บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ยาสูบ (Tobacco) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nicotiana tabacum* L. วงศ์: Solanaceae ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับพริก มะเขือ มะเขือเทศ และมันฝรั่ง มีอายุการเพาะปลูกที่ใช้เวลาเพียง 70-75 วัน และสามารถปลูกได้ถึง 5 รุ่นต่อปี ซึ่งยาสูบที่ปลูกกันทั่วไปมีมากกว่า 60 พันธุ์ ยาสูบมีสารนิโคติน (nicotine) มีสูตรทางเคมีเป็น $C_{10}H_{14}N_2$ สารนี้ได้จากการสังเคราะห์ในส่วนรากและส่งไปเก็บไว้ที่ใบ ดังนั้นถ้าต้นยาสูบมีรากมากก็มีแนวโน้มที่จะผลิตสารนิโคตินได้มากตามไปด้วย ยาสูบที่สำคัญมี 2 ชนิด (species) คือ *Nicotiana tabacum* L. มีพื้นที่ปลูกถึงร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูกยาสูบทั่วโลก ส่วนของใบมีสารนิโคติน 0.18-11.00 เปอร์เซนต์ นำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ยาสูบทั้งหมด และอีกชนิดคือ *Nicotiana rustica* L. มีปริมาณสารนิโคตินในใบสูง นำมาใช้ในการทำสารฆ่าแมลง ยาฉุน และยาเดี่ยว โดยปลูกกันในแถบยุโรปตะวันออก และเอเชียไมเนอร์ *Nicotiana tabacum* เป็นพันธุ์ผสมในธรรมชาติระหว่าง *Nicotiana sylvestris* และ *Nicotiana otophora* หรือ *Nicotiana tomentosiformis* เป็นที่ทราบกันดีว่าพืชที่ได้จากการผสมพันธุ์นั้นมีระดับของความแตกต่างสูงมาก *Nicotiana tabacum* ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าปรับตัวได้ง่ายมาก ดังนั้น จะเห็นได้จากยาสูบประเภทต่าง ๆ และพันธุ์ต่าง ๆ มากมาย ประเภทยาสูบในที่นี้หมายถึง ยาสูบเวอร์ยิเนีย เบอร์เล่ย์ แมรีแลนด์ เตอร์กิชหรือใบยาตะวันออก และซิการ์ ซึ่งทั้งหมดนี้ใช้ในอุตสาหกรรมบุหรี่ ซิการ์และยากล้อง (นิเวศน์, 2527)

ใบยาสูบมีสารประกอบอยู่ 2 พวก ที่มีคุณสมบัติพิเศษและพบได้เฉพาะในใบยาสูบเท่านั้น คือ

1. alkaloids ซึ่งมีนิโคตินเป็นส่วนใหญ่ (Nicotine, ß-Pyridyl-∞-methyl Pyrrolidine) นิโคตินเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะตัวแก่ยาสูบและอาจกล่าวได้ว่านิโคตินคือยาสูบ นอกจากนี้ยังมี alkaloids ตัวอื่น ๆ เช่น anabasine, anatabine, N-methylanabasine และ N-methylanatabine และในควันบุหรี่ยังมีด่างซึ่งไม่พบในใบยาสูบ แต่พบในควันบุหรี่ คือ myosmine และ poikiline ในใบยาสูบพันธุ์ *Nicotiana tabaccum* จะมีนิโคตินเป็น major alkaloids และมี anabasine เป็น minor alkaloids

2. พวกที่คล้ายกับ isoprenoids ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างยาง (นิเวศน์, 2527)

ยาสูบมีลักษณะพิเศษต่างจากพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น โดยส่วนที่ใช้เป็นผลผลิตคือใบซึ่งไม่ได้นำมาใช้เป็นอาหาร แต่ใช้บริโภคโดยการสูบ สูด หรือเคี้ยว ยาสูบเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและการคลัง และมีลักษณะเป็นยาเสพติด ยาสูบที่ผลิตในประเทศไทยส่งออกไปยัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่างประเทศ แต่ในขณะเดียวกันก็มีการนำเข้ายาสูบจากต่างประเทศเช่นกัน ยาสูบที่นิยมปลูกคือยาสูบพันธุ์เวอร์ยิเนีย สำหรับประเทศไทยนั้นมีการปลูกยาสูบกันทั่วไปในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดที่มีการปลูกยาสูบเป็นจำนวนมาก ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ สุโขทัย เลย สกลนคร แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ หนองคาย นครพนม ขอนแก่น และอุบลราชธานี เป็นต้น (ธรรมนูญ, 2526) ใบยาสูบพันธุ์เวอร์ยิเนียจะใช้วิธีการบ่มตามธรรมชาติแบบ hot air และ Flue curing และมีการ redrying โดยใช้อุณหภูมิในที่สูง (ประมาณ 100 เซลเซียส) water content 10-12 เปอร์เซ็นต์ maximum equilibrium moisture content 50-65 เปอร์เซ็นต์ มีการบรรจุในกล่องกระดาษที่มีน้ำหนัก ระหว่าง 180 และ 200 กิโลกรัม (GDV, 2007)

การจำแนกชนิดยาสูบ

หลักในการจำแนก ชนิดของยาสูบ (classes of tobacco)

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

ใบยาเหล่านี้เมื่อเกิดการเผาไหม้จะทำให้เกิดสารประกอบต่าง ๆ อีกจำนวนมาก ทำให้เกิดกลิ่น สีและรสต่าง ๆ ความหอมและความฉุน ซึ่งแตกต่างกันไปตามประเภทของยาสูบ โดยมากยาสูบแต่ละชนิดมีวิธีการบ่มต่างกัน ประโยชน์ที่นำไปใช้ ตลอดจนสภาพภูมิอากาศในที่ปลูกต่างกัน ชนิดที่สำคัญของยาสูบแบ่งตามกรรมวิธีการบ่มใบยาได้ 3 ประเภท (สารานุกรมเยาวชน, 2543) ดังนี้

1. ใบยาบ่มไอร้อน (flue-cured) ได้แก่ ใบยาเวอร์ยิเนีย (Virginia) มีปริมาณน้ำตาลสูง นิโคตินปานกลาง

2. ใบยาบ่มอากาศ (air-cured) ได้แก่ ใบยาเบอร์เลย์ (Burley) มีปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินสูง น้ำตาลต่ำ

3. ใบยาบ่มแดด (sun-cured) ได้แก่ ใบยาเตอร์กิช (Turkish or Oriental) มีปริมาณสารหอมระเหยสูง

จากความแตกต่างของปริมาณสารประกอบเป็นเหตุผลหนึ่งที่อุตสาหกรรมผลิตบุหรี่จำเป็นต้องผสมใบยาแต่ละประเภทเข้าด้วยกันตามสัดส่วน เพื่อให้ได้กลิ่นและรสเป็นที่พอใจของผู้สูบ อย่างไรก็ดี ใบยาสูบทุกประเภทหากนำมาสังเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแล้วจะได้เหมือนกันหมด เพียงแต่มีปริมาณแตกต่างกันเท่านั้น นอกจากระดับความแก่สุกของใบยาและตำแหน่งของใบบนลำต้น เช่น ใบยาส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนล่าง ก็มีส่วนทำให้องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติอื่น เช่น กลิ่นและรสแตกต่างกันด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของใบยาสูบ (ฝ่ายวิจัย โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง, 2523) สามารถแบ่งหมู่ย่อยได้ดังนี้

1. ไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนในใบยาสูบมีอยู่หลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ โปรตีนไนโตรเจน (ไม่ละลายน้ำ) และไนโตรเจน (ละลายน้ำ) ได้แก่ แอลคาลอยด์ทั้งหมด กรดอะมิโน เอมีนไนเตรทและแอมโมเนีย ในที่นี้จะกล่าวถึงสารประกอบไนโตรเจน 2 ชนิด คือ ไนโตรเจน และนิโคติน

นิโคติน หมายถึงปริมาณแอลคาลอยด์ทั้งหมด คำนวณในรูปของนิโคติน เพราะนิโคตินเป็นแอลคาลอยด์ชนิดเดียวที่มีอยู่ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปของแอลคาลอยด์ทั้งหมดในใบยา

ปริมาณไนโตรเจน และนิโคตินในใบยามีความสำคัญกับคุณภาพควันบุหรี่ในทางกลิ่น รส และความชวนสูบ ถ้าปริมาณนิโคตินมากแสดงถึงว่าใบยาสูบนั้นมีกลิ่นฉุน แต่ถ้ามากเกินไปจะมีรสชาติแสบคอเนื่องจากควันด่างของนิโคตินและแอมโมเนีย ซึ่งนิโคตินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นที่รากของต้นยาสูบ แล้วส่งไปสะสมที่ใบและก้าน ดังนั้น ปริมาณนิโคตินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- พันธุ์ยาสูบ ซึ่งแต่ละพันธุ์ให้ปริมาณนิโคตินต่างกัน
- ธาตุอาหารไนโตรเจนที่ต้นยาสูบได้รับ ถ้ามีมาก ปริมาณนิโคตินก็จะมากขึ้นด้วย
- ความเสียหายของรากยาสูบ อันเนื่องมาจากน้ำในดินมากเกินไป เป็นโรครากปม เนื่องจากไส้เดือนฝอยหรือโรคอื่น ที่ทำให้ปริมาณนิโคตินเพิ่มขึ้น
- ความชื้นในดิน เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการควบคุมการเจริญเติบโตและปริมาณนิโคตินในใบยาสูบระดับความชื้นต่ำ การเจริญเติบโตช้าลง ขนาดใบเล็กลง ทำให้ปริมาณนิโคตินในใบยาเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามระดับความชื้นสูงช่วยเร่งการเจริญเติบโต ขนาดใบโตขึ้น และอาจเป็นไปได้ที่ไนโตรเจนในดินน้อยลง เพราะถูกชะล้างไปเสียบ้าง จึงทำให้ปริมาณนิโคตินลดลง
- ระดับความแก่สุกของใบยา ใบยาแก่จะมีปริมาณนิโคตินสูงขึ้นเล็กน้อย
- ตำแหน่งใบยาบนลำต้น ปริมาณนิโคตินสูงขึ้นจากใบยา โคนต้น ไปยังยอดต้น

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้ปริมาณนิโคตินมากน้อยได้ เช่น การเว้นระยะปลูก การพรวนดิน การถ่ายเทอากาศในดิน ความลึกของดิน ผลผลิตต่อไร่ แสงสว่างและอุณหภูมิ

2. คาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดในใบยา คือ ประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบยาแห้ง ประกอบด้วยสารประกอบ 3 กลุ่มใหญ่ คือ

ก. รีเซิฟคาร์โบไฮเดรท มีแป้ง เด็กซ์ตริน มอลโทส ซูโคส กลูโคสและฟรุตโตส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. เฮมิเซลลูโคส ส่วนใหญ่มีเพ็คตินและเพ็นโตซาน

ค. คาร์โบไฮเดรทที่ใช้เป็นโครงสร้างของใบและผนังเซลล์ ได้แก่ เซลลูโลสและลิกนิน

องค์ประกอบคาร์โบไฮเดรทที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของควันบุหรี่มากที่สุด คือ น้ำตาล ในใบยาไม่ได้เกิดขึ้นในใบยาสดทั้งหมด แต่มีเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแป้งระหว่างกรรมวิธีการบ่มใบยาในโรงบ่ม แป้งจะถูกย่อยโดยเอนไซม์เป็นน้ำตาล

