญ 2 ประการคือ ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) ได้แก่อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) ได้แก่ แมลง ไร เชื้อรา นก หนู แต่แมลงถือเป็นศัตรูที่สำคัญ และทำความเสียหายให้ผลิตผลมากที่สุด เนื่องจากแมลงมีขนาดเล็ก ต้องการอาหารในการดำรงชีวิตน้อย สามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว และเจริญเติบโตได้ในเวลาอันสั้น ประกอบกับอุณหภูมิ และความชื้นในประเทศไทยเหมาะสมกับการแพร่ขยายพันธุ์ของแมลง ดังนั้นการแพร่ระบาดของแมลงจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว (วิชา, 2548) แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาสำคัญที่พบอยู่ทั่วโลก แม้ว่าในแต่ละแห่งจะพบแมลงศัตรูที่สำคัญเฉพาะพืชเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น แต่เนื่องจากแมลงศัตรูโรงเก็บสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลกซึ่งเป็นลักษณะที่พิเศษกว่าแมลงชนิดอื่น ๆ คือ สามารถอาศัย และมีชีวิตอยู่ได้ในทุกสภาพอากาศ และภูมิภาคต่าง ๆ เนื่องจากแมลงเหล่านี้มีการเคลื่อนย้าย และแพร่กระจายไปได้อย่างกว้างขวางโดยติดไปกับผลิตผลที่เป็นสิ่งบริโภคที่มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันทั่วโลก และยังเป็นไปได้อย่างรวดเร็วตามระบบการค้า และการขนส่งที่ทันสมัยในยุคปัจจุบัน เราจึงพบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการแพร่ระบาดไปทั่วโลกและระบาดได้ตลอดปี (บุษรา, 2547) ลักษณะการทำลายของแมลงต่อผลิตผลเกษตร ได้แก่ การกัดกิน หรือแทะเล็มภายนอก (external feeder) คือการที่แมลงอาศัย และทำลายอยู่ภายนอกเมล็ด ทำความเสียหายเฉพาะภายนอกโดยทำให้เกิดขุย ผิวของเมล็ด หรือผลิตผลถูกทำลายคุณภาพ ตลอดจนถักใยให้เมล็ดพืช หรือผลิตผลมาเกาะติดกันเป็นก้อน รวมถึงพวกที่กัดกินเศษอาหาร แมลงประเภทนี้ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดแป้ง ไร เหาหนังสือ และการที่แมลงอาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ด (internal feeder) คือการที่แมลงอาศัย และทำลายอยู่ภายในเมล็ด โดยตัวเต็มวัยของแมลงจะวางไข่อยู่ที่ผิวภายนอกเมล็ด เมื่อฟักไข่เป็นตัวหนอนเจาะเข้าไปภายในกัดกินเจริญเติบโตจนกระทั่งครบวงจรชีวิตตัวเต็มวัยจะเจาะเมล็ดออกมาทำให้เป็นรู และภายในเป็นโพรง แมลงประเภทนี้ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้วงงวงข้าวโพด ผีเสื้อข้าวเปลือก และมอดหัวป้อม (ชุมพล, 2533; วิชา, 2548) ซึ่งมอดยาสูบเป็นแมลงที่สามารถอาศัยกัดกินอยู่ภายใน และภายนอกผลิตผล ประกอบกับมอดยาสูบชอบสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นหรือเขตอบอุ่น จึงสามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในสภาพภูมิอากาศประเทศไทย การที่มอดยาสูบสามารถทำลายผลิตผลทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ได้หลายชนิดทำให้สามารถเปลี่ยนไปกินอาหารอื่น เมื่ออาหารชนิดหนึ่งหมดไป และสามารถหาอาหารทดแทนได้ตลอดทั้งปี ทำให้มอดยาสูบสามารถอยู่รอดได้มากกว่าแมลงชนิดอื่น ๆ ซึ่งแตกต่างจากแมลงศัตรูโรงเก็บส่วนใหญ่ที่มีพืชอาหารไม่กว้างและค่อนข้างจำกัด จึงไม่แพร่ระบาดรวดเร็วเท่ามอดยาสูบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นับเป็นเรื่องสำคัญสำหรับประเทศไทยเพราะรายได้หลักของประเทศไทยมาจากการส่งผลิตผลทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เป็นสินค้าส่งออก (พรทิพย์, 2538)

ความเสียหายของผลผลิตที่เกิดจากแมลงมีมากมาย โดยอาจแบ่งความเสียหายได้หลายประการ เช่น การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ซึ่งเกิดจากการที่แมลงกัดกินเข้าทำลายผลผลิต การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (nutrition loss) การสูญเสียคุณภาพ (quality loss) คือการที่ผลผลิตถูกแมลงเข้าทำลาย และเกิดฝุ่นผง ชิ้นส่วน หรือของเสียของแมลงปนเปื้อนในผลผลิตทำให้คุณภาพของผลิตผลเสียหาย และก่อให้เกิดความชื้นจนเป็นเชื้อราได้ การสูญเสียเงิน (money loss) เมื่อแมลงเข้าทำลายผลผลิต ทำให้น้ำหนักผลผลิตลดลงมากทำให้เกิดการสูญเสียรายได้ และราคาผลผลิตตกต่ำลง และการสูญเสียชื่อเสียง (loss of goodwill) คือการที่แมลงเข้าทำลายผลผลิตก่อให้เกิดการปนเปื้อน ทำให้ผู้ซื้อ และผู้บริโภคหมดความไว้วางใจในสินค้า ทำให้เสียชื่อเสียง (ชุมพล, 2533; วิชา, 2548)

แมลงที่พบเข้าทำลายใบยาสูบหลังการเก็บเกี่ยวในประเทศไทยมีไม่กี่ชนิด ดังนี้ มอดยาสูบ (cigarette beetle) และผีเสื้อกลางคืนยาสูบ (tobacco moth) เป็นต้น (อุทิศ, 2550ก) การป้องกันกำจัดแมลงที่ดีจำเป็นจะต้องรู้จักชนิดของแมลง รูปร่าง ลักษณะ วงจรชีวิต และลักษณะการเข้าทำลาย จึงจะสามารถกำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (บุษรา, 2547)

