

# การจัดแมลงในใบยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นพลาสติกขนาดใหญ่



นายปรมินทร์ กันทะยอม

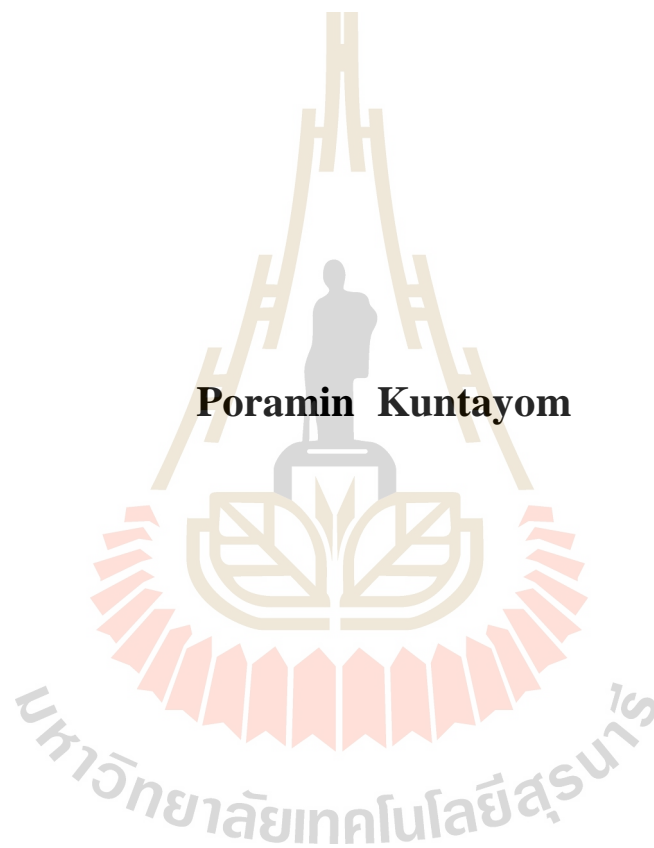
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโฟโตนิกส์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2559

**RADIO FREQUENCY TREATMENTS ON LARGE  
PLATE FOR INSECT IN TOBACCO**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in  
Electronic and Photonic Engineering  
Suranaree University of Technology  
Academic Year 2016**

## การกำจัดแมลงในใบยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่

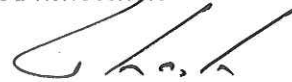
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผศ. ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์)

ประธานกรรมการ



(รศ. ดร.ชาญชัย ทองโสภาก)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(ผศ. ดร.ชนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์)

กรรมการ



(ดร.อภิชาติ อินทรพาณิชย์)

กรรมการ



(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปรมินทร์ กันทะขอม : การกำจัดแมลงในใบยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่ (RADIO FREQUENCY TREATMENTS ON LARGE PLATE FOR INSECT IN TOBACCO) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภณ, 59 หน้า

การกำจัดแมลงศัตรูพืชผลิตผลทางการเกษตรเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจอย่างยาวนาน เนื่องจากแมลงศัตรูพืชนั้นได้สร้างความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตรอย่างมาก โดยเฉพาะผลิตผลทางการเกษตรที่ต้องมีการกักเก็บ การแก้ปัญหาหนึ่งจะใช้สารเคมีมาทำการรมยา ซึ่งเป็นการนำสารเคมีที่มีสถานะเป็นก๊าซเข้าไปกักเก็บในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยไม่เกิดการรั่วไหลเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ปะปนมากับผลผลิต สารเคมีที่ใช้ในการรมยานั้นที่นิยมใช้คือ เมทิลโบรไมด์ เป็นสารรมที่ใช้กันมานานเนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีในการรม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่มากมาย เช่น ขั้นตอนการรม ระยะเวลาในการรม พื้นที่ที่ใช้งานในการรม สารตกค้างในผลผลิต ความเป็นอันตรายของสารเคมีต่อผู้ปฏิบัติงานและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ในเวลาต่อมาได้มีการใช้สารอื่นทดแทน สารที่นิยมนำมาทดแทนสารเมทิลโบรไมด์คือ ฟอสฟีน แต่เมื่อใช้เวลานานทำให้ศัตรูพืชเกิดความต้านทานต่อสารนั้น ดังนั้นต้องการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี จึงได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเทคโนโลยีการใช้คลื่นสนามไฟฟ้าให้เกิดความร้อนกับไดอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้กับการกำจัดแมลงที่ปะปนมากับพืชผลิตผลทางการเกษตร พืชที่ผู้วิจัยสนใจนั้นคือ ยาสูบ ซึ่งการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กทริกนั้นจะทำงานอาศัยคลื่นย่านความถี่วิทยุหรือไมโครเวฟเข้าไปในเนื้อวัสดุที่มีโมเลกุลแบบมีขั้ว ทั้งสองรูปแบบนั้นต่างกันที่คลื่นความถี่ที่ใช้ ซึ่งความถี่นั้นมีผลต่อความลึกของคลื่นที่จะสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการศึกษาการกำจัดมอดยาสูบด้วยคลื่นความถี่วิทยุเพื่อกำจัดมอดยาสูบ เป็นการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบ อาศัยการแพร่กระจายคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการให้ความร้อนในยาสูบ ทำการทดสอบหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสม รวมถึงศึกษาผลกระทบของคลื่นความถี่และกำลังงานที่มีผลต่อยาสูบและมอดยาสูบ

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนักศึกษา ปรมินทร์ กันทะขอม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

PORRAMIN KUNTAYOM : RADIO FREQUENCY TREATMENTS ON  
LARGE PLATE FOR INSECT IN TOBACCO. THESIS ADVISOR : ASSOC.  
PROF. CHANCHAI THONGSOPA, Ph.D., 59 PP.

#### RADIO FREQUENCY/ELECTRIC FIELD/ TOBACCO

Insect pest control in agricultural products has long been interesting topics because insect pests are damaging to agricultural products especially agricultural products that need to be quarantined. This problem is solved by using chemicals to fumigation which bringing gaseous chemicals into one area without leakage for get rid of insects that come with the products. Methyl bromide is a common chemical used in fumigation and used for a long time because have a good qualities in fumigation but there are many restrictions on the use such as step of fumigation, duration, space for fumigation and chemical hazards to workers and environmental hazards. Later, other substances were used. Substances that are used to replace methyl bromide is phosphine but when used for a long time, the pest resistance to the substance. So want to avoid the use of chemicals. The use of electromagnetic fields has been studied to solve such problems.

This research uses electric field to heat the dielectric to the apply insect pests control associate to agricultural crops. The plant that the researcher is interested is tobacco. It will work on the radio frequency spectrum or microwave into a material with polar molecules. Both formats differ in the frequency bands used. That frequency affects the depth of the waves that can penetrate into the material. Therefore, the researcher will study the removal of tobacco moth by radio frequency to eliminate tobacco moth. It enhances the quality of tobacco products. Inheritance of electromagnetic wave

propagation in heating in tobacco. Make the right time and temperature. Include study on the effects of spectrum and power on tobacco and tobacco moth.



School of Electronic Engineering

Academic Year 2016

Student's Signature ชรัตน์ กิ่งทอง

Advisor's Signature [Signature]

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภาก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์ ประธานกรรมการ ที่กรุณาให้การแนะนำคำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการเขียน และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศศิกรพัฒน์ และ ดร. อภิชาติ อินทรพาณิชย์ กรรมการ ที่กรุณาให้การแนะนำ และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.สำราญ สันทาคุณัย อาจารย์สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาให้การแนะนำและคำปรึกษาการทำวิจัย

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่และใบยาสูบที่ใช้ในการทดลอง และ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนในการเพาะเลี้ยงมอดยาสูบในการทดลอง

ปรมินทร์ กันทะยอม

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ .....	จ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ .....	ฎ
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ .....	3
<b>2 ทัศนวิสัยวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>4</b>
2.1 แมลงศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวในคลังสินค้า.....	4
2.2 การใช้สารเคมีในการกำจัดมอดยาสูบ.....	5
2.3 เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดมอดยาสูบ.....	6
<b>3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบการให้ความร้อนแกไดอิเล็กตริก.....</b>	<b>13</b>
3.1 .. การให้ความร้อนด้วยความถี่วิทยุ.....	15
3.2 การออกแบบเครื่องกำจัดแมลงในใบยาสูบด้วยความถี่วิทยุ ผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่ .....	16
3.3 การวิเคราะห์และการจำลองลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นสนามไฟฟ้า .....	17



## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4	การวิเคราะห์การส่งผ่านความร้อนแก่ไดโอดีลิกทริกและความลึกลับ	27
3.4.1	การวัดค่าไดโอดีลิกทริกยาสูบ	27
3.4.2	การคำนวณความทะลุทะลวงในวัสดุ	30
3.4.3	การคำนวณหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้วัสดุไดโอดีลิกทริกเกิดความร้อน	31
4	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	36
5	บทสรุป	53
5.1	ปัญหาและข้อเสนอแนะ	54
5.2	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	54
	รายการอ้างอิง	55
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา	58
	ประวัติผู้เขียน	59

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราการตายของแมลงในวอลนัทที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิต่าง ๆ .....	9
2.2 อัตราการตายของแมลงในวอลนัทเทียบกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่เปลือกวอลนัท และเมล็ดวอลนัท.....	10
2.3 อัตราการตายเฉลี่ยของมอดยาสูบในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 W ระยะเวลา 60 วินาที.....	12
3.1 ค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในยาสูบทั้งกล่อง ณ เวลาต่าง ๆ.....	32



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ลักษณะการเข้าทำลายใบยาสูบและผลิตภัณฑ์จากใบยาสูบ.....5
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูญเสียไดอิเล็กตริกกับความถี่ของข้าวสาลีและมอดข้าว.....7
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายของมอดข้าวกับอุณหภูมิของข้าวสาลีที่ความถี่ 39 MHz และ 2,450 MHz หลังจากผ่านคลื่นเป็นระยะเวลา 1 วันและ 8 วัน.....8
2.4	อัตราการตายของแมลงในวอลนัทที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....9
2.5	อัตราการตายของแมลงในวอลนัทเทียบกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่เปลือกวอลนัทและ เมล็ดวอลนัท.....10
2.6	อัตราการตายเฉลี่ยของมอดยาสูบในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 W ระยะเวลา 60 วินาที .....12
3.1	ชุดเพลทอิเล็กทรอนิกส์ที่มีโหลดอิเล็กทรอนิกส์.....14
3.2	ลักษณะทั่วไปของการให้ความร้อนด้วยความถี่วิทยุ.....15
3.3	การเสียดสีกันที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบมีขั้วตามทิศทางของสนามไฟฟ้า.....16
3.4	โครงสร้างเครื่องกำเนิดแมลงไนใบยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่.....17
3.5	จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 2 จุด รูปแบบที่ 1 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....18
3.6	จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 2 จุด รูปแบบที่ 2 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....19
3.7	จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 2 จุด รูปแบบที่ 3 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....21
3.8	จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 2 จุด รูปแบบที่ 4 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....22
3.9	จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 4 จุด รูปแบบที่ 1 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....23
3.10	จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 4 จุด รูปแบบที่ 2 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....24

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 4 จุด รูปแบบที่ 3 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....	25
3.12 จำนวนจุดป้อนกำลังงานและผลการจำลอง (ก) ตำแหน่งจุดป้อนกำลังงานแบบ 4 จุด รูปแบบที่ 4 และ (ข) ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า.....	26
3.13 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าไดอิเล็กตริก.....	28
3.14 การวัดค่าไดอิเล็กตริกยาสูบ.....	29
3.15 กราฟแสดงคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของยาสูบที่ความถี่ต่าง ๆ ของทั้งสองสายพันธุ์ (ก) Dielectric constant ( $\epsilon'$ ) และ (ข) Dielectric Loss Factor ( $\epsilon''$ ).....	30
3.16 กราฟแสดงความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้ยาสูบเกิดความร้อนของ สายพันธุ์ Virginia และสายพันธุ์ Burley.....	33
3.22 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 3,316 V/m.....	34
4.1 การจัดวางกล่องยาสูบบนฐานพลาสติก Polypropylene.....	37
4.2 ถังบรรจุหมอดยาสูบ.....	37
4.3 ตำแหน่งการวางถังหมอดยาสูบ.....	38
4.4 การวางถังที่มียาสูบลงในกล่องยาสูบ.....	38
4.5 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ.....	39
4.6 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านแรกในแต่ละตำแหน่ง (ก) ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข) ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน.....	40
4.7 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก) ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข) ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน.....	42
4.8 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านหน้าเครื่องและหลังเครื่องในแต่ละตำแหน่ง (ก) ด้านหน้าเครื่อง และ (ข) ด้านหลังเครื่อง.....	43
4.9 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก) ด้านหน้าเครื่อง และ (ข) ด้านหลังเครื่อง.....	44
4.10 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านแรกในแต่ละตำแหน่ง (ก) ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข) ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน.....	45

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข)ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน.....	47
4.12 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านหน้าเครื่องและหลังเครื่องในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านหน้าเครื่อง และ (ข)ด้านหลังเครื่อง.....	48
4.13 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านหน้าเครื่อง และ (ข)ด้านหลังเครื่อง.....	49
4.14 เปรียบเทียบอุณหภูมิหลังการกลับกล่องและผ่านการให้ความร้อน (ก)ฝั่งใกล้เพลท ป้อนกำลังงานและฝั่งตรงข้าม และ (ข)ด้านหน้าเครื่องและด้านหลังเครื่อง.....	51
4.15 มอดยาสูบหลังจากผ่านเครื่องให้ความร้อนด้วยความถี่วิทยุ.....	52

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\epsilon'$	=	dielectric loss factor of the material
$\epsilon''$	=	dielectric loss factor of the material
$f$	=	frequency
$d_p$	=	penetration depth
$c$	=	speed of light
$E_{loc}$	=	สนามไฟฟ้าภายใน
$\rho$	=	density of the material
$C_p$	=	specific heat of the material
$\Delta t$	=	time duration
$\Delta T$	=	temperature rise in the material
$P$	=	heat power source density

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ยาสูบนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ในแต่ละปี รายได้ที่มาจากยาสูบมีมูลค่าหลายล้านบาท จากรายงานการเงินของโรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง ในปี 2559 รายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ประมาณ 64,786 หมื่นล้านบาท เป็นการจำหน่ายบุหรี่ในประเทศ 64,722 หมื่นล้านบาทและการจำหน่ายบุหรี่ไปต่างประเทศ 64 ล้านบาท จะเป็นเงินรายได้เข้าคลัง 8,400 ล้านบาท การผลิตบุหรี่ในประเทศไทยเป็นการผูกขาดของรัฐผูกควบคุมภายใต้หน่วยงานโรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง (นันทวัน, 2557) โรงงานยาสูบจะรับซื้อใบยาสูบจากเกษตรกรแล้วนำมาแปรรูปเป็นบุหรี่สำเร็จรูปออกจำหน่าย ในระหว่างรอกการแปรรูปใบยาสูบจะถูกเก็บไว้ในคลังสินค้า การเก็บใบยาสูบไว้ในคลังสินค้าเป็นเวลานานมักถูกแมลงเข้ามากัดกินและทำลายสินค้า แมลงที่เป็นปัญหาคือมอดยาสูบ มอดยาสูบเป็นแมลงขนาดเล็กตัวโตเต็มวัยมีขนาดเพียง 2 – 3 mm มีสีน้ำตาลดำ ชอบอาศัยอยู่ในรอยแตก วัฏจักรของมอดยาสูบจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและแหล่งอาหาร โดยส่วนใหญ่จะใช้เวลา 40 ถึง 90 วันแต่ถ้าหากอุณหภูมิอยู่ที่ 37 °C จะใช้เวลาเพียง 26 วันในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย (Brian., 2001) ตัวอ่อนมอดยาสูบไม่ได้กินใบยาสูบแห้งเป็นอาหารเพียงอย่างเดียวแต่ยังสามารถกินพืชอื่น ๆ ได้ เช่น แปะก๊วย ถั่ว กะถั่ว พืช โกโก้ เมล็ดกาแฟ สมุนไพร เครื่องเทศ ถั่ว ข้าว เป็นต้น (Brian., 2001; Joseph et al.,1982) ทำให้การขยายพันธุ์ของมอดยาสูบเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว มอดยาสูบจะเข้าทำลายใบยาสูบแห้งโดยการกัดกินและวางไข่ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของใบยาสูบในประเทศจีนมีการสูญเสียน้ำหนักของใบยาจากการเข้าทำลายของแมลงถึง 32.8 ล้านkgทุกปี เป็นมูลค่า 55.3 ล้านดอลลาร์ (Cheng et al.,1998) นับว่าเป็นการสูญเสียที่มีมูลค่ามหาศาล ดังนั้นจึงได้มีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการใช้การรมยา การรมยาเป็นการนำยาฆ่าแมลงไปเก็บกักไว้ในบริเวณที่มีแมลงศัตรูพืชเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้แมลงตาย สารเคมีที่ใช้ในการรมยาจะมีหลายชนิด