น้ำตาลในใบยาสูบแบ่งตามปฏิกิริยาเคมีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนอนรีดิวซ์ซิ่ง (non reducing sugar) ส่วนใหญ่หมายถึงน้ำตาลซูโครส ซึ่งถูกย่อยเป็นกลูโคสได้ และกลุ่มรีดิวซ์ซิ่ง (reducing sugar) ซึ่งน้ำตาลส่วนใหญ่ ได้แก่ กลูโคส (น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดหรือน้ำตาลทั้งหมด) ปริมาณน้ำตาลในใบยามีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสของควันบุหรี่ กล่าวคือ ในการเผาไหม้ของบุหรี่ สารประกอบน้ำตาลจะให้ควันเป็นกรดระเหย ไปลดความด่างของบุหรี่ที่เกิดการเผาไหม้ของนิโคตินและแอมโมเนีย ควันบุหรี่ที่ดีควรมีสภาพเป็นกรดอ่อนจึงจะมีกลิ่นรสนุ่มนวล ไม่ระคายคอ ใบยาที่มีน้ำตาลน้อย ควันจะเป็นด่างมาก ทำให้บุหรี่มีรสชาติฉุน ระคายคอ ดังนั้นความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำตาลกับปริมาณนิโคตินจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพใบยาสูบ นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลในใบยายังบ่งบอกลักษณะของใบยาสูบแห้งนั้นได้อีกด้วย ใบยาที่มีน้ำตาลมาก ๆ มักมีโครงสร้างของใบเรียบ ทึบ การเผาไหม้ไม่ดีและมีกลิ่นอ่อน

3. กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ในใบยาสูบมีความสัมพันธ์กับกลิ่น รสและความหอมของควันบุหรี่ กรดอินทรีย์ ประกอบด้วยกรดชนิดต่าง ๆ หลายสิบชนิด แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.1 กรดไม่ระเหย มีอยู่ 90 เปอร์เซ็นต์ของกรดทั้งหมดในใบยา ได้แก่ กรดมาลิค กรดซิตริค กรดอ๊อกซาลิค และกรดมาโลนิค ฯลฯ

3.2 กรดระเหย ถึงแม้จะมีปริมาณน้อย แต่ให้ผลต่อความหอมของควันบุหรี่ได้มาก ส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิตริค กรดฟอร์มิค กรดแอลฟาเมธิลบิวไทริค กรดไอโซวาเลอริค และกรดเฟนนิลอะซิติค ฯลฯ

กรดทั้ง 2 กลุ่มนี้ ปรากฏอยู่ในใบยาสูบตามธรรมชาติในรูปอิสระและรูปของเกลือแคลเซียม แมกนีเซียมและโปแตสเซียม ความเป็นกรดของใบยาวัดได้จากค่า pH ของใบยา ในการวิเคราะห์ใบยาสูบของห้องทดลองบางแห่ง มีรายงานความเป็นกรดของใบยาในรูปของจำนวนด่าง (0.1 นอล์มอล) เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดในใบยานั้น

ค่า pH ใช้แทนระดับความเป็นกรดเป็นด่างของสารใดสารหนึ่ง ซึ่งความเป็นกรดเป็นด่างนี้มีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1-14 ที่ pH 7 หมายถึง ระดับเป็นกลาง (ไม่เป็นกรดไม่เป็นด่าง) ถ้าตัวเลขมีค่าน้อยกว่า 7 หมายความว่าสารนั้นมีฤทธิ์เป็นกรด ถ้าตัวเลขมีค่ามากกว่า 7 สารนั้นมีฤทธิ์เป็นด่าง (เมื่อค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

pH น้อยลง ความเป็นกรดจะมีมากขึ้น และเมื่อค่า pH มากขึ้นความเป็นด่างจะมีมากขึ้น) ค่า pH ของใบยามีช่วงระหว่าง 5.0 – 6.5 ซึ่งหมายความว่าเป็นกรดอย่างอ่อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารธาตุต่าง ๆ ที่ต้นยาสูบได้รับ และความสุกของใบยาค่า pH ของใบยาโคนต้นจะสูงกว่าค่า pH ของใบยากลางต้นและยอดต้นโดยทั่วไป และมีข้อสังเกตว่าถ้ากรดไม่ระเหยทั้งหมดที่มีอยู่ในใบยามีปริมาณสูง องค์ประกอบคาร์โบไฮเดรทในใบยานั้นมักจะมีปริมาณต่ำ

4. แร่ธาตุ ในใบยา

ธาตุอาหารที่ปรากฏอยู่ในใบยาสูบแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 ต้นยาสูบต้องการเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียมและกำมะถัน ประเภทที่ 2 ต้นยาสูบต้องการเป็นจำนวนน้อย ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง สังกะสี คลอรีน โซเดียม วิลิกอนและโมลิบดินัม และประเภทที่ 3 คือ แร่ธาตุที่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ธาตุอาหารเหล่านี้ที่ปรากฏอยู่นอกจากจะแสดงถึงความเจริญเติบโตของต้นใบยาสูบแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติในการเผาไหม้ของใบยาด้วย การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ จะหาเฉพาะธาตุที่สำคัญ 4 ธาตุ คือ โพแตสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม แล้วรายงานเป็นรูปของออกไซด์ ส่วนรวมของแร่ธาตุทั้งหมดจะแสดงในรูปของปริมาณเถ้ากับ pH ของเถ้า

4.1 ปริมาณเถ้า การเผาไหม้ของยาและบุหรี่ ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นก๊าซไปหมด คงเหลืออยู่แต่เถ้าที่เป็นสารอนินทรีย์ ธาตุส่วนใหญ่ในเถ้า คือ โพแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ลักษณะเถ้าใบยาที่ดีควรมีสีขาว ละเอียด เบา ฟู เช่นเดียวกับบุหรี่ที่ไหม้ลามดี ไม่มีถ่านดำ เถ้าควรเกาะกันเป็นลำ ไม่ร่วงง่าย ปริมาณของเถ้าที่มากเกินไป หมายถึงใบยานั้นมีเนื้อน้อย แต่ปริมาณเถ้าน้อยเกินไปใบยานั้นอาจมีคุณภาพด้อยในเรื่องการเผาไหม้

4.2 pH เถ้า หรือความเป็นกรดด่างของเถ้า สัมพันธ์กับคุณภาพในการเผาไหม้ของใบยา โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ช่วยเร่งให้ใบยาสูบเผาไหม้ได้โดยปราศจากเปลวไฟ แคลเซียม แมกนีเซียม ช่วยการเผาไหม้ให้ได้เถ้าสีขาว และเกาะกันเป็นลำไม่ร่วงง่าย เถ้าของธาตุเหล่านี้เมื่อละลายน้ำจะให้คุณสมบัติเป็นด่าง ส่วนธาตุอีกพวกหนึ่ง คือ คลอรีน ฟอสฟอรัส ซิลิกอนและกำมะถัน เป็นธาตุที่ถ่วงอัตราการเผาไหม้ของใบยาสูบให้ช้าลง เถ้าของธาตุเหล่านี้จะให้คุณสมบัติเป็นกรด โดยเฉพาะคลอรีน ถ้ามีปริมาณมากยิ่งเป็นผลเสีย

อย่างไรก็ตาม pH ของเถ้าทั้งหมดจะแสดงความเป็นด่าง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าส่วนใหญ่ คือ เถ้าของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง และมีปริมาณมากกว่าเถ้าของธาตุอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นกรด แต่ถ้าความเป็นด่างลดน้อยลง ก็แสดงถึงว่าปริมาณของธาตุที่ถ่วงอัตราการเผาไหม้มีสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. สารหอมในใบยา

สารหอมระเหยในใบยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกลุ่มใหญ่ เกิดขึ้นในใบยาตามธรรมชาติ ประกอบด้วย น้ำมันหอมระเหย เรซิน (ยาง) และแวกซ์ (ขี้ผึ้ง) สารทั้งหมดนี้เกิดจากต่อมที่ขนของใบยาสด มีลักษณะเป็นยางเหนียว สารหอม เช่น เรซิน เมื่อเผาไหม้จะแตกตัวออกให้สารระเหย นอกจากนี้สารหอมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติแล้ว การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกรรมวิธีการผลิต เช่น การบ่มและการเก็บให้ได้อายุ (aging) ยังมีส่วนช่วยให้เกิดสารหอมระเหยบางอย่างได้อีก การวัดสารหอมในใบยาที่กระทำอยู่ในปัจจุบัน กระทำโดยหาปริมาณของส่วนที่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งสกัดจากสารหอม คือ เรซิน น้ำมันหอมระเหยและแวกซ์ ออกจากใบยา แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ สารประกอบอื่นในใบยาซึ่งอาจไม่ให้ความหอมจะถูกสกัดปนออกมาด้วยอีกหลายชนิด เช่น นิโคติน พิกเม็นท์ ฯลฯ ดังนั้น ส่วนที่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์จึงแสดงความหอมได้ไม่ชัดเจนนัก

6. องค์ประกอบฟีนอลลิค

องค์ประกอบฟีนอลลิคเป็นองค์ประกอบเคมีหมู่ใหญ่อีกหมู่หนึ่ง มีประมาณ 6.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักใบยาแห้ง ประกอบด้วยฟีนอลลิคส่วนมากและฟีนอลลิคส่วนน้อย

6.1 ฟีนอลลิคส่วนมาก ซึ่งเรียกว่า โปลีฟีนอล ส่วนมากได้แก่ คลอโรเจนิคแอซิด 3 เปอร์เซ็นต์ รูติน 1 เปอร์เซ็นต์ และสโคโปเลติค 0.03 เปอร์เซ็นต์ สารเหล่านี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของใบยาสูบบนลำต้นและความสุกแก่ของใบยา โดยเฉพาะคลอโรเจนิคแอซิคจะมีมากในใบยาชั้นดี ซึ่งหมายถึงในใบยาส่วนบนของลำต้น และใบยาซึ่งแก่เต็มที่ จากการค้นคว้าตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบันนี้ทำให้เชื่อว่า โปลีฟีนอล ส่วนใหญ่มีความเกี่ยวข้องกับสีของใบยาแห้ง สารเหล่านี้มีอยู่ในใบยาสดจะไม่มีสี แต่เมื่อถูก อ๊อกซิไดซ์หรือเปลี่ยนแปลงโดยเอนไซม์ เช่น ในขณะที่กำลังบ่มหรือตากแดดจะเปลี่ยนเป็นสีแดงปนน้ำตาล และความสัมพันธ์ระหว่างฟีนอลส่วนใหญ่กับความหอมของควันบุหรี่ ก็มีหลักฐานว่าฟีนอลส่วนใหญ่มีส่วนเพิ่มกลิ่นรสของควันบุหรี่ด้วย เช่น สโคโปเลติค คือ สารหอมคูมาริน (coumarins) ประเภทหนึ่งซึ่งถูกใช้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรส (flavor additive) กับบุหรี่มานานแล้ว

6.2 ฟีนอลลิคส่วนน้อย ซึ่งได้แก่ ฟีนอลระเหยง่าย เป็นฟีนอลที่ให้ความหอมแก่ควันบุหรี่โดยตรง ฟีนอลเหล่านี้ แก่ได้ ซิมเปิลฟีนอล ยูเกนอล ไกวคอล และเครซอล เป็นต้น