มอดยาสูบ

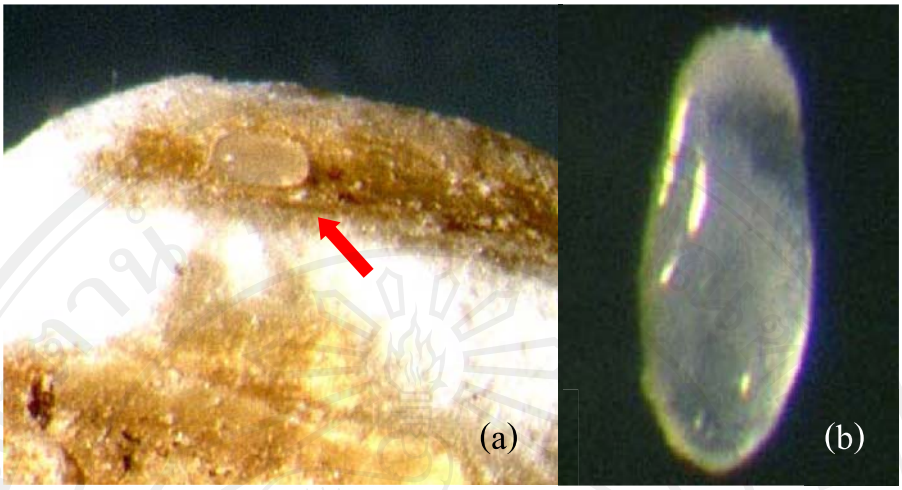
มอดยาสูบ (ภาพ 2.1) เป็นแมลงจำพวกด้วงปีกแข็ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lasioderma serricorne* (Fabricius) จัดอยู่ในวงศ์ Anobiidae อันดับ Coleoptera โดยแมลงชนิดนี้เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของใบยาสูบ บุหรี่ ซิการ์ เครื่องเทศ และผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชและสัตว์อบแห้ง เช่น ข้าว และผลิตภัณฑ์จากข้าว ปลาแห้ง ดอกไม้แห้ง โกโก้ แป้งมันสำปะหลัง กระเทียม พริก และพริกไทย นอกจากนั้นยังทำลายซากพืช และสัตว์ในเก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์อีกด้วย (จิราภรณ์, 2545) จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า มอดผลิตภัณฑ์อบแห้ง (herbarium beetle) มอดยาสูบเป็นแมลงขนาดเล็ก ลำตัวยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ยากแก่การสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงมีโอกาสที่มอดยาสูบจะติดไปพร้อมผลผลิตได้ ตัวเต็มวัยรูปร่างกลมรี สีน้ำตาลแดง ลำตัวลักษณะโค้งนูน ส่วนหัว และอกปล้องแรกงองุ้มลงด้านล่าง หนวดยาวลักษณะแบบฟันเลื่อยมีจำนวน 11 ปล้อง ปีกสีน้ำตาลคลุมท้องมิด ด้านบนปีกมีขนขนาดเล็กปกคลุมอยู่ ปล้องท้องด้านล่างมีทั้งหมด 5 ปล้อง ขาสีน้ำตาล วงจรชีวิต เพศเมียมอดยาสูบ วางไข่แบบฟองเดี่ยว รูปร่างกลมรีสีขาวครีม โดยวางตามช่องหรือรอยแตกของผลิตภัณฑ์ (ภาพ 2.2) เพศเมียสามารถวางไข่ได้ถึง 100 ฟอง ไข่ฟักออกเป็นตัวหนอนภายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

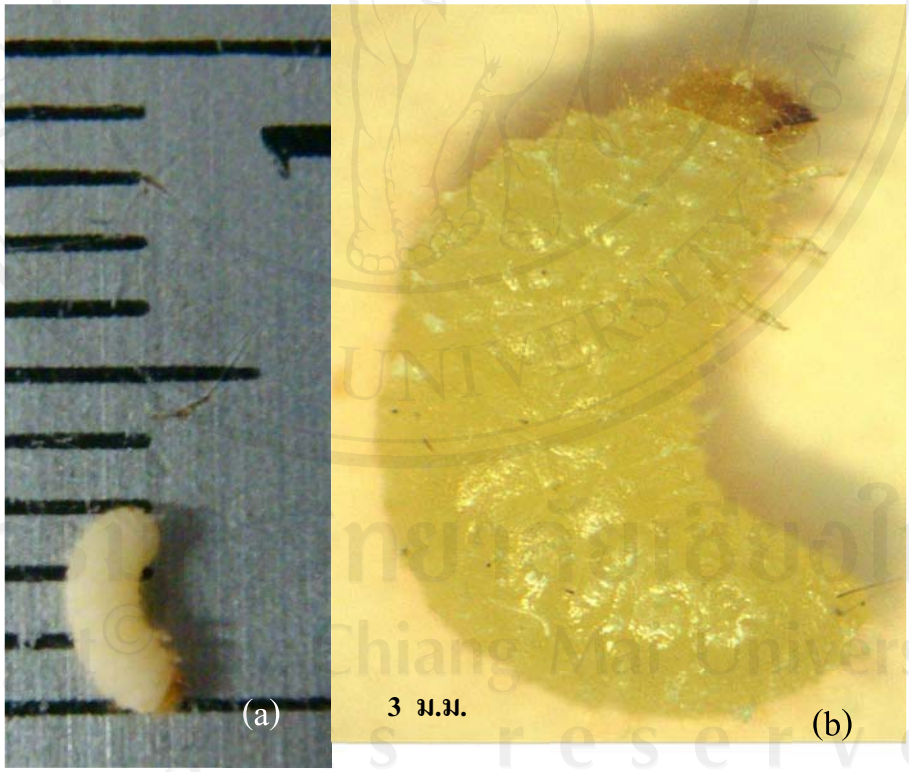
6-10 วัน ตัวหนอนมีสีเหลืองปนขาว โค้งเป็นรูปตัวซี “C” หนอนระยะแรกเมื่อฟักจะเคลื่อนที่หาช่องหรือรอยแตก เพื่อเข้าไปกัดกินอาหารที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ระยะตัวหนอนใช้เวลานาน 21-28 วัน(ภาพ 2.3) หลังจากนั้นจึงเข้าดักแด้ในปลอกที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมา โดยระยะดักแด้ใช้เวลานาน 5-8 วัน (ภาพ 2.4) จึงออกมาเป็นตัวเต็มวัย (ภาพ 2.5) ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณ 25 วัน ตัวเต็มวัยไม่กินอาหารหรือกินอาหารน้อยมาก มีความสามารถในการบินสูงและเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ตัวเต็มวัยแกล้งทำเป็นตาย เมื่อถูกรบกวนโดยงอตัวนิ่งและไม่เคลื่อนไหว เมื่อรู้สึกว่าปลอดภัยแล้วจะเดินและบินหนีไปอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งออกเป็นตัวเต็มวัยใช้ระยะเวลา 30-43 วัน ลักษณะการทำลาย มอดยาสูบเป็นศัตรูสำคัญที่สุดของผลิตผลเกษตร โดยจะกัดกินใบยาจนเป็นรูพรุน (ภาพ 2.5) หรือเป็นทางคดเคี้ยวไปมา ทำให้ใบยาสูบเสื่อมคุณภาพ และราคาตก นอกจากนี้ยังทำลายเมล็ดพืช และผลิตภัณฑ์จากพืช ได้อีกหลายชนิด มอดยาสูบ พบแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก นับว่าเป็นแมลงที่ปรับตัวอยู่ได้ทุกสภาพแวดล้อม กินได้ทั้งพืช และสัตว์ โดยมากมักแพร่กระจายโดยการขนส่งสินค้า (สุทธิสันต์ และวิโรจน์, 2551)