เช่น สารไพรีทรินซึ่งสามารถสกัดได้จากดอกไม้ประเภทเบญจมาศ, สารเคมี 2,2-chlorovinyl dimethyl phosphate (DDVP), ไฮโดรเจนไซยาไนด์, เมทิลโบรไมด์, acrylonitrile-carbon tetrachloride และฟอสฟีน เป็นต้น สารเคมีดังกล่าวมีความยุ่งยากในการใช้งานและความอันตรายแตกต่างกันไป สารเคมีที่ใช้ในการรมส่วนใหญ่จะมีอันตรายต่อผู้ใช้จึงทำให้ในการรมยาแต่ละครั้งจะต้องมีผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ดำเนินการให้ ในการรมยาแต่ละครั้งจะใช้เวลาค่อนข้างนานขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ใช้และต้องมีการรมซ้ำหากเกิดพบแมลงศัตรูพืชอีก (Joseph et al.,1982 ) ในปัจจุบันมีแนวโน้มการยกเลิกใช้สารเคมีเนื่องจากความเป็นกังวลของสารเคมีตกค้าง สารเคมีบางชนิดเป็นตัวการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ เช่น เมทิลโบรไมด์ การต้านทานสารเคมีของแมลงศัตรูพืช ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้เทคโนโลยีการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริก (Dielectric Heating) เป็นการให้ความร้อนโดยอาศัยคลื่นย่านความถี่วิทยุหรือไมโครเวฟเข้าไปในวัสดุที่มีโมเลกุลแบบมีขั้ว โมเลกุลแบบมีขั้วจะเกิดการเรียงตัวตามทิศทางของสนามไฟฟ้าที่ส่งผ่านเข้ามาทำให้เกิดการชน (Collisions) หรือเสียดสีของโมเลกุลและเกิดเป็นความร้อนกระจายไปทั่ววัสดุ ซึ่งรูปแบบการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกประกอบด้วย 2 รูปแบบหลักคือ การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio frequency heating) และการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟ (Microwave heating) ทั้งสองรูปแบบต่างกันที่ย่านของคลื่นความถี่ที่ใช้ ซึ่งมีผลต่อความลึกของคลื่นที่สามารถทะลุผ่านเข้าไปในวัสดุได้

สำหรับเทคโนโลยีการให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกได้มีการพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในด้านการเกษตรมากขึ้น เช่น ศึกษาคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของผลไม้และพืชทางการเกษตรโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุและไมโครเวฟ (Tran et al.,1984; Berbert et al.,2001; Nelson.,2008; Liao et al.,2011) ศึกษาคุณสมบัติของพืชและแมลงเปรียบเทียบกัน (Ikediala et al.,2000; Wang et al.,2003; Wang et al.,2003; Guo et al.,2011) ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ในการกำจัดแมลงในเมล็ดพืชและผลไม้ (Charity et al.,1972; Nelson.,1996; Mitcham et al.,2004; Wang et al.,2007; Jiao et al.,2012) ในงานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยได้สนใจการประยุกต์ใช้การให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริกในการกำจัดมอดยาสูบเพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสูบ อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและผู้ผลิตเอง โดยจะทำการศึกษาการแพร่กระจายสนามไฟฟ้าในการให้ความร้อนแก่ใบยาสูบและทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดมอดยาสูบ



## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- (1) สร้างเครื่องกำจัดมอดยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่ที่สามารถกำจัดมอดยาสูบได้
- (2) เพื่อศึกษาดำเนินงานจุดป้อนกำลังงานที่เหมาะสมกับแผ่นเพลทขนาดใหญ่

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- (1) สร้างเครื่องกำจัดมอดยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่
- (2) ทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องที่สร้างขึ้น โดยสามารถกำจัดมอดในใบยาสูบได้

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้เครื่องกำจัดมอดยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่ที่สามารถกำจัดมอดยาสูบได้

## บทที่ 2

### ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แมลงศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวในคลังสินค้า

แมลงศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวในประเทศไทยมีหลากหลายชนิดแบ่งตามชนิดของพืช เช่น ข้าวสาร มอดข้าวเปลือก ผีเสื้อข้าวเปลือก ผีเสื้อข้าวสาร มอดยาสูบ ผีเสื้อยาสูบ มอดแป้ง เป็นต้น แมลงที่กล่าวมาข้างต้นมีวัฏจักรและการเข้าทำลายพืชหลังการเก็บเกี่ยวในคลังสินค้าที่ต่างกัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาวัฏจักรและลักษณะการเข้าทำลายของมอดยาสูบเพียงชนิดเดียว ซึ่งเป็นแมลงที่สร้างความเสียหายให้กับใบยาสูบเป็นอย่างมาก มอดยาสูบเป็นแมลงขนาดเล็กมีสีน้ำตาลออกดำตัวโตเต็มวัยมีความยาวเพียง 2 ถึง 3 mm ไข่จะมีสีขาวยาวประมาณ 0.5 mm ตัวเมียจะมีการวางไข่จำนวนมาก 40 ถึง 100 ฟอง ไข่จะฟักใน 6 ถึง 10 วัน และกลายเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะโตเต็มที่ประมาณ 30 ถึง 50 วันในช่วงระยะเวลาดังกล่าวจะเป็นช่วงที่เกิดการทำลายใบยาสูบขึ้น โดยตัวอ่อนจะกัดกินใบยาสูบเจาะเป็นรู ทำให้น้ำหนักของใบยาสูบหายไป เมื่อตัวอ่อนโตเต็มที่กลายเป็นตัวโตเต็มวัยจะมีอายุเพียง 2 ถึง 4 สัปดาห์ (Joseph et al., 1982) โดยส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ไข่จนถึงตัวโตเต็มวัย 40 ถึง 90 วันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิอยู่ที่ 37 °C จะใช้เวลาเพียง 26 วันในการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย มอดยาสูบไม่ได้กินอาหารเป็นใบยาสูบเพียงชนิดเดียวแต่ยังสามารถกินพืชอื่น ๆ ได้ เช่น แป้ง ลูกเกด ธัญพืช โกโก้ เมล็ดกาแฟ สมุนไพร เครื่องเทศ ถั่ว ข้าว เป็นต้น (Brian., 2001) ลักษณะการเข้าทำลายของมอดยาสูบคือ การกัดกินใบยาสูบทำให้เสียน้ำหนักของใบยา แสดงดังรูปที่ 2.1 และการทิ้งเศษซากของมอดยาสูบทำให้ใบยาเสียรสชาติ การสูญเสียน้ำหนักของใบยาจากการเข้าทำลายของมอดยาสูบนั้นมีมูลค่ามหาศาลโดยในประเทศจีนมีการสำรวจน้ำหนักของใบยาที่สูญเสียไปมากถึง 32.8 ล้านกิโลกรัมต่อปี เป็นมูลค่า 55.3 ล้านดอลลาร์ (Cheng et al., 1998)



[https://www.agric.wa.gov.au/sites/all/modules/custom/seed\\_tools/pestweb/1005292102.html](https://www.agric.wa.gov.au/sites/all/modules/custom/seed_tools/pestweb/1005292102.html)



<https://pestid.msu.edu/insects-and-arthropods/cigarette-beetle/>

รูปที่ 2.1 ลักษณะการเข้าทำลายใบยาสูบและผลิตภัณฑ์จากใบยาสูบ

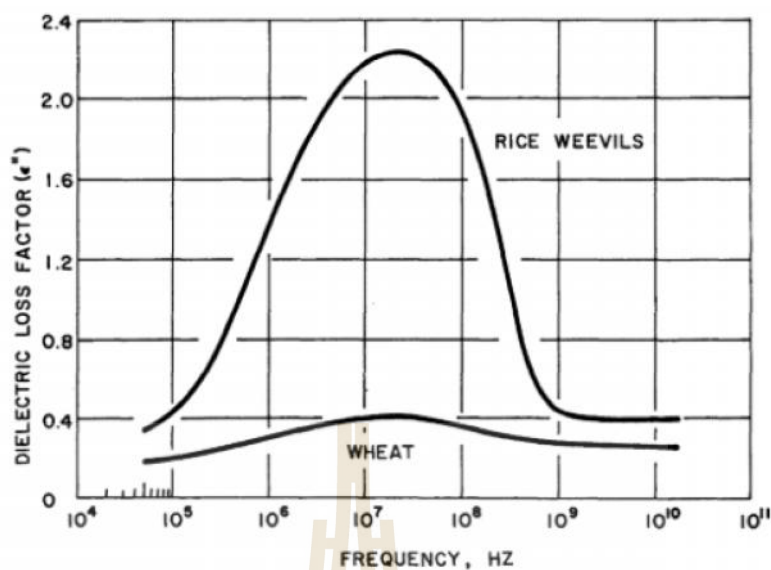
## 2.2 การใช้สารเคมีในการกำจัดมอดยาสูบ

การแก้ปัญหาข้างต้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจะใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลง แต่วิธีในการใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารเคมี จากการศึกษาหนังสือคู่มือ STORED TOBACCO INSECTS (Joseph et al., 1982) สารที่ใช้ในการกำจัดแมลงในอดีตจะใช้สารไพรีทริน (Pyrethrin) ซึ่งเป็นสารสกัดจากดอกไพรีทรัม จะใช้ผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วพ่นแบบละอองเข้าไปในคลังสินค้า โดยจะใช้ในช่วงเวลาเย็นถึงเที่ยงคืนซึ่งเป็นช่วงที่แมลงในคลังบินมากที่สุด การทำแบบนี้เพื่อกำจัดแมลงตัวโตเต็มวัยไม่ให้อาหารวางไข่ต่อไป อย่างไรก็ตามสารดังกล่าวเป็นสารไวไฟปานกลางอาจจะระเบิดได้ภายใต้เงื่อนไขบางประการ สาร DDVP (2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate) จะใช้ผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมและพ่นแบบไอเข้าไปในคลังสินค้าเพื่อกำจัดแมลงในคลังสินค้าที่บินอยู่เหมือนกับสารก่อนหน้า อย่างไรก็ตามสารดังกล่าวที่เป็นของเหลวเป็นอันตรายมาก ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสที่ผิว เป็นอันตรายที่จะสูดดม สารไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen cyanide) เป็นสารที่ใช้ในการรมยา สำหรับพื้นที่ปิด ปริมาณของไฮโดรเจนไซยาไนด์ที่ใช้ในการรมจะแตกต่างกันออกไปตามความหนาของสินค้า ถ้าหากพื้นที่ที่ทำการรมมีการรั่วไหลจำเป็นจะต้องเพิ่มปริมาณของไฮโดรเจนไซยาไนด์ เพื่อให้สารสามารถเจาะลึกเข้าไปในถังบรรจุยาสูบ สารเมทิลโบรไมด์ (Methyl bromide) ใช้งานเหมือนกับสารไฮโดรเจนไซยาไนด์คือใช้ในการรมในพื้นที่ปิด มีการทะเลาะวิวาทคิดว่า

การรมยาในพื้นที่ปิดจะมีการรมในพื้นที่ที่มีความดันอากาศโลกสารที่นิยมใช้คือ ไฮโดรเจน ไชยาไนด์และเมทิลโบรไมด์สารทั้งสองมีความเป็นอันตรายควรดำเนินการโดยบุคคลที่มีประสบการณ์ การวางของสินค้าควรวางให้มีระยะห่างเพื่อให้สารรมเข้าถึงใบยาสูบได้ระยะเวลาในการรมตามอัตราส่วนของสารที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 72 ชั่วโมง และอุณหภูมิภายในควรสูงกว่า 21 °C การรมยาในห้องสุญญากาศเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงมาก ไฮโดรเจน ไชยาไนด์เป็นที่นิยม โดยเฉพาะบุหรี่ยาสูบ ไม่ค่อยมีการใช้กับซิการ์เนื่องจากกลิ่นอยู่ได้นานหลายสัปดาห์ เมทิลโบรไมด์ ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากเป็นสารรมที่ดีแต่ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่ถึงประสงค์ ในปัจจุบันในประเทศไทย โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลังได้ใช้วิธีการกำจัดมอดยาสูบในคลังสินค้าโดยการรมในพื้นที่ปิด สารที่ใช้ในการรมคือ ฟอสฟีน สารฟอสฟีนจะอยู่ในรูปแบบเม็ด แบบถุง และแบบแผ่นพับต่อกัน ในรูปแบบถุงจะเหมาะสมกับกับผลผลิตประเภทยาสูบ เนื่องจากไม่ต้องการให้เศษผงที่เหลือของสารฟอสฟีนเข้าไปปนเปื้อนในผลผลิต อย่างไรก็ตามฟอสฟีนยังมีข้อจำกัดในการใช้ เช่น ความชื้นโดยผู้เชี่ยวชาญเพราะเป็นสารไวไฟที่ความเข้มข้นสูง ใช้เวลาในการรมถึง 120 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจะมีการสุ่มวัดความดันก๊าซ ถ้าหากต่ำกว่า 300 ppm ให้มีการรมซ้ำ แผลงมีการด้านทานสารฆ่าแมลงเนื่องจากการใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ใช้บ่อยครั้ง ใช้ในอัตราที่ไม่เหมาะสม

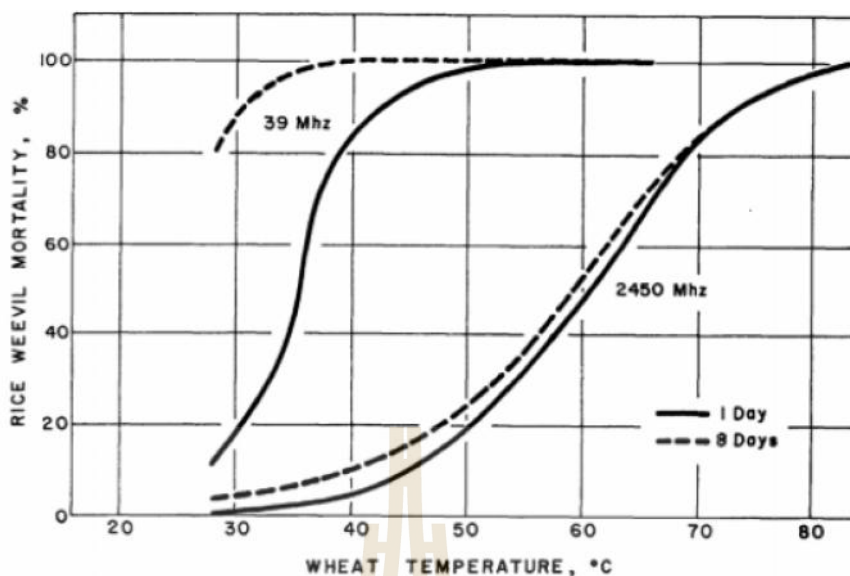
### 2.3 เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดมอดยาสูบ

เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดมอดยาสูบคือ การให้ความร้อนแบบไดอิเล็กตริก เป็นการทำให้วัสดุไดอิเล็กตริกเกิดความร้อนขึ้นจากการเสียดสีของโมเลกุลภายใน เทคโนโลยีดังกล่าวได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับการกำจัดแมลงในพืชหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด งานวิจัยของ Nelson, (1996) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของข้าวสาลีที่ความชื้น 10.6 % ที่อุณหภูมิ 24 °C กับคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของมอดข้าวตัวโตเต็มวัย เมื่อพิจารณาจากกราฟค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก (Dielectric loss factor) แสดงดังรูปที่ 2.2 มอดข้าวมีค่าสูญเสียไดอิเล็กตริกสูงกว่าข้าวสาลี หมายความว่ามอดข้าวสามารถจับพลังงานจากสนามไฟฟ้าได้ดีกว่าข้าวสาลี



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูญเสียไดอิเล็กตริกกับความถี่ของข้าวสาลีและมอดข้าว (Nelson., 1996)

งานวิจัยนี้ได้มีการทดสอบกำจัดมอดข้าวโดยใช้ความถี่ที่ 39 MHz และ 2,450 MHz และได้แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 2.3 ที่ความถี่ 39 MHz มอดข้าวตาย 100 % หลังจากผ่านคลื่น 1 วัน ที่อุณหภูมิของข้าวสาลีประมาณ 55 °C แต่ที่ความถี่ 2,450 MHz มอดข้าวจะตาย 100 % หลังจากผ่านคลื่น 1 วัน อุณหภูมิของข้าวสาลีจะต้องสูงกว่า 80 °C และถ้าหากเก็บข้าวสาลีที่อุณหภูมิประมาณ 40 °C หลังจากผ่านคลื่นความถี่ 39 MHz ใ้นาน 8 วัน มอดข้าวจะตาย 100 % แต่ที่ความถี่ 2,450 MHz จะต้องเก็บข้าวสาลีที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 °C และเก็บใ้นาน 8 วันมอดข้าวถึงจะตาย 100 %