7. คลอโรฟิลล์และพิกเมนท์อื่น ๆ

พิกเมนท์หรือเม็ดสีในใบยาสูบก็คล้ายกับขอพืชอื่นโดยทั่วไป ประกอบด้วย สีเขียวของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟีลล์ บี สีเหลืองของแคโรทีและแซนโทฟิล ซึ่งสีเหลืองทั้งสองนี้มักเรียกรวมกันว่า แคโรทีนอยด์ ความเข้ม และความสดใสของสีเขียวในใบยาสดขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาสูบ ธาตุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารที่ต้นยาสูบได้รับ และความแก่สุกของใบยาในขณะที่ใบยาในขณะที่ใบยาสดยังอ่อน สีเขียวจะปรากฏเด่นชัดกว่า ส่วนสีเหลืองจะปรากฏขึ้นเมื่อสีเขียวหายไปในตอนที่ใบยาเริ่มแก่ และโดยเฉพาะในระยะแรกของการบ่ม ระยะนี้จะมีสีเหลืองของเฟลโวน (flavond) เกิดขึ้นด้วย ระยะต่อมากลายเป็นสีแดงและสีน้ำตาลของกลุ่มฟีนอลลิคในข้อ 6 ดังที่ได้กล่าวมา

8. เอนไซม์

มีเอนไซม์จำนวนไม่น้อยที่พบว่าปรากฏอยู่ในใบยาสูบ เช่น โปรทีเอส (proteines), ไลเปส (lipase), อะไมเลส (amylase), อินเวอร์เทส (invertase), ฟอสฟาเทส (phosphatase), เพ็คเทส (packtase), อ็อกซิเดส (oxydase), รีดักเทส (reductase) ฯลฯ ความรู้ในเรื่องเอนไซม์ซึ่งมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของต้นยาสูบตั้งแต่เจริญเติบโตจนถึงการบ่มและการเก็บให้ได้อายุนั้น ยังไม่เป็นที่ทราบกันดีนัก ปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่สำคัญเท่าที่ทราบก็คือ ช่วยเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาลในระหว่างการบ่ม และการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

คุณภาพในการซื้อขายและการจัดชั้นใบยาไทย ใบยาที่บ่มเรียบร้อยแล้วต้องนำมาคัดเพื่อกำหนดชั้นมาตรฐานให้ถูกต้องสำหรับการซื้อขายแล้วรวมมัดใบยาชั้นเดียวกันเข้าด้วยกันเป็นกำ และมัดหัวกำด้วยใบยาอีกทีหนึ่ง นำใบยาชั้นเดียวกันมาอัดรวมเป็นห่อ โดยใช้เครื่องอัดใบยาซึ่งทำขึ้นโดยเฉพาะ ใบยาแต่ละห่อหนักประมาณ 60 -70 กิโลกรัม แล้วห่อหุ้มด้วยกระสอบป่าน

การจัดชั้นใบยาได้อาศัยหลักมาตรฐานการจัดชั้นใบยาเวอร์ยิเนียอเมริกา ซึ่งประกอบด้วย หมู่ คุณภาพและสี ดังนี้

หมู่ การจัดใบยาสูบให้อยู่ในหมู่ใดนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะบางประการที่มีส่วนสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับตำแหน่งของใบบนลำต้น

คุณภาพ การจัดใบยาสูบให้อยู่ในระดับคุณภาพใดนั้น ขึ้นอยู่กับระดับสูงต่ำขององค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ขนาดของใบยากว้าง ยาว ตำหนิ และส่วนเสีย เป็นต้น

สี สีเป็นองค์ประกอบที่จะระบุคุณค่าของใบยา ใบยาแต่ละสีจะมีกลิ่น และรสแตกต่างกัน (อุทิศ, 2550ก)

โรงงานยาสูบกระทรวงการคลัง ได้ปรับปรุงการจัดชั้นใบยาบ่มด้วยไอร้อนใหม่มาตรฐานใหม่นั้น ชั้นคงคล้ายเดิม แต่เพิ่มคุณภาพของแต่ละชั้นขึ้น และมีระดับต่ำสูงของคุณภาพ แต่ละตัวอย่างให้คำจำกัดความที่รัดกุม เช่น หมู่ของใบยา คือ อักษรตัวแรกของชั้นใบยา เช่น BCX คงความหมายอย่างเดิมแต่อธิบายให้แน่นอนลงไป

B คือ ใบยา โดยทั่วไปแล้ว ควรอยู่ในตำแหน่งกลางลำต้นจนสูงขึ้นไป (ครึ่งต้นตอนบน) หรืออธิบายได้ว่ามีปลายใบแหลม ใบมักพับหน้าเข้าหากัน เนื้อหนากว่าหมู่อื่น เส้นใยจะทำมุมแหลมกับก้านกลางใบ มีตำหนิจากดินน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

C คือ ยากลาง ตามปกติจะอยู่กลางลำต้นหรือต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ต้องมีลักษณะใบยาหน้าใบเปิดม้วนเข้าหาก้านกลางใบ ปลายใบมน เนื้อบางหรือปานกลาง มุมเส้นใยจะทำมุมกับก้านกลางใบกว้างกว่ายาใบ มีตำหนิที่เกิดจากดินเล็กน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

X คือ ยาตีน ตามปกติจะอยู่ตอนล่างของลำต้น ใบบางมาก ใบยาของหมู่นี้ปลายใบกลมหน้าราบ ตำหนิเกิดจากดินมากกว่าทุกหมู่

นอกจากใบยา 3 หมู่ดังกล่าวแล้วนั้นยังมียาตาย (N) และยาร่วง

อักษรหรือตัวย่อตัวที่สองของชั้นใบยาก็คือตัวเลข ซึ่งบอกให้รู้ถึงระดับคุณภาพมารวมกันแล้วได้ดังนี้

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

แต่ละตัวทั้ง 5 นี้ พิจารณาจากองค์ประกอบของคุณภาพทั้ง 10 ของใบยาตามระดับต่ำสูง คือ

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 มีซีด 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 ชั้น 2 และ 3 ยาว 16 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 4 ยาว 14 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 5 ยาว 12 นิ้ว ขึ้นไป ยาชั้นกลาง 1 และ 2 ยาว 18 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 3 ยาว 16 นิ้ว ขึ้นไป ชั้น 4 และ 5 ยาว 14 นิ้ว ขึ้นไป ฉะนั้น ยากลางจะต้องไม่ต่ำกว่า 14 นิ้ว ถ้ายากลางต่ำกว่า 14 นิ้ว ต้องลดให้เป็นยาตีน ยาตีน ชั้น 1, 2, 3, 4 และ 5 ต้องยาวไม่ต่ำกว่า 12 นิ้ว ทั้งนั้น ถ้าใบยาใดก็ตามต่ำกว่า 12 นิ้ว จะไม่เข้าชั้นใดในใบยา ยากลางและยาตีน)
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 สีด้วยกัน คือ

L = สีมะนาวสุก F = สีส้ม V = สีมะนาวสุกหรือสีส้มติดเขียว

S = สีมะนาวสุกหรือสีส้มสลิด K = สีเพี้ยน G = สีเขียว

ส่วนที่แตกต่างของสีในมาตรฐานเก่าและใหม่ คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

F เดิม หมายถึง สีคละซึ่งสีเขียวปน K ใหม่ หมายถึง สีที่เพี้ยนไปจากสีเดิม ซึ่งควรจะเป็นสี L หรือ สี F แต่อาจจะเนื่องจากการบ่มทำให้เกิดจากสีเทา ๆ หรือน้ำตาลอ่อนเกิดขึ้นไม่มีเขียวปน

S เก่า หมายถึง สี L หรือ F ที่มีไหม้หรือฝ้าเกิดขึ้น

S ใหม่ คือ ใบยาที่ไม่สุก โครงสร้างทึบ หรือทึบมาก สีซีดไปจากสี L หรือ F หมายถึง สลิค

LV FV เก่าใช้รวมเป็น V

ใหม่เพิ่ม G คือ ใบยาไม่แก่

ในการจัดชั้นใบยาที่ปรับปรุงใหม่นี้จะต้องดำเนินตามข้อบังคับทั้ง 17 ข้อ ในการปรับปรุงมาตรฐานใบยาใหม่นี้ เพื่อที่จะได้เป็นที่รู้จักกันทั่วไปทั้งในและต่างประเทศใช้ติดต่อซื้อขายกับต่างประเทศ เวลาที่กล่าวถึงชื่อชั้นใบยาใดก็ตามจะทำให้ทราบได้ว่ามีคุณภาพนั้น เช่น เรียกว่า C3L หมายถึง ใบยากลาง ชั้นดี สีมะนาวสุก โครงสร้างโปร่ง เนื้อบาง มีน้ำมันปานกลาง สีแก่ กว้าง 8 นิ้ว ยาว 16 นิ้วขึ้นไป ความสม่ำเสมอร้อยละ 80 ตำหนิที่ยอมให้ร้อยละ 15 การปรับปรุงคุณภาพของใบยาให้ดี ราคาก็จะดีขึ้น และในเวลาเดียวกันทำให้ใบยาสูบที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ เช่น บุหรี่ ยาเส้น ซิการ์ ยานัตถุ์ ทำให้มีคุณภาพได้มาตรฐานคงที่สม่ำเสมอ เช่น เวลาจะปรับปรุงบุหรี่ ถ้าใช้ยาเส้นแบบใหม่ C3L ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ก็จะได้ใบยาดีทั้งหมด ถ้าเป็นใบยาแบบเก่าที่ยังไม่ได้ปรับปรุงก็จะมีใบยาสลิคปนมาด้วยซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของ C3L น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดให้ คือ ไม่ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ความหอม รสและการไหม้ลามก็จะไม่คงที่ลดลงตามส่วนด้วย (กองมาตรฐานใบยา โรงงานยาสูบ, 2543)

การประเมินคุณภาพทางเคมีในใบยาจากองค์ประกอบเคมี

จุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเคมีเหล่านี้กับคุณภาพใบยาสูบหรือเพื่อหาสิ่งช่วยชี้บอกคุณภาพใบยาสูบร่วมกับวิธีประเมินคุณภาพทางสายตาและการสัมผัส เช่น การจับต้อง ดูสีและดมกลิ่น ซึ่งได้ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน องค์ประกอบทางเคมีในใบยาสูบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยา แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ประเภทที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยาในทางบวก ซึ่งหมายถึงคุณภาพของใบยาดีขึ้น เมื่อปริมาณขององค์ประกอบเหล่านั้นเพิ่มขึ้น ได้แก่
   - ส่วนละลายในแอลกอฮอล์
   - สารรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด
   - น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด
   - แป้ง
2. ประเภทที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยาในทางลบ กล่าวคือ คุณภาพของใบยาดีขึ้นเมื่อปริมาณขององค์ประกอบเหล่านั้นลดลง ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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

3. ประเภทที่มีความสัมพันธ์ไม่แน่นอนกับคุณภาพในใบยา กล่าวคือ คุณภาพของใบยาอาจจะดีขึ้น เมื่อองค์ประกอบเหล่านั้นมีปริมาณมากขึ้นหรือลดลง ได้แก่

- ส่วนสารละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์
- ส่วนละลายในอีเทอร์
- โปลีฟีนอล
- แทนนิน
- กรดแอลมาลิค
- เรซิ่นและแวกซ์
- ค่า pH

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

ความสมดุลขององค์ประกอบในใบยา

เนื่องจากเหตุผลที่ว่าองค์ประกอบบางชนิดให้คุณค่าทางบวกและบางชนิดให้คุณค่าทางลบ จึงเป็นการยากที่จะใช้องค์ประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นเครื่องชี้คุณภาพของใบยานั้น นักวิทยาศาสตร์จึงใช้วิธีหาความสมดุลระหว่างองค์ประกอบในใบยาแทน และนำมาใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพ ซึ่งปรากฏว่าเป็นที่ยอมรับและสะดวก จึงเป็นที่ทราบกันดีว่าในการประเมินคุณภาพของใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยานั้น ความสมดุลขององค์ประกอบทางเคมีสำคัญมากกว่า จำนวนมากน้อยที่แท้จริงขององค์ประกอบนั้น

ความสมดุลที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ใบยารัสเซีย ใช้ประเมินคุณภาพโดยดูค่า “Shmuk นัมเบอร์” ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{\text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด (คิดเป็นกลูโคส)}}{\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน}}$

หรือดูค่า “สัมประสิทธิ์ Kovalnko” ซึ่งได้จาก $\frac{\text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด (คิดเป็นกลูโคส)}}{\text{เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด}}$

ซึ่งทั้งค่า “Shmuk นัมเบอร์” และ “สัมประสิทธิ์ Kovalnko” มากขึ้นเท่าใด คุณภาพใบยาจะดีขึ้นเท่านั้น แต่บางแห่งแทนที่จะใช้ค่า 2 ชนิดนี้ กลับใช้ “สัมประสิทธิ์โปลีฟีนอล”

ซึ่งได้จาก $\frac{\text{เปอร์เซ็นต์โปลีฟีนอล (คิดเป็นกลูโคส)}}{\text{เปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด (คิดเป็นกลูโคส)}}$ ค่านี้น้อยลงเท่าใด คุณภาพใบยาจะดีขึ้นเท่านั้น

ความสมดุลขององค์ประกอบที่นิยมใช้ในการประเมินคุณภาพใบยา

ในการประเมินคุณภาพใบยาที่ปลูกในประเทศใหญ่ ๆ เช่น สหรัฐอเมริกาและแคนาดา พิจารณาจากความสมดุล 2 ประเภท คือ ความสมดุลระหว่างไนโตรเจน/นิโคตินและความสมดุลระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน

1. ความสมดุลระหว่างไนโตรเจน/นิโคติน

อัตราส่วนของไนโตรเจน/นิโคติน บอกให้ทราบถึง ความหนาบาง เนื้อน้อย เนื้อมาก ใบยาที่มีคุณภาพดีควรมีอัตราส่วน ไนโตรเจน/นิโคติน ไม่ควรสูงมากเกินไปหรือต่ำเกินไป สำหรับใบยาที่ดีที่สุด โดยลักษณะของใบยาที่ต้องการคือ เนื้อบางถึงปานกลาง เมื่อแก่สุกจัดจะให้ระดับน้ำตาลที่สมดุลกับปริมาณไนโตรเจน

2. ความสมดุลระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน

เป็นความสมดุลอีกอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ยาสูบใช้เป็นหลักในการประเมินคุณภาพใบยาบ่มไอร้อน อัตราส่วนน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณ คาร์โบไฮเดรทและแอลคาลอยด์ในใบยา สารประกอบไนโตรเจนหรือแอลคาลอยด์ เมื่อเผาไหม้จะทำให้ควันบุหรี่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะช่วยลดความเป็นด่างในควันบุหรี่ ทำให้ควันบุหรี่มีรสนุ่มนวล ลดความระคายคอ ชวนสูบ ฉะนั้นความสมดุลของสารทั้ง 2 ชนิด จึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของควันบุหรี่

ผู้เชี่ยวชาญการสูบให้ความเห็นว่า อัตราส่วนไนโตรเจน/นิโคติน และ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด/นิโคติน นับเป็นความสมดุลที่สำคัญสำหรับใบยา ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ซึ่งผลิตใบยาชั้นดีของโลกใช้เป็นหลักในการประเมินคุณภาพของใบยาที่ผสมพันธุ์ใหม่ขึ้นมาทุกปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ใหม่ที่จะนำมาใช้แทนพันธุ์เก่า นอกจากผลผลิตต้องดีแล้ว คุณภาพใบยาจะต้องเท่าหรือดีกว่าพันธุ์ที่มีอยู่เดิม โดยพิจารณาจากอัตราส่วนดังกล่าวแล้วจึงจะได้รับการยอมรับ และมีคุณภาพที่สามารถนำมาผลิตบุหรี่ (ตาราง 2.1) หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ได้จากใบยา

ตาราง 2.1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของใบยาคุณภาพดีที่ใช้ในการผลิตบุหรี่

องค์ประกอบ	เบอร์เลย์	เวอร์ยิเนีย	เตอร์กิช
เปอร์เซ็นต์ นิโคติน	3.13	2.30	1.04
เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด	3.43	2	2.24
เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง	0.50	18.75	13.96
pH ใบยา	5.48	5.10	4.83
เปอร์เซ็นต์ เถ้า	19.00	12	11.82
กรดอินทรีย์ (0.1 นอร์มอลด่าง)	26.50	14.00	20.41
เปอร์เซ็นต์ ส่วนละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์	5.50	5.00	4.96
เปอร์เซ็นต์ โปรตีนไนโตรเจน	1.75	0.70	0.98
เปอร์เซ็นต์ อะมิโนไนโตรเจน	0.55	0.21	0.227

ที่มา : กองมาตรฐานใบยา โรงงานยาสูบ (2543)

เนื่องจากความเสียหายที่มีผลต่อคุณภาพใบยาส่วนมากจะเกิดขึ้นภายในโรงคัดหรือโรงเก็บใบยาเพื่อรอการส่งออก ซึ่งการเข้าทำลายของแมลงศัตรูโรงเก็บเป็นปัญหาที่สำคัญ ทำให้ใบยาแห้งและผลิตภัณฑ์ยาสูบเป็นรูพรุน รวมถึงความชื้นและความร้อนที่เกิดจากการขับถ่ายและการหายใจของแมลงที่อยู่ภายในห่อใบยา ทำให้เกิดเชื้อราและกลิ่นเหม็น ส่งผลให้ใบยาแห้งเสียหายไปทั้งห่อ จึงเป็นปัญหาสำคัญมีผลทำให้คุณภาพของใบยาลดลง (ประไพพรรณ, 2540) โดยผลผลิตทางการเกษตรที่นำมาเก็บไว้ในโรงเก็บหรือในโกดังมักจะเกิดความเสียหายได้จากหลายสาเหตุ ซึ่งมีปัจจัยที่เป็นสาเหตุสำคัญหลักมีอยู่ 2 ประการ คือ 1. ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) ได้แก่ อุณหภูมิและสภาพความชื้นในอากาศ และ 2. ปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) ได้แก่ เชื้อรา แมลง ไร นก หนู แต่แมลงถือว่าเป็นศัตรูที่สำคัญและทำความเสียหายให้ผลผลิตทางการเกษตรมากที่สุด เนื่องจากแมลงมีขนาดเล็ก ต้องการอาหารในการดำรงชีวิตน้อย สามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและเจริญเติบโตได้ในเวลาอันสั้น ประกอบกับความชื้นและอุณหภูมิในประเทศไทยเหมาะสมกับการแพร่ขยายพันธุ์ของแมลง ดังนั้น แมลงจึงมีการแพร่ระบาดเป็นไปอย่างรวดเร็ว (วิชา, 2548) ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรที่เกิดจากแมลงมีมากมาย สามารถแบ่งความเสียหายได้หลายประการ เช่น การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) การสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (nutrition loss) การสูญเสียคุณภาพ (quality loss) การสูญเสียเงิน (money loss) และการสูญเสียชื่อเสียง เป็นต้น (ชุมพล, 2533; วิชา, 2548)

ปัญหาของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาที่สำคัญที่สามารถพบได้ทั่วโลก ถึงแม้ว่าในแต่ละแห่งจะพบแมลงศัตรูที่สำคัญเฉพาะพืชเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น แต่เนื่องจากแมลงศัตรูโรงเก็บสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลก ซึ่งเป็นลักษณะที่พิเศษกว่าแมลงชนิดอื่น ๆ คือ สามารถอาศัยและมีชีวิตอยู่ได้ในทุกสภาพภูมิอากาศและภูมิภาค เนื่องจากลักษณะของแมลงเหล่านี้มีการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายไปได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง โดยสามารถแพร่กระจายติดไปตามผลิตผลที่เป็นสิ่งบริโภคที่มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันและยังเป็นไปได้อย่างรวดเร็วทั่วโลก ตามระบบการค้าและการขนส่งที่ทันสมัยในยุคปัจจุบัน เราจึงพบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการแพร่ระบาดไปทั่วโลกและสามารถแพร่ระบาดได้ตลอดทั้งปี (บุษรา, 2547) ลักษณะของการทำลายจากแมลงต่อผลิตผลเกษตร ได้แก่ การกัดกินหรือแทะเล็มภายนอก (external feeder) คือ การที่แมลงอาศัยและทำลายอยู่ภายนอกเมล็ด ทำความเสียหายเฉพาะภายนอกโดยทำให้เกิดขุยบนผิวของเมล็ดหรือผลิตผลถูกทำลายคุณภาพ ตลอดจนถักใยให้เมล็ดพืชหรือผลิตผลมาเกาะติดกันเป็นก้อน รวมถึงพวกที่กัดกินเศษอาหาร แมลงประเภทนี้ ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดแป้ง ไร เหาหนังสือ และการที่แมลงอาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ด (internal feeder) คือ การที่แมลงอาศัยและทำลายอยู่ภายในเมล็ด โดยตัวเต็มวัยของแมลงจะวางไข่อยู่ที่ผิวภายนอกเมล็ด เมื่อฟักไข่เป็นตัวหนอนเจาะเข้าไปภายในกัดกินเจริญเติบโตจนกระทั่งครบวงจรชีวิต ตัวเต็มวัยจะเจาะแมลงออกมาทำให้เป็นรูและภายในโพรงแมลงประเภทนี้ ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้วงงวงข้าวโพด ผีเสื้อข้าวเปลือก และมอดหัวป้อม (ชุมพล, 2533; วิชา, 2548)

มอดยาสูบเป็นแมลงที่สามารถอาศัยกัดกินอยู่ภายในและภายนอกผลิตผล ประกอบกับมอดยาสูบมีลักษณะที่ชอบสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นหรือเขตอบอุ่น จึงทำให้สามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย การที่มอดยาสูบสามารถทำลายผลิตผลทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ได้หลากหลายชนิดนั้น เนื่องมาจากเมื่ออาหารชนิดหนึ่งหมดไป มอดยาสูบสามารถหาอาหารชนิดอื่นทดแทนได้ ทำให้สามารถเปลี่ยนไปกินอาหารได้หลากหลายชนิดเพิ่มมากขึ้น มอดยาสูบจึงสามารถอยู่รอดได้มากกว่าแมลงชนิดอื่น ซึ่งแตกต่างจากแมลงศัตรูโรงเก็บส่วนใหญ่ที่มีพืชอาหารไม่กว้างและค่อนข้างจำกัด จึงไม่แพร่ระบาดรวดเร็วเท่ามอดยาสูบ นับเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับประเทศไทย เพราะรายได้หลักของประเทศไทยมาจากการส่งผลิตผลทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นสินค้าส่งออก (พรทิพย์, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มอดยาสูบ

มอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (Fabricius) จัดอยู่ในอันดับ Coleoptera วงศ์ Anobiidae มีชื่อสามัญว่า cigarette beetle, towbug และ herbarium beetle สันนิษฐานว่าแมลงชนิดนี้อาจมีแหล่งดั้งเดิมมาจากทวีปแอฟริกาหรือทวีปเอเชีย แต่ในสหรัฐอเมริกามีรายงานครั้งแรกราวในปี ค.ศ. 1886 ว่าเป็นศัตรูใบยาสูบแห้ง ซึ่งต่อมามีรายงานว่ามอดยาสูบเข้าทำลาย ซิการ์ บุหรี่ ยาฉุน เมล็ดฝ้าย ยีสต์ พริกแห้ง ผงกระหรี่ ขิง รากชะเอม อินทผลัม องุ่นแห้ง มะเดื่อแห้ง ไม้ กาแฟ ถั่วลิสง ฝิ่น แป้งถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียว มันสำปะหลังแห้ง ถั่วเหลือง มะพร้าวแห้ง เห็ดแห้ง หอมแห้ง กระวาน ขมิ้น เครื่องเทศ สมุนไพร เมล็ดพืชต่าง ๆ แป้งข้าวสาลี รำข้าว รำข้าวโพด ขนมปังแห้ง เก๊กฮวยแห้ง กุ้งปั่นแห้ง หญ้าหวาน อาหารเลี้ยงปลา บะหมี่แห้ง กัญชา กระเทียม พริกป่น พริกไทย (ชุมพล, 2533) และโกโก้ (Khamrunissa Begum *et al*., 2006) เป็นต้น นอกจากนั้นยังทำลายซากพืช ซากสัตว์ที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์ จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า มอดผลิตภัณฑ์อบแห้ง (herbarium beetle) (ชูวิทย์ และคณะ, 2535; จิราภรณ์, 2545) และยังเป็นแมลงศัตรูที่สร้างความเสียหายเป็นอันดับหนึ่งของชาใบหม่อนอีกด้วย (สุทธิสันต์ และคณะ, 2550)

วงจรชีวิต

ไข่ : มีลักษณะยาวรี ผิวเรียบ สีขาว ผิวเป็นมัน และมีไขคลุมเปลือก ไข่ทำให้ทนต่อความแห้งของอากาศได้ดี มีขนาดประมาณ 0.2x0.4 มิลลิเมตร เมื่อใกล้ฟักไข่จะมีสีขาวขุ่น มอดยาสูบเพศเมียมักจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ กระจายอยู่ตามรอยพับหรือรอยย่นของใบยาแห้ง และบริเวณซอกของเส้นกลางใบยา จะวางไข่ในช่วงกลางคืน ระยะฟักของไข่ประมาณ 7 วัน ไข่มีอัตราการฟักร้อยละ 97

หนอน : มีสีขาว ลำตัวโค้งงอเป็นรูปครึ่งวงกลม อ้วน มีรยางค์ขา 3 คู่ หัวมีสีน้ำตาล มีขนอ่อนปกคลุมตามลำตัว หนอนที่โตเต็มที่จะมีลำตัวยาวประมาณ 3.5 มิลลิเมตร ระยะหนอนมีอายุประมาณ 30-40 วัน ลอกคราบ 4-6 ครั้ง หนอนจะไม่เคลื่อนไหวก่อนเข้าดักแด้ประมาณ 2 วัน

ดักแด้ : หนอนจะเข้าดักแด้ในปลอกที่สร้างจากเศษอาหารที่กินเข้าไป ลำตัวของดักแด้มีสีขาว ผิวเป็นมันในระยะที่เข้าดักแด้ใหม่ และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเมื่อใกล้จะออกเป็นตัวเต็มวัย ระยะดักแด้มีอายุประมาณ 4-7 วัน สามารถแยกเพศของมอดยาสูบในระยะที่เป็นดักแด้ คือ ในเพศเมียจะมีติ่งขนาดเล็กยื่นออกมาจากปลายของส่วนท้อง จำนวน 1 คู่ ส่วนในเพศผู้ปลายของส่วนท้องจะเป็นปล้องมน

ตัวเต็มวัย : เป็นด้วงขนาดเล็ก สีน้ำตาล รูปไข่ ลำตัวยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ลักษณะเด่นของมอดยาสูบ คือ ส่วนหัวและอกปล้องแรกจะงองุ้มลงมาด้านล่าง มีหนวดแบบฟันเลื่อย โดยทั่วไปเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้เล็กน้อย ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 21 วัน มอดยาสูบเพศเมียรับการ

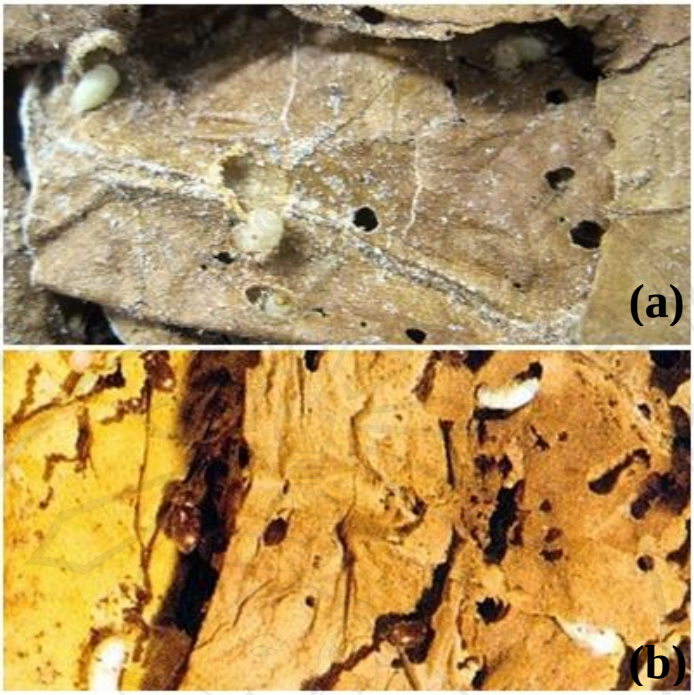
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผสมได้มากกว่า 1 ครั้ง น้ำเชื้อของเพศผู้ทำให้ไข่ฟักออกมาตามปกติได้ตลอดระยะเวลา 16 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียที่ได้รับการผสมเท่านั้นที่จะวางไข่และจะวางไข่ในช่วง 10 วันแรก ภายหลังออกจากดักแด้และจะวางไข่มากที่สุดในราววันที่ 4, 5 และ 6 หลังจากออกจากดักแด้ วางไข่ได้ประมาณ 75-100 ฟอง (Tenhet and Bare, 1951; Anonymous, 1965) ถ้าในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิต่ำจะวางไข่ได้น้อยลงและจะหยุดวางไข่เมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 15 องศาเซลเซียส มอดยาสูบชอบวางไข่ในห่อใบยาที่อัดไว้อย่างหลวม ๆ และมีความชื้นสูง ตัวเต็มวัยจะออกจากห่อใบยาแห้งมาบินข้างนอกในช่วงระยะเวลา 17.00-24.00 น. และชอบเล่นแสงไฟโดยเฉพาะแสง black light จะดึงดูดมอดได้ดีมาก (ประไพพรรณ, 2540)

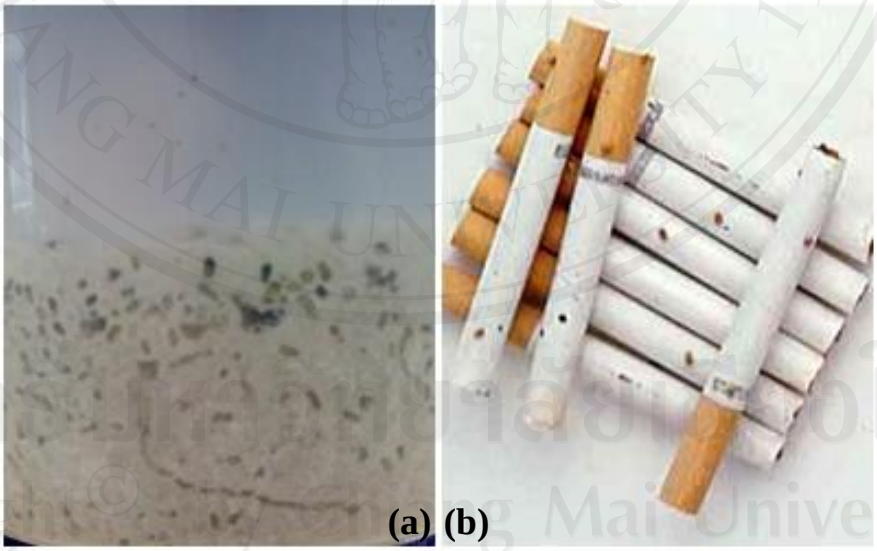
การเข้าทำลายของมอดยาสูบ

ความเสียหายที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากการกัดกินของตัวหนอน ส่วนในตัวเต็มวัยจะกินใบยาแห้งในปริมาณที่น้อยมาก แต่จะทำลายโดยการกัดกินเป็นรูเล็ก ๆ เพื่อเป็นทางออกจากบริเวณที่เข้าดักแด้สู่ภายนอกห่อใบยา (ภาพ 2.1) ดังนั้น เมื่อมีมอดยาสูบระบาดมากจะเห็นใบยาแห้งเป็นรูพรุนไปทั่ว เช่นเดียวกับลักษณะที่เป็นรูในมวนบุหรี่ที่ถูกมอดเข้าทำลาย (ภาพ 2.2) มอดยาสูบชอบใบยาแห้งที่มีปริมาณน้ำตาลสูง นิโคตินต่ำ จึงมักพบระบาดมากในใบยาแห้งเวอร์ยิเนียและเตอร์กิชมากกว่าในใบยาแห้งเบอร์เลย์และใบยาพื้นเมือง ซึ่งพบว่ามอดยาสูบที่เลี้ยงด้วยใบยาแห้งเบอร์เลย์มีอัตราการตายในระยะที่เป็นตัวอ่อนก่อนจะเจริญจนเป็นตัวเต็มวัย สูงถึง 96.36 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มอดยาสูบสามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีเมื่อเลี้ยงด้วยใบยาแห้งเวอร์ยิเนียและเตอร์กิช หนอนหรือตัวอ่อนของมอดยาสูบจะกัดกินใบยาสูบแห้งจนพรุนหรือเป็นทางคดเคี้ยวไปมาและอาจจะเสียจนเป็นผงฝุ่นเมื่อมีการระบาดสูง ทำให้ไม่เหมาะต่อการนำไปผลิตบุหรี่ นอกจากการทำลายโดยตรงแล้ว ความชื้นและความร้อนที่เกิดจากการขับถ่ายและการหายใจของมอดยาสูบที่อยู่กันอย่างหนาแน่นก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดเชื้อราในใบยาแห้งและกลิ่นเหม็นขึ้นได้ ทำให้ใบยาแห้งเสียหายไปทั้งห่อ ซึ่งมูลค่าความเสียหายที่เกินขึ้นและค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบในแต่ละปี คิดเป็นเงินหลายล้านบาท (ประไพพรรณ, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.1 การเข้าทำลายใบยาสูบแห้งของมอดยาสูบในระยะหนอน (a) และ ระยะตัวเต็มวัย (b)



ภาพ 2.2 แป้ง (a) และ บุหรี่ (b) ที่ถูกมอดยาสูบเข้าทำลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การระบาดของมอดยาสูบ

มอดยาสูบสามารถระบาดได้ตลอดทั้งปี ความรุนแรงในการระบาดขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในโรงเก็บ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึง เดือนตุลาคม ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.8-33.8 องศาเซลเซียส จะมีการระบาดของมอดสูงและในเวลาอันรวดเร็ว และระยะระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 19.6-25.6 องศาเซลเซียส การระบาดของมอดจะลดความรุนแรงลง มอดยาสูบรุ่นแรกจะระบาดหลังจากที่นำใบยาแห้งเข้าเก็บในโกดังแล้วเป็นเวลา 12-20 สัปดาห์ และภายหลังจากรมก๊าซแล้วประมาณ 6 สัปดาห์ มอดสามารถระบาดใหม่ได้อีกขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม (ประไพพรรณ, 2540)

การป้องกันและกำจัดมอดยาสูบ

ในโรงเก็บรักษาใบยาสูบแห้ง ตัวอ่อนของมอดยาสูบจะกัดกินใบยาสูบและผลิตภัณฑ์ของยาสูบในหีบห่อ โดยตัวอ่อนมอดยาสูบจะฝังตัวอยู่ภายใน ทำให้ยาฆ่าแมลงที่แทรกซึมเข้าทำลายได้ยาก ถึงแม้ว่าจะใช้ยารมฆ่าแมลงก็เช่นกัน นอกจากการรมก๊าซในห้องสุญญากาศแล้วอีกประการที่สำคัญในการกำจัดมอดยาสูบ คือ การใช้ยาฆ่าแมลงกับยาสูบและผลิตภัณฑ์ยาสูบเพราะต้องคำนึงถึงผลของสารเคมีที่ทำให้คุณภาพของใบยาแห้งและผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง และการเป็นพิษต่อผู้สูบบุหรี่อีกด้วย ดังนั้นควรหาทางป้องกันก่อนเกิดการระบาด โดยหลังจากนำใบยาสูบแห้งออกจากโรงคัดหรือก่อนนำไปเก็บในโรงเก็บ ควรทำความสะอาด เก็บกวาดเศษใบยา ขยะ และฝุ่นผง ที่อยู่ภายในโรงคัดทิ้งหรือเผาทำลายให้หมดเพื่อทำให้ตัวอ่อนที่ออกจากไข่ข้ามฤดูมีอาหารกินควรพ่นยาไพรีทริน (Pyrethrin) ผสมกับน้ำมันที่ระเหยง่าย ไม่มีกลิ่น ที่ความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ พ่นให้เป็นละอองบาง ๆ ให้ทั่วทั้งโรงเก็บ (ประพัฒน์ และ คณะ, ม.ป.ป.)

การป้องกันกำจัดมอดยาสูบโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การใช้สารเคมีในการฆ่าแมลง (Insecticide) มีทั้งชนิดที่เป็นของเหลวและผง มีกลไกการเข้าทำลายทั้งที่ถูกตัวแล้วตาย กินแล้วตาย ได้กลิ่นหรือไอระเหย และการใช้สารฆ่าแมลง (Fumigant) ซึ่งเป็นสารเคมีที่เป็นพิษในรูปแบบของไอหรือควัน มีลักษณะเป็นเม็ด ของเหลว และก๊าซ สารพิษจะออกฤทธิ์ในรูปแบบของก๊าซมีผลทำให้แมลงตาย สำหรับการพ่นภายในและภายนอกโรงเก็บนั้นควรทำหลังจากทำความสะอาดโรงเก็บเรียบร้อยและก่อนนำผลผลิตเข้าไปเก็บ (บุษรา, 2547)

1.1 การรมด้วยก๊าซพิษ เป็นวิธีกำจัดแมลงที่ได้ผลดีที่สุด แต่มีอันตรายต่อผู้ปฏิบัติมาก จึงจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังโดยใช้ผู้มีความรู้และความชำนาญเท่านั้น

การใช้ฟอสฟีนหรืออลูมิเนียมฟอสไฟด์รมผลิตผลการเกษตรที่มีแมลงเข้าทำลาย สามารถกำจัดแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต อัตราที่ใช้คือ 2-3 เม็ด ต่อเมล็ด 1 ตัน ใช้เวลา 7-10 วัน ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การรมโกดังจะใช้ในอัตรา 1 เม็ดต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 7-10 วัน ประมาณ 4 ครั้ง/ปี ตามความจำเป็น (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549)

1.2 การพ่นยากำจัดแมลง ยากำจัดแมลงที่ใช้พ่นในโกดังเก็บใบจะต้องเลือกชนิดที่มีคุณสมบัติพิเศษ แตกต่างกับยากำจัดแมลงที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เพราะใบยามีคุณสมบัติในการดูดกลิ่นได้รวดเร็ว และสามารถดูดความชื้นได้ดี ใบยาที่ชื้นเกินไปจะเป็นราและเน่าเสีย จึงต้องเลือกใช้ยาที่ระเหยเร็ว ไม่ใช้น้ำ ไม่มีกลิ่นเหม็นและไม่มีพิษสะสมเกินอันตรายแก่ผู้สูบ ควรเป็นชนิดที่ใช้ง่ายและปลอดภัย ยากำจัดแมลงชนิดที่ละลายในน้ำมันมีไพรีทรินเป็นส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด เพราะกำจัดแมลงได้ดีไม่เป็นอันตรายแก่ผู้ใช้ ละอองยาจะระเหยหมดไปภายในเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ไม่มีกลิ่นเหม็นและไม่มีพิษเหลือติดอยู่กับใบยา น้ำมันที่ใช้ละลายต้องเป็นชนิดที่ระเหยเร็วและมีคุณสมบัติอื่น ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วในเรื่องการใช้น้ำยาไพรีทรินพ่นกำจัดแมลงโรงคัดใบยา น้ำยาไพรีทรินนี้ไม่สามารถจะแทรกซึมเข้าไปในลูกยา ดังนั้นจึงไม่อาจกำจัดแมลงที่ซ่อนอยู่ภายในหีบห่อได้ แมลงจะตายก็ต่อเมื่อถูกละอองน้ำยาเท่านั้น จึงกำจัดได้เฉพาะแมลงที่อยู่นอกหีบห่อใบยาหรือแมลงที่บินอยู่ในอากาศเท่านั้น

การพ่นน้ำยากำจัดแมลงนี้โดยทั่วไปควรทำเมื่อดักแมลงได้เกิน 10 ตัว และจะต้องพ่นติดต่อกันไปจนกว่าแมลงจะหยุดระบาด ควรพ่นสัปดาห์ละครั้งในวันเดียวกันทุกสัปดาห์ และต้องพ่นให้เป็นละอองบาง ๆ ลอยอยู่ในอากาศได้ไม่ต่ำกว่า 5 นาที และฟุ้งกระจายทั่วถึงกันตลอดทั้งโรงเก็บโดยใช้ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำยาดังที่กล่าวมาแล้ว เมื่อโกดังว่างควรทำความสะอาดให้ทั่วถึง อย่าให้มีเศษใบยา ซึ่งแมลงอาจวางไข่ซุกซ่อนไว้ร่วงหล่นอยู่ การพ่นสารฆ่าแมลงไวท์ฮอค-พรีม (bifenthrin 1.5 เปอร์เซ็นต์ w/v, prallethrin 1.5 เปอร์เซ็นต์ w/v) ผสมน้ำมันก๊าดเกรดเอ ชนิดไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ในอัตราส่วน 1:6 เมื่อดักมอดยาสูบได้เฉลี่ย 50 ตัว/กับดัก/สัปดาห์ หรือเฉลี่ยที่ 200±100 ตัว/กับดัก/เดือน (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549) นอกจากนี้ Childs and Overby (1976) ได้ทดลองรมยาด้วยส่วนผสมของ ethylene oxide 12 เปอร์เซ็นต์ และ dichlorodifluoromethane 88 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 18:1 กิโลกรัมต่อ 28.3 ลูกบาศก์เมตร ในสภาพสุญญากาศ 4 ชั่วโมง สามารถทำลายมอดยาสูบทุกวัยที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ในลังไม้ที่บรรจุใบยาสูบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.22 เมตร สูง 1.37 เมตร แต่เนื่องจากภายในลังไม่มีการระบายอากาศ ทำให้เกิดการแทรกซึมได้ไม่ดี จึงเพิ่มเวลารมเป็น 6 หรือ 8 ชั่วโมง สำหรับ ethylene oxide อัตราความเข้มข้น 7 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำลายมอดยาสูบได้ทุกระยะการเจริญเติบโต

2. การป้องกันกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมี เป็นการป้องกันและควบคุมที่คำนึงถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมรอบข้างเพื่อไม่ให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและเจริญเติบโตของแมลง โดยเฉพาะเรื่องอาหาร ที่อยู่อาศัย อุณหภูมิ ความชื้น และศัตรูธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1 วิธีทางชีวภาพ (biological control) คือ การใช้ศัตรูธรรมชาติของมอดยาสูบซึ่งมีด้วงและแตนเบียนหลายชนิด รวมทั้งไรตัวห้ำที่กินไข่ของมอดยาสูบ แต่ในประเทศไทยมีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่มีความสำคัญ คือ ด้วงตัวห้ำ (*Thaneroclerus buqueti* Lefebvre : Cleridae : Coleoptera) และแตนเบียน *Anisopteromalus calandrae* Howard (Pteromalidae : Hymenoptera) (ประไพพรรณ, 2540) ซึ่งแมลงศัตรูธรรมชาตินี้สามารถช่วยป้องกันและกำจัดมอดยาสูบได้น้อยมากเพราะมอดยาสูบสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและจำนวนมาก ระยะหนอน และระยะไข่อยู่ในที่มิดชิดยากที่แมลงศัตรูธรรมชาติจะเข้าถึง และที่สำคัญเมื่อมีการใช้สารเคมีหรือยาฆ่าแมลง หรือด้วยวิธีอื่น แมลงศัตรูธรรมชาติก็ถูกฆ่าพร้อมกันด้วย จึงเห็นได้ว่าแมลงศัตรูธรรมชาติของมอดยาสูบนี้มีประโยชน์น้อยมาก

2.2 การทำความสะอาดและการจัดการโรงเก็บใบยา โรงเก็บใบยาควรมีอากาศถ่ายเทได้สะดวกไม่อัดทึบเกินไป ควรมีไม้รองกระสอบ ทำความสะอาดและกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์แมลงได้สะดวก เนื่องจากแมลงมีขนาดเล็กประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เพียงเศษข้าวหรือเศษอาหารที่ติดมากับกระสอบเพียงเล็กน้อยแมลงก็สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แมลงบางชนิดอาศัยการเข้าทำลายเศษผลิตผลเกษตรที่ตกหล่นอยู่ตามพื้นโรงเก็บ (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549) การทำความสะอาดนับเป็นวิธีการเบื้องต้นในการควบคุมการระบาดของมอดยาสูบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตบุหรี่ ตั้งแต่โรงอบใบยา โรงเก็บใบยาแห้ง ตลอดจนโรงงานผลิตบุหรี่ นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องใส่ใจเป็นอย่างแรกและต้องทำอย่างต่อเนื่องทั่วถึงสม่ำเสมอ เพื่อให้แน่ใจว่าได้กำจัดฝุ่นผงใบยาที่จะเป็นแหล่งเพาะขยายพันธุ์ของมอดยาสูบได้อย่างสะอาดตลอดเวลา

2.3 การใช้กับดัก เครื่องดักแมลงไม่ใช่เครื่องมือสำหรับกำจัดแมลงโดยตรง แต่เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจการระบาดของแมลง ส่วนใหญ่จะแขวนไว้เหนือกองลูกยา เครื่องดักแมลงนี้อาจทำให้จำนวนแมลงลดลงไปบ้าง เครื่องดักแมลงที่ใช้ได้ผลดีโดยทั่วไปทำด้วยแผ่นโลหะเป็นรูปทรงกระบอกภายนอกทาสีดำ ปากกว้างคล้ายปากแตร ตรงโคนทรงกระบอกเป็นกรวยหรือฝาชี บุด้วยลวดมุ้งชนิดความถี่ 20 เส้นต่อหนึ่งนิ้ว ก้นกรวยทำเป็นวงกลมขนาดเท่าฝาขวดปากกว้างมีเกลียวสำหรับใส่ขวดหรือภาชนะสำหรับรองรับตัวแมลงและถอดเข้าออกได้ง่าย ปากเครื่องดักแมลงทาสีขาว ด้านบนติดหลอดไฟขนาดไม่เกิน 40 แรงเทียนเพื่อล่อตัวแมลง ภายในเครื่องดักประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศเดินด้วยมอเตอร์เล็ก ๆ ขนาด 1/20 แรงม้า แมลงที่ชอบเล่นไฟเช่นมอดยาสูบจะถูกพัดลมดูดอากาศเข้าไปในภาชนะที่รองรับอยู่ เครื่องดักแมลงนี้ต้องเปิดติดต่อกันไปตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อดักครบ 1 สัปดาห์ แล้วจึงนับแมลงที่ติดอยู่ภายในเครื่อง (ภาพ 2.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.3 เครื่องดักแมลงในโรงเก็บใบยา (กองกีฏวิทยา สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, 2549)

การติดตั้งเครื่องดักแมลงไว้ตามโกดังเก็บใบยา โรงงานผลิตบุหรี่ โรงอบใบยาหรือแหล่งกำเนิดอื่น ๆ นั้น เป็นการลงทุนที่ได้รับผลเกินคาด จำนวนแมลงที่ติดอยู่ในเครื่องดักทำให้ประมาณได้ว่ามีจำนวนแมลงในที่นั้นก่อความเสียหายมากน้อยเพียงใด ระยะใดหรือฤดูกาลใดมีแมลงมาก สามารถลงมือกำจัดได้ทันเวลา ทุ่นเวลาและค่าใช้จ่ายในการกำจัดแมลง ใบยาก็จะไม่เสียหายมาก (ประพัฒน์ และคณะ, ม.ป.ป.)

นอกจากนี้แล้ว ประไพพรรณ (2549) พบว่า มอดยาสูบมีนิสัยชอบเล่นไฟ และมีความตื่นตัวสูงตั้งแต่ช่วงเวลาเย็นเป็นต้นไป จึงได้มีการใช้กับดักแสงไฟ (Light trap) ที่ประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนท์ ชนิด black light ซึ่งให้แสงสีม่วงในช่วงความถี่ 315–410 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่สามารถดึงดูดมอดได้ดีที่สุด โดยมีพัดลมช่วยดูดมอดที่เข้ามาเล่นไฟให้ตกลงไปยังภาชนะที่รองรับควรเปิดกับดักตั้งแต่เวลา 17:00–06:00 น. และตรวจเช็คจำนวนมอดทุกเช้าก่อนนำไปทำลาย การใช้กับดักกาวเหนียว (Sticky trap) กับดักชนิดนี้ใช้กาวเหนียวทาตามพื้นผิวของกับดักเมื่อมอดบินมาติดจะไม่สามารถบินหนีไปได้ แต่ข้อเสียของกับดักกาวเหนียว คือ ถ้าผิวหน้าของกาวมีฝุ่นหรือแมลงบินมาคิดเป็นจำนวนมาก ก็จะหมดประสิทธิภาพในการดักจับแมลงทันที ดังนั้นจึงต้องคอยเปลี่ยนอยู่เป็นประจำ และการใช้กับดักฟีโรโมน (Pheromone trap) ประกอบด้วยแผ่นกาวเหนียว และสารเพศสังเคราะห์เลียนแบบมอดตัวเมีย ที่เรียกว่า 4s, 6s และ 7s serricornin เพื่อช่วยดึงดูดมอดตัวผู้ให้บินมาติดกับ กับดักชนิดนี้มีข้อดีคือ มีขนาดเล็ก สะดวกในการติดตั้งและมีความไวต่อการดึงดูดมอดสูงมาก ตัวอย่างที่ผลิตเป็นทางการค้า เช่น Serrico trap และ Lasio trap เป็นต้น นอกจากนี้มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการ การรมโดยใช้สารสกัด aromatic และ essential oil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ได้จากเปลือกไม้ โป๊ยกั๊ก มัสตาร์ด ผักชีล้อม และ อบเชย มีผลต่อต้านการเจริญเติบโตของมอดยาสูบในระยะตัวเต็มวัย (Soon-Il Kim *et al*., 2003)

2.4 การใช้อุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของแมลง โดยการเก็บผลผลิตที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที โดยทั่วไปแล้วแมลงจะตายหมด หรือเก็บที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ติดต่อกันไปจะทำให้แมลงหยุดการเจริญเติบโตและบางชนิดอาจตายได้ สำหรับการใช้ความเย็นนั้น ปกติแล้วมอดยาสูบจะพักตัวไม่กินอาหารและไม่เจริญเติบโตเมื่อถึงฤดูหนาวหรือเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง (ประพัฒน์ และคณะ, ม.ป.ป.) แต่แมลงจะตายหมดเมื่ออุณหภูมิ ลดต่ำลงถึง -2 ถึง -5 องศาเซลเซียส จะหยุดการเจริญเติบโตและหยุดขยายพันธุ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส (ตาราง 2.2) อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิสูงหรือต่ำนั้นต้องคำนึงถึงผลเสียที่มีต่อคุณภาพของผลิตผลเกษตรด้วย (ชุมพล, 2533)

ตาราง 2.2 แสดงค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

อุณหภูมิ (°C)	ผล
50-60	ตายภายในระดับนาที
45-50	ตายภายในระดับชั่วโมง
35	การเจริญเติบโตชะงัก
33-35	การเจริญเติบโตช้า
23-25	เหมาะสำหรับการเจริญเติบโต
13-25	การเจริญเติบโตช้า
13-20	การเจริญเติบโตชะงัก
5	ตายภายในวัน (ไม่เคลื่อนไหว)
-10 ถึง -5	ตายภายในสัปดาห์ ถึงเดือนสำหรับนิดที่ทนหนาว
-25 ถึง -15	ตายภายในนาที

ที่มา : Banks and Fields (1995)

2.5 การลดความชื้น แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตในเมล็ดพืชที่มีความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่า ดังนั้นควรลดความชื้นให้ต่ำสุด และเก็บในถุงหรือภาชนะที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อากาศถ่ายเทไม่ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดมีการแลกเปลี่ยนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ สามารถลดการเข้าทำลายของแมลงได้

2.6 การใช้รังสี ปัจจุบันรังสีที่นำมาใช้ประโยชน์คือ รังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา โดยด้านการเกษตรมีประโยชน์หลัก 3 ด้านคือ ใช้ถนอมอาหาร ยับยั้งการงอกของผลผลิต ฆ่าเชื้อโรคในอาหารหรือผลิตภัณฑ์ ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชหรือสร้างพันธุ์พืชใหม่ที่สวยงามและมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเดิม และใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช ซึ่งจะมีผลทำให้แมลงไม่สามารถมีชีวิตรอดและแพร่พันธุ์ได้ เนื่องจากแมลงเป็นหมัน ไม่มีพิษตกค้าง คุณภาพของผลิตผลเหมือนเดิม สำหรับพืชผัก ผลไม้ จะสุกช้าลง และวิธีการนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับวิธีการอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ด้วย (เอกพงศ์, 2547)

สำหรับการใช้รังสีนี้อาจเป็นเครื่องมือสำหรับผลิตพลังงานเสียง (sound energy) ซึ่งมีทั้งพลังงานเสียงในระดับสูง สามารถทำให้แมลงตายได้โดยตรงจากการเกิดความร้อนหรือทำอันตรายกับอวัยวะภายในและอวัยวะรับเสียง อีกทางหนึ่งคือพลังงานเสียงในระดับต่ำ มีผลต่อพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงอุปนิสัยของแมลง ส่วนเครื่องมือสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าแม่เหล็ก (electromagnetic energy) คือพวก ultraviolet radiation, atomic radiation energy เป็นอันตรายกับ somatic tissue และทำให้แมลงเป็นหมันได้ ส่วน infrered radiation energy และ radio-frequency จะอาศัยหลักการที่ทำให้เกิดความร้อน

ฐิติมา และคณะ (2546) ได้ศึกษาผลของรังสีแกมมาที่มีต่อมอดยาสูบ พบว่า เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นที่ 300 เกรย์ ตัวเต็มวัยวางไข่แต่ไข่ไม่ฟัก ที่ปริมาณรังสีต่ำสุด 300 เกรย์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของมอดยาสูบได้ทุกระยะ นอกจากนี้ S.M. El-Naggar and A.A. Mikhaiel (2010) ได้ใช้รังสีแกมมาที่ปริมาณ 4 กิโลเกรย์ สามารถกำจัดระยะหนอนของมอดยาสูบได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 1 วัน และกำจัดระยะตัวเต็มวัยของมอดยาสูบได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 7 วัน และยังพบอีกว่า การใช้คลื่นไมโครเวฟ 2450 MHz อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที สามารถกำจัดระยะหนอน และตัวเต็มวัยของมอดยาสูบได้ 100 เปอร์เซ็นต์

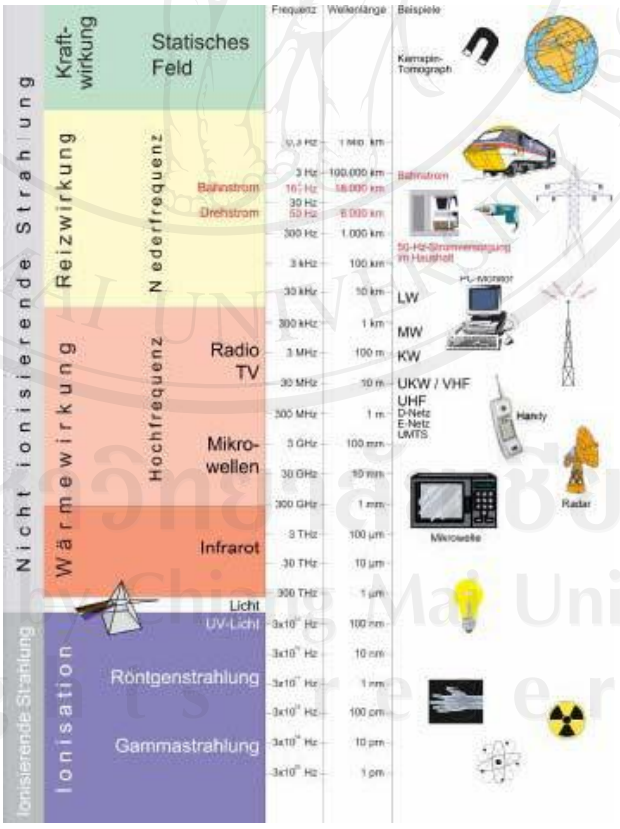
จะเห็นได้ว่าวิธีการไม่ใช่สารเคมีในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบนั้น ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยในการแก้ปัญหาการเข้าทำลายได้ในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นการทำความสะอาด การจัดการโรงเก็บ การใช้อุณหภูมิ การลดความชื้น การใช้ก๊าซพิษแทนสารเคมี เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจน เป็นต้น ซึ่งวิธีเหล่านี้เป็นการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบ นอกจากนี้ยังมีการควบคุมบรรยากาศ การใช้ความร้อน และการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การใช้คลื่นความถี่วิทยุ และการใช้รังสีอินฟาเรด เป็นต้น การป้องกันกำจัดมอดยาสูบมีหลายวิธี อาจเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งตามความเหมาะสมหรือจะใช้ควบคู่กันไปเพื่อให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ผลดียิ่งขึ้น หลายปีที่ผ่านมามีการวิจัยเพื่อหาทางเลือกวิธีในการกำจัดแมลงในโรงเก็บ โดยไม่ใช้สารเคมีร่วม ถือเป็นเรื่องที่เร่งด่วนมากในการต้องการหาวิถีทางเพื่อแทนการใช้สารเคมีโดยไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของคน สิ่งแวดล้อม (Wang and Tang, 2004) และคุณภาพของผลิตผลเกษตร

คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency ; RF)

คลื่นความถี่วิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วงระหว่าง 3-300 MHz (ภาพ 2.4) ช่วงคลื่นความถี่ที่นำมาประยุกต์ใช้อยู่ที่ระดับ 13, 27 และ 40 MHz สามารถกระจายความร้อนผ่านวัตถุที่มีความหนาได้ดีกว่าคลื่นไมโครเวฟ สามารถนำมาใช้ในกระบวนการที่ทำกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่หลายชิ้นพร้อม ๆ กันหรือมีองค์ประกอบที่ถูกกำจัดทิ้งมาก ๆ เช่น มีน้ำในตัววัตถุมาก ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นอย่างมาก เช่น การใช้คลื่นไมโครเวฟในกระบวนการแปรรูปผลผลิตจากพืชและสัตว์ เช่น ใช้เพื่อการออกฤทธิ์ของ inactived enzymes ที่มีอยู่ในเมล็ดของพืชผลต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย รำข้าว ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคและแมลงต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ



ภาพที่ 2.4 ช่วงคลื่นความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ (Wolfgang Lücke, 2003)

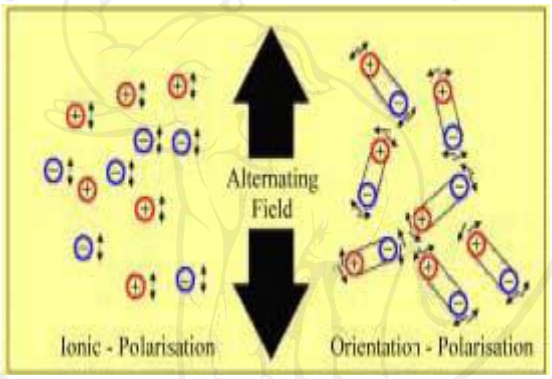
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการทำงานของคลื่นความถี่วิทยุ

การให้ความร้อนโดยคลื่นความถี่วิทยุ อาศัยหลักการเดียวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่น ๆ กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปของสนามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นพลังงานความร้อนในตัววัตถุ โดยไม่มีการกระจายของประจุในวัตถุนั้นในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง โมเลกุลของวัตถุเกิดการสั่นสะเทือนตามการเหนี่ยวนำไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นจำนวนหลายล้านครั้งในเวลา 1 วินาที ทำให้เกิดปรากฏการณ์ 2 รูปแบบ (ภาพ 2.5) คือ

1. intermolecule friction ที่เกิดจากแรงดึงดูดกันระหว่างโมเลกุล

2. hysteresis เป็นแรงต้านทานประจุไฟฟ้าเนื่องมาจากแรงเฉื่อย ซึ่งขึ้นกับจำนวนประจุมวลและรูปร่างของโมเลกุล



ภาพที่ 2.5 ลักษณะการเปลี่ยนจากพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานความร้อนภายในตัววัตถุเมื่อถูกนำไปวางไว้ในสนามแม่เหล็ก (Wolfgang Lücke, 2003)

เมื่อวัตถุมีการดูดซับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ก่อให้เกิดความร้อนได้ 2 แบบร่วมกัน ได้แก่

1. ionic polarization เป็นการเกิดความร้อนเนื่องจากผลของการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่อเข้าไปอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแต่ละไอออนที่มีประจุไฟฟ้าประจำตัวถูกกระตุ้นและเร่งให้เกิดการเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างไอออน ในขณะเดียวกันเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานจลน์เป็นพลังงานความร้อนขึ้น แล้วเกิดการกระจายความร้อนไปยังส่วนอื่น ๆ ซึ่งการเกิดความร้อนลักษณะนี้เกิดขึ้นในส่วนของของเหลวภายในเซลล์ที่อยู่ในรูปของสารละลายต่าง ๆ

2. dipole rotation เป็นการเกิดความร้อนกับสารประกอบที่มีขั้ว (polar) ซึ่งได้แก่ น้ำในสภาพปกติการเรียงตัวของประจุบวกและประจุลบของสารประกอบที่มีขั้วนี้เรียงตัวอย่างไม่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระเบียบ (random oriented) เมื่อเข้าไปอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ประจุบวกและประจุลบของสารเกิดการเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนทิศทางการเรียงตัวที่เป็นระเบียบขึ้น

การเคลื่อนที่ด้วยการหมุนตัวกลับไปมาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตามระดับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ให้ ซึ่งในคลื่นความถี่วิทยุ การเคลื่อนที่ของประจุ 3-300 ล้านครั้งต่อ 1 วินาที ซึ่งผลของความเร็วในการหมุนตัวและการเสียดสีกันก่อให้เกิดเป็นความร้อนขึ้นมาอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 2-3 วินาทีหรือประมาณ 1 นาที หลังจากได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ต่อจากนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดการกระจายตัวไปยังส่วนอื่น ๆ เนื่องจากผลจากการเดือดของน้ำ โดยกระบวนการนำความร้อนและสามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับการลดความชื้น โดยใช้ลมร้อนแล้วการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะใช้เวลาและพลังงานในปริมาณน้อยมาก

radio-frequency (RF) คือ คลื่นความถี่วิทยุที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับกิจการด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการสื่อสารทางไกล โดยแต่ละคลื่นความถี่จะมีความเหมาะสมกับกิจการแต่ละชนิด เช่น คลื่นความถี่ 88-108 MHz สำหรับวิทยุกระจายเสียงระบบ FM คลื่นความถี่ 800, 900 และ 1800 MHz สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น สำหรับการประยุกต์ใช้ RF กับผลิตผลทางการเกษตรนั้นได้เริ่มมีการศึกษามาประมาณ 40 ปีมาแล้ว (Nelson, 1965) จนถึงปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับ RF อย่างมากมาย ซึ่งแนวทางการประยุกต์ใช้ RF สำหรับผลิตผลทางการเกษตรนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มด้วยกันคือ

1. การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (seed treatment) มีการใช้ RF เพื่อทดแทนกรรมวิธีดั้งเดิม และทดแทนการใช้สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้คลุกเมล็ดพันธุ์ได้ และมีข้อได้เปรียบที่ใช้เวลาน้อยและไม่มีสารเคมีตกค้างในเมล็ด

สำหรับการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อทำลายเชื้อรา และแบคทีเรียที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ (seed decontamination) ได้มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางและประสบผลสำเร็จ ในการทำลายเชื้อราบางชนิดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ทดแทนการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายได้ เช่น เชื้อรา *Phoma betae* ในเมล็ดพันธุ์ ผักกาดหวาน (sugar-beet ; *Beta vulgaris*) (Cwiklinski and Hörsten , 1999)

การควบคุมแมลงในขณะเก็บรักษา (stored-grain insect control) Nelson and Charity (1972) รายงานว่า การใช้คลื่นความถี่ 39 MHz เป็นเวลา 3 วินาที และ 2450 MHz เป็นเวลา 13 วินาที สามารถทำลายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวในเมล็ดข้าวสาลีได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเรียกความถี่ดังกล่าวว่าเป็น Selective condition สำหรับด้วงงวงข้าว ซึ่งสามารถใช้ทดแทนการรมด้วยสารเคมี (fumigation) ได้ และไม่ทำให้มีสารพิษตกค้างในผลิตผลอีกต่อไป อย่างไรก็ตามต้นทุนในการใช้ RF ที่ความถี่ดังกล่าวนั้นสูงกว่าการใช้การรมสารเคมีหลายเท่าตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. กระบวนการผลิต (product Processing) มีความพยายามหาวิธีในการใช้ RF เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตผล ตัวอย่างเช่น ถั่วเหลือง (*Glycine max L.*) ซึ่งมักจะพบว่ามี trypsin inhibitor เป็นองค์ประกอบซึ่งถ้าจะนำมาเป็นอาหารคนหรือสัตว์จำเป็นจะต้องกำจัดออกให้หมดเพื่อให้ได้คุณค่าทางอาหารอย่างเต็มที่

3. การใช้ RF เพื่อวัดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของผลิตผล (use of dielectric properties for measurement) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของผลิตผลนั้นมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับคุณภาพต่าง ๆ ของผลผลิต เช่น ความชื้น (moisture content) ความหนาแน่น (density) ดังนั้นเมื่อเราทราบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของผลิตผลเราสามารถประมาณคุณภาพของผลิตผลได้

Nelson and Charity (1972) รายงานว่าสามารถใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อทำการควบคุมแมลงในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดยการใช้คลื่นความถี่ 39 MHz 3 วินาที และ 2,450 MHz 13 วินาที สามารถทำลายตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวในเมล็ดข้าวสาลีได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนการรมด้วยสารเคมีได้ และไม่ทำให้มีสารพิษตกค้างในผลผลิต ปรัชญา (2548) รายงานว่าการให้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เชื้อราลดลงได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ การให้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แก่เมล็ดพันธุ์งาที่มีความชื้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่สุดในการควบคุมปริมาณเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ซึ่งไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยรวมลดลง และยังสามารถลดปริมาณเชื้อรา *M. phaseolina* ลงได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์

พลังงานดังกล่าวเมื่อถูกดูดซึมเข้าไปสู่ตัวแมลงแล้วจะเปลี่ยนกลายเป็นความร้อน ปกติความร้อนขนาด 60-70 องศาเซลเซียส สามารถทำให้แมลงทุกวัยตายได้ วิธีการที่ทำให้เกิดความร้อนโดยวิธีนี้ เรียกกันว่า dielectric heating แมลงส่วนมากที่เข้าทำลายพืชเมื่อถูกสนามคลื่นความถี่วิทยุดังกล่าวอาจตายได้ภายในระยะเวลาอันสั้น โดยทั่วไปแมลงตัวแก่มักจะอ่อนแอต่อคลื่นความถี่วิทยุมากกว่าตัวอ่อน รวมทั้งไข่ด้วย นอกจากนั้นคลื่นความถี่วิทยุขนาด sub-lethal dose อาจจะทำอันตรายให้กับส่วนของหนวด ขา หรืออวัยวะสืบพันธุ์ได้ ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ผลิต Dielectric heating เพื่อใช้ฆ่าแมลงในเมล็ดพืชที่ใช้เป็นอาหาร (ชุมพล, 2533) ความถี่ของคลื่นวิทยุ (RF) ทำให้เกิดความร้อนอยู่ในช่วง 10 - 100 MHz ซึ่งช่วงความถี่ดังกล่าวจะเหมาะสมกับกระบวนการผลิตอาหารและอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น ผลไม้และถั่ว (Mitcham *et al*., 2004)

ณคณิณ (2551) ได้ทดลองนำผีเสื้อข้าวสารซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ มาผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ผีเสื้อข้าวสารในระยะไข่ และดักแด้มีเปอร์เซ็นต์การตาย 98.90 และ 98.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตมากที่สุด ส่วนในระยะตัวเต็มวัยและหนอนมีเปอร์เซ็นต์การตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และในการใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คลื่นความถี่วิทยุเดียวกันนี้ Johnson *et al.* (2004) พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 48-52 องศาเซลเซียส กับแต่ละระยะการเจริญเติบโตของมอดแป้ง ในระยะหนอนวัย 6-8 (หนอนวัยแก่) มีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ระยะดักแด้ ตัวเต็มวัย ไข่ และหนอนวัยอ่อน ตามลำดับ และที่อุณหภูมิที่ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที สามารถกำจัดมอดแป้งในระยะหนอนวันแก่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามการใช้คลื่นความถี่วิทยุกับผลิตผลทางการเกษตรนั้นยังมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชื้นของผลิตผล อุณหภูมิสูงสุดที่ไม่ทำให้ผลิตผลสูญเสียคุณภาพ ความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้กำลังไฟฟ้า ระยะเวลา ปริมาณของตัวอย่าง ดังนั้นการประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปโดยละเอียด (ณัฐศักดิ์, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved