

การควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ

Stored Product Insect Pests Control by Radio Frequency

ใจทิพย์ อุไรชื่น¹ อัจฉรา เพชรโชติ¹ ศิริลออ ราชบุตร² สุชาดา เวียรศิลป์³

Jaitip Uraichuen Atchara Pedchote Sirilao Radchabut Suchada Vearasilp

¹กลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

²กลุ่มพัฒนาระบบตรวจวิเคราะห์คุณภาพสินค้า สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

³สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

ABSTRACT

Maize samples which separately infested by *Sitophilus zeamais* and *Rhyzopertha dominica* were treated with radio frequency (RF) heat treatment application unit, which has been developed and situated at Chiang Mai University . The unit has a variable power supply and operates at 27.12 MHz. The input power 20% (540 watts) and 25% (670 watts) under the target temperature over 50^oC for 30, 60 and 90 seconds, were selected as treatments. Evaluation of the efficiency of RF heat treatment to control both insects was to count survival adults and then to calculate control efficiency percentage. All developmental stage of maize weevil (*Sitophilus zeamais*) could be controlled by both power level, especially egg and pupal stage which control efficiency percentage reached 99-100. The adult maize weevil seemed more tolerant to RF than the other stages. The most efficient treatment for controlling lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica*) was 25% of power level (670 watts), after holding maize's temperature over 50^oC for 90 seconds. The control efficiency percentages of eggs, larvae, pupae and adults were 99.39, 94.59, 98.56 and 99.87% , respectively. Lesser grain borer was also found more tolerant than maize weevil. There are some differences among various stored grain insect species in their susceptibility to control by RF dielectric heating. After all treatments, moisture content of maize was slightly reduced by both level power. Crude protein was not changed. Crude fat was increased. In terms of ash and carbohydrate were slightly different from untreated treatment. The decreasing of crude fiber was found in this experiment. However, the energy obtaining from maize was significantly increased.

Keywords: Radio frequency, insect control, stored product,

บทคัดย่อ

ดำเนินการทดสอบการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อการควบคุมด้วงงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือก ทุกระยะการเจริญเติบโตที่เข้าทำลายเมล็ดข้าวโพด ด้วยคลื่นความถี่ 27.12 MHz ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2555 โดยได้รับความร่วมมือจากสำนักเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ ใช้ระดับพลังงาน 2 ระดับคือ 20 เฟอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) และ 25 เฟอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) ผลการทดสอบพบว่าที่พลังงานทั้งสองระดับ เมื่อทำให้เมล็ดข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30, 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมด้วงงวงข้าวโพดระยะไข่ และระยะดักแด้ได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 99-100 เฟอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับที่ควบคุมระยะหนอนและระยะตัวเต็มวัยได้ดี แต่ยกเว้นระดับพลังงาน 20 เฟอร์เซ็นต์ เวลา 30 วินาทีที่ควบคุมหนอนและตัวเต็มวัยได้ 97.37 และ 96.50 เฟอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ยังคงแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีที่ไม่ผ่านคลื่น ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดมีความทนทานกว่าระยะอื่น

ระดับพลังงาน 25 เฟอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เป็นเวลา 90 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดสำหรับระยะไข่และระยะหนอนของมอดข้าวเปลือก สามารถควบคุมได้ 99.39 และ 94.59 เฟอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระดับพลังงาน 20 เฟอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) นาน 90 วินาที และระดับพลังงาน 25 เฟอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เป็นเวลา 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมระยะดักแด้และตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกได้ 98.00-99.87 เฟอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีไม่ผ่านคลื่น และพบว่ามอดข้าวเปลือกมีความทนทานกว่าด้วงงวงข้าวโพด นอกจากระยะการเจริญเติบโตในแมลงชนิดเดียวกัน มีความอ่อนแอต่อคลื่นความถี่วิทยุแตกต่างกันแล้ว ยังพบว่าแตกต่างกันไปในแมลงแต่ละชนิดด้วย ด้านคุณภาพของเมล็ดข้าวโพด พบว่าทั้งสองระดับพลังงานทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดลดลง โดยระดับพลังงาน 20 เฟอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดลดลงมากกว่าระดับพลังงาน 25 เฟอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลง ไชมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรตในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันมาก ส่วนเส้นใยอาหารในเมล็ดข้าวโพดลดลง และพลังงานที่ได้รับจากเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ การควบคุมแมลง ด้วงงวงข้าวโพด มอดข้าวเปลือก