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายของมอดข้าวกับอุณหภูมิของข้าวสาลีที่ความถี่ 39 MHz และ 2,450 MHz หลังจากผ่านคลื่นเป็นระยะเวลา 1 วันและ 8 วัน (Nelson., 1996)

จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะใช้ความถี่วิทยุในการประยุกต์ใช้ในการกำจัดมอดข้าว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุกำจัดแมลง งานวิจัยของ Mitcham et al. (2004) ได้ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมแมลงในวอลนัท งานวิจัยนี้ใช้เครื่องที่มีความถี่ 27 MHz กำลังงาน 12 kW ระยะห่างระหว่างเพลทอยู่ที่ 20.5 cm เพื่อให้กล่องบรรจุวอลนัทสามารถเข้าไประหว่างเพลทได้ อุณหภูมิของเมล็ดวอลนัทที่งานวิจัยนี้ต้องการคือ 55 °C จะมีการวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic Thermometer) 8 สายสอดวัดเข้าไปในเมล็ดวอลนัท โดยจะสอดวัดด้านล่าง 4 สายและด้านบน 4 สาย เมื่อทำการทดสอบหาอัตราการตายของแมลงในวอลนัทจะเป็นไปตามรูปที่ 2.4 แมลงในวอลนัทจะเริ่มตายมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้นและตาย 100 % ที่อุณหภูมิของเมล็ดวอลนัทอยู่ที่ 55 °C

ตารางที่ 2.1 อัตราการตายของแมลงในวอลนัทที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิต่าง ๆ (Mitcham et al.,2004)

Treatment	Live	Dead	Pupae	Empty nut	Total	Mortality (%)
Control	209	0	41	15	224	0
47 °C	110	51	2	12	173	32
50°C	40	137	0	10	192	77
53°C	2	185	0	6	193	99
55°C	0	329	0	4	333	100

งานวิจัยของ Wang et al. (2007) ได้มีการประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการกำจัดแมลงในวอลนัทในระดับอุตสาหกรรม เป็นงานวิจัยต่อยอดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไป งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องที่มีความถี่ 27 MHz กำลังงาน 25 kW แผ่นอิเล็กทรอนิกส์ด้านบนมีขนาดกว้าง 0.6 เมตร ยาว 1.3 เมตรและหนา 0.4 mm ทั้งสองแผ่น ระยะห่างระหว่างเพลทบนกับเพลทล่างสามารถปรับได้จาก 26 cm ถึง 40 เซนติเมตร โดยจะใช้สายพานลำเลียงวัสดุเข้าไประหว่างเพลท ในระบบของงานวิจัยนี้จะใช้ลมร้อนจากภายนอกเข้าช่วยเพื่อให้มีความสม่ำเสมอของความร้อนที่เกิดขึ้นกับวอลนัท ในการทดลองจะนำวอลนัทใส่ลงไปในภาชนะบรรจุจำนวน 11 kg (วอลนัทประมาณ 800 ลูก) วางบนสายพานลำเลียง ก่อนการเปิดเครื่องควบคุมแมลงจะทำการเปิดเครื่องกำเนิดลมร้อนก่อนประมาณ 2 ชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิในช่องระหว่างเพลทไม่น้อยกว่า 60 °C ระยะห่างระหว่างเพลทที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่ 28 cm ภาชนะบรรจุวอลนัท 17 ถังจะถูกวางบนสายพานลำเลียงไปเรื่อย ๆ จนครบและถังแรกจะถูกวนเข้าเครื่องต่อเป็นรอบที่สอง ถือว่าเสร็จกระบวนการกำจัดแมลงในวอลนัท วอลนัทที่นำมาทดลองจะถูกแบ่งเป็นสองแบบคือวอลนัทที่ไม่ได้ผ่านการชำระล้างและวอลนัทที่ผ่านการชำระล้างและทำให้แห้งโดยลมร้อน วอลนัทที่อยู่ในภาชนะบรรจุถังที่ 9 และ 12 จะถูกนำมาเก็บเป็นผลการทดลอง ผลการทดลองการกำจัดแมลงในวอลนัทเทียบกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่เปลือกของวอลนัทและเมล็ดวอลนัทแสดงดังรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.2 อัตราการตายของแมลงในวอลนัทเทียบกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่เปลือกวอลนัทและเมล็ดวอลนัท (Wang et al.,2007)

<b>Unwashed walnuts</b>					
Replicates	Runs	Containers	Kernel temperatures (°C)	Surface temperatures (°C)	Mortality (%)
Rep 1		Control	25.8 ± 0.7	26.4 ± 1.6	0
	1	#9	60.0 ± 5.2	63.4 ± 2.8	100
		#12	58.3 ± 3.4	63.5 ± 3.3	100
	2	#9	57.4 ± 2.0	64.3 ± 2.8	100
		#12	58.5 ± 4.7	64.0 ± 2.6	100
Rep 2		Control	23.7 ± 0.5	23.0 ± 0.5	1.1
	1	#9	57.5 ± 1.9	62.3 ± 2.9	100
		#12	58.2 ± 1.9	62.4 ± 3.1	100
	2	#9	57.4 ± 2.2	61.8 ± 3.1	100
		#12	58.5 ± 1.6	63.8 ± 3.5	100
Rep 3		Control	23.6 ± 0.9	23.9 ± 0.5	0
	1	#9	54.8 ± 2.1	58.6	100
		#12	56.7 ± 2.3	59.6	100
	2	#9	57.0 ± 2.8	58.6	100
		#12	55.3 ± 2.3	60.1	100
<b>Hot air-dried walnuts</b>					
Rep 1		Control	27.1 ± 1.1	26.7 ± 0.6	1
	1	#9	59.0 ± 2.3	67.2 ± 5.0	100
		#12	61.4 ± 5.9	68.4 ± 6.2	100
	2	#9	59.2 ± 3.0	64.5 ± 3.3	100
		#12	59.0 ± 2.4	66.0 ± 4.0	100



ตารางที่ 2.2 อัตราการตายของแมลงในวอลนัทที่เทียบกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่เปลือกวอลนัทและเมล็ดวอลนัท (ต่อ)

Rep 2		Control	$27.7 \pm 1.1$	$26.7 \pm 0.6$	1
	1	#9	$58.9 \pm 1.7$	60.8	100
		#12	$59.8 \pm 5.8$	61.9	100
	2	#9	$55.2 \pm 1.8$	58.8	100
		#12	$56.6 \pm 1.8$	60.0	100

วอลนัทที่ไม่ได้ชำระล้างผ่านเครื่องกำจัดแมลง 2 ครั้งแมลงในวอลนัทตาย 100 % ทำซ้ำ 3 ครั้ง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับเปลือกวอลนัทโดยเฉลี่ยอยู่ที่  $62^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิที่เมล็ดวอลนัทโดยเฉลี่ยอยู่ที่  $58^{\circ}\text{C}$  และวอลนัทที่ผ่านการชำระล้างและทำให้แห้งด้วยลมร้อน ผ่านเครื่องกำจัดแมลง แมลงในวอลนัทตาย 100 % ทำซ้ำ 2 ครั้ง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับเปลือกวอลนัทโดยเฉลี่ยอยู่ที่  $63^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิที่เมล็ดวอลนัทโดยเฉลี่ยอยู่ที่  $58.6^{\circ}\text{C}$  อัตราการตายและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับวอลนัททั้งสองรูปแบบมีค่าที่ไม่ต่างกันมาก โดยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่เปลือกวอลนัทจะมีค่าสูงกว่าที่เมล็ดวอลนัทแต่สูงกว่ากันไม่มากโดยประมาณ  $4^{\circ}\text{C}$

งานวิจัยของ Jiao et al. (2012) ได้ประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการกำจัดแมลงในถั่วเลนทิล ในระดับอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องที่มีความถี่ 27 MHz กำลังงาน 6 kW ใช้งานร่วมกับเครื่องกำเนิดลมร้อน ถั่วเลนทิลจะถูกบรรจุในภาชนะพลาสติก โพลีโพรพิลีนที่มีรูด้านข้างและด้านล่างของกล่องเพื่อให้ลมร้อนผ่านถั่วเลนทิลได้ แผ่นอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิสเตอร์ด้านบนมีขนาดยาว 0.69 เมตร กว้าง 0.5 เมตร ครอบคลุมภาชนะบรรจุถั่วเลนทิล 3 กล่อง โดยระยะห่างระหว่างเพลาสามารถปรับได้ตั้งแต่ 13.5 cm ถึง 18 cm เพื่อให้กล่องบรรจุถั่วไหลผ่านได้สะดวกงานวิจัยนี้จึงได้ทดลองปรับระยะห่างระหว่างเพลา 14 cm 14.5 cm และ 15 cm ซึ่งได้ผลว่าระยะห่างระหว่างเพลา 14 cm เหมาะสมที่สุดเนื่องจากใช้เวลาในการทำให้ถั่วเลนทิลมีอุณหภูมิถึง  $60^{\circ}\text{C}$  น้อยที่สุด 5.5 นาที และได้ทำการบันทึกอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่ผิวของถั่วเลนทิลและภายในเมล็ดถั่ว ซึ่งอุณหภูมิที่ผิวและภายในของถั่วมีค่าไม่ต่างกันมาก และงานวิจัยนี้ได้ทดสอบถึงการเปลี่ยนแปลงของความชื้น สี อัตราการงอกอีกด้วย ซึ่งผลที่ได้ค่าดังกล่าวหลังจากผ่านเครื่องแล้วมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ในประเทศไทยงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ความถี่วิทยุในการกำจัดแมลงที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา คือ งานวิจัยของ รติษฐ. (2554) ได้ประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุกับมอดยาสูบเพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอดและยาสูบ งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องที่ความถี่ 27.12 MHz ในการทดลองจะใช้ก้อนยาสูบ ขนาดกว้าง 15 cm ยาว 15 cm และสูง 7 เซนติเมตรและนำมอดยาสูบใส่เข้าไปที่ก้อนยาสูบ 4 ด้าน โดยใส่มอดยาสูบแต่ละระยะการเติบโตอย่างละ 10 ตัวและห่อด้วยถุงพลาสติกก่อนทำการทดลอง 2 วัน ผลการทดลองอัตราการตายเฉลี่ยของมอดยาสูบในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ผ่านคลื่นความถี่ ที่ระดับพลังงาน 420 W ระยะเวลา 60 วินาที แสดงดังรูปที่ 2.6 ไช้มอดยาสูบมีอัตราการตายสูงที่สุด ที่ 99.37 % และตัวโตเต็มวัยมีอัตราการตายน้อยที่สุด 55 %

**ตารางที่ 2.3** อัตราการตายเฉลี่ยของมอดยาสูบในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 W ระยะเวลา 60 วินาที (รติษฐ.,2554)

ระยะการเจริญเติบโต	เปอร์เซ็นต์การตาย $\pm$ SE
ไข่	99.37 $\pm$ 0.04
หนอน	97.50 $\pm$ 0.11
ดักแด้	81.88 $\pm$ 0.14
ตัวเต็มวัย	55.00 $\pm$ 0.17

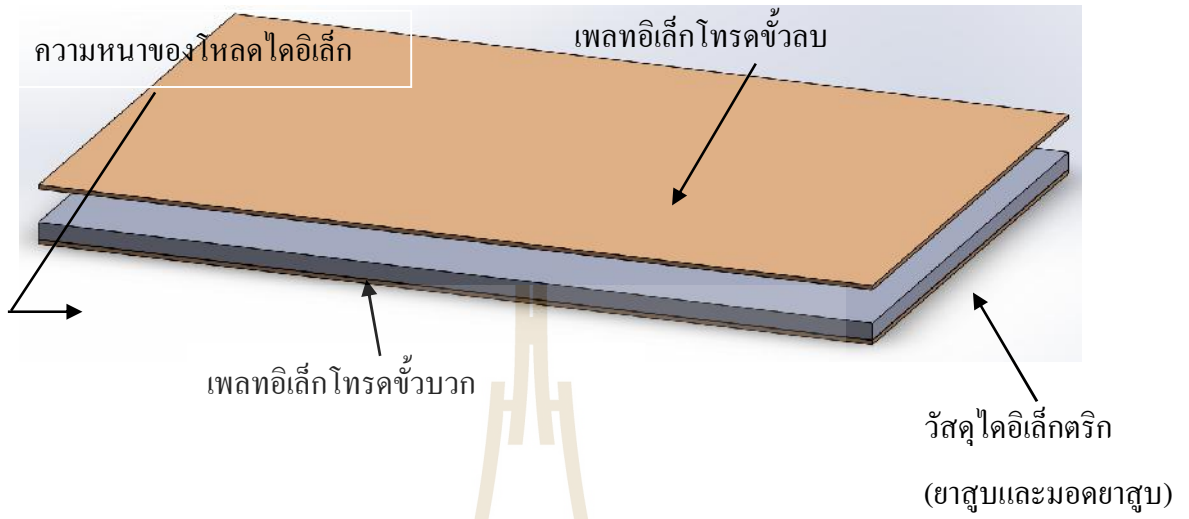
เมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดมอดยาสูบเป็น 180 วินาทีตัวโตเต็มวัยของมอดยาสูบมีอัตราการตายอยู่ที่ 100 % และนำใบยาสูบที่ผ่านเครื่องเป็นระยะเวลา 180 วินาที ไปทดสอบผลการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น สี ปริมาณนิโคตินและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง ผลการทดลองค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการให้ความด้วยคลื่นความถี่วิทยุสามารถทำให้แมลงที่ปะปนมากับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้รับพลังงานและกลายเป็นความร้อนจนตาย ซึ่งอุณหภูมิของผลผลิตมีค่าที่ไม่สูงมากจนทำให้คุณภาพเปลี่ยน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุกำจัดมอดยาสูบผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่เพื่อกำจัดมอดยาสูบที่ถูกบรรจุในกล่องยาสูบ (TELE C-48) ที่ใช้ในประเทศไทย

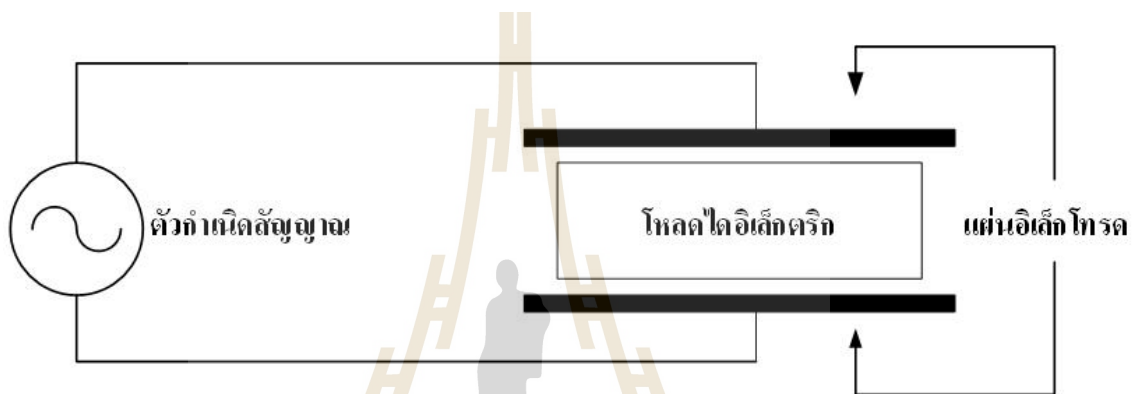
### บทที่ 3

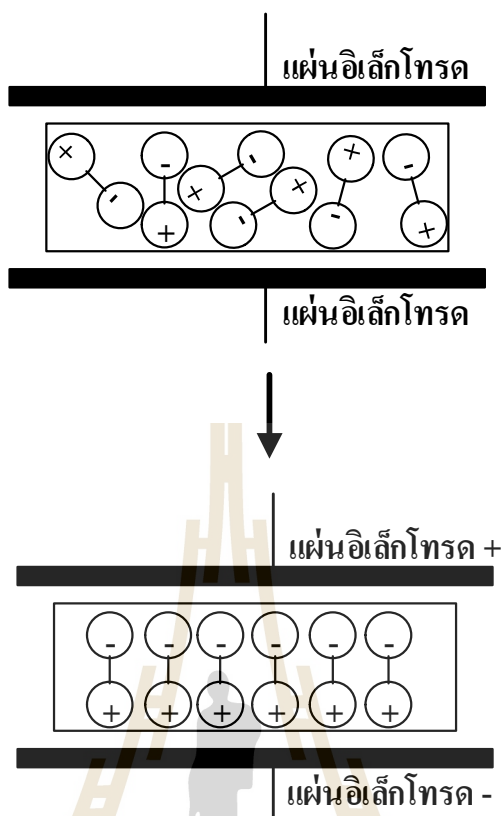
#### วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงการออกแบบเครื่องให้ความร้อนความถี่วิทยุซึ่งประกอบไปด้วยส่วนหลักคือ แหล่งจ่ายกำลังงาน ชุดกำเนิดความถี่วิทยุและชุดแผ่นเพลทอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของแหล่งจ่ายกำลังงานเป็นส่วนที่ให้กำลังงานให้กับชุดกำเนิดความถี่เพื่อให้ชุดกำเนิดความถี่วิทยุนำไปใช้ในการสร้างความถี่ซึ่งแหล่งจ่ายกำลังงานมีขนาด 20 kW ในส่วนของชุดกำเนิดความถี่เป็นชุดที่จะสร้างความถี่ออกไปให้กับชุดแผ่นอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างเป็นสนามไฟฟ้าเหนี่ยวนำโมเลกุลของวัสดุไดอิเล็กตริกให้เกิดความร้อน ความถี่ที่ใช้คือ 20 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านวิทยุ ในส่วนสุดท้ายชุดแผ่นอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนที่สนามไฟฟ้าเกิดขึ้นที่บริเวณนี้โดยแผ่นเพลทจะมีอยู่สองส่วนหลักคือ เพลทที่เป็นขั้วบวกและเพลทที่เป็นขั้วลบ ระหว่างเพลททั้งสองจะมีโพลไดอิเล็กตริกคั่นอยู่เพื่อสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างเพลทนั้นจะได้เหนี่ยวนำโพลไดอิเล็กตริกให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งโพลไดอิเล็กตริกที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือ ยาสูบและมอดยาสูบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

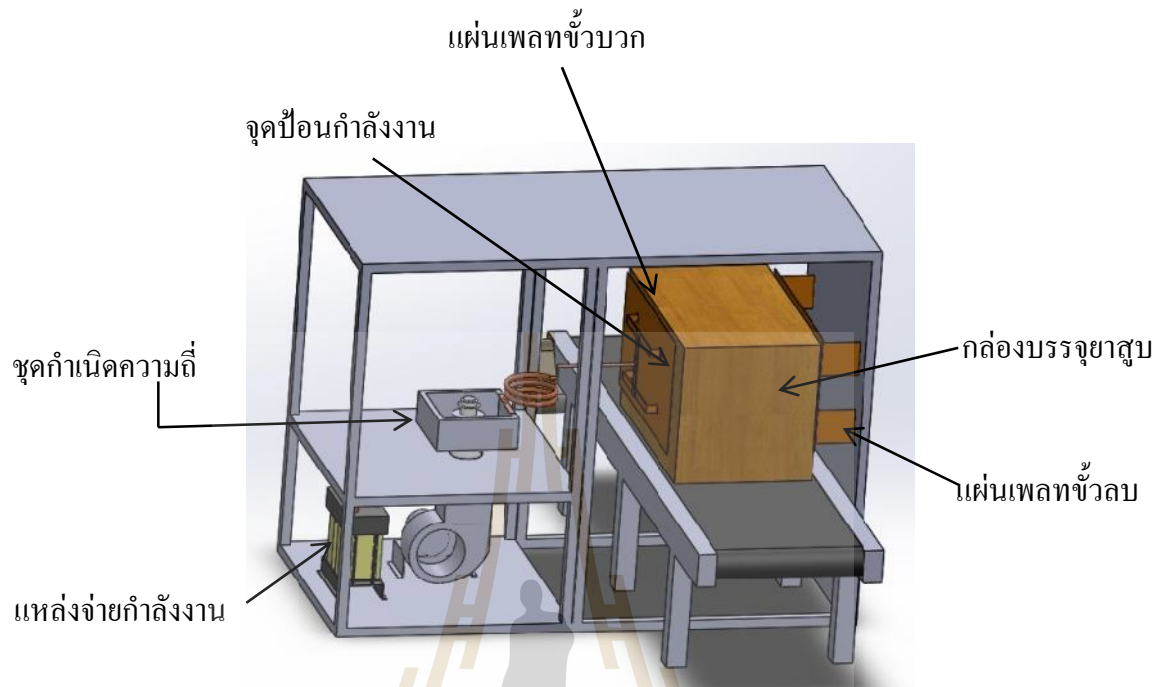


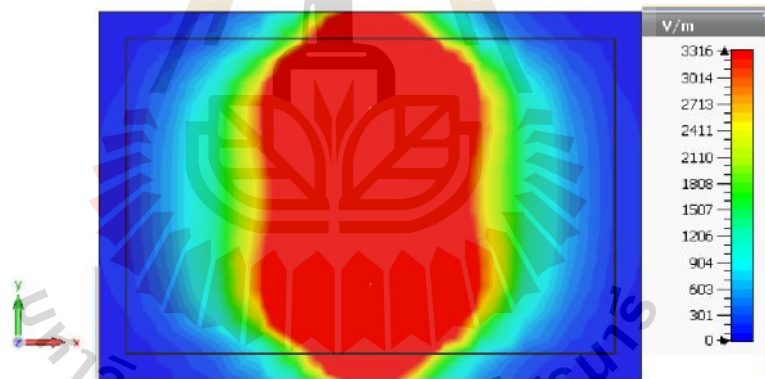
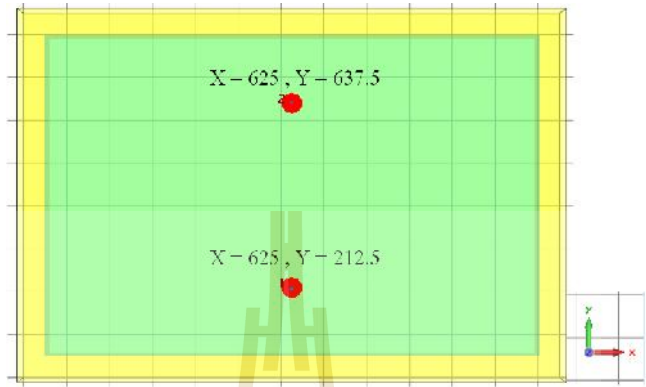


รูปที่ 3.3 การเสียดสีกันที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบมีขั้วตามทิศทางของสนามไฟฟ้า

### 3.2 การออกแบบเครื่องกำเนิดแมลงไนโบยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่

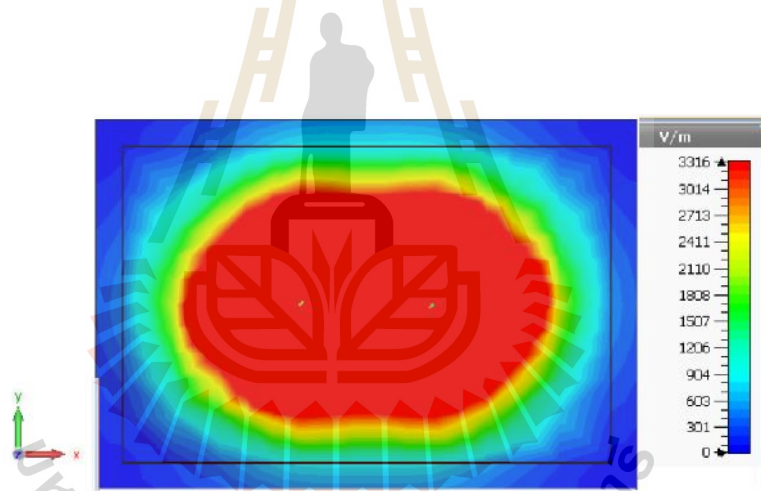
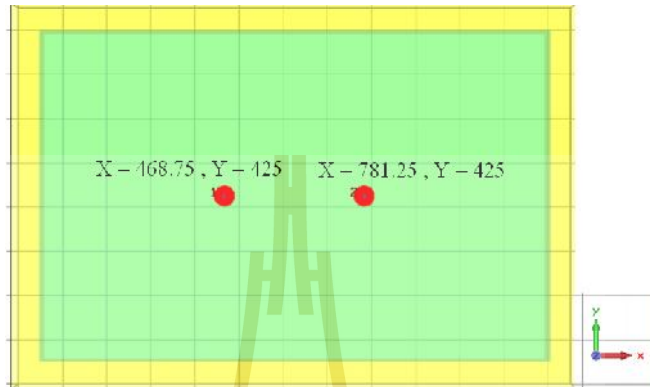
ในส่วนของการออกแบบเครื่องกำเนิดแมลงไนโบยาสูบด้วยความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่ นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนหลักคือ แหล่งกำเนิดพลังงาน 20 kW จ่ายกำลังงานให้กับชุดกำเนิดความถี่หลอดไตรโอดสร้างความถี่เท่ากับ 20 MHz ส่งต่อกำลังงานให้กับตัวสร้างสนามไฟฟ้าแบบแผ่นเพลทซึ่งจะประกอบไปด้วยเพลทอิเล็กโทรดขั้วบวกและเพลทอิเล็กโทรดขั้วลบ จากขนาดของหลอดไดอิเล็กตริกซึ่งเป็นกล่องเพื่อบรรจุยาสูบมีขนาดความกว้างเท่ากับ 70 cm ความยาวเท่ากับ 113 cm และความสูงเท่ากับ 73 cm ผู้วิจัยได้เลือกวัสดุอะลูมิเนียมมาทำเป็นแผ่นเพลททั้งสองแผ่น โดยให้มีขนาดความยาวเท่ากับ 125 cm ความสูงเท่ากับ 85 cm และความหนาเท่ากับ 5 mm เนื่องจากกล่องบรรจุยาสูบกว้าง 70 cm จึงเลือกระยะห่างของเพลทอยู่ที่ 85 cm เพื่อให้มีการขนย้ายกล่องบรรจุยาสูบได้



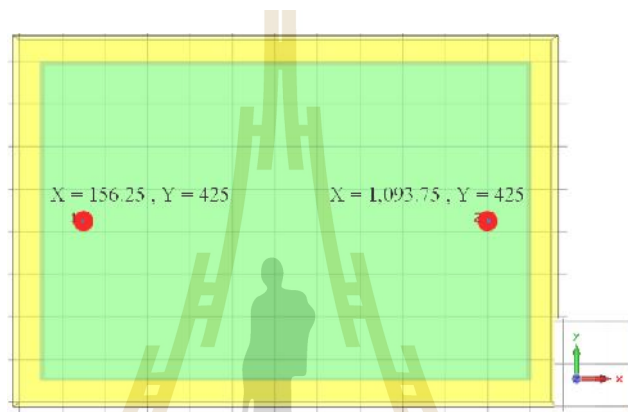


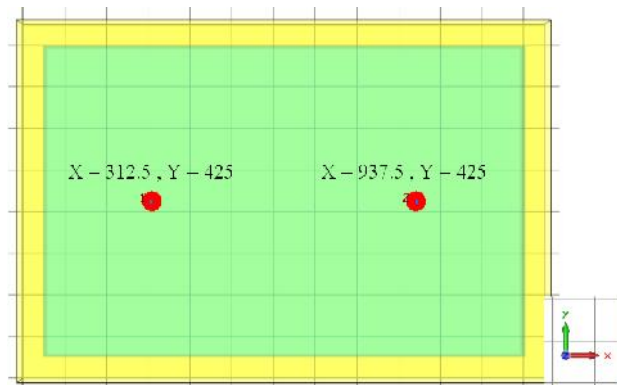
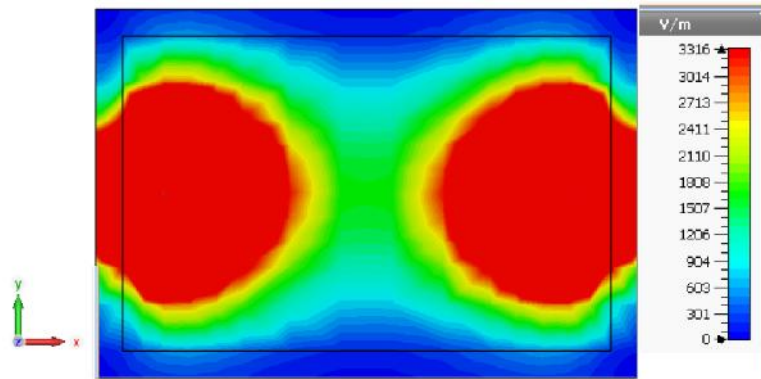
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

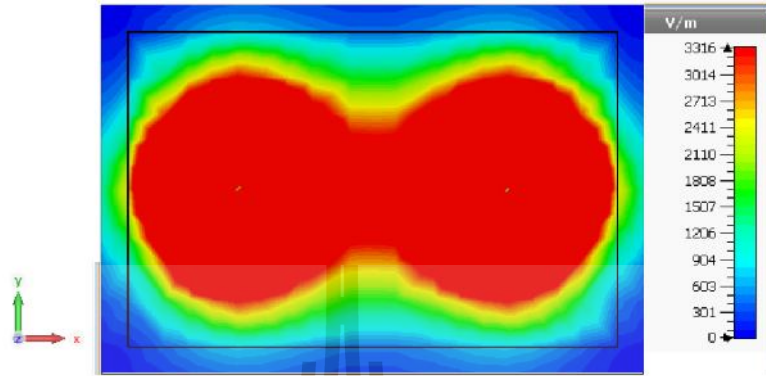


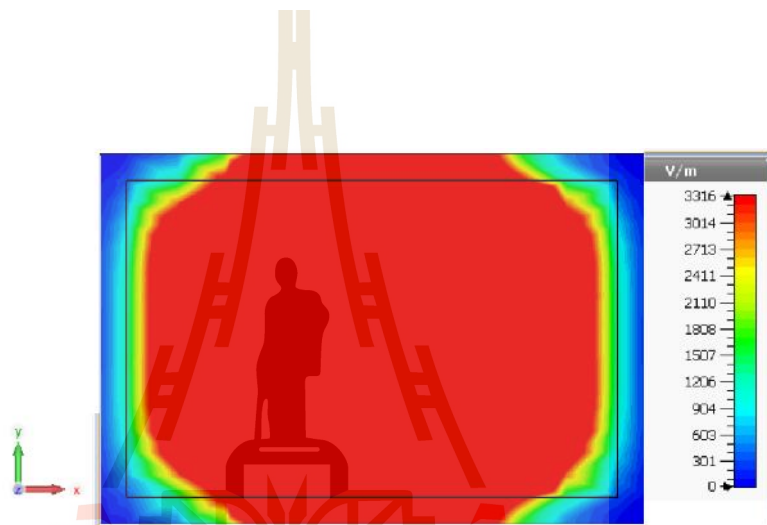
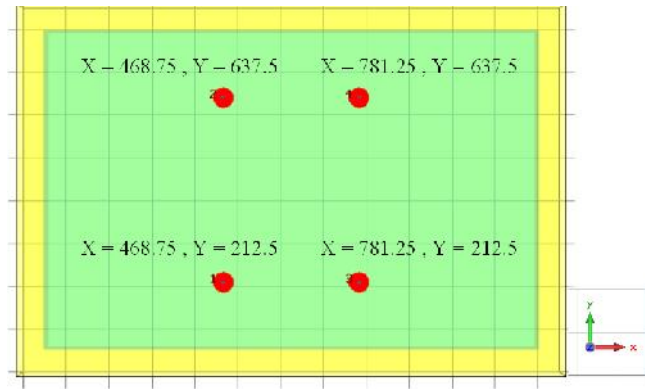


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

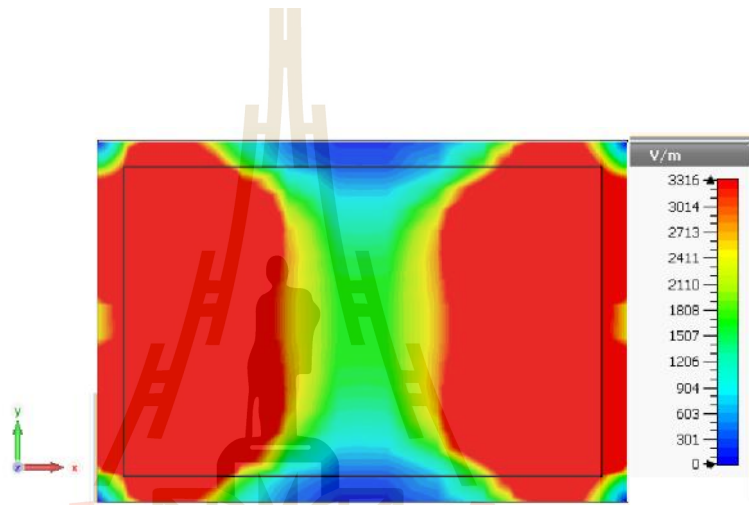
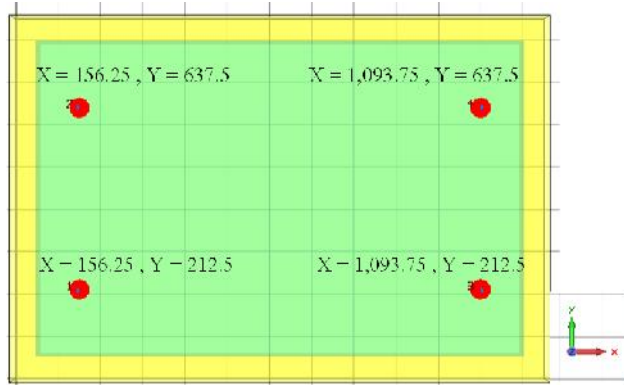




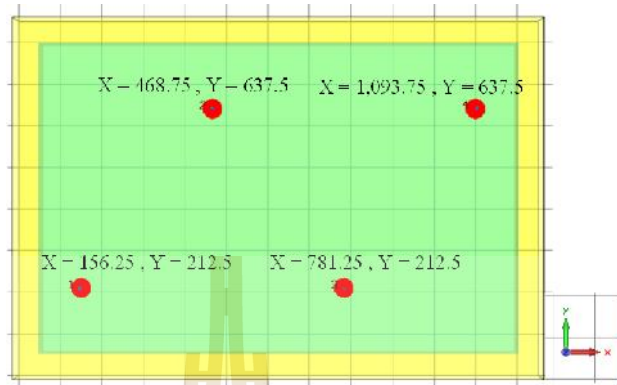




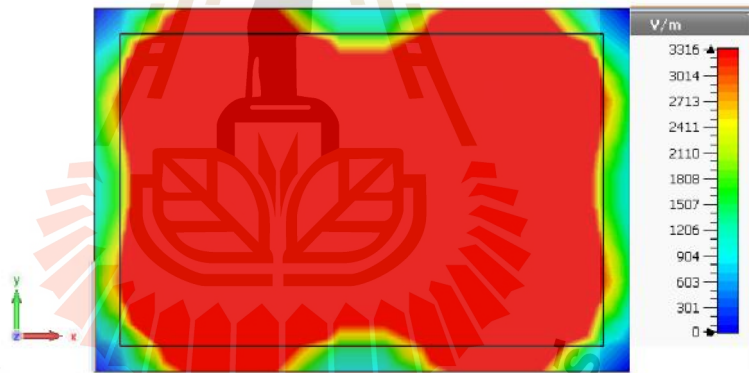
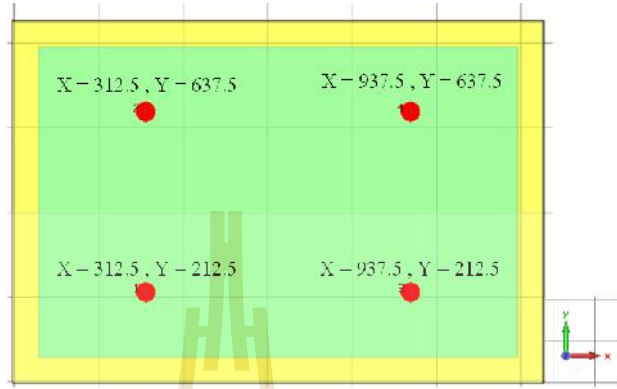
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ขอบของแผ่นเพลทที่ความเข้มสนามไฟฟ้ามีค่าน้อยโดยพิจารณาความเข้มสนามไฟฟ้าที่ 3,316 kV/m การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าครอบคลุมทั่วทั้งวัสดุไดอิเล็กตริก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การป้อนกำลังงานให้กับแผ่นเพลทแบบ 4 จุดรูปแบบที่ 4 เนื่องจากมีการกระจายตัวที่ครอบคลุมทั้งวัสดุไดอิเล็กตริกและกระจายตัวรอบคานได้อย่างสมดุล

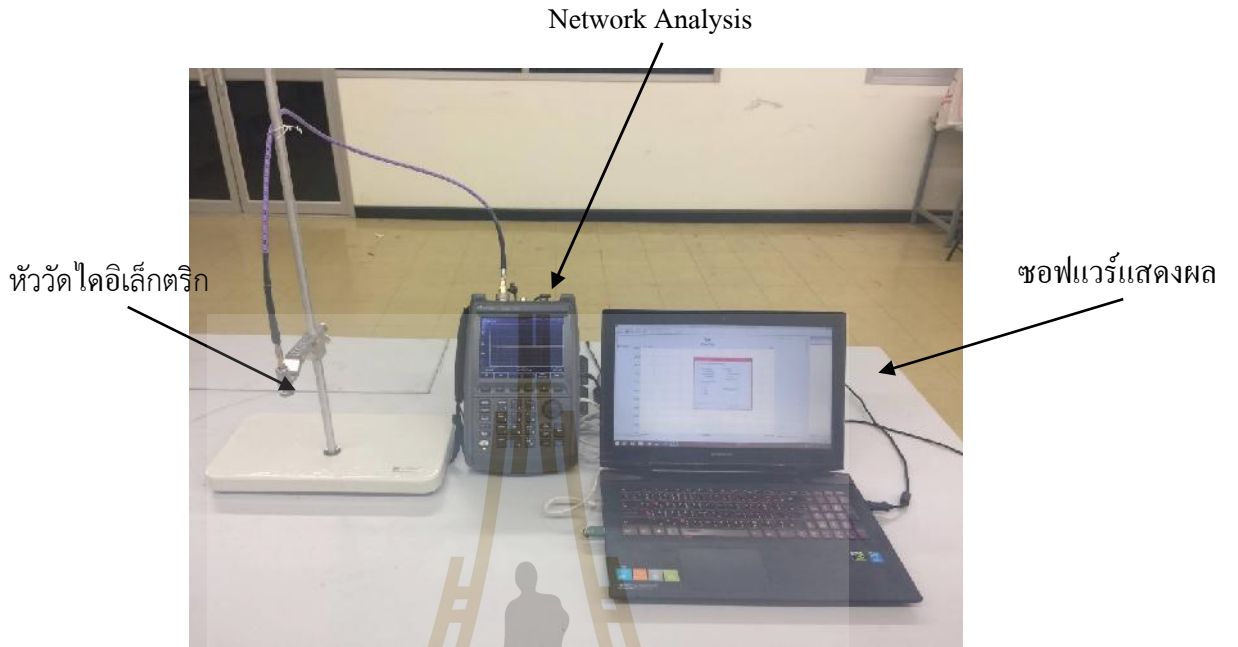
### 3.4 การวิเคราะห์การส่งผ่านความร้อนแก่ไดอิเล็กตริกและความลึกลับ

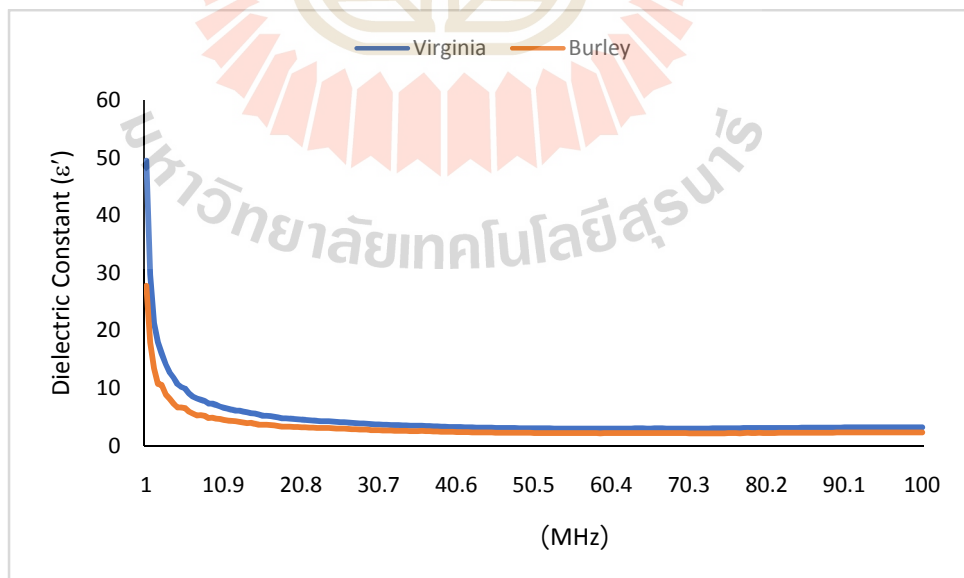
ในส่วนของ การส่งผ่านความร้อนแก่ไดอิเล็กตริกนั้นจะต้องทราบความเข้มสนามไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการทำให้โพลไดอิเล็กตริกรับพลังงานแล้วเกิดความร้อนจนได้อุณหภูมิที่ต้องการ สิ่งแรกที่ต้องดำเนินการคำนวณคือ ค่าไดอิเล็กตริกของโพลไดอิเล็กตริกซึ่งก็คือ ยาสูบ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวัดเพื่อหาค่าไดอิเล็กตริกของยาสูบ โดยใช้การวัดค่าไดอิเล็กตริกแบบ Coaxial Probe ใช้หัววัดแบบ High Temperature

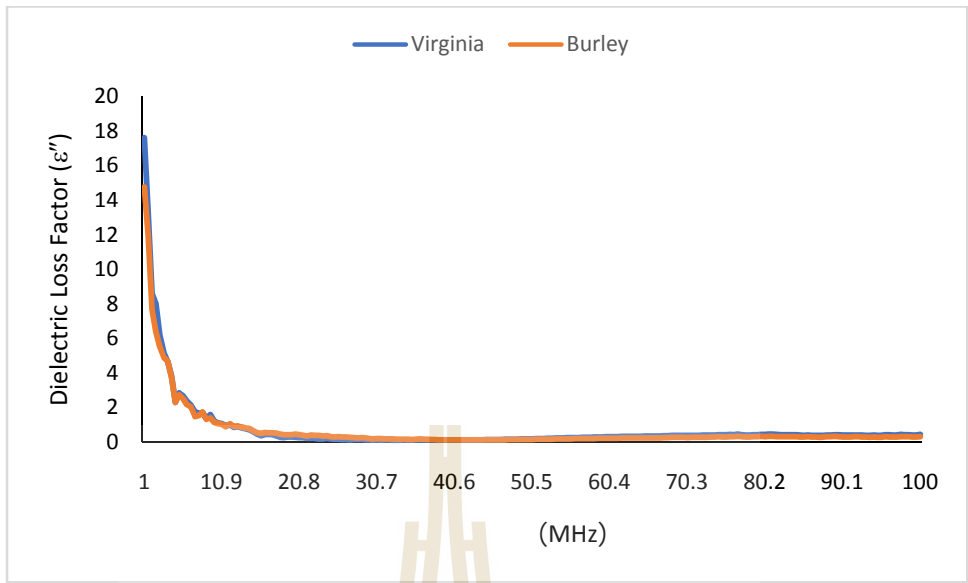
#### 3.4.1 การวัดค่าไดอิเล็กตริกยาสูบ

ค่าไดอิเล็กตริกยาสูบสามารถหาได้จากขั้นตอนต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี







$$2\sqrt{2[\sqrt{1+(\quad)^2}-1]}$$

โดยค่า คือ ความเร็วแสงมีค่าประมาณ  $3 \times 10^8$  คือความถี่มีค่า 20 MHz คือค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของยาสูบ คือค่าการสูญเสียไดอิเล็กตริกของยาสูบเมื่อคำนวณแล้วจะได้ค่าการทะลุทะลวงของคลื่นในยาสูบสายพันธุ์ Virginia 18.3 m และค่าการทะลุทะลวงในยาสูบสายพันธุ์ Burley 9.45 m ซึ่งเพียงพอการวิจัยนี้ที่ระยะห่างระหว่างเพลทกว้างเพียง 85 cm

### 3.4.3 การคำนวณหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้วัสดุไดอิเล็กตริกเกิดความร้อน

ในส่วนของการหาความเข้มสนามไฟฟ้านั้นหากพิจารณาจากสมการที่ 3.2 และสมการ 3.3 (Nelson., 1996) จะเห็นว่าจะต้องทราบค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในโพลไดอิเล็กตริกที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ซึ่งเมื่อทราบถึงค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในโพลไดอิเล็กตริกแล้วก็จะสามารถคำนวณหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้วัสดุไดอิเล็กตริกเกิดความร้อนในงานวิจัยนี้ใช้ยาสูบและมอดคยาสูบเป็นวัสดุไดอิเล็กตริก

$$P = 5.563 \times 10^{-11} f v^2 E_{loc}^2 \quad (3.2)$$

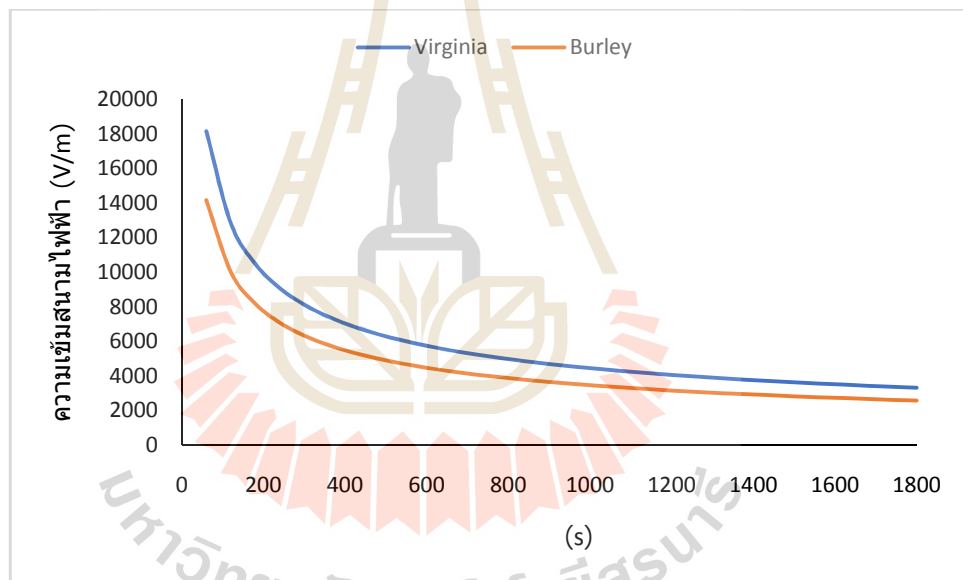
$$\dots C_p \frac{\Delta T}{\Delta t} = 5.563 \times 10^{-11} f v^2 E_{loc}^2 \quad (3.3)$$

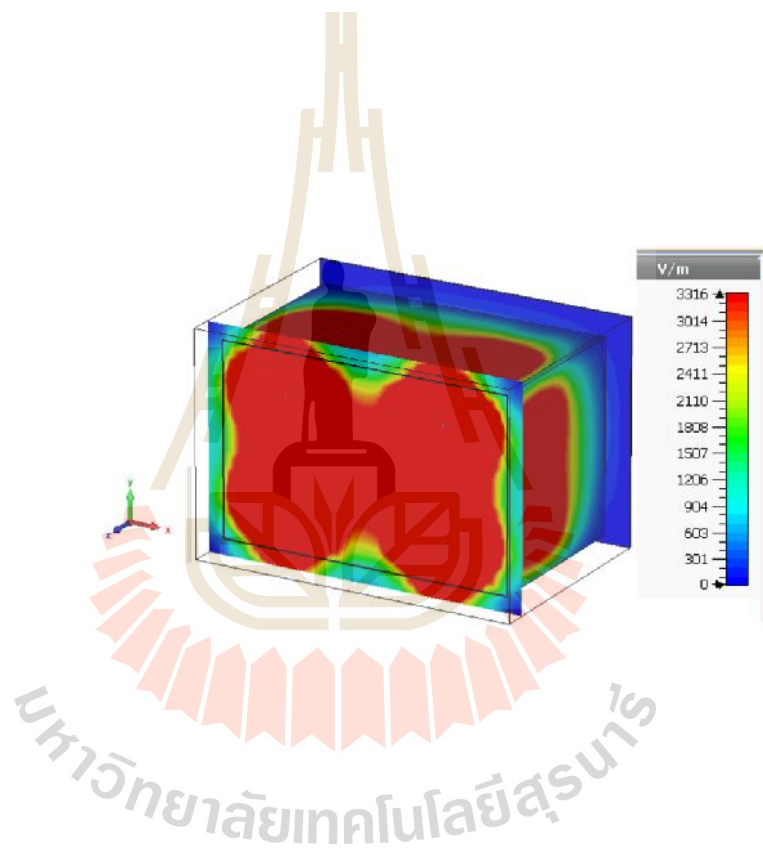
เมื่อ คือพลังงานที่เกิดขึ้นในวัสดุไดอิเล็กตริก คือ ความหนาแน่นของวัสดุไดอิเล็กตริก ( $\text{kg/m}^3$ ) คือ ความร้อนจำเพาะของไดอิเล็กตริก ( $\text{J/kg}^\circ\text{C}$ )  $\Delta$  คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในวัสดุไดอิเล็กตริก ( $^\circ\text{C}$ )  $\Delta$  คือ ระยะเวลาที่ใช้ (s) คือ ความถี่ (Hz) " คือ ค่าสูญเสียไดอิเล็กตริก คือ ความเข้มสนามไฟฟ้า (V/m) โดยทราบค่าความหนาแน่นของยาสูบคือ  $320 \text{ kg/m}^3$  ความร้อนจำเพาะของยาสูบคือ  $0.249 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$  แปลงให้อยู่ในหน่วย  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$  จะได้  $1,042,513 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  โดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นของยาสูบและมอดคยาสูบอยู่ที่  $28^\circ\text{C}$  อุณหภูมิที่ต้องการคือ  $60^\circ\text{C}$  เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ทำให้แมลงตาย และคำนวณ ณ เวลาใด ๆ เมื่อคำนึงถึงวัสดุไดอิเล็กตริกที่ใช้คือยาสูบที่บรรจุในกล่องขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับมอดคยาสูบซึ่งมีขนาดเล็กกว่ามาก ดังนั้นในการคำนวณจึงจะคำนวณค่าต่าง ๆ เป็นของยาสูบทั้งหมด อุณหภูมิที่ต้องการให้เกิดขึ้นที่ยาสูบก็คือ  $60^\circ\text{C}$  หากยาสูบมีอุณหภูมิดังกล่าวมอดคยาสูบก็จะได้รับการแผ่ความร้อนจากยาสูบและทำให้แมลงตายได้ จำนวนพลังงานที่เกิดขึ้นในยาสูบโดยคิดที่ยาสูบทั้งกล่อง กล่องยาสูบมีความกว้าง 70 cm ยาว 113 cm และสูง 73 cm คิดเป็นปริมาตรได้  $0.57743 \text{ m}^3$  ทำการคำนวณ ณ เวลาต่าง ๆ จะได้ค่าตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในยาสูบทั้งกล่อง ณ เวลาต่าง ๆ

เวลา(s)	พลังงานที่เกิดขึ้นในยาสูบ (kW)
60	102.74
120	51.37
180	34.25
240	25.68
300	20.55
360	17.12
420	14.68
480	12.84
540	11.42
600	10.27
660	9.34
720	8.56
780	7.90
840	7.34
900	6.85
960	6.42
1,020	6.04
1,080	5.71
1,140	5.41
1,200	5.14
1,260	4.89
1,320	4.67
1,380	4.47
1,440	4.28
1,500	4.11
1,560	3.95
1,620	3.81

เวลา(s)	พลังงานที่เกิดขึ้นในยาสูบ (kW)
1,680	3.67
1,740	3.54
1,800	3.42

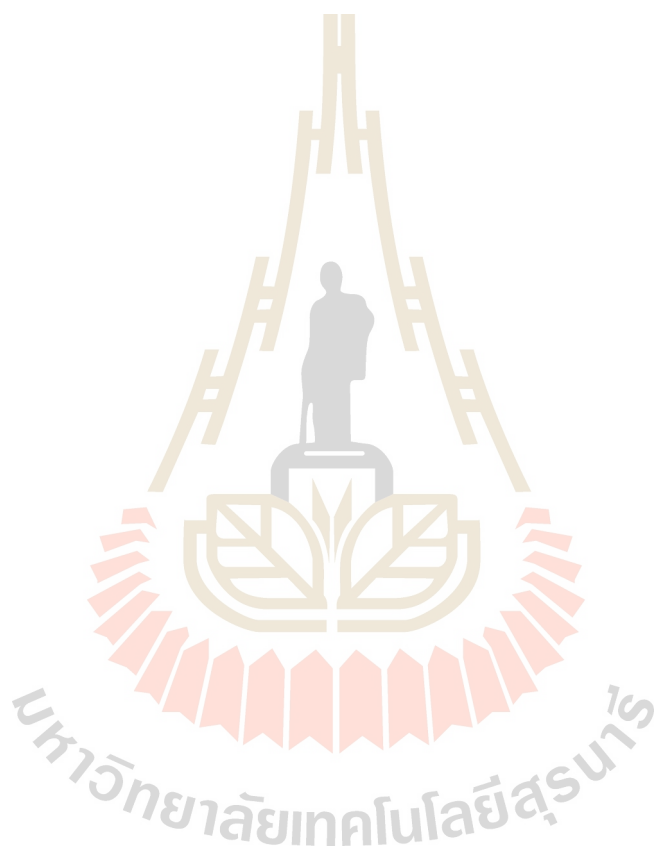




มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



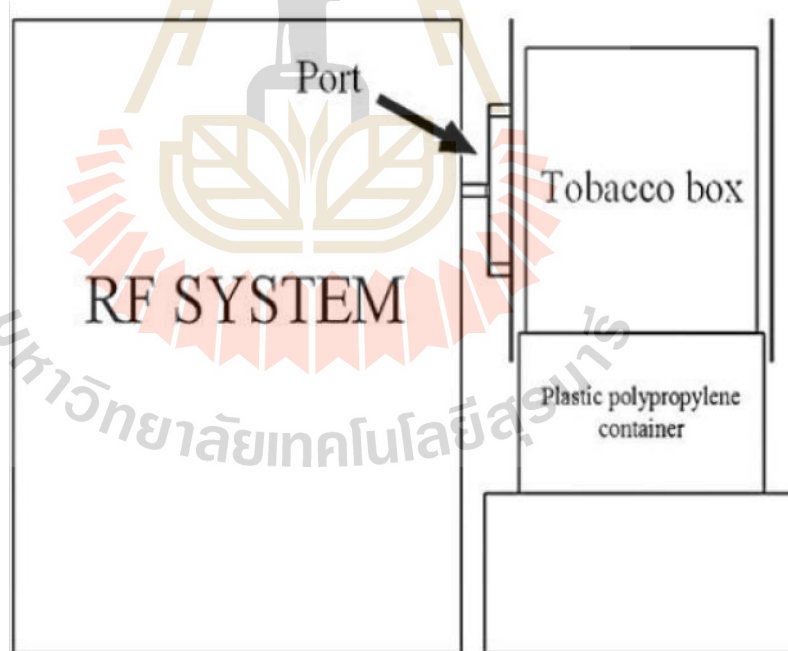
การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าแบบ 4 จุด รูปแบบที่ 4 กระจายตัวได้ครอบคลุมทั่วทั้งวัสดุ ไดอิเล็กทริกด้านที่ติดกับแผ่นอิเล็กทรอนิกส์โทรดเพลทที่มีจุดป้อนกำลังงานแต่ยังไม่สามารถกระจายตัวไปถึงด้านที่อยู่ฝั่งตรงข้าม



## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

จากการกล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบระบบการให้ความร้อนแก่วัสดุไดอิเล็กทริกเพื่อการกำจัดมอดยาสูบในบทก่อนหน้านั้นจะเห็นได้ว่า ลักษณะตัวสร้างคลื่นสนามไฟฟ้าแบบแผ่นเพลทขนาดความยาว 1,250 cm ความสูง 85 cmหนา 5 mm มีการใช้การป้อนกำลังงานให้กับแผ่นเพลทแบบ 4 จุด รูปแบบที่ 3 ในงานวิจัยนี้จึงได้กล่าวถึงการนำระบบให้ความร้อนแก่ยาสูบมาใช้ในการกำจัดมอดยาสูบ ในการทดลองกล่องยาสูบจะถูกวางอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นเพลททั้งสองและวางบนฐานที่ทำจากวัสดุพลาสติก Polypropylene ซึ่งไม่ดูดซับคลื่นพลังงานตามรูปที่ 4.1



(ก)



(จ)

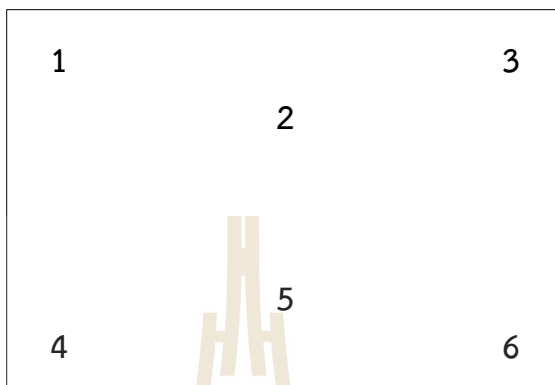
#### รูปที่ 4.1 การจัดวางกล่องยาสูบบนฐานพลาสติก Polypropylene

การทดลองในการกำจัดมอดยาสูบนั้นได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานกรมวิชาการเกษตรในการเพาะเลี้ยงมอดมาทดสอบ ในการทดสอบกับมอดยาสูบนั้นได้มีการจัดมอดยาสูบใส่ในถุงผ้าเป็นชุด ในถุงผ้าก็จะมีมอดยาสูบและอาหารเพาะเลี้ยงอยู่ตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ถุงบรรจุมอดยาสูบ

ในการทดลองกำจัดมอดยาสูบ ถูมอดยาสูบจะถูกวางลงในกล่องยาสูบตามตำแหน่งต่าง ๆ ตามรูปที่ 4.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องในการกำจัดมอดยาสูบ



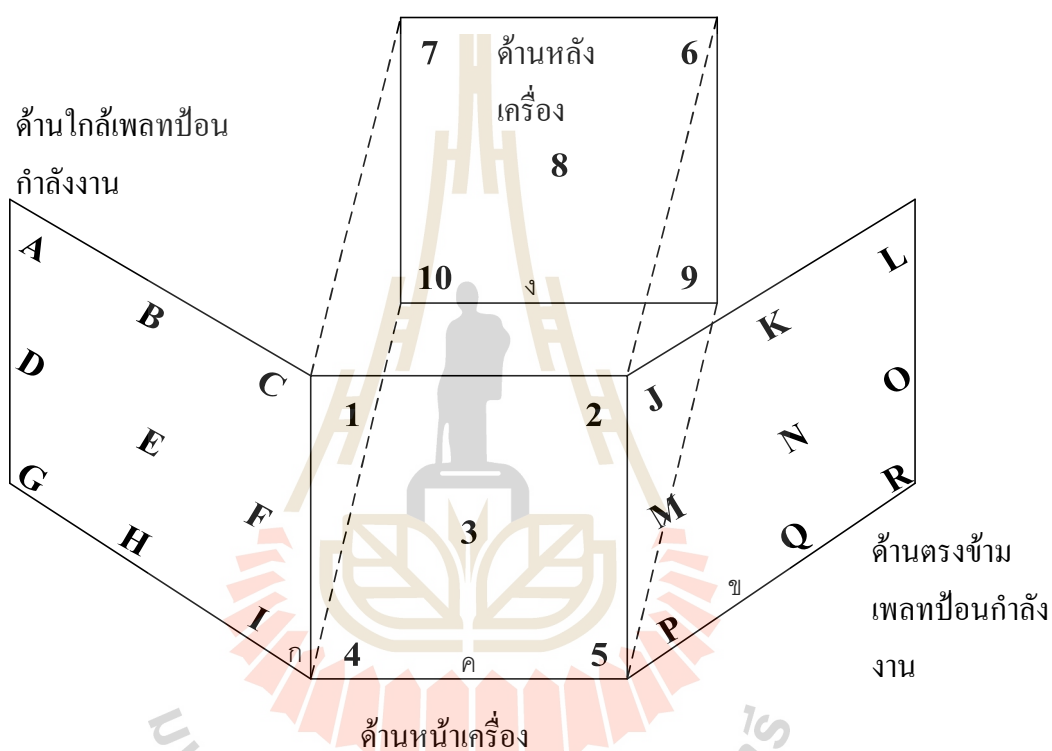
รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการวางถูมอดยาสูบ

จากรูปที่ 4.3 การจัดวางถูที่มีมอดยาสูบจะถูกวางในตำแหน่ง 1 ถึง 6 ซึ่งตำแหน่งจะอยู่ด้านบนของกล่องยาสูบลึกลงไป 10 cm และมีใบยาสูบปิดตามตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การวางถูที่มียาสูบลงในกล่องยาสูบ

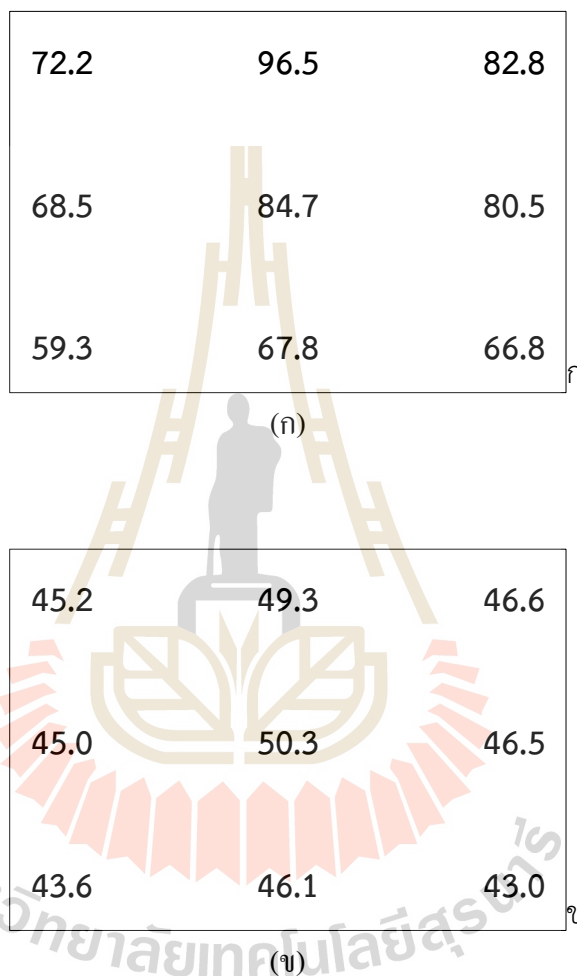
กล่องยาสูบที่ใช้บรรจุยาสูบเป็นกล่องกระดาษลูกฟูกชนิด TELE C – 48 ถูกบรรจุใบยาอบแล้ว  
กล่องบรรจุยาสูบ 1 กล่องประกอบด้วยกล่อง 2 ชั้น ชั้นแรกใช้บรรจุยาสูบ ชั้นที่สองใช้สวมทับ  
กล่องชั้นแรก ดังนั้นกล่องบรรจุยาสูบจะมีกล่องซ้อนกันอยู่ 2 ชั้น เมื่อกล่องยาสูบผ่านการทำให้เกิด  
ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ การวัดอุณหภูมิของยาสูบจะถูกแบ่งไปตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ตาม  
รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ

ในการทดลองจะวัดอุณหภูมิภายนอกกล่องยาสูบเพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในกล่อง  
ยาสูบเครื่องที่ใช้วัดอุณหภูมิภายนอกกล่องจะใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR TG165 ในการวัด  
อุณหภูมิและคุณภาพรวมของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่กล่องยาสูบ การทดลองจะใช้ใบยาสูบสายพันธุ์  
Burley เป็นตัวทดลอง เมื่อกล่องยาสูบมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ผิวกล่องอยู่ที่ 32.5 °C ทั้งสองด้าน กล่อง  
ยาสูบด้านแรกเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุเป็น เวลา 28 นาที อุณหภูมิที่ผิวกล่องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 50 °C  
อุณหภูมิภายในกล่องจะใช้เครื่องมือวัดความร้อนแบบสายโพรบ Testo 735-2 Multichannel

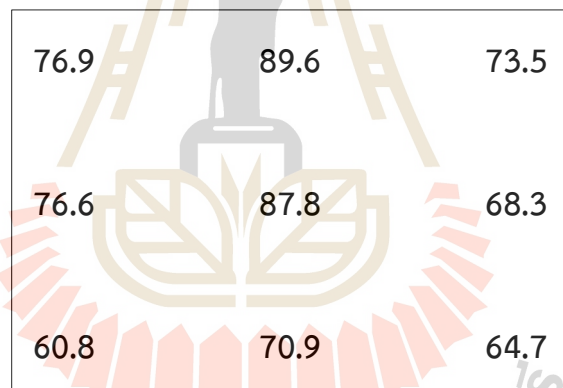
Thermometer Datalogger ในการวัดโดยอุณหภูมิแต่ละตำแหน่ง จากการจำลองจะเห็นได้ว่ากล่องยาสูบด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงานจะขับพลังงานไว้ไปจนถึงช่วงกลางกล่องส่วนอีกด้านของกล่อง การกระจายของสนามไฟฟ้ามีค่าน้อยมากในการทดลองจึงต้องมีการกลับด้านของกล่องยาสูบ เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เท่ากันทั้งสองด้าน อุณหภูมิด้านในกล่องด้านแรกมีค่าความร้อนตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านแรกในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข)ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน

เมื่อกกล่องด้านแรกได้รับคลื่นความถี่วิทยุจะมีอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง A = 72.2 °C ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน B = 96.5 °C ตำแหน่งถัดไปด้านบนขวา C = 82.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย D = 68.5 °C ตำแหน่งถัดไปตรง

กลางของกล่อง E = 84.7 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา F = 80.5 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย G = 59.3 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง H = 67.8 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา I = 66.8 °C อุณหภูมิในด้านตรงข้ามของจุดป้อนกำลังงานมีค่าอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง J = 45.2 °C ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน K = 49.3 °C ตำแหน่งถัดไปด้านบนขวา L = 46.6 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย M = 45.0 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางของกล่อง N = 50.3 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา O = 46.5 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย P = 43.6 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง Q = 46.1 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา R = 43.0 °C เมื่อทำการกลับกล่องยาสูบนำด้านที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงานมาอยู่ในด้านติดกับจุดป้อนกำลังงาน เมื่อกล่องยาสูบได้รับคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลา 21 นาที อุณหภูมิที่ผิวกล่องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 50 °C อุณหภูมิด้านในกล่องมีค่าความร้อนตามรูปที่ 4.7



(ก)

86.1	105.8	101.6
77.5	103.8	100.6
71.2	76.3	79.3

(ข)

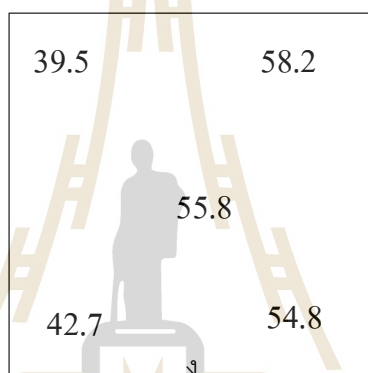
รูปที่ 4.7 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข)ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน

เมื่อทำการกลับกล่องด้านที่อยู่ฝั่งตรงข้ามจุดป้อนกำลังงานจะถูกย้ายมาอยู่ด้านจุดป้อนกำลังงานเมื่อกล่องยาสูบได้รับคลื่นความถี่วิทยุจะมีอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง A = 86.1 °C ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน B = 105.8 °C ตำแหน่งถัดไปด้านบนขวา C = 101.6 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย D = 77.5 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางของกล่อง E = 103.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา F = 100.6 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย G = 71.2 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง H = 76.3 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา I = 79.3 °C อุณหภูมิในด้านตรงข้ามของจุดป้อนกำลังงานมีค่าอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง J = 76.9 °C ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน K = 89.6 °C ตำแหน่งถัดไปด้านบนขวา L = 73.5 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย M = 76.6 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางของกล่อง N = 87.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา O = 68.3 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย P = 60.8 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง Q = 70.9 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา R = 64.7 °C อุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องในด้านที่ 1 เมื่อผ่านการได้รับคลื่นความถี่วิทยุทั้งสองด้านแล้วมีค่า 89.1 °C อุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องในด้านที่ 2 มีค่า 74.3 °C อุณหภูมิในด้านหน้ากล่องและด้านหลังกล่องทำการวัดอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.8





(ก)

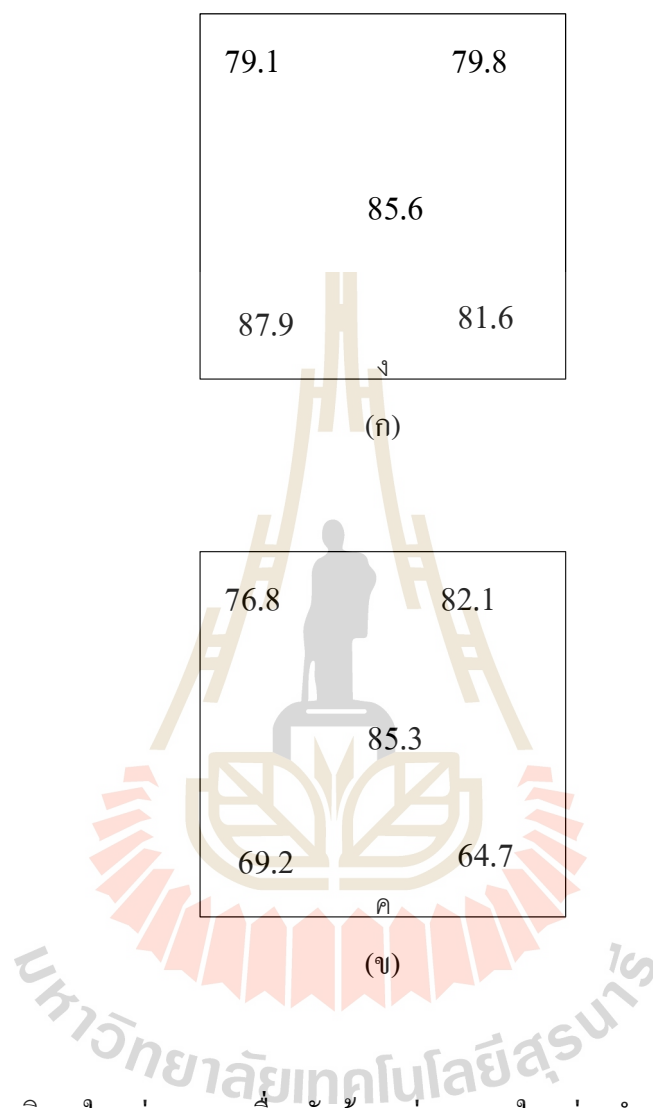


(ข)

รูปที่ 4.8 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านหน้าเครื่องและหลังเครื่องในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านหน้าเครื่อง และ (ข)ด้านหลังเครื่อง

ด้านหน้าเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 1 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 61.5 °C ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 42.3 °C ตำแหน่งที่ 3 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 62.4 °C ตำแหน่งที่ 4 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 58.5 °C และตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 43.1 °C ด้านหลังเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่ 6 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 39.5 °C ตำแหน่งที่ 7 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 58.2 °C ตำแหน่งที่ 8 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 55.8 °C ตำแหน่งที่ 9 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่า

อุณหภูมิ 42.7 °C และตำแหน่งที่ 10 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 54.8 °C เมื่อทำการกลับกล่องด้านหน้าเครื่องและด้านหลังเครื่องจะมีอุณหภูมิดังรูปที่ 4.9

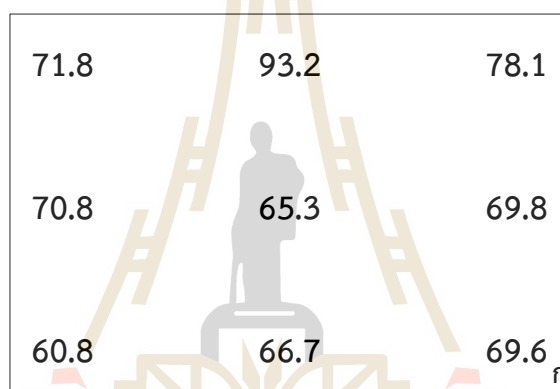


รูปที่ 4.9 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านหน้าเครื่อง และ (ข)ด้านหลังเครื่อง

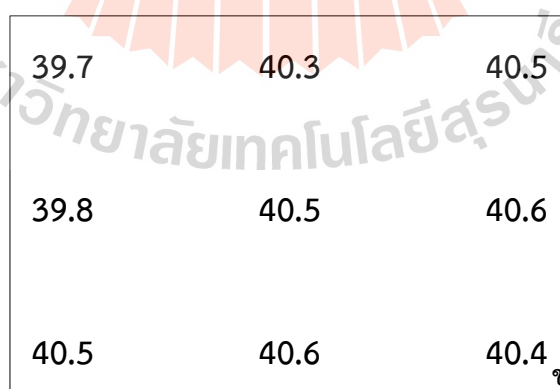
เมื่อทำการกลับกล่องด้านหน้าเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 1 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 79.1 °C ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 79.8 °C ตำแหน่งที่ 3 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 85.6 °C ตำแหน่งที่ 4 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 87.9 °C และตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 81.6 °C ด้านหลังเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่ 6 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่า

อุณหภูมิ 76.8 °C ตำแหน่งที่ 7 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 82.1 °C ตำแหน่งที่ 8 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 85.3 °C ตำแหน่งที่ 9 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 69.2 °C และตำแหน่งที่ 10 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 64.7 °C

การทดลองถัดไปจะใช้ยาสูบสายพันธุ์ Burley มาใช้ในการทดลอง เมื่อกล่องยาสูบมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ผิวกล่องอยู่ที่ 33 °C ทั้งสองด้าน กล่องยาสูบด้านแรกเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลา 24.30 นาที อุณหภูมิที่ผิวกล่องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 50 °C อุณหภูมิภายในกล่องด้านแรกมีค่าความร้อนตามรูปที่ 4.8



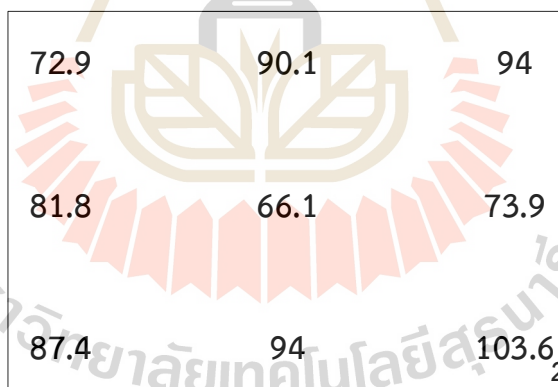
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.10 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านแรกในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านที่ติดกับจุดป้อนกำลังงาน และ (ข)ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน

เมื่อกล่องด้านแรกได้รับคลื่นความถี่วิทยุจะมีอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง A = 71.8 °C ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน B = 93.2 °C ตำแหน่งถัดไปด้านบนขวา C = 78.1 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย D = 70.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางของกล่อง E = 65.3 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา F = 69.8 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย G = 60.5 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง H = 66.7 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา I = 69.6 °C อุณหภูมิในด้านตรงข้ามของจุดป้อนกำลังงานมีค่าอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง J = 39.7 °C ซึ่งเป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน K = 40.3 °C ตำแหน่งถัดไปด้านบนขวา L = 40.5 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย M = 39.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางของกล่อง N = 40.5 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา O = 40.6 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย P = 40.5 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง Q = 40.6 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา R = 40.4 °C เมื่อทำการกลับกล่องยาสูบนำด้านที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงานมาอยู่ในด้านติดกับจุดป้อนกำลังงาน เมื่อกล่องยาสูบได้รับคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลา 21 นาที อุณหภูมิที่ผิวกล่องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 50 °C อุณหภูมิด้านในกล่องมีค่าความร้อนตามรูปที่ 4.9



(ก)

81	88	91.8
86	68.5	86.7
78.1	75.4	89.2 <sub>1</sub>

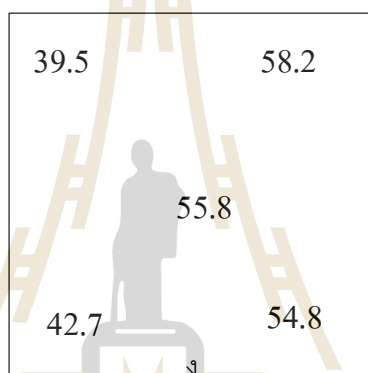
(ข)

รูปที่ 4.11 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก) ด้านที่ติดกับจุด  
ป้อนกำลังงาน และ (ข) ด้านตรงข้ามกับจุดป้อนกำลังงาน

เมื่อทำการกลับกล่องด้านที่อยู่ฝั่งตรงข้ามจุดป้อนกำลังงานจะถูกย้ายมาอยู่ด้านจุดป้อนกำลังงานเมื่อ  
กล่องยาสูบได้รับคลื่นความถี่วิทยุจะมีอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง A = 72.9 °C ซึ่งเป็นตำแหน่ง  
ด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน B = 90.1 °C ตำแหน่งถัดไป  
ด้านบนขวา C = 94 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย D = 81.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางของ  
กล่อง E = 66.1 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา F = 73.9 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างซ้าย G =  
87.4 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง H = 94 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา I = 103.6 °C  
อุณหภูมิในด้านตรงข้ามของจุดป้อนกำลังงานมีค่าอุณหภูมิภายในที่ตำแหน่ง J = 81 °C ซึ่งเป็น  
ตำแหน่งด้านบนซ้ายของด้านข้างกล่องยาสูบตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านบน K = 88 °C ตำแหน่ง  
ถัดไปด้านบนขวา L = 91.8 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านซ้าย M = 86 °C ตำแหน่งถัดไปตรง  
กลางของกล่อง N = 68.5 °C ตำแหน่งถัดไปตรงกลางด้านขวา O = 86.7 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่าง  
ซ้าย P = 78.1 °C ตำแหน่งถัดไปด้านล่างตรงกลาง Q = 75.4 °C และตำแหน่งสุดท้ายด้านล่างขวา R  
= 89.2 °C อุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องในด้านที่ 1 เมื่อผ่านการได้รับคลื่นความถี่วิทยุทั้งสองด้านแล้วมี  
ค่า 82.74 °C อุณหภูมิเฉลี่ยของกล่องในด้านที่ 2 มีค่า 84.87 °C อุณหภูมิในด้านหน้ากล่องและ  
ด้านหลังกล่องทำการวัดอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.8



(ก)

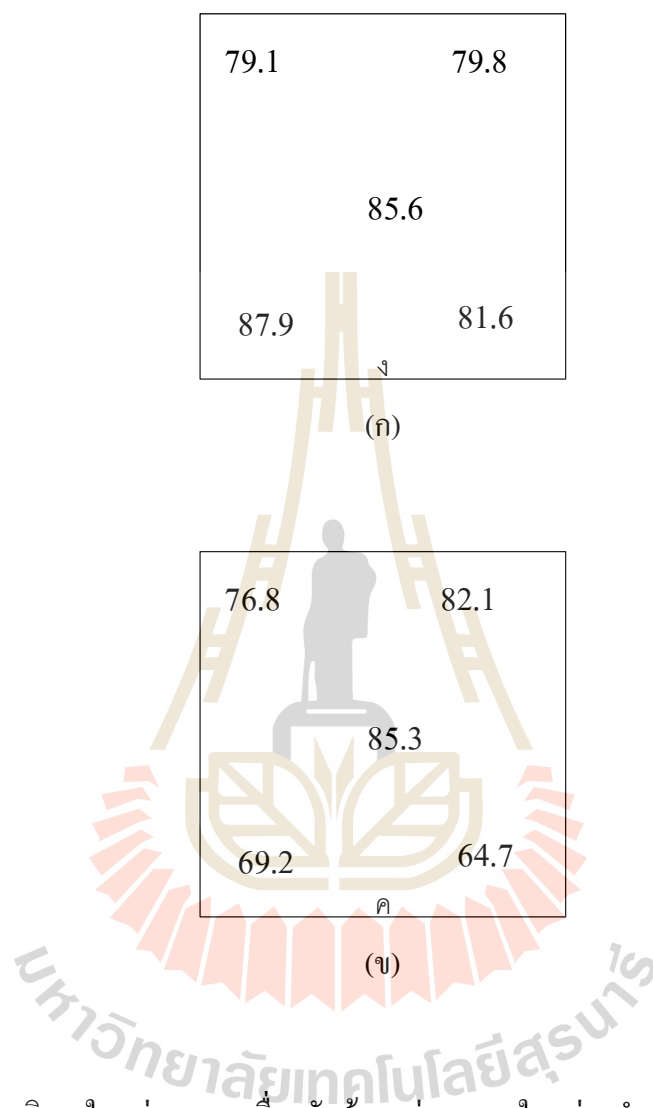


(ข)

รูปที่ 4.12 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบด้านหน้าเครื่องและหลังเครื่องในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านหน้าเครื่อง และ (ข)ด้านหลังเครื่อง

ด้านหน้าเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 1 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 61.5 °C ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 42.3 °C ตำแหน่งที่ 3 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 62.4 °C ตำแหน่งที่ 4 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 58.5 °C และตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 43.1 °C ด้านหลังเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่ 6 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 39.5 °C ตำแหน่งที่ 7 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 58.2 °C ตำแหน่งที่ 8 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 55.8 °C ตำแหน่งที่ 9 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่า

อุณหภูมิ 42.7 °C และตำแหน่งที่ 10 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 54.8 °C เมื่อทำการกลับกล่องด้านหน้าเครื่องและด้านหลังเครื่องจะมีอุณหภูมิดังรูปที่ 4.9

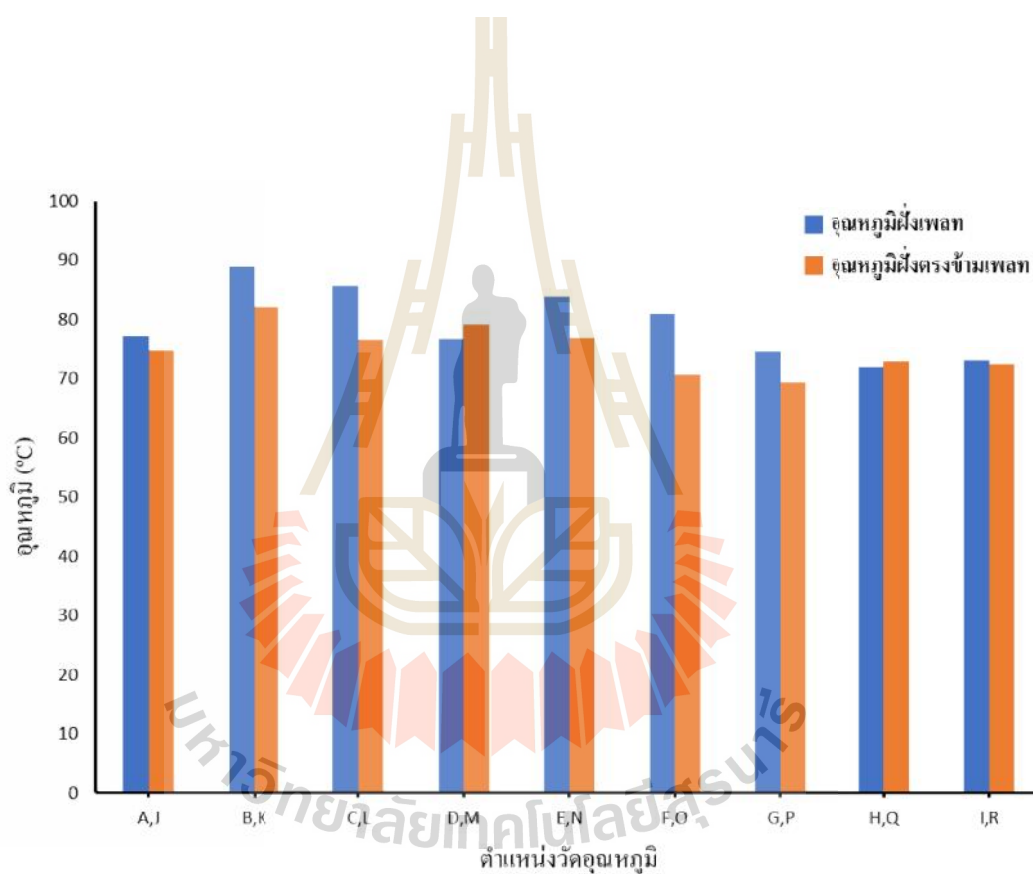


รูปที่ 4.13 อุณหภูมิภายในกล่องยาสูบเมื่อกลับด้านกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง (ก)ด้านหน้าเครื่อง และ (ข)ด้านหลังเครื่อง

เมื่อทำการกลับกล่องด้านหน้าเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 1 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 79.1 °C ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 79.8 °C ตำแหน่งที่ 3 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 85.6 °C ตำแหน่งที่ 4 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 87.9 °C และตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 81.6 °C ด้านหลังเครื่องอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่ 6 เป็นตำแหน่งด้านบนซ้ายของกล่องมีค่า

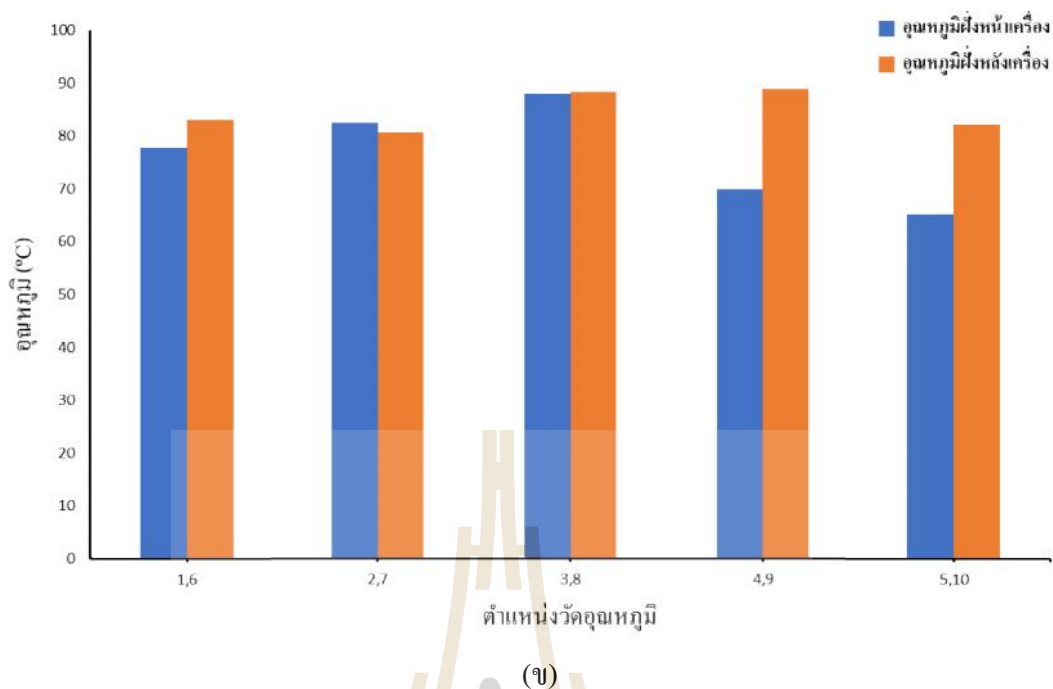
อุณหภูมิ 76.8 °C ตำแหน่งที่ 7 เป็นตำแหน่งด้านบนขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 82.1 °C ตำแหน่งที่ 8 เป็นตำแหน่งตรงกลางของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 85.3 °C ตำแหน่งที่ 9 เป็นตำแหน่งด้านล่างซ้ายของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 69.2 °C และตำแหน่งที่ 10 เป็นตำแหน่งด้านล่างขวาของกล่องมีค่าอุณหภูมิ 64.7 °C

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิหลังจากการกลับกล่องและผ่านการให้ความร้อนของทั้ง 4 ด้านจะได้ค่าอุณหภูมิดังรูปที่ 4.14



(ก)





รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบอุณหภูมิหลังการกลับกล่องและผ่านการให้ความร้อน (ก)ฝั่งใกล้เพลท  
ป้อนกำลังงานและฝั่งตรงข้าม และ (ข)ด้านหน้าเครื่องและด้านหลังเครื่อง

อุณหภูมิหลังจากการกลับกล่องและผ่านการให้ความร้อนแล้ว อุณหภูมิทั้ง 4 ด้านมีค่าสูงกว่า  $70^{\circ}\text{C}$  ในการทดลองได้ทดสอบการกำจัดมอดยาสูปเบื้องต้น โดยได้นำมอดที่เตรียมไว้ใส่ลงไป  
ในกล่องยาสูบในแต่ละตำแหน่ง เมื่อกำลังยาสูบผ่านคลื่นความถี่วิทยุ มอดยาสูปถูกนำมาตรวจสอบ  
การตายของมอดยาสูปซึ่งมอดยาสูปที่มองเห็นด้วยตาเปล่าตายทั้งหมดในทุกตำแหน่งตามรูปที่ 4.15



## บทที่ 5

### บทสรุป

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการกำจัดมอดยาสูบโดยใช้ความถี่วิทยุผ่านแผ่นเพลทขนาดใหญ่ โดยใช้หลักการวิเคราะห์สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการคำนวณและการจำลองผลด้วยโปรแกรม CST EM STUDIO เพื่อพิจารณาระดับความเข้มและการกระจายคลื่นสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับโหลดไดอิเล็กตริกในแผ่นเพลทซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการแปรพลังงานของสนามไฟฟ้าให้เป็นอุณหภูมิ โดยเริ่มต้นจากการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการให้ความร้อนแก่ไดอิเล็กตริก โดยได้ศึกษาคุณสมบัติของการเกิดสนามไฟฟ้าของชนิดวัสดุที่ใช้สำหรับการทำในส่วนของตัวสร้างสนามไฟฟ้าแบบแผ่นเพลท เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของการกำเนิดสนามไฟฟ้าสูงสุดจากวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งพบว่าวัสดุที่ทำมาจากทองแดงสามารถสร้างสนามไฟฟ้าได้ดีที่สุดแต่แผ่นเพลทที่ใช้มีขนาดใหญ่และหนา ทองแดงมีราคาแพงมากผู้วิจัยจึงเลือกใช้อะลูมิเนียมในการทำแผ่นเพลทขนาดใหญ่ หลังจากนั้นได้ศึกษาขนาดและรูปแบบของตัวสร้างสนามไฟฟ้าแบบแผ่นเพลทที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดมอดยาสูบในกล่องยาสูบที่มีขนาดความยาว 113 cm ความกว้าง 70 cm และสูง 73 cm จึงเลือกพิจารณาแผ่นเพลทที่เป็นลักษณะแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีขนาดความกว้างเท่ากับ 85 cm ความยาวเท่ากับ 125 cm ความหนาเท่ากับ 5 mm และมีระยะห่างระหว่างแผ่นเพลท 85 cm จากนั้นนำผลที่ได้จากการศึกษามาทำการจำลองแบบเพื่อหาประสิทธิภาพของการกระจายสนามไฟฟ้าในแผ่นเพลท โดยมีการพิจารณาลักษณะการป้อนกำลังงานด้วยวิธีการเพิ่มจำนวนจุดป้อนกำลังงานและปรับเปลี่ยนตำแหน่งของจุดป้อนกำลังงานพบว่า การป้อนกำลังงานแบบ 4 จุดรูปแบบที่ 4 สามารถให้พื้นที่การกระจายสนามไฟฟ้าได้ดีที่สุด จากการออกแบบได้มีการทดลองการกำจัดมอด โดยให้กล่องยาสูบอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นเพลทและวางอยู่บนฐานพลาสติก Polypropylene ในการทดลองมอดยาสูบจะถูกบรรจุลงในถุงผ้าที่เตรียมไว้และนำไปวางในตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ที่ความลึก 5 cm ของด้านบนยาสูบ เมื่อยาสูบได้ผ่านคลื่นความถี่วิทยุแล้วจะมีการวัดอุณหภูมิของยาสูบตามตำแหน่งที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบแยกโพรบ การทดลองของกล่องยาสูบแต่ละกล่องจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการให้ยาสูบด้านแรกเกิดความร้อน ส่วนที่สองเป็นการกลับด้านกล่องยาสูบเพื่อให้ยาสูบเกิดความร้อนที่เท่า ๆ กัน

เมื่อทำการทดลองโดยใช้เวลาในแต่ละด้านไม่เกิน 30 นาที อุณหภูมิด้านนอกกล่องโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 50 °C อุณหภูมิภายในโดยเฉลี่ยมีค่าเกิน 70 °C มอดยะสูบที่ถูกบรรจุในถุงฟ้าตายทั้งหมดทุกตำแหน่ง

### 5.1 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

สำหรับปัญหาที่พบในการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ ปัญหาแรกคืออุณหภูมิของยาสูบที่ผ่านสนามไฟฟ้าคลื่นความถี่วิทยุมีค่าสูง ซึ่งอาจจะทำให้ใบยาสูบมีการเปลี่ยนแปลงทั้งความชื้น สี ปริมาณนิโคตินและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ทำการตรวจสอบในส่วนนี้ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบต่อไป ปัญหาที่สองคือการกำจัดมอดยะสูบในงานวิจัยนี้เป็นการกำจัดมอดยะสูบที่มองเห็นด้วยสายตายังไม่ได้ทำการกำจัดมอดในระยะอื่น ๆ เช่น ไข่ ตัวอ่อน และยังไม่ได้ทำการทดลองการเกิดมอดยะสูบในกล่องใบยาสูบที่ผ่านสนามไฟฟ้าคลื่นความถี่วิทยุ ในส่วนนี้จะทำการทดลองต่อไป

### 5.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

เนื่องจากในการทดลองยังมีบางส่วนที่ยังไม่ได้ทำการทดสอบซึ่งในส่วนนั้นก็เป็นส่วนสำคัญนั่นคือ การทดสอบใบยาสูบหลังจากผ่านเครื่องให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง การทดสอบใบยาจะมีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้น สี ปริมาณนิโคตินและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง ในอนาคตจะมีการทดสอบต่อไป และการทดสอบการกำจัดมอดยะสูบมีการทดสอบเพียงมอดยะสูบที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ยังไม่ได้ทดสอบกับมอดในระยะการเติบโตอื่น ๆ และยังไม่ได้ทำการทดสอบการเกิดของมอดยะสูบในกล่องยาสูบที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ในอนาคตจะทำการทดลองต่อไป

## รายการอ้างอิง

- นันทวัน และคณะ., (2557). รายงานประจำปี 2557, โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง
- Brian J. Cabrera., (2001). **Cigarette Beetle, Lasioderma serricorne (F.) (Insecta: Coleoptera: Anobiidae)**, Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension
- Joseph N. Tenhet and C. O. Bare., (1982). **STORED-TOBACCO INSECTS**, United states department of agriculture, Agricultural Marketing Service
- Cheng Xmgsheng, et al., (1998). **Pests in tobacco storehouses and their control in China**, Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection., pp. 1402- 1405.
- Tran VN, et al., (1984). **Dielectric properties of selected Vegetables and Fruits 0.1-10.0 GHz**. Journal of Microwave Power., 19(4).
- Nelson.S.O., (2008). **Dielectric properties of agricultural products and some applications**. RESAGRENG., 54:104-12.
- Berbert PA, et al., (2001). **Dielectric Properties of Parchment Coffee**. J agric Engng Res., 80(1):65-80.
- Jiao S, et al., (2011). **Dielectric properties of cowpea weevil, black-eyed peas and mung beans with respect to the development of radio frequency heat treatments**. Biosystems Engineering., 108(3):280-91.
- Guo W, et al., (2011). **Temperature-dependent dielectric properties of chestnut and chestnut weevil from 10 to 4500 MHz**. Biosystems Engineering., 110(3):340-7.

- Wang S, et al., (2003). **Dielectric Properties of Fruits and Insect Pests as related to Radio Frequency and Microwave Treatments.** Biosystems Engineering.,85(2):201-12.
- Wang S, et al., (2003). **Differential heating of insects in dried nuts and fruits associated with radio frequency and microwave treatments.**American Society of Agricultural Engineers.,46(4):1175-82.
- Ikediala JN, et al., (2000). **Dielectric properties of apple cultivars and codling mothlarvae.** American Society of Agricultural Engineers.,43(5):1175-84.
- Mitcham EJ, et al. (2004). **Application of radio frequency treatments to control insects in in-shell walnuts.** Postharvest Biology and Technology.,33(1):93-100.
- Charity L.F.and Nelson S.O., (1972). **Frequency Dependence of Energy Absorption by Insects and Grain in Electric Fields.**TRANSACTIONS of the ASAE.,1099-102.
- Nelson.S.O., (1996). **Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control.** Transactions of the ASAE.,39(4):1475-84.
- รติสุข นุตพงษ์., 2554. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดยาสือบ.วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- Wang S, et al., (2007). **Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts.** Postharvest Biology and Technology.,45(2):240-6.
- Wang S, et al., (2007). **Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts.** Postharvest Biology and Technology.,45(2):247-53.
- Jiao S, et al., (2012). **Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in lentils.** Journal of Stored Products Research.,48:143-8



ภาคผนวก

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

Poramin Kuntayom, Samran Santalunai, Thanaset Thosdeekoraphat, and Chanchai Thongsopa.

2017. **THE ANALYSIS OF ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION ON DIELECTRIC LOAD BY USING LARGE ELECTRODE PLATES FOR TOBACCO TREATMENT WITH DIELECTRIC HEATING.** 11<sup>th</sup> South East Asean Technical University Consortium Symposium, Ho Chi Minh City University of Technology 13 – 14 March 2017





## ประวัติผู้เขียน

นายปรมินทร์ กันทะยอม เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ที่อำเภอคอยเต่า จังหวัด เชียงใหม่ ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 28/1 หมู่ 4 ตำบลโป่งทุ่ง อำเภอคอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ่ง อำเภอบ้าน โฮ่ง จังหวัดลำพูน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2557 ในปี เดียวกันได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