ภาพ 2.1 มอดยาสูบระยะตัวเต็มวัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

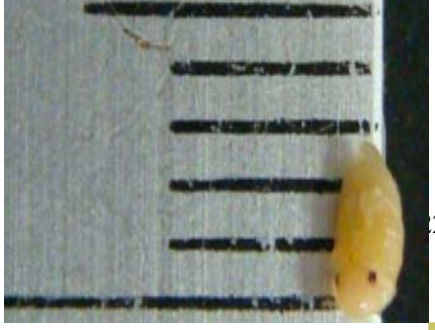


ภาพ 2.2 ไข่ของมอดยาสูบบนพืชอาหาร (a) และภาพขยาย (b)



ภาพ 2.3 มอดยาสูบระยะหนอนวัย 5 (a) และภาพขยาย (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.4 มอดยาสูบระยะดักแด้ (a) และภาพขยาย (b)

ภาพ 2.5 บุหรี่ที่ถูกมอดยาสูบทำลาย (a,b) , การเข้าดักแด้ภายในใบยาสูบ (c) และมอดยาสูบขณะเข้าทำลายใบยาสูบ (d)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การป้องกันจำกัดมอดยาสูบในโรงเก็บยาสูบในอดีต

การป้องกันกำจัดมอดยาสูบในโรงคัดใบยาเป็นงานค่อนข้างยาก เพราะเมื่อใดที่พบมอดยาสูบแสดงว่ามอดยาสูบได้เข้าไประบาดและอาศัยอยู่ภายในใบยาสูบแห้งแล้ว การพ่นยากำจัดแมลงที่ใบยาแห้งจะไม่ได้ผล เพราะพิษยาจะไม่สามารถเข้าไปแทรกซึมเข้าไปทำอันตรายต่อมอดยาสูบได้ นอกจากนั้นการพ่นยากำจัดแมลงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่กำลังปฏิบัติงานอยู่ภายในโรงคัด และยากำจัดแมลงมีผลต่อคุณภาพใบยาสูบแห้ง หรืออาจมีสารพิษตกค้างอยู่ที่ใบยาสูบแห้งไปสู่ผู้สูบบุหรี่อีกด้วย ดังนั้นการป้องกันกำจัดมอดยาสูบจึงควรจะต้องทำตั้งแต่เมื่อสิ้นฤดูการทำงานในโรงคัด โดยทำความสะอาดเก็บกวาดเอาก้านใบ และเศษใบยาที่ตกหล่นอยู่ภายในโรงคัดไปทิ้งหรือเผาทำลายเสียให้หมด แล้วใช้ยาไพรีทริน (Pyrethrin) ผสมกับน้ำมันก๊าดให้มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ พ่นให้ทั่วโรงคัดอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามอดยาสูบเกิดขึ้นระหว่างการทำงานในโรงคัดควรจะรื้อใบยาแห้งที่สงสัยหรือพบว่ามีมอดยาสูบออกมาคลี่สะบัดเขี่ยหาตัวมอดยาสูบและตัวหนอนในที่ที่มีแสงสว่างพอ เมื่อพบให้ทำลายตัวมอดยาสูบ และตัวหนอนเหล่านั้นเสีย สำหรับใบยาแห้งที่อัดเป็นห่อแล้ว การกำจัดมอดยาสูบในห่ออาจไม่จำเป็นต้องรื้อใบยาออกมาจากห่อแต่ให้รมด้วยก๊าซเมทธิลโบรไมด์ ทั้งห่อตามวิธีดังนี้ เอาห่อใบยาที่พบหรือสงสัยว่ามีมอดยาสูบมาวางเรียงตั้งติด ๆ กันพื้นซีเมนต์หรือพื้นทรายแห้ง ๆ ที่ราบ ๆ แล้วใช้ผ้าพลาสติ กซึ่งเชื่อมติดกันเป็นพื้นใหญ่ ไม่มีรอยรั่ว คลุมห่อใบยาเหล่านั้นไว้ ให้ขอบของผ้าพลาสติ กยาวห้อยลงถึงพื้นที่วางห่อใบยาแล้วหาดินหรือทรายมาทับขอบผ้าพลาสติ กให้มิดชิดทั้ง 4 ด้าน แล้วทับให้หนาพอที่จะป้องกันไม่ให้ก๊าซเมธิลโบรไมด์ระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็ว แล้วใช้ท่อพลาสติ กซึ่งเป็นทางไหลออกจากกระป๋องของก๊าซเมทธิลโบรไมด์สอดเข้าไปใต้ผ้าพลาสติ กที่คลุมห่อใบยา แต่บริเวณนั้นควรให้มีที่ว่างเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซเมทธิโบรไมด์ที่ไหลออกจากกระป๋องใหม่ ๆ แล้วยังเป็นของเหลวอยู่กระเซ็นหรือไหลไปโดยห่อใบยา เพื่อจะทำให้ห่อใบยาในห่อตรงส่วนที่ถูกกับก๊าซเมทธิลโบรไมด์เกิดเสียไป ใช้ก๊าซรมอยู่ประมาณ 24 – 48 ชั่วโมง จึงเปิดผ้าคลุมพลาสติ กออก มอดยาสูบจะถูกทำลายหมด (ธรรมนูญ, 2526)

หลักการป้องกันกำจัดมอดยาสูบในโรงเก็บผลิตผลทางการเกษตร และโรงเก็บยาสูบ

บุษรา (2547) รายงานว่า การป้องกันกำจัดมอดยาสูบซึ่งเป็นแมลงศัตรูโรงเก็บ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีการไม่ใช้สารเคมีฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัด ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ปัญหาการเข้าทำลายของมอดยาสูบได้ในระยะยาว และวิธีการใช้สารเคมีฆ่าแมลง (insecticide) มีทั้งชนิดเป็นของเหลวและเป็นผง มี กลไกการเข้าทำลาย ทั้งถูกตัวตาย กินตาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้กลิ่นหรือไอระเหย และการใช้เป็นสารรมฆ่าแมลง (fumigant) สารรม คือ สารเคมีที่เป็นพิษในรูปของไอหรือควัน มีลักษณะเป็นเม็ด ของเหลว หรือก๊าซ สารพิษจะออกฤทธิ์ในรูปก๊าซ ซึ่งมีผลทำให้แมลงตาย การพ่นภายใน และภายนอกโรงเก็บ ควรทำหลังจากทำความสะอาดโรงเก็บเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะนำผลิตผลเข้า

วิธีการใช้สารเคมี ได้แก่

1. การใช้สารฆ่าแมลงพ่นผนังโกดัง และแหล่งหลบซ่อนแมลง เช่น ไม้รองกระสอบ มุมโกดัง เพื่อเป็นการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์แมลงสารฆ่าแมลงที่ใช้คือ fenitrothion, pirimiphos-methyl และ chlorpyrifos-methyl อัตรา 0.5 - 2.0 กรัม เนื้อยาบริสุทธิ์ต่อ 1 ตารางเมตร

2. การพ่นสารฆ่าแมลงไวท์ฮอค -พรีม (bifenthrin 1.5 เปอร์เซ็นต์ w/v, prallethrin 1.5 เปอร์เซ็นต์ w/v และ piperonyl butoxide 15.0 เปอร์เซ็นต์ w/v) ผสมกับน้ำมันก๊าดเกรดเอ ชนิดไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ในอัตราส่วน 1:6 เมื่อดักมอดยาสูบได้ เฉลี่ย 50 ตัว/กับดัก/สัปดาห์ หรือเฉลี่ย 200 ± 100 ตัว/กับดัก/เดือน (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549)

3. การใช้สารรมฟอสฟีนหรืออลูมิเนียมฟอสไฟด์รมผลิตผลเกษตรที่มีแมลงเข้าทำลาย สามารถกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต อัตราที่ใช้ คือ 2 - 3 เม็ด (tablets) ต่อเมล็ด 1 ตัน รอนาน 7 - 10 วันในการรมโกดังใช้อัตรา 1 เม็ดต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร รมนาน 7 - 10 วัน ประมาณ 4 ครั้ง/ปี ตามความจำเป็น (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549)

4. การใช้สารรมเมธิลโบรไมด์ ในกรณีที่ต้องการทำลายแมลงที่ทำลายเมล็ดพืช และมีเวลารมไม่นานอาจใช้วิธีรมด้วยเมธิลโบรไมด์ โดยใช้อัตรา 2 ปอนด์ต่อเนื้อที่ 1,000 ลูกบาศก์ฟุต (30 ลูกบาศก์เมตร) ระยะเวลารมนาน 24 ชั่วโมง (สำนักวิจัย และพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2548)

การป้องกันกำจัดด้วยวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวอาจจะเลือกวิธีหนึ่งวิธีใดตามความเหมาะสมหรือใช้หลาย ๆ วิธีร่วมกันก็ได้เพื่อให้ผลดีในการควบคุมแมลงแต่ละชนิดและไม่เกิดผลเสียต่อผลิตผลเกษตรที่ต้องการเก็บรักษา

วิธีการไม่ใช้สารเคมี ได้แก่

1. การทำความสะอาดและจัดการโรงเก็บที่ดี ไม้รองกระสอบ อุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อทำลายแหล่งเพาะพันธุ์แมลง เนื่องจากแมลงส่วนใหญ่มีขนาดเล็กประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร เพียงเศษข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือเศษอาหารที่ติดตามกระสอบเพียงเล็กน้อยแมลงก็สามารถใช้ดำรงชีวิตได้ แมลงบางชนิดอาศัยทำลายเศษผลิตผลเกษตรที่ตกหล่นอยู่ตามพื้นโกดัง (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549)

2. การลดความชื้นของผลิตผล แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตในเมล็ดพืชที่มีความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่า ดังนั้นควรลดความชื้นเมล็ดหรือผลิตผลเกษตรให้ต่ำสุด และเก็บในถุงหรือภาชนะที่อากาศถ่ายเทไม่ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดมีการแลกเปลี่ยนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ สามารถลดการเข้าทำลายของแมลงได้

3. การเก็บผลิตผลในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 12 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เป็นอุณหภูมิที่แมลงไม่สามารถขยายพันธุ์ และเจริญเติบโตได้

4. การใช้ความร้อน 55 - 60 องศาเซลเซียสนานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง หรือความร้อน 70 องศาเซลเซียส นานอย่างน้อย 2 ชั่วโมง สามารถทำลายแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (วิชา, 2548)

สถานการณ์ปัจจุบันในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบ

มอดยาสูบเป็นแมลงที่มีความทนทานต่อสารเคมีมาก (พรทิพย์, 2538) อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการเข้าทำลายของมอดยาสูบวิธีการพ่นสารเคมีในโรงเก็บ เพราะเมื่อใดที่พบมอดยาสูบแสดงว่ามอดยาสูบได้เข้าไประบาด และอาศัยอยู่ภายในใบยาสูบแห้งแล้ว การพ่นยากำจัดแมลงที่ใบยาแห้งจะไม่ได้ผล เพราะพิษยาจะไม่สามารถเข้าไปแทรกซึมเข้าไปทำอันตรายต่อมอดยาสูบได้ และทำให้เกิดสารพิษตกค้าง ดังนั้นวิธีที่การรมด้วยสารเคมี ร่วมกับการจัดการความสะอาดภายในโรงเก็บทุกครั้งก่อน และหลังนำยาสูบเข้าไปเก็บภายในโรงเก็บ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถลดการระบาดของมอดยาสูบได้ดีที่สุด และในอนาคต เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการรมยาสูบมีกฎหมายห้ามใช้ ทั้งมอดยาสูบเกิดความต้านทานจึงมีการศึกษาค้นคว้าหาวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมี เช่น การรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้รังสีแกรมมา และการใช้คลื่นความถี่วิทยุ เป็นต้น

การใช้สารฆ่าแมลงเช่น phoxim, fenitrothion และ chlorpyrifos-methyl การพ่นแบบหมอกควัน จะต้องใช้เครื่องพ่นหมอกควัน (fogging machine) พ่นไปบนกองเมล็ดพืชที่เก็บไว้ในโรงเก็บ สารฆ่าแมลงที่ใช้ เช่น fenitrothion หรือ esbioallethrin หรือ deltamethrin ในปัจจุบันสารรมหลายชนิดถูกห้ามใช้ เนื่องจากทำให้เกิดผลเสียต่อผลผลิต และเป็นพิษต่อผู้บริโภคจึงเหลือสารรมที่ใช้ได้อยู่น้อยชนิด ได้แก่ methyl bromide, phosphine และ CO_2 แม้ว่า methyl bromide จะมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดแมลงศัตรูพืช แต่ methyl bromide เป็นสารที่สามารถทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนได้ ซึ่งสามารถทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนเท่ากับ 0.6 เท่า ของสาร CFC-11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น methyl bromide จึงถูกกำหนดให้เป็นสารควบคุมภายใต้สัญญาสารมอนทรีออล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอนุสัญญาเวียนนาว่าด้วยการป้องกันชั้นบรรยากาศโอโซน โดยถูกกำหนดให้ควบคุมปริมาณการใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2538 และใน ปี พ.ศ. 2558 ให้เลิกการใช้ ยกเว้นการใช้สำหรับการกำจัดศัตรูพืชในผลิตผลทางการเกษตรก่อนการส่งออก และใช้ในวัตถุประสงค์เพื่อการกักกันพืชเท่านั้น (พนารัตน์, 2550) ในการใช้สารฆ่าแมลงในการกำจัดมอดยาสูบถือเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว นิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะการรม และเมื่อมีการใช้เป็นประจำก็พบว่ามอดยาสูบสามารถต้านทานฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงได้

Zettler and Keever (1994) รายงานว่า จากการทดลองมอดยาสูบ *L. serricorne* กว่า 20 สายพันธุ์ ที่เก็บมาจากโรงเก็บยาสูบในอเมริกาใต้ ช่วงเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 1990 ถึง เดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 1991 และนำมาเลี้ยงในห้องทดลองและนำตัวเต็มวัยรุ่น F1 มาทดลองความต้านทานของมอดยาสูบต่อฟอสฟีนโดยทดลองที่ความเข้มข้น 25 ppm นาน 24 ชั่วโมง ในโถดูดความชื้นขนาด 2.5 ลิตร ผลที่ได้พบว่ามอดยาสูบ 11 สายพันธุ์ ที่เกิดความต้านทานต่อฟอสฟีนสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้คิดเป็นร้อยละ 2-97 เปอร์เซ็นต์ Rajendran and Narasimhan (1994) พบว่า หลังจากผ่านการรมด้วยฟอสฟีนในอัตรา 1-1.25 กรัม/ลูกบาศก์เมตร นาน 7 – 8 วัน ภายในโกดังเก็บสินค้า Ongole ประเทศอินเดีย มอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (Fabricius) สามารถมีชีวิตรอด แสดงว่ามอดยาสูบเกิดความต้านทานต่อฟอสฟีน

ดังนั้นการใช้วิธีที่ไม่ใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัด ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ปัญหาการเข้าทำลายของมอดยาสูบได้ในระยะยาว วิธีที่ไม่ใช้สารเคมี ได้แก่ การการทำความสะอาด และจัดการโรงเก็บที่ดี การใช้ความร้อนจัดหรือเย็นจัด การควบคุมอุณหภูมิ การลดความชื้น การใช้พันธุ์ต้านทาน การใช้รังสีแกมมา การใช้ดินเบา การใช้ไมโครเวฟ การใช้คลื่นความถี่วิทยุ การใช้ก๊าซพิษแทนสารเคมี เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตเจน และการใช้การควบคุมแบบชีววิธี เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้ได้มีผลงานวิจัยศึกษาเพื่อนำมาป้องกันกำจัดอย่างแพร่หลาย โดยมีรายงานของ Papadopoulou and Buchelos (2002) ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกับดักแต่ละในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบชนิดได้แก่ กับดักแสงไฟ กับดักฟีโรโมน กับดักเหยื่อล่อ กับดักชุดควบคุม พบว่ากับดักแสงไฟสามารถดักจับมอดยาสูบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาเป็นกับดักฟีโรโมน กับดักเหยื่อหล่อ และกับดักชุดควบคุมให้ผลในการดักจับมอดยาสูบไม่แตกต่างกัน และ Kim *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาสารสกัดจากพืชสมุนไพร 30 ชนิดในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบ พบว่าสารสกัดจาก *Agastache rugosa* สามารถควบคุมมอดยาสูบได้ดีที่สุด โดยใช้สารสกัดรมมอดยาสูบเป็นเวลา 3 วัน พบว่ามอดยาสูบมีอัตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การตายสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยสารชนิดมีความเป็นพิษสูงต่อตัวเต็มวัย โดยพบว่าตัวเต็มวัยจะตายเมื่อเริ่มรมด้วยสารสกัด *A. rugosa* เพียง 1 วัน และ Finkelman *et al*. (2006) ได้ศึกษาการใช้ความดันต่ำในการกำจัดมอดยาสูบในเมล็ดโกโก้ โดยการควบคุมความดันที่ระดับ 50 mm Hg ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 91 ชั่วโมงจะทำให้ตัวเต็มวัยของมอดยาสูบตาย 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าในระยะไข่ของมอดยาสูบมีความทนทานต่อความดันต่ำมากที่สุด นอกจากนี้ Gunasekaran and Rajendran (2005) ได้ทำการศึกษาพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ควบคุมมอดยาสูบโดยใช้ที่ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้มอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัยตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าระยะดักแด้สามารถทนทานต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

จากการศึกษาการใช้วิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีที่จะทดแทนการใช้สารเคมี ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อความปลอดภัยในการจัดการของผู้ปฏิบัติงานและผู้บริโภค

โอโซน (ozone)

โอโซน (ozone หรือ O_3) เป็นโมเลกุลที่ประกอบจากออกซิเจน 3 อะตอม ปรากฏอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก และมีการใช้งานในทางอุตสาหกรรมและเครื่องใช้ตามบ้านทั่วไป โอโซนถูกค้นพบครั้งแรกโดย คริสเตียน ฟรีดริช เชินไบน์ (Christian Friedrich Schönbein) นักเคมีชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1840 โดยตั้งชื่อตามภาษากรีกคำว่า ozein ซึ่งแปลว่ากลิ่น โอโซนเข้มข้นมีสีฟ้าที่อุณหภูมิ และความดันมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure; STP) เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง -112 องศาเซลเซียส โอโซนจะเป็นเป็นของเหลวสีน้ำเงิน และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า -193 องศาเซลเซียส ก็จะกลายเป็นของแข็งสีดำ เรานำโอโซนไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น นำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเคมีภัณฑ์ นำไปใช้เป็นสารซักฟอก ใช้ฆ่าแบคทีเรีย ฯลฯ ก๊าซโอโซนเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีมาก และในขณะเดียวกันก็เป็นสารที่ไม่อยู่ตัว มักจะสลายเป็นก๊าซออกซิเจนได้ง่าย โดยปกติโอโซนมักออกซิไดส์โลหะ (ยกเว้นทองคำ แพลทินัม และแพลเลเดียม) ให้มีเลขออกซิเดชั่นสูงขึ้น (Rubin, 2001; Wikipedia, 2010; ศูนย์บริหาร และส่งเสริมสิ่งแวดล้อมเครือสหวิริยา, 2553)

โอโซนเป็นก๊าซที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี มีคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ เนื่องจากเมื่อโอโซนสัมผัสกับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) โดยที่ O_3 จะแตกตัวเป็น O_2 และ O ซึ่ง O จะมีหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ (โอโซนิค อินเตอร์เนชั่นแนล, 2551; อัมพวัน , 2544) ก๊าซโอโซนมีผลทำให้โปรตีนถูกทำลายได้โดยปฏิกิริยา oxidation ซึ่งจะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกระทบต่อระบบการหายใจของแมลงทำให้มีอัตราการเกิดเมทตาบอลิซึม และการขยายของหลอดลมสูงขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสารตั้งต้นที่ใช้ในการหายใจ ทำให้การหายใจล้มเหลว การทดลองใช้โอโซนในแมลงวันจะทำให้เกิดการตายในแมลงวันได้ที่โอโซนความเข้มข้น 4 ppm นอกจากนี้โอโซนยังทำให้สัดส่วนของ โปรตีน dityrosine/tyrosine สูงขึ้นด้วย (Cross *et al*., 1998) ซึ่ง O_3 มีปฏิกิริยาสูงถึง 2.07 volt (oxidation potential) จึงเกิดปฏิกิริยาได้ดี และมีการสลายตัวโดยอัตโนมัติ ทำให้มีพิษตกค้างน้อย มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหรือการส่งออกผัก และผลไม้ (โอโซนิค อินเตอร์เนชั่นแนล, 2551) และการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บเมล็ดธัญพืช ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยสูง โดยที่คุณภาพของอาหาร และเมล็ดธัญพืชนั้นยังคงอยู่ ทั้งนี้โอโซนเป็นก๊าซที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน และเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับเกิน 4 ppm (ตาราง 2.6) การห้ามสัมผัสโอโซนความเข้มข้น 0.1 ppm เป็นเวลาติดต่อกัน 8 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานนี้เท่ากับมาตรฐานสมาคม American Conference of Governmental Hygienists (ACGIS) หรือความเข้มข้น 0.3 ppm เป็นเวลานาน 15 นาที ซึ่งอาจทำให้เกิดการระคายเคืองตา และลำคอได้ โอโซนถูกผลิตขึ้นในธรรมชาติโดยการแผ่รังสีอัตตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ และการเกิดฟ้าแลบส่วนในทางการค้าถูกผลิตขึ้นโดยการใช้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร corona discharge โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุล O_2 แตกตัว และรวมตัวเป็น O_3 (อัมพวัน , 2544; US EPA, 1996)