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ในแต่ละปีมีการผลิตสินค้าเกษตรออกสู่ท้องตลาดในปริมาณมาก ทั้งในรูปของเมล็ดพืชและพืชผักสด ในส่วนของเมล็ดพืชหรือเมล็ดธัญพืช บางชนิดนอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งออกไปต่างประเทศ ในขณะที่บางชนิดไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ไม่ว่าจะเป็นชนิดที่ส่งออกหรือนำเข้า จำเป็นต้องมีการเก็บรักษาที่ดีเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตผลเกษตรนั้นไว้ ปัจจัยที่สร้างปัญหาให้กับการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรมีทั้งด้านกายภาพและด้านชีวภาพ ปัจจัยด้านกายภาพได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น

เป็นต้น ส่วนปัจจัยด้านชีวภาพได้แก่ แมลง โรค เชื้อรา นก และหนู เป็นต้น โดยแมลงศัตรูถือว่าเป็นปัจจัยทางชีวภาพที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง ที่ทำให้ผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาไว้สูญเสียคุณภาพไป แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญได้แก่ ตัวงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*), ตัวงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* (L.)) และมอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica* (F.)) ที่วางไข่ที่ผิวเมล็ด เมื่อหนอนฟักจะสามารถเจาะเมล็ดเข้าไปเจริญเติบโตและกักกินอยู่ภายในเมล็ดได้ นอกจากนี้ยังมีแมลงบางชนิดทำลายเมล็ดที่หักหรือมีรอยทำลายจากแมลงพวกแรกอยู่ก่อน ไม่สามารถเข้าทำลายเมล็ดที่สมบูรณ์ได้ แมลงพวกนี้ได้แก่ มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)), มอดหนวดขาว (*Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)) และมอดพื้นเลื้อย (*Oryzaephilus surinamensis* (L.)) วิธีการที่จะนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องเป็นวิธีการที่สามารถควบคุมแมลงเหล่านี้ได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ซึ่งบางระยะอาศัยอยู่ภายในเมล็ด ดังนั้นการศึกษาวิธีการควบคุมแมลงหรือการป้องกันแมลงมิให้เข้าทำลายผลิตผลเกษตรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งวิธีการต่าง ๆ ประกอบไปด้วยการใช้สารเคมี ได้แก่ การรม การฉีดพ่นพ่น ผ่น เป็นต้น และการไม่ใช้สารเคมี ได้แก่ วิธีทางกายภาพ และชีวภาพ เป็นต้น การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency) เป็นวิธีทางกายภาพวิธีหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ความคิดในการนำคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในการควบคุมแมลงไม่ใช่เรื่องใหม่ ได้มีการทดลองใช้คลื่นความถี่วิทยุกำจัดแมลงในสหรัฐอเมริกาอย่างน้อย 80 ปีมาแล้ว และยังมีรายงานระบุว่า มีการพัฒนางานเช่นเดียวกันนี้ในทวีปยุโรปในระยะเวลาเดียวกันด้วย (Nelson, 1973) โดยได้มีการศึกษาศักยภาพของการนำวิธีการนี้มาใช้ในการควบคุมแมลงที่เข้าทำลายเมล็ดพืช ผลผลิตจากธัญพืช และไม่รวมถึงแมลงในดินแมลงที่เข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ ผลไม้ และผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ด้วย ผลที่ได้จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าวิธีนี้จะได้ผลดีเมื่อแมลงมีอัตราการดูดซับพลังงานสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการดูดซับของตัววัตถุที่แมลงอาศัยอยู่ การใช้ประโยชน์จากการแผ่รังสีของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) มีความต่างกันที่ความถี่และความยาวช่วงคลื่น คลื่นวิทยุทั้งระบบคลื่นยาวและคลื่นสั้น คลื่นโทรทัศน์ คลื่นไมโครเวฟ และอินฟราเรด เป็นคลื่นในกลุ่ม non-ionizing radiation เป็นรังสีของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ของคลื่นต่ำ แต่มีความยาวของคลื่นสูง ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือ ionizing radiation เป็นรังสีของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกัน แต่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า คลื่นแสงที่มองเห็นได้ (visible spectrum) และมีช่วงความถี่ของคลื่นสูงมาก ได้แก่ รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ และรังสีบีตา (สายสนม, 2546)

คลื่นความถี่วิทยุเป็นส่วนหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อยู่ในช่วง 1 ถึง 300 MHz (Marra *et al.*, 2009) โดยมีการส่งถ่ายพลังงานได้เร็วและมีประสิทธิภาพ แมลงมีการตอบสนองต่อความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความถี่ระหว่าง 10-100 MHz ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแมลง (Vincent *et al.*, 2003) วิธีการที่ทำให้เกิดความร้อนแบบนี้เรียกว่า dielectric heating ที่เป็นการทำให้โมเลกุลของวัสดุที่มีโครงสร้างแบบมีขั้ว (Dipolar Molecules) ซึ่งมีขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวกและขั้วลบ

พยายามเรียงตัวตามทิศทางของสนามคลื่นที่ส่งผ่านเข้ามา ทำให้เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุล เกิดเป็นความร้อนกระจายทั่วภายใน วัสดุที่สามารถใช้การให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกได้ต้องเป็น วัสดุที่มีคุณสมบัติตอบสนองต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นั่นคือต้องเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบมีขั้ว หรือมีน้ำเป็นองค์ประกอบ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) ในกรณีของแมลงซึ่งภายในลำตัวมีน้ำเป็นองค์ประกอบ เมื่อถูกคลื่นวิทยุ พลังงานถูกดูดซับผ่านเข้าสู่ตัวแมลงแล้วจะเปลี่ยนเป็นความร้อน แมลงจะไม่สามารถมีชีวิตรอดหรือถูกฆ่าด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นแล้วอาจตายในเวลาอันสั้น (ชุมพล, 2533) ขนาดของกำลังคลื่นวิทยุที่ใช้สำหรับการให้ความร้อนในอุตสาหกรรมจะอยู่ในระดับตั้งแต่ 500 วัตต์ไปจนถึงหลายร้อยกิโลวัตต์ ในย่านความถี่ 13.56, 27.12 และ 40.68 MHz ที่คณะกรรมการการสื่อสารแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (The Federal Communications Commissions: FCC) ได้กำหนดคลื่นความถี่วิทยุที่มีผลในการกำจัดแมลง ที่อนุญาตให้ใช้ได้ทางอุตสาหกรรม ทางวิทยาศาสตร์ และทางการแพทย์ (Wang and Tang, 2004) ซึ่งจะสามารถผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุและความถี่คลื่น โดยคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าจะสามารถผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ดีกว่า เนื่องจากคลื่นความถี่วิทยุมีความถี่ต่ำ ความยาวของคลื่นสูง สามารถทะลุทะลวงไปในวัตถุได้ (Hansen and Johnson, 2007) จึงสามารถนำมาใช้ในการกำจัดแมลงได้โดยไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้าง และยังคงคุณภาพของผลิตผลในระดับที่ยอมรับได้ (Wang *et al.*, 2007)

จากการศึกษาของ Nelson and Walker (1961) พบว่าแมลงหลายชนิดที่เข้าทำลายเมล็ดพืชและผลิตภัณฑ์จากธัญพืช สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้คลื่นความถี่วิทยุในระยะเวลาสั้น ๆ โดยไม่ทำความเสียหายแก่พืชอาศัย โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดีเมื่ออุณหภูมิในพืชอาศัยอยู่ระหว่าง 40-90 องศาเซลเซียสขึ้นอยู่กับลักษณะของพืชอาศัย ชนิดของแมลง การใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 13.6 และ 39 MHz สำหรับการควบคุมแมลง ไม่ทำให้เมล็ดข้าวสาลีสูญเสียความงอกหรือคุณภาพการอบ Janhang *et al.* (2005) ได้ทดสอบคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz กับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีการเข้าทำลายของมอดข้าวเปลือก พบว่า ภายใต้อุณหภูมิ 70, 75, 80 และ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที สามารถควบคุมมอดข้าวเปลือกได้หมด แต่มีผลกระทบต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ซึ่งลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลายาวน้อย 5 นาที สามารถทำให้หนอนวัยที่ 5 ของ navel orangeworm ซึ่งเป็นแมลงศัตรูของผลไม้ตระกูลส้ม และผลไม้เปลือกแข็ง เช่น อัลมอนด์และพิทาสชิโอ ตายอย่างสมบูรณ์ (Wang *et al.*, 2002)

ด้วยศักยภาพของคลื่นความถี่วิทยุ การใช้วิธีการนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้ โดยไม่ต้องใช้สารเคมีและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและสภาพแวดล้อม แต่ระดับพลังงานและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับแมลงแต่ละชนิด แต่ละระยะการเจริญเติบโต และในผลิตผลแต่ละชนิด ยังต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้จึงเป็นการใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz สำหรับควบคุมแมลงศัตรูข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยว โดยมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้พลังงาน 2 ระดับของเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ และเวลาที่เหมาะสม ในการกำจัดด้วงวงข้าวโพดและมอดข้าวเปลือกทุกระยะการเจริญเติบโต รวมถึงผลของคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อองค์ประกอบของเมล็ดข้าวโพดหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ระดับพลังงาน ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสม ที่สามารถควบคุมแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อข้าวโพด สามารถใช้เป็นทางเลือกแทนการใช้สารรมฟอสฟีนและเมทิลโบรไมด์ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลังเก็บเกี่ยวต่อไป

วิธีดำเนินการ

วัสดุและอุปกรณ์

เมล็ดข้าวโพด แมลง 2 ชนิดคือด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica*) เครื่องชั่ง ขวดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร ตะแกรงร่อน เครื่องปิดผนึก แหล่งกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ ภาชนะทรงกระบอกแบนเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร เทอร์โมคัพเพิล (thermocouple)

วิธีการ

การเตรียมตัวอย่างข้าวโพดสำหรับการทดลอง

ใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 โดยก่อนนำมาใช้ในการทดลอง ได้เก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำมาปรับอุณหภูมิในสภาพอุณหภูมิห้อง จนกระทั่งนำมาใช้ทดสอบ ข้าวโพดมีความชื้นระหว่าง 12.00-13.00 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมตัวอย่างแมลงสำหรับการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ด้วงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) และมอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica*) ในการทดสอบ ซึ่งเก็บรวบรวมมาจากโรงสีข้าวและโกดังต่าง ๆ ในบริเวณภาคกลาง นำมาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการโดยใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นอาหาร เตรียมแมลงสำหรับการทดลองแต่ละระยะ โดยใช้ข้าวโพด 450 กรัม และปล่อยตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดจำนวน 300 ตัว หลังจากปล่อยให้วางไข่เป็นเวลา 5 วัน นำตัวเต็มวัยออกและเก็บไข่ไว้ในห้องปฏิบัติการโดย

1. ระยะดักแด้ เตรียมก่อนทำการทดลอง 35 วัน
2. ระยะหนอน เตรียมก่อนทำการทดลอง 25 วัน
3. ระยะไข่ เตรียมก่อนทำการทดลอง 5 วัน

4. ระยะตัวเต็มวัย เตรียมก่อนทำการทดลอง 1 วัน โดยใช้ตัวเต็มวัยด้วงวงข้าวโพดที่มีอายุระหว่าง 10-14 วัน จำนวน 200 ตัว

การทดสอบด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ โดยนำขวดข้าวสาร 450 กรัมที่มีแมลงแต่ละชนิดแต่ละระยะการเจริญเติบโต ใส่ในภาชนะทรงกระบอกแบน (Fig. 1) ให้เต็มแล้วปิดฝา นำเข้าไปไว้ในตู้

แหล่งกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (Fig. 2) 27.12 MHz เปิดเครื่องควบคุมพลังงานตามที่ตั้งไว้ ที่พลังงาน 2 ระดับคือ 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) และ 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) จนอุณหภูมิขึ้นไปถึง 50 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลา 30, 60 และ 90 วินาที และปิดเครื่องเมื่อครบกำหนดเวลา หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดออกมาใส่ในขวดแก้วตามเดิม รอให้อุณหภูมิกลับเป็นปกติแล้วจึงปิดฝาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอเวลาในการตรวจนับการมีชีวิตรอด เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (Control)

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดข้าวโพด

นำเมล็ดข้าวโพดอีก 1 ชุดที่ไม่มีแมลงเข้าทำลายเลย ผ่านคลื่นความถี่วิทยุทุกกรรมวิธีเช่นเดียวกับที่ทดสอบกับแมลง กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ส่งตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด 6 ประเภท คือ ความชื้น (moisture) โปรตีน (crude protein) ไขมัน (crude fat) เยื่อใย (crude fiber) เถ้า (ash) คาร์โบไฮเดรต และ พลังงาน

การตรวจวัดผล

เมื่อผ่านการทดสอบด้วยคลื่นความถี่วิทยุตามกรรมวิธีและระยะเวลาที่กำหนด และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอให้แต่ละระยะการเจริญเติบโตเปลี่ยนเป็นตัวเต็มวัย แล้วจึงนำมาตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นในแต่ละกรรมวิธี โดย

1. ระยะตัวเต็มวัย ตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดชีวิตหลังทำการทดสอบ 1 วัน
2. ระยะคักแค้ ตรวจนับจำนวนแมลงที่อาจเกิดขึ้น หลังทำการทดสอบ 14 วัน
3. ระยะหนอน ตรวจนับจำนวนแมลงที่อาจเกิดขึ้น หลังทำการทดสอบ 21 วัน
4. ระยะไข่ ตรวจนับจำนวนแมลงที่อาจเกิดขึ้น หลังทำการทดสอบ 40 วัน

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าประสิทธิภาพการควบคุม (control efficiency percentage) ตามสูตรที่รายงานโดย Püntener (1981) ดังต่อไปนี้

$$\text{Control efficiency percentage (\%)} = [1 - (Ta/Ca \times Cb/Tb)] 100$$

Tb = จำนวนของแมลงก่อนทำการทดลองในแต่ละกรรมวิธี (Treatment)

Ta = จำนวนของแมลงหลังจากทำการทดลองในแต่ละกรรมวิธี (Treatment)

Cb = จำนวนของแมลงก่อนทำการทดลองในกรรมวิธีที่ควบคุม (Control)

Ca = จำนวนของแมลงหลังจากทำการทดลองในกรรมวิธีที่ควบคุม (Control)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และใช้ Duncan Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละค่า ซึ่งค่าเฉลี่ยจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ $P < 0.05$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาในการทดสอบ: ตุลาคม 2553 – กันยายน 2555

สถานที่: ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังจากทดสอบการควบคุมด้วงวงข้าวโพดทุกระยะการเจริญเติบโตด้วยคลื่นความถี่วิทยุพบว่าที่พลังงานทั้งสองระดับ เมื่อทำให้เมล็ดข้าวโพดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30, 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมด้วงวงข้าวโพดทุกระยะการเจริญเติบโตได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมอยู่ระหว่าง 99-100 เปอร์เซ็นต์ในระยะไข่ และระยะดักแด้ (Table 1) ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีควบคุม ทุกระดับพลังงานและทุกระยะเวลาสามารถควบคุมระยะหนอนและระยะตัวเต็มวัยได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมอยู่ระหว่าง 99-100 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน ยกเว้นระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ เวลา 30 วินาทีที่ควบคุมหนอนและตัวเต็มวัยได้ 97.37 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ยังคงแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีที่ไม่ผ่านคลื่น และแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่า ทุกระดับพลังงานและทุกระยะเวลาไม่สามารถควบคุมตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดได้อย่างสมบูรณ์ แสดงว่าตัวเต็มวัยมีความทนทานกว่าระยะอื่นเมื่อใช้วิธีนี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Webber (1946) ที่พบว่าเมื่อใช้คลื่น 11 MHz หนอนของแมลงชนิดเดียวกันมีความอ่อนแอกว่าตัวเต็มวัย ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Nelson (1996) ที่รายงานไว้ว่า ระยะตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวสาร ด้วงวงข้าวสาลี และมอดข้าวเปลือก เป็นระยะที่อ่อนแอกว่าระยะหนอนหรือระยะดักแด้เมื่อควบคุมด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เนื่องจากแมลงทั้งสามชนิดนี้มีระยะตัวอ่อนเจริญเติบโตอยู่ภายในเมล็ด สิ่งที่อยู่ภายในเมล็ดรอบ ๆ ตัวหนอนหรือดักแด้ ช่วยเอื้อประโยชน์ให้หนอนหรือดักแด้ไม่ต้องสัมผัสคลื่นโดยตรง

และเมื่อทดสอบกับมอดข้าวเปลือก พบว่าระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เป็นเวลา 90 วินาที เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดสำหรับระยะไข่และระยะหนอน สามารถควบคุมได้ 99.39 และ 94.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 2) ระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) นาน 90 วินาที และระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) เป็นเวลา 60 และ 90 วินาที สามารถควบคุมระยะดักแด้และตัวเต็มวัยของมอดข้าวเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมระหว่าง 98.00-99.87 ซึ่งทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีไม่ผ่านคลื่น

จากผลการทดสอบคลื่นความถี่วิทยุกับแมลงทั้งสองชนิด พบว่ามอดข้าวเปลือกมีความทนทานกว่าด้วงวงข้าวโพด เห็นได้จากทุกกรรมวิธีที่ทดสอบไม่สามารถควบคุมมอดข้าวเปลือกได้อย่างสมบูรณ์ และระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) นาน 30 วินาที ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดและใช้เวลาน้อยที่สุด

สามารถควบคุมมอดข้าวเปลือกกระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยได้ 77.68, 81.01, 85.09 และ 88.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ควบคุมด้วงวงข้าวโพคได้ 99.17, 97.37, 99.57 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความแตกต่างด้านความอ่อนแอต่อคลื่นความถี่วิทยุ นอกจากจะเกิดจากระยะการเจริญเติบโตในแมลงชนิดเดียวกันแล้ว ความแตกต่างระหว่างระยะตัวเต็มวัยและระยะตัวอ่อนนี้ยังพบว่าแตกต่างกันไปในแมลงแต่ละชนิดด้วย (Nelson, 1996)

ด้านคุณภาพของเมล็ดข้าวโพคหลังผ่านการทดสอบด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Table 3) พบว่าทั้งสองระดับพลังงานทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพคลดลง โดยระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) ทำให้ความชื้นของเมล็ดข้าวโพคลดลงมากกว่าระดับพลังงาน 25 เปอร์เซ็นต์ (670 วัตต์) ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพคไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ ไขมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยระดับพลังงาน 20 เปอร์เซ็นต์ (540 วัตต์) เวลา 30 วินาทีทำให้ไขมันเพิ่มขึ้นมากที่สุดจาก 4.10 g/100g ในกรรมวิธีควบคุม เป็น 4.86 g/100g ปริมาณเถ้า และคาร์โบไฮเดรต ที่พบในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันมาก ส่วนเส้นใยอาหารในเมล็ดข้าวโพคลดลง พลังงานที่ได้รับจากเมล็ดข้าวโพคที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

การใช้คลื่นความถี่วิทยุควบคุมด้วงวงข้าวโพคและมอดข้าวเปลือก เป็นวิธีทางกายภาพวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพดี ซึ่งต้องทำให้เมล็ดข้าวโพคมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที จะสามารถควบคุมด้วงวงข้าวโพคระยะไข่ หนอน และดักแด้ได้ สำหรับระยะตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพคซึ่งมีความทนทานกว่าระยะอื่น ๆ และมอดข้าวเปลือกที่ทุกระยะการเจริญเติบโตมีความทนทานมากกว่าด้วงวงข้าวโพค ต้องเพิ่มระดับพลังงานให้สูงขึ้นอีกเล็กน้อย หรือใช้ระดับพลังงานเท่าเดิมแต่เพิ่มระยะเวลาเมื่อเมล็ดมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสให้นานขึ้นกว่า 90 วินาที จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูสองชนิดนี้ให้ดีขึ้น แต่ทั้งนี้ระดับพลังงานหรือระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพค

ด้วยระยะเวลาที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมแมลงก่อนข้างสั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องสำหรับการใช้คลื่นอย่างต่อเนื่อง เพื่อสะดวกในการควบคุมแมลงในผลผลิตที่มีปริมาณมากภายในเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งเป็นข้อดีกว่าการรมด้วยสารรม หรือการใช้ตู้อบความร้อนแบบเดิมสามารถลดต้นทุนด้านค่าแรงงาน ลดการใช้พื้นที่ และยังทำให้เกิดความเสียหายต่อสินค้าน้อยลงเนื่องจากลดขั้นตอนการขนย้าย นอกจากนี้ยังสามารถใช้คลื่นความถี่วิทยุร่วมกับวิธีอื่น ๆ เพื่อลดระยะเวลาตัวอย่างเช่น การรมผลวอลนัทด้วยเมทิลโบรไมด์เมื่อมาถึงโรงงาน (Wang and Tang, 2001) วอลนัทต้องผ่านการล้างและทำให้แห้งในถังซึ่งใช้เวลา 10-12 ชั่วโมง วอลนัทจะตกลงสู่ถังหลายครั้งทำให้เปลือกกะเทาะและแตกได้ การใช้คลื่นความถี่วิทยุทั้งเพื่อควบคุมแมลง และเพื่อการทำให้แห้ง เป็นเวลา 15-20

นาที่ในขั้นตอนแบบต่อเนื่อง ช่วยลดระยะเวลาลงอย่างมาก อีกทั้งยังลดการใช้พื้นที่ รวมถึงลดการสูญเสียคุณภาพด้วย และมีความเป็นไปได้ในการนำคลื่นความถี่วิทยุไปใช้ร่วมกับการควบคุมสภาพบรรยากาศ (controlled atmosphere) เนื่องจากการลดก๊าซออกซิเจนและเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีผลต่ออัตราการตายของแมลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง (Soderstrom *et al.*, 1990; 1996) ที่ทำให้การเผาผลาญพลังงานของแมลง และความต้องการก๊าซออกซิเจนของแมลงเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2553. ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก การให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริก (Dielectric Heating). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www2.dede.go.th/Advancetech/Asset/Technology/Dielectric.pdf>. (18 ตุลาคม 2554).
- ชุมพล กันทะ. 2533. หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 249 หน้า.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2546. การให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟและการฉายรังสีอาหาร. หน้า 196-219. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Hansen, J. D. and J. A. Johnson. 2007. Survey of heat treatment. pp. 8-15. In: J. Tang, E. Mitcham, S. Wang and S. Lurie (eds.), *Heat Treatment for Postharvest Pest Control: Theory and Practice*. USDA-ARS. California, USA.
- Janhang, P., N. Krittigamas, L. Wolfgang and S. Vearasilp. 2005. Using radio frequency heat treatment to control the insect *Rhyzopertha dominica* (F.) during storage in rice seed (*Oryza sativa* L.) Conference on International Agriculture Research for Development, Tropentag 2005, Stuttgart-Hohenheim, October 11-13, 2005,
- Marra, F., L. Zhang and J. G. Lyng. 2009. Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of Food Engineering* 91: 497-508.
- Nelson, S.O. 1973. Potential insect control applications for microwaves. In Proceedings of the 3rd European Microwave Conference. Vol. 2 (Oct. 1973), pp. 1-4
- Nelson, S.O. 1996. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. Transactions of the ASAE, 39 (4): 1475-1484.
- Nelson, S.O. and E.R. Walker. 1961. Effects of radio-frequency electrical seed treatment. *Agricultural Engineering* 42 (12): 688-691.

- Püntener, W. 1981. Evaluation of trail-calculation of efficacy. Manual for Field trails in Plant Protection. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited, Switzerland.
- Soderstrom, E.L., D.G. Brandl and B.E. Mackey. 1990. Responses of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) life stages to high carbon dioxide or low oxygen atmospheres. *Journal of Economic Entomology*, 83 (2): 472-475.
- Soderstrom, E.L., D.G. Brandl and B.E. Mackey. 1996. High temperature alone and combined with controlled atmospheres for control of diapausing codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in walnuts. *Journal of Economic Entomology*, 89 (1): 144-147.
- Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton and F. Fleurat-Lessard. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Review of Entomology* 48: 261-281.
- Wang, S and J. Tang. 2001. Radio frequency and microwave alternative treatments for insect control in nuts: a review. *Agricultural Engineering Journal* 10 (3&4): 105-120.
- Wang, S and J. Tang. 2004. Radio frequency heating: a potential method for post-harvest pest control in nuts and dry products. *Journal of Zhejiang University Science* 5(10): 1169- 1174.
- Wang, S., J. Tang, J. A. Johnson, E. Mitcham, J. D. Hansen, R. P. Cavalieri, J. Bower and B. Biasi. 2002. Process protocols based on radio frequency energy to control field and storage pests in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology* 26: 265–273.
- Wang, S., M. Monzon, J. A. Johnson, E. J. Mitcham and J. Tang. 2007. Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts II: Insect mortality and product quality. *Postharvest Biology and Technology* 45: 247-253.
- Webber, H.H., R. P. Wagner and A.G. Pearson. 1946. High-frequency electric fields as lethal agents for insects. *J. Econ. Entomol.* 39: 487-498.

Table 1 Control efficiency percentage of *Sitophilus zeamais* at different developmental stage after treatment by radio frequency^{1/}

Power level	Time (min)	Egg	Larva	Pupa	Adult
20% (540 watts)	30	99.17a ^{2/}	97.37b	99.57a	96.50b
	60	100.00a	100.00a	99.72a	99.61a
	90	100.00a	100.00a	100.00a	99.74a
25% (670 watts)	30	100.00a	99.87a	99.86a	99.35a
	60	100.00a	100.00a	100.00a	99.87a
	90	100.00a	100.00a	100.00a	99.87a
Untreated		0b	0c	0b	0c
C.V. (%)		7.86	7.86	7.86	7.86

^{1/} Means averaged from 4 replications.

^{2/} Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT (P<0.05)

Table 2 Control efficiency percentage of *Rhyzopertha dominica* at different developmental stage after treatment by radio frequency^{1/}

Power level	Time (min)	Egg	Larva	Pupa	Adult
20% (540 watts)	30	77.68bc ^{2/}	81.01bc	85.09b	88.67c
	60	90.91a	83.47abc	91.65ab	96.27ab
	90	88.69ab	91.91ab	98.33a	99.47a
25% (670 watts)	30	67.07c	75.81c	85.95b	95.07b
	60	89.80ab	89.73ab	98.16a	98.00ab
	90	99.39a	94.59a	98.56a	99.87a
Untreated		0d	0d	0c	0d
C.V. (%)		8.46	8.20	8.03	7.91

^{1/} Means averaged from 4 replications.

^{2/} Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT (P<0.05)

Table 3 Maize quality before and after treatment by radio frequency at two levels and various time^{1/}

Power level	Time (min)	moisture (g/100 g)	crude protein ^{ns} (g/100 g)	crude fat (g/100 g)	ash (g/100 g)	crude fiber (g/100 g)	carbohydrate (g/100 g)	energy (kcal/100g)
20% (540 watts)	30	11.99bc ^{2/}	9.13	4.86c	1.25b	1.95a	70.83ab	363.56e
	60	11.93b	9.17	4.55bc	1.18ab	1.84a	71.33b	362.95de
	90	11.76a	9.03	4.27ab	1.25b	2.82d	70.88ab	358.06b
25% (670 watts)	30	12.34e	9.00	4.34ab	1.14a	1.96a	71.24ab	359.97bc
	60	12.17d	9.10	4.54bc	1.21ab	2.01a	70.97ab	361.17cd
	90	12.05c	8.97	4.41ab	1.16ab	2.34b	71.09ab	359.89bc
Untreated		12.61f	8.97	4.10a	1.21ab	2.57c	70.55a	354.94a
C.V. (%)		0.42	0.29	1.41	1.07	3.15	0.13	0.16

^{1/} Means averaged from 4 replications.

^{2/} Means followed by same letters in columns are not significantly different by DMRT (P<0.05)

^{ns} non significant



Fig. 1 Maize containing pan



Fig. 2 Radio frequency application machine