ตาราง 2.6 ระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่มีผลทางสุขภาพ

ระดับของโอโซน (ppm)	ข้อมูลด้านสุขภาพ
0.02-0.05	สามารถได้กลิ่น
0.1-0.3	ใน 2-3 ชั่วโมง จะรู้สึกแสบจมูกและคอ
0.6-0.8	ใน 2-3 ชั่วโมง จะมีการกระตุ้นระบบทางเดินหายใจ
1.0-2.0	ใน 2-3 ชั่วโมง จะทำให้ระบบทางเดินหายใจผิดปกติ
10	อันตรายต่อสุขภาพไม่ควรสัมผัสเกิน 60 นาที
20	อันตรายต่อสุขภาพไม่ควรสัมผัสเกิน 10 นาที

ที่มา : ชมพูศักดิ์ และ เทพนม (2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการผลิตโอโซน

การผลิตโอโซนใช้หลักของพลังของพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ที่เรียกทั่วไป คือ โอโซนเนเตอร์ (ozonator) หมายถึง อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถผลิตและควบคุมระดับของก๊าซโอโซนได้หลักการทั่วไปคือ อะตอมของออกซิเจนจะได้รับการถ่ายพลังงานจนทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เร่งสภาพหรือมีพลังงานสูง และในที่สุดก็เกิดการรวมเป็นโมเลกุลของโอโซน ทฤษฎีของการทำ corona discharge หรือการเร่งประจุไฟฟ้าให้ออกมาเป็นกลุ่มก้อนหรือเป็นประกายในบรรยากาศจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา และเร่งปฏิกิริยาของก๊าซออกซิเจน ดังนั้น ทฤษฎีของ โคโรน่าจึงใช้เป็นบรรทัดฐานในการผลิตอุปกรณ์โอโซนซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการผลิตโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) เพราะแสงอัลตราไวโอเลตไม่สามารถควบคุมปริมาณละเอียดได้และจะมีการผลิตได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ (ชมพูศักดิ์ และเทพพนม, 2540)

โอโซนสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้สูง โดยไม่เหลือสารพิษตกค้างใด ๆ นอกจากออกซิเจน ทำให้มีฤทธิ์ทำลายเชื้อรา และไวรัส ได้ดีที่สุด และรวดเร็วที่สุด โดยเร็วกว่า คลอรีนสูงสุด ถึง 5,000 เท่า จุดเด่นของก๊าซโอโซนคือ สามารถฆ่าเชื้อโรคได้รวดเร็ว โดยเฉพาะ แบคทีเรียที่ความเข้มข้นเพียง 0.01-0.04 ppm ทำลาย กลิ่น สารเคมี และก๊าซพิษได้ดีเยี่ยม ไม่ทิ้งพิษตกค้าง เพราะเมื่อทำปฏิกิริยาเสร็จทุกครั้งจะได้ ออกซิเจน (O_2) จึงเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี สามารถผลิตขึ้นได้จากอากาศทั่วไป และบริเวณที่มีไฟฟ้าใช้ สามารถควบคุมได้ง่ายอย่างอัตโนมัติ ในปัจจุบันโอโซนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายทาง เช่น water purifying คือการฆ่าเชื้อโรค ดับกลิ่น เพิ่มระดับโอโซนในน้ำ และ รักษาคุณประโยชน์ที่มีอยู่ในน้ำไม่ให้หายไป ทำให้น้ำมีรสชาติที่ดีขึ้น มีประโยชน์ต่อสุขภาพ กำจัดกลิ่นคาว (โอโซนิค อินเตอร์เนชั่นแนล, 2551) มีการนำก๊าซโอโซนไปใช้กำจัดแมลงสาบภายในโรงพยาบาลซึ่งเป็นวิธีที่ดี เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่มีสารพิษตกค้าง (Steeves, 2003) และใช้กำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ สามารถลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากแมลงได้ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ของอาหารที่ผลิตได้ทั่วโลกต่อปี (Callahan, 2003)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โอโซนในผลผลิตทางการเกษตรมีดังนี้ ธนะชัย และอรุโณทัย (2545) รายงานว่า การให้โอโซนแก่ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิในอัตรา 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง เป็นเวลา 30, 40 และ 60 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส พบว่า โอโซนสามารถลดอัตราการเน่าเสียของผลได้เป็นเวลา 24 วัน สิคีริยา และ ธนะชัย (2545) พบว่า ลำไยที่ผ่านการรมโอโซนสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าผลลำไยที่ไม่ได้รมโอโซน 6 – 9 วัน และผลลำไยที่ได้ผ่านการรมโอโซนเป็นเวลา 30 นาที สีเปลือกมีความสว่าง และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ต่อมาได้มีการศึกษาการรมลำไยสดด้วยโอโซนสามารถลดการเกิดโรคระหว่างการเก็บรักษา โดยระยะเวลาการรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมาะสมที่ 60 นาที โดยการทดลองนี้พบว่ามีปริมาณเปอร์ออกไซด์ทั้งหมดในเปลือกผลลำไยมากกว่าในเนื้อทุกกรรมวิธีทดลอง และปริมาณเปอร์ออกไซด์ในเปลือกผลจะมีเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากการรมด้วยโอโซน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่วนในเนื้อผลพบการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ศรัณยา และคณะ, 2549) ผลเงาะที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนในความเข้มข้น 1 ppm เป็นเวลานาน 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิวผลได้ 93.9 เปอร์เซ็นต์ (ดวงธิดา และคณะ, 2549)

โอโซนสามารถนำไปใช้ในการควบคุมศัตรูแมลงโรงเก็บได้อีกด้วย โดยโอโซนจะทำให้แมลงตายได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีของเมล็ดธัญพืช โอโซนที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน ไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดธัญพืชในด้านต่างๆ ได้แก่ กรดอะมิโน กรดไขมัน และองค์ประกอบทางเคมีภายในข้าวโพด ข้าวสาลี และถั่วเหลือง โดยไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้าง (Mendez *et al*., 2003) โอโซนสามารถใช้ในการควบคุมแมลงในโรงเก็บได้ (Rajendran, 2001) ผลของการรมโอโซนกับแมลงจะเกิดผลกระทบต่อเนื้อเยื่อซึ่งเกี่ยวกับการควบคุมการหายใจแมลงจะมีอัตราการเกิดเมทตาบอลิซึมและการขยายของหลอดลมสูงขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสารตั้งต้นที่ใช้ในการหายใจ (Cross *et al*., 1998) ต่อมาได้มีการศึกษาเบื้องต้นของโอโซนต่อแมลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่าโอโซนสามารถใช้ควบคุมแมลงได้ (Woloshuk *et al*., 2000) การรมโอโซนที่ใบพืชเพื่อกำจัดแมลงปากกัดทำให้ผลิตผลสะอาดและสามมารถควบคุมแมลงได้ (Chappelka *et al*., 1988)

จากการศึกษามวลร่างกายที่สูง และอัตราการหายใจของแมลง คือตัวชี้วัดพลังงานที่สูงขึ้นของพลังงานที่เกิดจากการ mobilization อย่างรวดเร็วภายในร่างกาย และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี (Guedes *et al*., 2006 ; Oliveira *et al*., 2007) ซึ่งตัวแปรทั้งสองชี้บอกถึงสถานะทางสรีรวิทยา โดยการวัดผลทางสรีรวิทยา คือการวัดอัตราการหายใจซึ่งเป็นเครื่องมือวัดทางอ้อมของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (การสร้าง ATP) (Chown and Gaston, 1999) แมลงแต่ละชนิดมีการหายใจและน้ำหนักตัวแตกต่างกัน แต่อัตราการหายใจ และน้ำหนักตัวไม่มีผลต่อความอ่อนแอของแมลงต่อก๊าซโอโซน (Sousa *et al* ., 2008) โอโซนเป็นตัว oxidative ที่ดี สามารถทำให้การทำงานของปอดทำงานผิดปกติ และเป็นสาเหตุทำให้ปอดเสียหาย และเกิดการอักเสบผ่านทางปฏิกิริยา oxidative กับเซลล์ epithelial และ surfactant ส่วนประกอบภายในปอด ถ้าได้รับในปริมาณที่มากกว่าปกติ คือ 0.08 ppm เป็นเวลา 8 ชั่วโมงสำหรับมนุษย์ และมีผลกระทบต่อโครงสร้างโปรตีน ทำให้โปรตีนเสียสภาพไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ และทำให้เซลล์ตายในที่สุด (Wang *et al*., 2002) โดยโปรตีน dityrosine/tyrosine จะเป็นการชี้วัดอัตราการเสียสภาพของโปรตีนที่ถูกทำลายด้วยปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

oxidation และเป็นตัวบ่งชี้ว่าเกิดกระบวนการเมทตาบอลิซึมที่สูงขึ้นเช่นกัน dityrosine และ tyrosine เป็นหมู่กรดอะมิโนสั้นที่ต่อกันเป็นสายโซ่โปรตีนที่ต่อด้วยพันธะ dirosine และ tyrosine (Cross *et al*., 1998)

จากรายงานของ Kells *et al.* (2001) พบว่าโอโซนสามารถใช้ควบคุมแมลงในผลผลิตทางการเกษตรได้ถึง 92-100 เปอร์เซ็นต์ โดยรมกับเมล็ดข้าวโพดที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน มีประสิทธิภาพการควบคุมแมลง เช่น มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* (Motsch)) ตัวอ่อนของผีเสื้ออินเดีย (*Plodia interpunctella*) และลดอัตราการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* Speare ได้ถึง 63 เปอร์เซ็นต์ และโอโซนจะทำให้ขาของแมลงอ่อนแรง ขาคู่หน้าและคู่หลังเดินไม่สัมพันธ์กัน Leesch *et al.* (2004) ได้ศึกษาการใช้โอโซนในการควบคุมเพลี้ยอ่อนถั่วในส้มพันธุ์ Navel ที่ส่งออกไปยังออสเตรเลีย ซึ่งจากการทดลองพบว่าระยะไข่และหนอนมีความทนทานต่อโอโซนมากที่สุด โดยโอโซนที่ความเข้มข้น 5,000 ppm และรมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพลี้ยอ่อนถั่วมีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Isikber *et al.* (2006) พบว่าการทดลองรมโอโซนความเข้มข้นต่ำที่ 1, 5 และ10 ppm และการรมโอโซนความเข้มข้นสูงที่ 50, 80, 120, 200, 300 และ 400 ppm ทุกระยะการเจริญเติบโตของ *Ephestia kuhniella* (Zell) โดยรมเป็นเวลา 2, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า การรมโอโซนความเข้มข้นต่ำแมลงระยะตัวเต็มวัย และระยะตัวหนอนมีอัตราการตายต่ำ และพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโอโซนสูงขึ้นอัตราการตายของแมลงทุกระยะก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยพบว่าระยะไข่เป็นระยะที่ทนทานที่สุด ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาในการรมมากกว่า 5 ชั่วโมง จึงจะสามารถกำจัดแมลงในระยะไข่ได้อย่างสมบูรณ์ และ Isikber and Oztenkin (2009) กล่าวว่าโอโซนมีประสิทธิภาพแทรกซึมผ่านวัตถุได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีรมผลิตผล และการใช้โอโซนรมเพื่อกำจัดแมลงในผลิตผล พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายลดลง หรือน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การตายในกรรมวิธีที่รมโอโซนกับแมลงโดยตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved