

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

THE STUDY ON EFFECT OF MAGNETIC FIELD
ON THE RICE GROWTH



ปทุมทิพย์ สังขพันธุ์

PATUMTIP SANGKHAPHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

**THE STUDY ON EFFECT OF MAGNETIC FIELD
ON THE RICE GROWTH**

PATUMTIP SANGKHAPHAN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
OF MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว
นักศึกษา	นางสาวปทุมทิพย์ สังข์พันธุ์
รหัสประจำตัว	45061029
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวโดยทำการทดลองภายใต้ สนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กแบบไฟฟ้ากระแสสลับ และแบบไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ระยะเวลาต่างกัน คือ 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ต่อวัน เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 1 สัปดาห์ โดยทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด กับกลุ่มตัวอย่างควบคุมที่มีการเจริญเติบโตปกติโดยไม่มีการให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ทั้งนี้เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตของข้าวจากการเปลี่ยนแปลงความสูงของลำต้นและความยาวราก ซึ่งจะทำการจำลองค่าระดับความเข้มสนามแม่เหล็กด้วยวิธีการทางไฟไนท์อิเลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม FEMLAB เปรียบเทียบผลการวัด

Thesis Title	The Study on Effect of Magnetic Field on the Rice Growth
Student	Miss. Pratumtip Sangkhaphan
Student ID.	45061029
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Werachet Khan-ngern

ABSTRACT

This thesis presents study of the effect of magnetic field on the rice growth. This research focuses on the growth of rice under AC and DC magnetic field intensity at 20 A/m, 40 A/m and 80 A/m. The comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hours, 16 hours, and 24 hours per day and comparing with non magnetic field. Research assessment is supported qualitatively by analysis results of the experimental data based on statistic evaluation. The magnetic field effect can be the growth rate of rice, and the physical changing in height of stems and roots. The simulation with FEMLAB program confirms the magnetic field intensity comparing with the measured result.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ หากมิได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วิระเชษฐุ์ ชันเงิน ตลอดจนให้ความรู้ทั้งด้านวิชาการและประสบการณ์ต่างๆที่นำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตการทำงานและความเป็นอยู่ในปัจจุบันเป็นอย่างดี ทำให้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณท่าน Prof. Dr. Shuichi Nitta ผู้เชี่ยวชาญพิเศษจากประเทศญี่ปุ่นเป็นอย่างสูง ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ที่มีค่าอย่างยิ่งในการทำวิจัย ตลอดจนการเขียนและตรวจสอบบทความวิจัย ให้ความความถูกต้อง รวมทั้งกำลังใจที่ท่านมีต่อผู้วิจัยไม่ให้ท้อถอย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านต่อข้าพเจ้าเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ชูวงศ์ พงศ์เจริญพาณิชย์ และน้องนักศึกษา ที่ให้ความรู้และคำแนะนำ รวมทั้งแนวทางการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีของสนามแม่เหล็กเพิ่มเติม

ขอขอบพระคุณ คุณนิทัศน์ เจริญธรรมรักษา ร้านชัยเจริญ จ. สุพรรณบุรี ผู้เอื้อเฟื้อเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พร้อมคำแนะนำและความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับพันธุ์ข้าวให้แก่ผู้วิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ข้อมูลทางวิชาการเรื่องข้าว

ขอขอบคุณอาจารย์ชุตินันท์ อุทัยโสภณ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย พร้อมคำแนะนำและความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่างๆ รวมทั้งกำลังใจที่มีให้ตลอดจนผู้วิจัยทำการวิจัยจนสำเร็จเสร็จสิ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้ควบคุมการสอบหัวข้อและการสอบวิทยานิพนธ์ทุกๆท่านที่ได้ให้คำแนะนำและความรู้ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยทั้งยังสามารถนำเอาคำแนะนำต่างๆไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ในอนาคต

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ในห้องวิจัย EMC LAB ทุกท่านๆ ที่ให้คอยลุ้นและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดเสมอมา ขอขอบคุณน้องภัทรี เกียรติกำจร จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เป็นน้องเล็กจากห้อง EMC LAB ของผู้วิจัยที่ให้ข้อมูลของระบบสายส่งของการไฟฟ้าซึ่งประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง และที่ลืมมิได้เลยข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังซึ่งเป็นแหล่งรวมความรู้ด้านต่างๆในการศึกษาวิจัยมากมาย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้เป็นเกษตรกรชาวนาไทยโดยแท้รวมทั้งพี่ๆ น้องๆ ในครอบครัวที่คอยลุ้นและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอด คุณประโยชน์ใดๆที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านและที่ขาดมิได้ขอขอบพระคุณแผ่นดินไทยที่มีพื้นที่ปลูกข้าวให้ชาวไทยทุกคนได้รับประทานจวบจนทุกวันนี้

ปทุมทิพย์ สังข์พันธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 บทนำ.....	7
2.2 ทฤษฎีด้านสนามแม่เหล็ก.....	7
2.2.1 สนามแม่เหล็ก.....	7
2.2.1.1 กฎของไบโอท-ซาวาร์ต.....	8
2.2.1.2 สนามแม่เหล็กของลูปกระแสแบบวงกลม.....	10
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติ.....	15
2.3.1 ความหมายของสถิติ.....	15
2.3.1.1 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง.....	15
2.3.1.2 การวัดการกระจาย.....	15
2.3.2 หลักทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	16
2.3.3 การนำการวิเคราะห์ทางสถิติไปใช้ในงานวิจัย.....	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....	25
3.1 บทนำ.....	25
3.2 ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว.....	26
3.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าว.....	28
3.4 คุณสมบัติของข้าวสุพรรณบุรี 1.....	34
3.5 การเลือกพันธุ์เมล็ดข้าวมาใช้ในงานวิจัย.....	35
บทที่ 4 การออกแบบและลำดับการทดลอง.....	36
4.1 บทนำ.....	36
4.2 การออกแบบรูปกระแส.....	37
4.2.1 การออกแบบรูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	37
4.2.2 การออกแบบรูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง.....	38
4.2.3 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ.....	39
4.2 ลำดับและแผนการทดลอง.....	42
บทที่ 5 ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง.....	44
5.1 บทนำ.....	44
5.2 เงื่อนไขและขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง.....	44
5.3 วิธีการวัดการเติบโต.....	47
5.4 การควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง.....	47
5.5 การทดสอบผล การสร้างรูปกระแส และการทดลอง.....	48
5.6 ผลการทดลอง.....	64
5.7 การจำลองและผลการจำลอง.....	78

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	82
6.1 บทนำ.....	82
6.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตโดยวิธีทางสถิติ.....	82
6.1.2 การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	86
6.1.3 สรุปผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว.....	86
6.1.4 ข้อเสนอแนะ.....	89
เอกสารอ้างอิง.....	90
ภาคผนวก ก ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน.....	92
ภาคผนวก ข เครื่องมือและอุปกรณ์.....	93
ภาคผนวก ค การทดลอง.....	98
ภาคผนวก ง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์.....	100
ประวัติผู้เขียน.....	111

สารบัญญัตราสาร

ตารางที่	หน้า
1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา.....	4
1.2 ขั้นตอนการศึกษา.....	5
1.3 เงื่อนไขการศึกษา.....	6
1.4 สูตรการคำนวณหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางลูปกระแสแบบวงกลม.....	14
4.1 ลำดับการทดลองการให้สนามแม่เหล็ก ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กและช่วงเวลาต่างๆ.....	43
4.1 ลำดับการทดลองการให้สนามแม่เหล็ก ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก และช่วงเวลาต่างๆ.....	34
5.1 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ชม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	66
5.2 ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	66
5.3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ชม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	67
5.4 ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวราก ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	68
5.5 ค่าเฉลี่ยของความสูงลำต้นและค่าเฉลี่ยของความยาวราก กลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	69
5.6 เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้น ของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ.....	69
5.7 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ชม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง.....	70
5.8 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง.....	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.9	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง..... 72
5.10	ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวราก ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง..... 72
5.11	เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้น ของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง..... 73
5.12	เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของต้นข้าวในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ จากแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ และจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในวันที่ 7 ของการทดลอง..... 73
5.13	การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าว ในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็ก กับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ..... 77
5.14	การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าว ในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็ก กับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง..... 77
5.15	การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลอง และผลการจำลองของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ บริเวณจุดกึ่งกลางรูปกระแส หรือบริเวณก่อด่างทดลอง..... 81
6.1	สรุปเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นและความยาวราก พิจารณาเปรียบเทียบจากทุกกรณีศึกษาจากผลในวันที่ 7 ของการทดลอง..... 87

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	สนามแม่เหล็กกรอบสายตัวนำที่มีกระแสไหลผ่าน..... 7
2.2	สนามเหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ..... 9
2.3	แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจากลวดตัวนำแบบต่างๆ 10
2.4	ทิศทางของสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไหลผ่านลูปกระแสแบบวงกลม 10
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กกับกระแส เมื่อเป็นลูปวงกลมใดๆ..... 11
2.6	ความเข้มสนามแม่เหล็กกับกระแสเมื่อเป็นลูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร..... 14
2.7	ช่วงการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) สำหรับการทดสอบแบบมีทิศทางไปทางด้านบวก หรือด้านลบ..... 20
2.8	ช่วงการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทาง สมมติว่ากำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ .05..... 21
2.9	ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0)..... 23
3.1	แสดงส่วนประกอบของเมล็ดข้าว 26
3.2	ขั้นตอนการงอกของเมล็ดข้าว 30
3.2	แสดงต้นข้าวที่งอกจากเมล็ด 32
3.4	แสดงขั้นตอนการเจริญเติบโตของต้นข้าวจากระยะต้นกล้าจนถึงระยะแตกกอ 33
3.5	ระบบรากของต้นข้าวและต้นข้าวแตกกอ 34
4.1	วงจรไฟฟ้าการต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ 37
4.2	การต่อลูปกระแสไฟฟ้าแบบกระแสสลับ 38
4.3	วงจรไฟฟ้าการต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง 38
4.4	การต่อลูปกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรง..... 39
4.5	วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ..... 40
4.6	สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสวงจรรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น แบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ..... 41
5.1	ขั้นตอนการทดลอง 45
5.2	การจัดวางเมล็ดข้าวในกล่องพลาสติคที่ใช้ทดสอบ 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3	การวางกล่องทดลองภายใต้ลูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร 46
5.4	บริเวณส่วนของความสูงของลำต้นและความยาวราก ที่บันทึกผลการเจริญเติบโตในวันที่ 7 46
5.5	การต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m) 49
5.6	สัญญาณแรงดันด้านนอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 100 V _{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 20 A/m) 49
5.7	สัญญาณแรงดันด้านนอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m) 50
5.8	รูปสัญญาณแรงดันด้านนอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 20 A/m) 50
5.9	การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m) 51
5.10	สัญญาณแรงดันด้านนอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 100 V _{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 40 A/m) 51
5.11	สัญญาณแรงดันด้านนอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m) 52
5.12	สัญญาณแรงดันด้านนอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 40 A/m) 52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.13 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)	53
5.14 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 100 V _{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)	45
5.15 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)	54
5.16 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่ และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)	54
5.17 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)	55
5.18 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 76.6 V _{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)	55
5.19 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)	56
5.20 สัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)	56
5.21 สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
5.22	สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม สนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m).....	57
5.23	การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m).....	58
5.24	สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 76.0 V _{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 40 A/m).....	58
5.25	สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m).....	59
5.26	รูปสัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น และปรับค่าความต้านทาน แบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 40 A/m).....	59
5.27	สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม สนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)	60
5.28	รูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม สนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m).....	60
5.29	การต่อลูปกระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m).....	61
5.30	สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 76.6 V _{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m).....	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.31	สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)..... 62
5.32	สัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น และปรับค่าความต้านทาน แบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาด 80 A/m)..... 62
5.33	สัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม สนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)..... 63
5.34	สัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม สนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)..... 63
5.35	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโต ของความสูงลำต้นข้าวในวันที่ 7 ของการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลา 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ..... 67
5.36	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโต ของความยาวรากข้าวในวันที่ 7 ของการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลา 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ..... 68
5.37	เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของต้นข้าวเปรียบเทียบระหว่าง ความยาวรากกับความสูงของลำต้นเมื่อรับความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ..... 70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
5.38	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโต ของความสูงลำต้นข้าวในวันที่ 7 ของการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ระดับความเข้มข้น 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลา 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง.....	71
5.39	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโต ของความยาวรากข้าวในวันที่ 7 ของการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ระดับความเข้มข้น 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลา 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง.....	73
5.40	เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของต้นข้าวเปรียบเทียบระหว่าง ความยาวรากกับความสูงของลำต้นเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง.....	74
5.41	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้น ในวันที่ 7 ของการทดลองเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งไฟฟ้ากระแสตรง.....	75
5.42	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวราก ในวันที่ 7 ของการทดลองเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งไฟฟ้ากระแสตรง.....	75
5.43	ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0) ที่ระดับนัยสำคัญ .05.....	76
5.44	การจำลองรูปกระแส และกล่องพลาสติก.....	78
5.45	การกำหนดขอบเขตโดยการตีเส้นกริดบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์.....	79
5.46	ผลการจำลองเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กโดยคิดเทียบที่ความเข้ม สนามแม่เหล็กสูงสุดเป็น 100 %.....	79
5.47	ผลการจำลองเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กแบบ 3 มิติ โดยคิดเทียบที่ความ เข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดเป็น 100 %.....	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังมีการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ เป็นอย่างมาก จึงมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นทุกๆ ปี ทำให้การไฟฟ้าฝ่ายต่างๆ ต้องทำการวางแผน จัดเตรียม และทำการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า ผ่านระบบสายส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งพื้นที่ๆสายส่งไฟฟ้าแรงสูง พาดผ่าน มักจะเป็นพื้นที่ที่มีพืชต่างๆ ขึ้นอยู่เองตามธรรมชาติ หรือเป็นพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร และเนื่องจากประเทศไทย เป็นประเทศผู้ผลิต และส่งออกข้าวเป็นอันดับต้นๆของโลก ทำให้พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่เป็นข้าวชนิด และพรรณต่างๆ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ของประเทศไทย โดยพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคกลางของประเทศ และสามารถทำการเพาะปลูกได้ตลอดปี

โดยบางพื้นที่ ที่เพาะปลูกข้าว จะมีสายส่งไฟฟ้าแรงสูงพาดผ่านต้นข้าวเหล่านั้น ซึ่งสายส่งไฟฟ้าแรงสูงจะมีสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กแผ่กระจายอยู่รอบๆสายส่งเหล่านั้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้

จากรายงานวิจัยทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศพบว่ามีกรกล่าวถึงผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งมีชีวิต โดยมีการทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดกับมนุษย์ สัตว์ และพืช รายงานวิจัยที่มีการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่

1. Lamacchia (1992) เสนอการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ที่มีต่อเด็กนักเรียนที่มีห้องเรียนใกล้กับสายส่งไฟฟ้าแรงสูง 110 ฟุต ทำให้มีโอกาสเป็นมะเร็ง โดยความเข้มสนามไฟฟ้ายิ่งสูงมากขึ้น โอกาสจะเกิดมะเร็งก็สูงมากขึ้นด้วย [1]

2. Verkasalo (1993) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีต่อเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง โดยสุ่มนำเด็กชายและหญิงมาตรวจสอบว่ามีอาการลักษณะต่างๆ เช่น อารมณ์หงุดหงิด หรือมีเนื้องอกในสมอง [2]

3. Scherer (1994) ได้ศึกษาถึงผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีผลต่อมนุษย์ โดยเน้นที่อวัยวะต่างๆเช่นสมอง เม็ดเลือดแดง [3]

4. Dayal และ Singh (1986) ได้ศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อความสูงของต้นมะเขือเทศเมื่อเมล็ดมะเขือเทศได้รับสนามแม่เหล็ก โดยดูจากค่าความสูงของต้นมะเขือเทศ [4]

5. Muraji (1992) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อทิศทางการงอกของรากข้าวโพด โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ที่ความถี่สนามแม่เหล็กต่ำทำให้การงอกของรากข้าวโพดในทิศทางของสนามแม่เหล็กเร็วกว่าปกติ แต่ที่ความถี่สูงทำให้รากข้าวโพดงอกช้ากว่าปกติ [5]

6. ร่มฉัตร ชูประดม (1997) ได้ศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วเขียว โดยได้ทดลองปลูกต้นถั่วเขียวเปรียบ 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบต่อเนื่องและแบบชั่วขณะ และกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่ากลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 100 mG ทำให้ต้นถั่วเจริญเติบโตได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสนามไฟฟ้า และถ้าให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากับเมล็ดถั่วเขียวก่อนนำไปปลูก พบว่าค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 300 mG และ 400 mG ทำให้ต้นถั่วเขียวเจริญเติบโตได้ดีกว่าเมล็ดถั่วเขียวที่ไม่ได้รับสนามไฟฟ้า [6]

7. ทศน์วิไล วัฒนายน และ อรพรรณ สังขจันทรวงศ์ (2543) ทำการศึกษาผลความแรงและเส้นทางของสนามแม่เหล็กที่ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะละกอพันธุ์แขกดำ ระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า สนามแม่เหล็กที่ความแรงเพิ่มขึ้นมีผลให้ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางราก จำนวนใบและพื้นที่ใบมีค่าลดลง และการพัฒนาของเนื้อเยื่อโครงสร้างภายในลำต้นและรากช้ากว่าการเจริญเติบโตในสภาพที่ให้สนามแม่เหล็ก โดยส่วนปลายยอดของต้นมะละกอมีการเบนเข้าสู่แนวสนามแม่เหล็ก [7]

จากรายงานการวิจัยต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานต่ำนั้นมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจริงทั้งในมนุษย์และพืช โดยเฉพาะพืช ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงตั้งเงื่อนไขการทดลองว่า ถ้าสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีผลต่อการต่อสิ่งมีชีวิตจริง ไม่ว่าจะทดลองที่สถานที่ไหน ก็น่าจะมีผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย งานวิจัยนี้จึงใช้พืชเป็นกลุ่มทดลองแทนสัตว์ เพราะพืชมีความซับซ้อนในโครงสร้างน้อยกว่าสัตว์ โดยเป็นลักษณะงานวิจัยระยะสั้น ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนมาก เพื่อความสะดวกในการทดลอง และลดผลกระทบข้างเคียงกับสิ่งมีชีวิตที่เราศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้สนใจทำการศึกษาเฉพาะกรณีผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งเป็นผลผลิตหลักของประเทศไทย โดยการศึกษาและวิจัยจะเน้นไปที่ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงงอกเป็นสำคัญ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและวิจัยผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงงอก เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 7 วัน โดยสนามแม่เหล็กนั้นจะทำการศึกษาที่ขนาดความเข้มต่างๆ คือ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m และระยะเวลาในการให้สนามแม่เหล็กต่อเมล็ดพันธุ์นานต่างกัน ที่ 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง และในการทดลองมีการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงงอก ทั้งอุณหภูมิ แสง และปริมาณน้ำ ให้คงที่ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ มีจำนวนมากเพื่อจะได้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทางสถิติที่มีความเชื่อมั่นสูง ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในการทดลองนี้พิจารณาจากความสูง

ของลำต้นและความยาวรากของต้นข้าว เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มมีการเจริญเติบโตภายใต้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตโดยไม่ได้รับสนามแม่เหล็กโดย

การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวมีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษา 4 กรณี ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงเวลาออก 1 สัปดาห์
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในช่วงเวลาออก 1 สัปดาห์
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาที่ให้สนามแม่เหล็กขนาดต่าง ๆ นานต่อวันต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงเวลาออก 1 สัปดาห์
4. เพื่อศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากชนิดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงเวลาออก 1 สัปดาห์

และจากการศึกษาวิจัยนี้ ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กตามวัตถุประสงค์หลักทั้ง 4 กรณีข้างต้น โดยใช้การเปลี่ยนแปลงความสูงของลำต้นและความยาวรากเป็นหลัก และนำไปโปรแกรมช่วยวิเคราะห์จำลองค่าระดับความเข้มความเข้มสนามแม่เหล็กด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์เพื่อยืนยันและเปรียบเทียบผลการวัด

ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถสรุป และวิเคราะห์ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงของการงอกภายใน 1 สัปดาห์ได้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1. การเจริญเติบโตของข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับจะเกิดความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก
2. การเจริญเติบโตของข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรงจะเกิดความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

จากการศึกษาผลของงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ผ่านมาเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็กมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และจากข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าและช่วงเวลาในการใช้ปริมาณไฟฟ้าในแต่ละวันของการไฟฟ้าซึ่งต้องส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าผ่านระบบสายส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงซึ่งพื้นที่ ที่สายส่งแรงสูงพาดผ่านส่วนมากในประเทศไทยจะเป็นข้าว นั่นเอง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์จึงได้นำหลักการและแนวคิดดังกล่าวข้างต้นมาศึกษาผลกระทบของ

สนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยทำการทดลองภายใต้สนามแม่เหล็กที่มีขนาดความเข้มแตกต่างกันและช่วงระยะเวลาในการให้สนามแม่เหล็กที่นานต่างกัน โดยในการเลือกช่วงระยะเวลาในการทดลองจะเลือกให้สอดคล้องข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และทำการทดลองในช่วงงอกของต้นข้าวเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 7 วัน โดยทำการบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นข้าว นั่นคือบันทึกค่าความสูงของลำต้นและความยาวรากโดยวิธีการวัด แล้วใช้ระเบียบวิธีทางสถิติมาทำการวิเคราะห์ว่าสนามแม่เหล็กมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตของต้นข้าวหรือไม่ อย่างไร รวมทั้งใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนท์อิเลเมนต์ด้วยโปรแกรม FEMLAB มายืนยันผลการศึกษาดทดลองเบื้องต้น

1.5 ขอบเขตการวิจัย

สำหรับขอบเขตการวิจัยในวิทยานิพนธ์จะสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กรณีเช่นเดียวกันดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักในการศึกษาวิจัย	ขอบเขตการวิจัย
1. เพื่อศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในช่วงงอก 1 สัปดาห์	1. เปรียบเทียบผลกระทบจากสนามแม่เหล็กระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในช่วงงอก 1 สัปดาห์	2. ศึกษาผลกระทบจากความเข้มสนามแม่เหล็กที่ ขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาที่ให้สนามแม่เหล็กขนาดต่างๆนานต่อวันต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงเวลาออก 1 สัปดาห์	3. ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาที่ให้สนามแม่เหล็กนาน 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง
4. เพื่อศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากชนิดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในช่วงเวลาออก 1 สัปดาห์	4. ศึกษาผลกระทบจากชนิดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ (AC) และแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC)

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้จะศึกษาถึงผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว จะมีรายละเอียดขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

1. พืชที่ใช้ในการทดลองคือข้าว โดยจะศึกษาในช่วงการงอก 7 วัน
2. ทำการทดลองโดยให้สนามแม่เหล็กแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ความเข้มสนามแม่เหล็กคงที่ ที่ 20 A/m, 40 A/m และ 80 A/m โดยปรับเปลี่ยนช่วงระยะเวลาในการให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก เป็น 24 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมงต่อวัน
3. ทำการทดลองโดยเปลี่ยนให้ความเข้มสนามแม่เหล็กแบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรงโดยทำการทดลองเหมือนกับข้อ 2
4. ทำการวัดความเจริญเติบโตของต้นข้าวในวันที่ 7 และบันทึกผล
5. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยระเบียบวิธีทางสถิติ
6. ทำการวิเคราะห์ยืนยันผลการทดลองด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนท์อิลลิเมนต์

จากขั้นตอนการศึกษาที่กล่าวมาสรุปเป็นขั้นตอนการศึกษาดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนการศึกษา

กรณีศึกษาทั้งหมดในวิทยานิพนธ์									
กรณีศึกษาทั้งหมดในวิทยานิพนธ์	มัลติกระแสแบบวงกลม จำนวน 3 ลูบ	ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ AC (A/m)				ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ DC (A/m)			
		without	20	40	80	without	20	40	80
		8 ชม. (12.00-20.00 น.)	-	C-20	C-40	C-80	-	F-20	F-40
16 ชม. (12.00-04.00 น.)	-	B-20	B-40	R-80	-	E-20	E-40	E-80	
24 ชม. (12.00น.-12.00 น.)	A-0	A-20	A-40	A-80	D-0	D-20	D-40	D-80	

หมายเหตุ

หมายเลข ①, ②, ③... หมายถึง ลำดับของการทดลองในแต่ละกรณี

และสัญลักษณ์ ตัวอักษร-ตัวเลข หมายถึง ตัวอักษรแสดงลำดับ-ตัวเลขแสดงขนาดความเข้มข้น
สนามแม่เหล็ก เช่น A-0, A-20, A-40, A-80 เป็นกรณีที่ทำการทดลองเป็นลำดับแรกโดยมีการ
ทดลอง 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมที่ไม่ให้สนามแม่เหล็กเป็น และกลุ่มทดสอบที่ให้ความเข้มข้น
สนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m, 40 A/m และ 80 A/m ภายใต้ลูปนำกระแสวงกลมจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า
กระแสสลับ

จากตารางที่ 1 แสดงลำดับขั้นตอนในการศึกษาโดยจะทำการศึกษาดทดลองภายใต้เงื่อนไข
เดียวกันทุกกรณีศึกษา สรุปได้ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 เงื่อนไขการศึกษา

เงื่อนไขที่ถูกควบคุมเหมือนกันทุกกรณีศึกษา	
1. ลูปนำกระแส	แบบวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร
2. ชนิดของแหล่งจ่ายไฟฟ้า -แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) -แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC)	รักษาระดับกระแสเข้าลูปนำกระแสอยู่ที่ 1 A
3. ระยะเวลาในการทดลอง	ทำการทดลอง 7 วันต่อเนื่องโดยเริ่มที่เวลาเดียวกัน ทุกกรณีศึกษา (ทำการทดลอง ซ้ำ 4 ครั้งแล้วทำการ หาค่าเฉลี่ย)
4. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง	ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 - จำนวน 100 เมล็ดทุกกรณีศึกษา -ปลูกลงในถาดปลูกขนาด 14.5 ซม.x 23 ซม x 8 ซม. -ปริมาณน้ำที่ควบคุมในถาด 15 CC
5. สถานที่ทดลอง	สถานที่เดียวกันภายใต้สภาวะแวดล้อมเหมือนกัน (แสง, อุณหภูมิ)
6. ผลการทดลอง	ทุกกรณีศึกษา บันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 โดย วัดความสูงลำต้นและความราก (แล้วทำการหา ค่าเฉลี่ย)

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

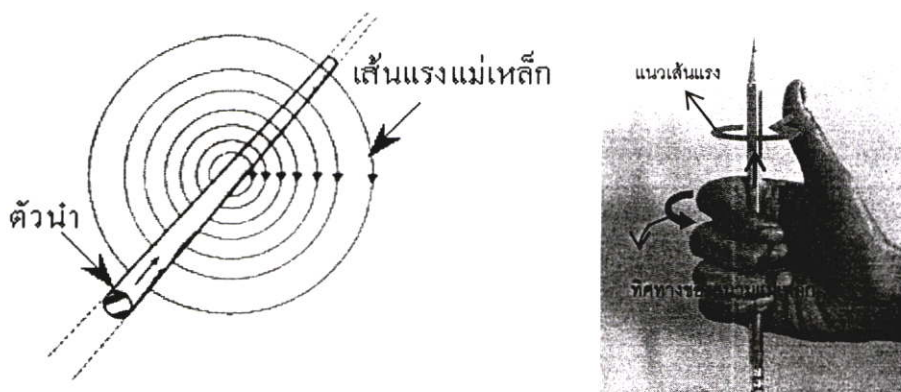
2.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องของเบื้องต้นและนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีทางด้านสนามแม่เหล็ก และทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติ

2.2 ทฤษฎีด้านสนามแม่เหล็ก

2.2.1 สนามแม่เหล็ก

ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาเฉพาะผลกระทบจากสนามแม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC) และจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ความถี่ 50 Hz เป็นที่ทราบกันว่าตัวนำใดๆก็ตามที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีสนามแม่เหล็กหรือเรียกกันว่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field intensity; H) มีหน่วยเป็นแอมแปร์ต่อเมตร(A/m) เกิดขึ้นรอบตัวนำนั้น ซึ่งสนามแม่เหล็กเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กจะเป็นไปตามกฎมือขวา นั่นคือเมื่อใช้มือขวากำเส้นลวดตัวนำ ให้หัวแม่มือชี้ทิศกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะอยู่ในทิศของนิ้วมือทั้งสี่นั่นเองซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับทิศทางของการหมุนสกรู กล่าวคือเมื่อสกรูหมุนไปทางด้านขวามือ ทิศทางของสกรูจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเช่นเดียวกันเปรียบเทียบ คือ กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนไปข้างหน้า และทิศทางการหมุนของสกรูคือ ทิศทางสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สนามแม่เหล็กรอบสายตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

จากรูปที่ 2.1 เห็นได้ว่าเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux) ที่เกิดขึ้นรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีลักษณะเป็นรูปวงกลม โดยความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux density; B) มีความสัมพันธ์กับความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า I ดังนี้

$$B = \mu H \quad (2.1)$$

$$\mu = \mu_0 \mu_r \quad (2.2)$$

เมื่อ B มีหน่วยเป็น เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m^2) หรือ เทสลา (T) และ μ คือค่าความซาบซึมแม่เหล็ก (magnetic permeability) ของตัวกลางที่เส้นแรงแม่เหล็กแพร่ผ่านมีค่าเท่ากับ $\mu_0 \mu_r$ โดยที่ μ_0 คือค่าความซาบซึมได้ที่สุญญากาศ มีค่า $4\pi \times 10^{-7}$ H/m และ μ_r คือค่าความซาบซึมแม่เหล็กสัมพัทธ์ของวัสดุที่เส้นฟลักซ์แม่เหล็กแพร่ผ่าน

2.2.1.1 กฎของไบโอท-ซาวาร์ต (Biot-Savart Law)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดรอบสายตัวนำโดยใช้กฎของไบโอท-ซาวาร์ต (Biot-Savart Law) มาวิเคราะห์แก้ปัญหา

โดยทั่วไปกฎของ Biot-Savart นั้นจะใช้ในการคำนวณความเข้มสนามแม่เหล็กที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แต่ในวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการวิเคราะห์โดยใช้กฎของ Biot-Savart เพราะว่าจากสมการของ Maxwell [8] ซึ่งเป็นสมการในโดเมนเชิงเวลา

$$\nabla \times \bar{H} = \bar{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} \quad (2.3)$$

หรือกรณีในโดเมนเชิงความถี่จะได้ว่า

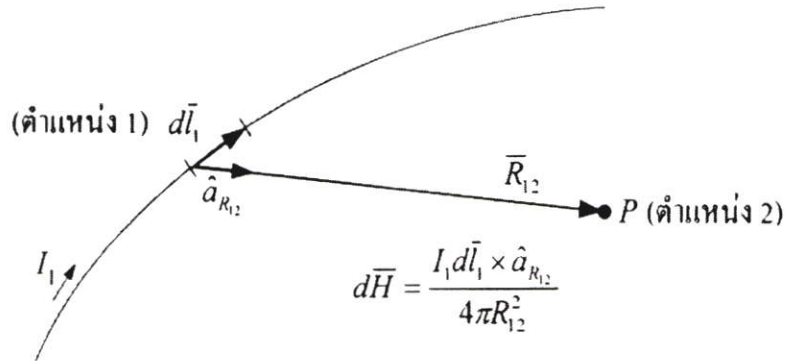
$$\nabla \times \bar{H} = \bar{J} + j\omega\epsilon_0 \bar{E} \quad (2.4)$$

เนื่องจากความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ 50 Hz ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ต่ำดังนั้นพจน์ของ $\omega\epsilon_0 \bar{E}$ จะมีค่าน้อยมากจึงประมาณได้ว่า

$$\nabla \times \bar{H} \approx \bar{J} \quad (2.5)$$

จากสมการข้างต้น เห็นได้ว่ากฎของ Biot-Savart สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ โดยของกฎบิโอท-ซาวาร์ต [9] ที่กล่าวว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ไหลบนเส้นลวดไฟฟ้าย่อมเกิดสนามแม่เหล็กรอบๆบริเวณที่เส้นลวดไฟฟ้าวางอยู่โดยความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของกระแสไฟฟ้ากับระยะทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทาง

กำลังสองระหว่างจุดที่ต้องการหาสนามแม่เหล็กกับจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.2 และสมการที่ 2.6



รูปที่ 2.2 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ

$$d\bar{H} = \frac{I d\bar{l}_1 \times \hat{a}_{R_{12}}}{4\pi R_{12}^2} \quad (\text{แอมแปร์/เมตร}) \quad (2.6)$$

การคำนวณความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic field intensity: \bar{H}) เมื่อ $d\bar{H}$ ที่จุด P (ตำแหน่ง 2) ที่เกิดจากส่วนของกระแส I_1 ไหลในตัวนำที่มีความยาว dl_1 ซึ่งมีทิศทางตามเวกเตอร์ $d\bar{l}_1$ (ตำแหน่ง 1) เมื่อระยะทางระหว่างตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 2 เป็น R_{12} และมีทิศทางของเวกเตอร์เป็น $\hat{a}_{R_{12}}$ ได้จาก [8], [9] เมื่ออินทิเกรตตลอดเส้นทางที่กระแสไหล นั่นคือ

จากสมการที่ 2.6

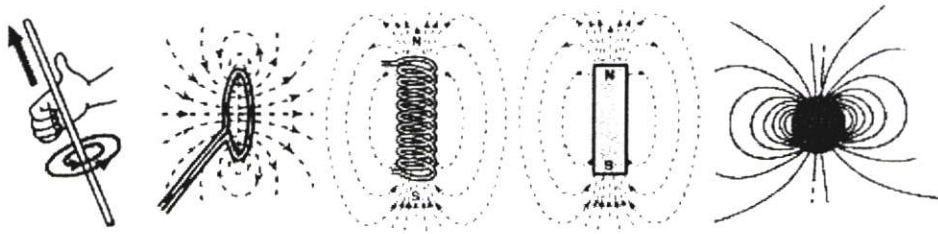
$$d\bar{H} = \frac{I d\bar{l}_1 \times \hat{a}_{R_{12}}}{4\pi R_{12}^2} \quad (\text{แอมแปร์/เมตร})$$

อินทิเกรตตลอดเส้นทางที่กระแสไหลจะให้ความเข้มสนามแม่เหล็กดังสมการที่ 2.7

$$\bar{H} = \oint \frac{I d\bar{l} \times \hat{a}_R}{4\pi R^2} \quad (\text{แอมแปร์/เมตร}) \quad (2.7)$$

เนื่องจากสนามแม่เหล็กสามารถเกิดได้จากลวดตัวนำแบบต่างๆ ดังรูปที่ 2.3 อาทิเช่น สนามแม่เหล็กจากเส้นลวดตัวนำยาวอนันต์ จากเส้นลวดตัวนำเป็นสี่เหลี่ยม เส้นลวดตัวนำแบบวงกลม ขดลวด โซลินอยด์ สนามแม่เหล็กโลก เป็นต้น

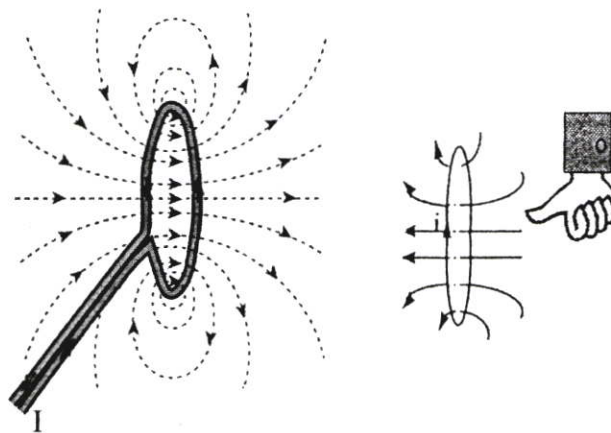
ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดแบบเส้นลวดตัวนำแบบวงกลม ดังนั้นในวิทยานิพนธ์จึงกล่าวถึงเฉพาะสนามแม่เหล็กของลูปกระแสแบบวงกลมเป็นหลักสำคัญ



รูปที่ 2.3 แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจากลวดตัวนำแบบต่างๆ [10]

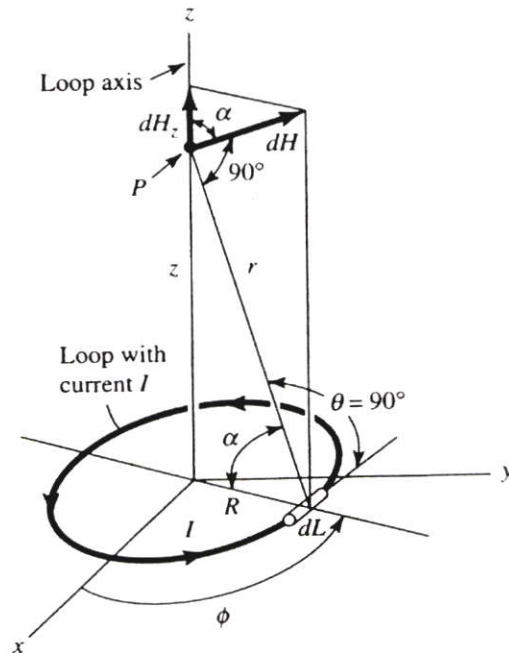
2.2.1.2 สนามแม่เหล็กของลูปกระแสแบบวงกลม

กรณีที่ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำเป็นลูปวงกลม เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำที่เป็นลูปวงกลม จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งทิศของสนามแม่เหล็กจะเป็นไปตามกฎมือขวา โดยใช้มือขวา กำเส้นลวดตัวนำ ใช้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางเดียวกับกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศสนามแม่เหล็กภายในลวด โดยทิศของสนามแม่เหล็กในลูปกระแสแบบวงกลมมีทิศทางเหมือนกัน และขดลวดวงกลมเป็นวงกลมสมมาตรดังนั้นสนามแม่เหล็กในวงกลมจึงเป็นสนามแม่เหล็กที่เสริมกัน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ทิศทางของสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไหลผ่านลูปกระแสแบบวงกลม [10]

ในวิชานี้พบว่าสามารถใช้รูปกระแสแบบวงกลมเป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก ดังนั้นการคำนวณหาความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) จำนวน โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กกับกระแสเมื่อเป็นลูปวงกลม [8]

จากรูปที่ 2.7 สามารถหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ที่มีเส้นลวดตัวนำรูปวงกลมรัศมี a มีกระแสไหล I วางอยู่ในระนาบ xy โดยสามารถหาสนามแม่เหล็กในแนวแกน z ที่ผ่านจุดศูนย์กลางและตั้งฉากกับวงกลม ณ ตำแหน่ง p ใดๆ บนแกน z เป็นดังนี้ [8]

จากรูป $\theta = 90^\circ$ และ $dH_z = dH \cos \alpha$ (2.8)

โดย $\cos \alpha = \frac{R}{r}$, $r = \sqrt{R^2 + z^2}$ และ $dL = R d\phi$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.8)

$$dH_z = dH \cos \alpha$$

$$dH_z = dH \cos \alpha$$

จะได้ว่า

$$= dH \frac{R}{r}$$

$$\therefore dH_z = dH \frac{R}{\sqrt{R^2 + Z^2}} \quad (2.9)$$

จากสมการทั่วไปของกฎบิโอดี-ซาวาร์ต สมการที่ 2.6 จะได้ $d\bar{H}$ จากรูปที่ 2.5 เป็นดังสมการที่ (2.10)

$$d\bar{H} = \frac{IdL \sin \theta}{4\pi r^2} \quad (2.10)$$

ดังนั้นแทนค่า $d\bar{H}$ ในสมการที่ (2.10) ลงในสมการที่ (2.9) ได้ดังนี้
จากสมการที่ (2.9)

$$\begin{aligned} dH_z &= d\bar{H} \frac{R}{\sqrt{R^2 + Z^2}} \\ &= \left(\frac{IdL \sin \theta}{4\pi r^2} \right) \left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + Z^2}} \right) \end{aligned} \quad (2.11)$$

แทนค่า $r = \sqrt{R^2 + z^2}$ และ $dL = Rd\phi$ ลงในสมการที่ (2.11) จะได้

$$\begin{aligned} dH_z &= \left(\frac{IdL \sin \theta}{4\pi r^2} \right) \left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + Z^2}} \right) \\ &= \left(\frac{I(Rd\phi) \sin \theta}{4\pi (\sqrt{R^2 + Z^2})^2} \right) \left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + Z^2}} \right) \\ &= \frac{I(R^2 \sin \theta (d\phi))}{4\pi (R^2 + Z^2)^{3/2}}; \theta = 90^\circ \\ &= \frac{I(R^2 \sin 90^\circ (d\phi))}{4\pi (R^2 + Z^2)^{3/2}} \\ &= \frac{I(R^2 d\phi)}{4\pi (R^2 + Z^2)^{3/2}} \end{aligned} \quad (2.12)$$

จากสมการที่ (2.12) อินทิเกรตตลอดเส้นทางที่กระแสไหลจะให้ความเข้มสนามแม่เหล็กดังนี้

$$\begin{aligned}
 \oint dH_z &= \oint \frac{I(R^2 d\phi)}{4\pi(R^2 + Z^2)^{3/2}} \\
 H_z &= \frac{IR^2}{4\pi(R^2 + Z^2)^{3/2}} \int_0^{2\pi} d\phi \\
 &= \frac{IR^2}{4\pi(R^2 + Z^2)^{3/2}} \cdot 2\pi - 0 \\
 \therefore &= \frac{IR^2}{2(R^2 + Z^2)^{3/2}} \quad (2.13)
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ณ ตำแหน่ง p ใดๆ บนแนวแกน Z ดังสมการที่ (2.13) ดังนั้นจากสมการที่ (2.13) สามารถหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ณ จุดกำเนิดหรือจุดศูนย์กลางลูปได้ดังนี้

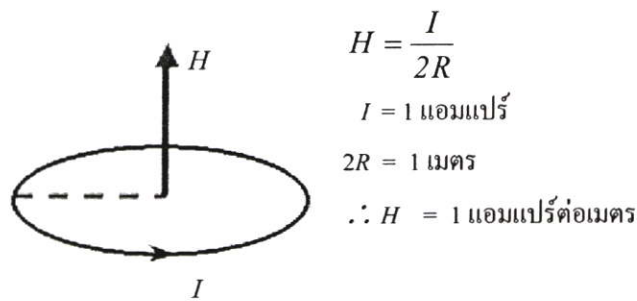
เนื่องจากที่จุดศูนย์กลาง ค่า Z เป็นศูนย์ ดังนั้น แทนค่า $Z = 0$ ลงในสมการที่ (2.13) จะได้ดังนี้ จากสมการที่ (2.13)

$$\begin{aligned}
 H_z &= \frac{IR^2}{2(R^2 + Z^2)^{3/2}} \\
 H_0 &= \frac{IR^2}{2(R^2 + 0^2)^{3/2}} \\
 &= \frac{IR^2}{2(R^2)^{3/2}} \\
 &= \frac{IR^2}{2R^3} \\
 &= \frac{I}{2R}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางวงกลมเขียนได้ดังสมการที่ (2.14)

$$H = \frac{I}{2R} \quad \text{A/m} \quad (2.14)$$

โดย ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ต่อเมตร (A/m) ซึ่งจะได้ว่าถ้าวัดตัวนำวงกลมหนึ่งวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร โดยมีกระแสไหลในลวดตัวนำวงกลม 1 แอมแปร์ ดังนั้นค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ณ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลมจะมีค่าเป็น 1 แอมแปร์ต่อเมตรนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.6



$$H = \frac{I}{2R}$$

$$I = 1 \text{ แอมแปร์}$$

$$2R = 1 \text{ เมตร}$$

$$\therefore H = 1 \text{ แอมแปร์ต่อเมตร}$$

รูปที่ 2.6 ความเข้มสนามแม่เหล็กกับกระแสเมื่อเป็นลูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร

จากสมการที่ (2.14) เป็นการหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของวงกลม จำนวน 1 รอบ ดังนั้นสามารถหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จำนวน N รอบ เมื่อมีกระแสไหล I แอมแปร์ ได้ดังสมการที่ (2.15)

$$H = \frac{NI}{2R} \quad \text{A/m} \quad (2.15)$$

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ใช้หลักการหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร และมีกระแสไหล 1 แอมแปร์ ดังรูปที่ 2.6 และสมการที่ 2.15 ไปทำการออกแบบลูปกระแสวงกลมให้มีค่าขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางเป็น 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m โดยการทอรอบ เป็น 20 40 และ 80 รอบตามลำดับ โดยได้สรุปสูตรที่เกี่ยวข้องและนำไปใช้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สูตรการคำนวณหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของลูปกระแสแบบวงกลม

ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ณ จุดศูนย์กลางลูปจำนวน 1 รอบ (A/m)	ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (H) ณ จุดศูนย์กลางลูปจำนวน N รอบ (A/m)
$H = \frac{I}{2R}$	$H = \frac{NI}{2R}$

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติ

2.3.1 ความหมายของสถิติ

คำว่า สถิติมี ความหมาย 2 ประการ คือ สถิติ หมายถึง ศาสตร์ที่ว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล และ หมายถึงการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลการนำเสนอข้อมูลเบื้องต้น การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล ซึ่งสามารถนำผลสรุปนั้นมาช่วยในการตัดสินใจ โดยในวิชานิติพนธ์นี้จะใช้ความหมายของสถิติที่ 2 เป็นหลัก และจะกล่าวถึงค่าสถิติที่เกี่ยวข้องและใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ซึ่งค่าสถิติที่จะกล่าวถึงมีดังนี้ [11]-[13]

2.3.1.1 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง

การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางเป็นการหาค่ากลางของข้อมูลทั้งหมดว่าอยู่ที่ใด โดยใช้ค่ากลางบอกลักษณะของข้อมูลทำให้ทราบถึงการแจกแจงของข้อมูลได้ว่าเป็นอย่างไร โดยการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) มัชยฐาน (Median) และ ฐานนิยม (Mode) ในที่นี้จะขอกล่าวเพียงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งเป็นค่าที่ได้นำไปใช้กับข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาคือ ความสูงของลำต้นและความยาวรากของข้าว

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

เป็นการนำเอาค่าสังเกตทุกค่าที่ได้มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนตัวอย่างทั้งหมด โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.16)$$

โดย $\sum X_i$ คือ ผลรวมของข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด

2.3.1.2 การวัดการกระจาย

การวัดการกระจายเป็นการวัดการกระจายของข้อมูล เพื่อศึกษาว่าข้อมูลชุดนั้นมีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร การวัดการกระจายข้อมูลที่กล่าวถึง คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งเป็นการวัดการกระจายข้อมูลที่สำคัญและเป็นค่าที่นิยมใช้ในการวัดการกระจายของข้อมูล ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยแสดงว่าข้อมูลมีการรวมกลุ่มกันเป็นกระจุกๆ รอบๆ จุดศูนย์กลางของข้อมูล ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากแสดงว่าข้อมูลชุดนั้นประกอบด้วยข้อมูลที่มีค่าน้อยและค่ามากปะปนกันอยู่ และถ้าค่าเบี่ยงเบนที่ได้มีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นประกอบด้วยข้อมูลที่มีค่าเท่ากันหมด ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าข้อมูลมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใดนั่นเอง ซึ่งจะทำการคำนวณโดยใช้สูตร

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (2.17)$$

จากสมการ 2.17 จะเห็นว่า S เป็นบวกเสมอ ดังที่กล่าวข้างต้น กรณีถ้า $S = 0$ ข้อมูลทุกค่าจะไม่ต่างจากค่าเฉลี่ยเลข หรือข้อมูลทุกค่าเท่ากันหมดนั่นเองในการคำนวณโดยทั่วไปอาจทำการยกกำลังสองสมการ 2.17 ซึ่งค่าที่ได้นี้เรียกว่าความแปรปรวน นั่นเอง สูตรที่ได้เป็นดังนี้

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N} \quad (2.18)$$

2.3.2 หลักทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่ได้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ จึงใช้หลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในวิทยานิพนธ์จะทำการวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอนคือ [11]-[15]

1. การวิเคราะห์เชิงอธิบาย (Descriptive Analysis) ข้อมูลซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความสูงของลำต้น ความยาวราก เพื่ออธิบายถึงการเจริญเติบโตในช่วงการงอกของต้นข้าวภายใน 7 วัน

2. การวิเคราะห์เชิงทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Testing Analysis) ใช้ในการ

ในการวิเคราะห์เชิงทดสอบสมมุติฐาน เป็นการนำหลักสถิติเชิงอนุมานหรือการใช้สถิติเกี่ยวกับการบทรูปและบอกความน่าเชื่อถือมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ มีขั้นตอน 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล
2. การเลือกตัวสถิติที่ใช้วิเคราะห์และทดสอบ
3. การกำหนดค่าความเชื่อมั่น
4. การตั้งสมมุติฐานเพื่อการวิเคราะห์
5. การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติและการตัดสินใจ

1. การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ได้มีการแจกแจงเป็นไปตามเงื่อนไขตามข้อกำหนดสถิติในการทดสอบสมมติฐานหรือไม่ คือมีการตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือการแจกแจงแบบอื่นที่ไม่ใช่แบบปกติ ซึ่งถ้าข้อมูลที่สุ่มมาได้มีการแจกแจงแบบปกติจะใช้สถิติทดสอบแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Test) หรือใช้สถิติทดสอบตามฟังก์ชันของข้อมูลที่สุ่มมา อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นและความยาวราก ที่มีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนมาก จึงสามารถที่จะใช้การทดสอบแบบมีพารามิเตอร์โดยเงื่อนไขที่ว่าข้อมูลเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ สามารถประมาณได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติได้

2. การเลือกตัวสถิติที่ใช้วิเคราะห์และทดสอบ

ตัวสถิติทดสอบเป็นฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการเลือกทดสอบสมมติฐานในการวิจัยเพื่อความเหมาะสมกับค่าสถิติที่ได้มา ตัวสถิติทดสอบมีดังต่อไปนี้

Z-test (Standard Normal Distribution) เป็นการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติและทั่วไป

t-test เป็นการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงใกล้เคียงปกติและขนาดข้อมูลเล็ก (ค่าฟังก์ชัน t-test จะมีค่าเข้าใกล้ Z-test ในกรณีข้อมูลมีขนาดใหญ่)

F-test เป็นการทดสอบสมมติฐาน ความแปรปรวนของข้อมูลตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติและทั่วไป

ซึ่งจากคุณลักษณะของข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลขนาดใหญ่ตรงตามเงื่อนไขข้อ 1. และ 2. จึงเหมาะสมในการใช้ตัวสถิติทดสอบ Z-test หรือ t-test ได้ โดยใน

3. การกำหนดค่าความเชื่อมั่นและระดับนัยสำคัญ

ค่าความเชื่อมั่น คือค่าที่บอกความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจหรือบอกบทสรุปในงานวิจัยนี้ว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ตามหลักการค่าสูงสุดของความน่าเชื่อถือมี 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติในงานวิจัย เราไม่สามารถสรุปอะไรได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจจะเกิดปัจจัยอื่นๆ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นโดยทั่วไปในทางปฏิบัติก็จะกำหนดค่าความเชื่อมั่น 2 ระดับ คือ 99% และ 95% ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระดับค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ประเด็นสำคัญของการกำหนดค่าความเชื่อมั่นคือ การนำไปใช้ในการกำหนดค่าความมีนัยสำคัญในการตัดสินใจค่าจากการทดสอบสมมติฐาน ยกตัวอย่างเช่นที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ก็คือจะได้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะได้ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับความเชื่อมั่น 90% จะได้ระดับนัยสำคัญ 0.1

ระดับนัยสำคัญ จะสะท้อนถึงความเชื่อมั่นในสรุปผลตามสมมติฐานการวิจัยนั่นเอง โดยทั่วไประดับนัยสำคัญที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณนิยมใช้ 2 ระดับ คือ

1. ระดับนัยสำคัญที่มีโอกาสผิดพลาดน้อยกว่า 5% เรียกว่า ผลการทดสอบมีนัยสำคัญ (Significant) หมายความว่า ถ้าผู้ทำงานวิจัยทำนองเดียวกับที่ทำไปแล้วจำนวนมากหลายครั้ง โอกาสที่ผลสรุปจะไม่ใช่ไปตามการวิจัยนี้มีเพียงน้อยกว่า 5%

2. ระดับนัยสำคัญที่มีโอกาสผิดพลาดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า ผลการทดสอบมีนัยสำคัญยิ่ง (Highly Significant) หมายความว่า ถ้าผู้ทำงานวิจัยซ้ำๆกับที่ทำไปแล้วจำนวนมากหลายครั้ง โอกาสที่ผลสรุปจะไม่ใช่ไปตามการวิจัยนี้มีเพียงน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

ระดับนัยสำคัญของงานบางประเภทอาจใช้ระดับนัยสำคัญที่สูงกว่านี้ เช่น 10% หรือ 15% ถ้าความผิดพลาดในการสรุปผลไม่มีผลร้ายแรงต่อมนุษย์ ในทางตรงข้ามถ้าความผิดพลาดเกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์ ต้องระดับนัยสำคัญที่ต่ำกว่า 1 % มากๆ อาทิ ระดับ 0.01% หรือ 0.001% ส่วนการวิจัยทั่วไปยอมรับกันเป็นหลักสากลที่ระดับนัยสำคัญ 5%(0.05) หรือ 1%(0.01)

จากที่กล่าวมาทั้งค่าความเชื่อมั่นและระดับนัยสำคัญในข้างต้นนั้นในงานวิจัยนี้ กำหนดระดับนัยสำคัญไว้ที่ 5% หรือค่าความเชื่อมั่นที่ 95 %

4. การตั้งสมมติฐานเพื่อการวิเคราะห์

สมมติฐาน หมายถึง ข้อความทางสถิติที่เกิดจากการคาดคะเนไว้ก่อนล่วงหน้า เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งการในการทดสอบสมมติฐานนั้นคือ การตรวจสอบข้อความที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้านั้นถูกต้องหรือไม่ โดยในทางปฏิบัติการวิจัยมีการตั้งสมมติฐานมี 2 ประเภทคือ

1. สมมติฐานการวิจัย (Research hypothesis) คือ ข้อความทางทฤษฎีที่คาดหวังคำตอบไว้หรือสันนิษฐานไว้เพื่อแนะคำตอบสำหรับการวิจัยต่อไป

2. สมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis) คือข้อความสมมติที่อาจจะเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงและเป็นสมมติฐานพื้นฐานก่อนทำการทดลอง โดยสมมติฐานทางสถิติ มี 2 ประเภทคือ

1 สมมติฐานศูนย์ (H_0) สมมติฐานนี้เรียกว่า Null hypothesis (Null แปลว่า ไม่มี หรือ โมงะ) เขียนสัญลักษณ์ว่า H_0 ซึ่งเป็นสมมติฐานพื้นฐานของวิธีการทดสอบทางสถิติศาสตร์ ที่กำหนดว่าเมื่อไม่รู้ว่ามี ให้กำหนดเบื้องต้นว่า ไม่มี

2. สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis) คำว่า Alternative แปลว่า ทางเลือก เป็นข้อความที่ตั้งขึ้นให้ตรงกันข้ามกับสมมติฐานนัลหรือบอกทิศทางให้แน่นอนว่า เมื่อสมมติฐานนัลไม่เป็นจริงตามที่ตั้งไว้ หรือปฏิเสธ (Reject) H_0 ว่าไม่จริง นั้นควรจะเป็นจริงในลักษณะใดจึงอาจจะกล่าวได้ว่า สมมติฐานทางเลือก ก็คือสมมติฐานสำหรับเป็นทางเลือกในการ

สรุปผลนั่นเอง มักเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ H_A หรือ H_1 โดยในวิทยานิพนธ์นี้ใช้สัญลักษณ์ สมมติฐานศูนย์ คือ H_0 และ สมมติฐานทางเลือก เป็น H_1

กล่าวโดยสรุป ถ้าเราปฏิเสธ H_0 ก็แสดงว่าต้องยอมรับ H_1 และถ้ายอมรับ H_0 ก็แสดงว่าต้องปฏิเสธ H_1 โดยปกติถ้าสมมติฐานศูนย์ไม่อาจจะตั้งให้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยได้ ดังนั้นในการสมมติฐานทางเลือกจึงตั้งให้สอดคล้องกับสมมติฐานวิจัย หรือกล่าวได้ว่าสมมติฐานในการวิจัยนี้เป็นสมมติฐานทางเลือกนั่นเอง

จากข้อมูลงานวิจัยจะพิจารณาค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นและความยาวรากข้าวซึ่งเป็นตัวแปรที่นำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างที่เกิดขึ้นจาก 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มทดสอบที่ได้รับสนามแม่เหล็ก

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดสอบที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

จากนั้นจึงทำการตั้งสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล โดยสมมติฐานในการทำการวิจัยนี้จะพิจารณาการตั้งสมมติฐาน โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย

5. การทดสอบสมมติฐานทางสถิติและการตัดสินใจ

การทดสอบสมมติฐาน เป็นการพิจารณาค่าสถิติที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างนั้นจะมีค่าอยู่ในพื้นที่การยอมรับ (Acceptance area) หรือพื้นที่การปฏิเสธ (Rejection area) หรือ (Critical area) สมมติฐานทางสถิติตามระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ เช่น 5% หรือ 1% โดยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติมี 2 วิธีคือ

1. การทดสอบแบบมีทิศทาง (Directional Test) เป็นการทดสอบด้านเดียว นิยมใช้เทคนิคการทดสอบแบบทิศทางเดียว (One tailed Test) ในกรณีที่ผู้วิจัยคาดคะเนอย่างแน่ใจว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของอีกกลุ่มหนึ่ง โดยสมมติฐานที่ตั้งจะเป็นดังนี้

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 > \mu_2 \quad \text{หรือ}$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 > \mu_2 \quad \text{หรือ}$$

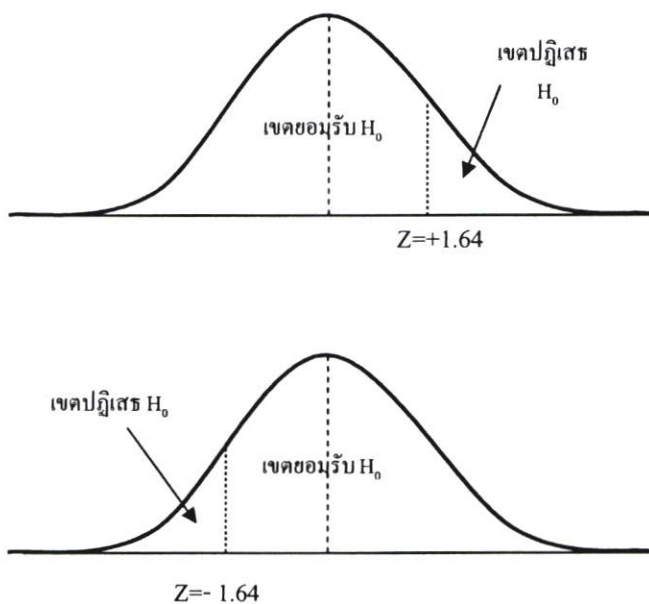
$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 < \mu_2 \quad \text{หรือ}$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

โดยที่ μ_2 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่คาดว่าควรจะเป็น

μ_1 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ไม่ทราบค่า

ดังนั้นช่วงของการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) แสดงดังรูปที่ 2.7 (ก) และ (ข)



รูปที่ 2.7 ช่วงการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) สำหรับการทดสอบแบบมีทิศทางไปทางด้านบวก หรือด้านลบ

2. การทดสอบแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional test) เป็นการทดสอบความแตกต่างโดยไม่คำนึงถึงทิศทาง ใช้เทคนิคการทดสอบแบบสองทิศทาง (Two tailed test) ในกรณีที่ผู้วิจัยคาดคะเนว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดสอบ 2 กลุ่มนั้นมีความแตกต่างกันกัน โดยสมมติฐานที่ตั้งจะเป็นดังนี้

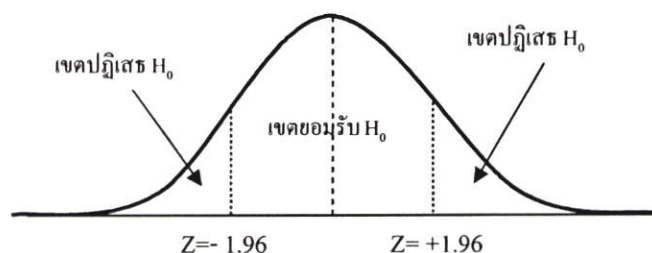
สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยที่ μ_2 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่คาดว่าควรจะเป็น

μ_1 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ไม่ทราบค่า

ดังนั้นช่วงของการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ช่วงการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทาง สมมติว่ากำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ .05

สำหรับลำดับขั้นของการทดสอบสมมติฐาน มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งสมมติฐานซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานศูนย์ สมมติฐานศูนย์ (H_0) และ สมมติฐานทางเลือก (H_1) เช่น

$$H_0 : \mu_1 = 50$$

$$H_1 : \mu_1 > 50$$

2. การกำหนดระดับความมีนัยสำคัญ
3. การหาเขตวิกฤต (Critical region)
4. การคำนวณหาค่าสถิติ ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน อันได้แก่ Z, t, F หรือ χ^2
5. สรุปผลการทดสอบโดยปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติตกอยู่ในเขตวิกฤต และยอมรับ H_0 ถ้าค่าสถิติตกอยู่นอกเขตวิกฤต

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันและทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร หรือถ้าไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรแต่มีจำนวนตัวอย่างขนาดใหญ่ จะมีเงื่อนไขดังนี้

1. ตัวอย่างทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน
2. ตัวอย่างทั้งสองต้องมีขนาดใหญ่ คือ $N_1 > 30$ และ $N_2 > 30$ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.12

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \quad (2.19)$$

โดยที่ Z คือ standard normal distribution

\bar{X}_1 คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำนวนแรก

\bar{X}_2 คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำนวนที่สอง

μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรจำนวนแรก

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรจำนวนที่สอง

S_1 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรจำนวนแรก

S_2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรจำนวนที่สอง

N_1 คือ จำนวนของประชากรของประชากรจำนวนแรก

N_2 คือ จำนวนของประชากรของประชากรจำนวนที่สอง

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดสมมติฐานและค่าระดับนัยสำคัญไว้ดังนี้

1. ระดับนัยสำคัญคือ 0.05
2. สมมติฐานว่าง $H_0: \mu_1 = \mu_2$
3. สมมติฐานรอง $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของความสูงหรือความยาวรากของต้นข้าวที่ได้รับความชื้นสนามแม่เหล็ก

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของความสูงหรือความยาวรากของต้นข้าวที่ไม่ได้รับความชื้นสนามแม่เหล็ก

2.3.3 การนำการวิเคราะห์ทางสถิติไปใช้งานวิจัย

การนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยคือ ความสูงของลำต้นและความยาวราก นำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่ออธิบายแนวโน้มของข้อมูลคือ

1. การทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูล 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก และกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก จะเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล 2 กลุ่ม โดยจะใช้ค่ากลางในการเปรียบเทียบคือค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น และความยาวราก ซึ่งในงานวิจัยนี้ ข้อมูล 2 กลุ่มมีอิสระต่อกัน และกลุ่มตัวอย่างมีมากกว่า 30 ตัวอย่าง จึงเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Z-test

2. การทดสอบสมมติฐานเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบคือ Z-test ในการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยสองประชากร เนื่องจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างต้นข้าวมีจำนวนมากใกล้เคียงกับประชากรของต้นข้าว ซึ่งจะเป็นการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของข้อมูลความสูงของต้นข้าวและความยาวราก โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ จะได้ระดับ

ความเชื่อมั่น 95% แปลความหมายได้ว่าในการทดลองหรือทดสอบ 100 ครั้ง จะให้ผลดังที่ปรากฏ ไม่น้อยกว่า 95 ครั้ง ผิดพลาดคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 ครั้ง โดยตั้งสมมติฐานกลางคือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก และสมมติฐานทางเลือกคือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กมีค่าแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก และนำข้อมูลมาทดสอบสมมติฐานแบบสองไม่มีทิศทางทาง (Nondirectional test) โดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบสองทาง (Two tailed test) เพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูลของความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นข้าว 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กและกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ

ในงานวิจัยข้อมูลมีจำนวนมาก ทดสอบแบบมีพารามิเตอร์ได้ ใช้สถิติทดสอบ Z

1. การเปรียบเทียบจากการทดสอบสมมติฐาน โดยพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เราจะกำหนดการตั้งสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานศูนย์ (H_0) คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

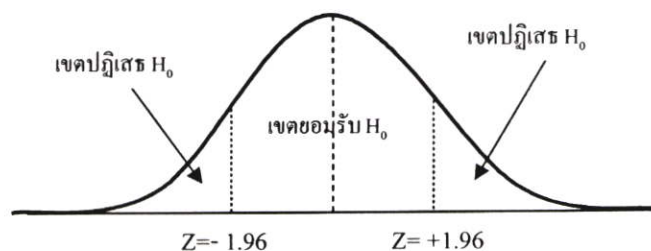
2. สมมติฐานทางเลือก (H_1) คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กมีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ $H_1 :$

$$\mu_1 \neq \mu_2$$

โดยที่ μ_1 คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวหรือความยาวรากที่ได้รับสนามแม่เหล็ก

โดยที่ μ_2 คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวหรือความยาวรากที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

3. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$
4. เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025} = 1.96$
5. จากระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025}$ จะได้เท่ากับ = 1.96 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) เมื่อค่า Z มีค่าน้อยกว่า -1.96 และมากกว่า 1.96



รูปที่ 2.9 ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0)

3. จำนวนค่าสถิติจากสูตร

กรณีที่เรำตั้งสมมุติฐาน $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือ $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ จะหาค่า Z ได้คือ

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

สมมติถ้าจำนวนค่า Z ที่ได้มีค่ากับ 2.97 จะสรุปผลได้ดังนี้ เนื่องจากค่า Z จำนวนมากกว่าค่า Z จากตาราง (1.96) ค่าสถิติตกอยู่ในเขตวิกฤต จึงต้องปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่าค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

บทที่ 3

โครงสร้างของเมล็ดข้าว

3.1 บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของประชากรกว่าครึ่งโลกที่ใช้บริโภคเป็นอาหารหลัก ได้มีการปลูกและใช้บริโภคกันมากในประเทศแถบทวีปเอเชีย เช่นอินเดีย ปากีสถาน เนปาล บังกลาเทศ พม่า ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ จีน เกาหลี และญี่ปุ่น นอกจากนี้บริเวณดังกล่าวแล้ว ก็พบว่ามีการปลูกและบริโภคกันบ้างในอเมริกา บราซิล แอฟริกา ออสเตรเลีย และประเทศในยุโรป ตะวันออกกลางบางประเทศ

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน และส่วนใหญ่เป็นพืชหญ้าล้มลุกที่มีอยู่ได้เพียงปีเดียว มีใบเป็นชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว มีรากเป็นระบบรากฝอย สามารถจะเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน ซึ่งเป็นเขตรมรสุม แต่ก็มีความสามารถเจริญเติบโตได้ดี แม้ในเขตอบอุ่น เราอาจพบข้าวป่า แม้แต่บริเวณที่อยู่สูงกว่าระดับทะเลปานกลาง 1,800 เมตร ก็พบว่าข้าวสามารถขึ้นได้ ดังนั้นข้าวจึงนับว่าเป็นพืชที่มีความสามารถในการพัฒนาและปรับตัวให้เหมาะสมกับภูมิประเทศและภูมิอากาศได้อย่างกว้างขวางพืชหนึ่งของโลก

ข้าวที่มนุษย์เราได้นำมาปลูกไว้เพื่อใช้บริโภคนั้นอาจแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวกคือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* L.) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) ข้าวอื่นนอกจากข้าวทั้งสองสกุลนี้แล้ว เราอาจจะจัดไว้เป็นพวกข้าวป่า (wild rice)

เริ่มแรกมนุษย์รู้จักการดำรงชีวิตด้วยการหาของป่ากิน ข้าว ก็นำมาจากป่าเช่นเดียวกัน มนุษย์รู้จักคัดเลือกข้าวป่าชนิดต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบนิเวศ โดยการผสมข้ามระหว่างข้าวที่ปลูกกับวัชพืชที่เกี่ยวข้อง จึงเกิดข้าวพันธุ์พื้นเมืองขึ้นมากมายหลายพันธุ์ ที่เรียกว่าข้าวลูกผสม มีประมาณ 120,000 พันธุ์ทั่วโลก คนไทยรู้จักการปลูกข้าวทำนามาแล้วประมาณ 5,417 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ก่อนจีนและอินเดียราว 1,000 ปี โดยมีหลักฐานเก่าแก่ทางประวัติศาสตร์ คือ รอยแถบข้าวที่ผสมอยู่ในภาชนะดินเผาที่พบหลายแห่งในไทย เช่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเชียง จังหวัดอุดรธานี เครื่องปั้นดินเผาในสมัยพอขุนรามคำแหงมหาราช และบนหลักศิลาจารึกว่า ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว จากข้าวป่า คนไทยโบราณรู้จักปรับปรุงพันธุ์ข้าว แต่ยังไม่มีการรวบรวมพันธุ์อย่างเป็นทางการ กระทั่งสมัยรัชกาลที่ 5 ซึ่งก่อนหน้านั้นไทยส่งข้าวไปขายที่ยุโรป ผ่านบริษัทของอินเดีย แต่ข้าวไทยขายสู่ชาวอินเดียไม่ได้ เพราะส่วนมากแตกหัก แต่ข้าวอินเดียมีเมล็ดยาวสวยกว่า รัชกาลที่ 5 ทรงตั้งข้อสังเกตว่าชาวนาไทยปลูกข้าวหลายพันธุ์มากเกินไป ไม่มีการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ จึงมีพระราชดำริให้เกษตรกรนำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมาประกวดกันเป็นครั้งแรก เมื่อปี 2540 ที่อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี พันธุ์ข้าวที่ส่งประกวดนั้น ทางกรมได้นำมาปลูกเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีคุณภาพ เมล็ด

ดีจนเป็นพันธุ์ข้าวดีเพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก หลังจากนั้นเป็นต้นมา ชาวนาจึงรู้จักคัดเลือกพันธุ์ข้าวมาปลูกมากกว่า การยัดพันธุ์พื้นเมือง

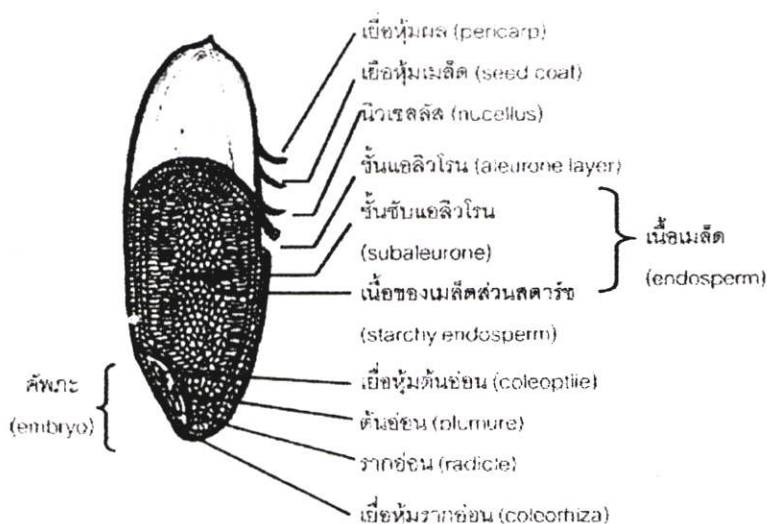
ข้าวได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออก และการบริโภคที่สำคัญของไทย ซึ่งข้าวที่ส่งออกพันธุ์ที่ดีที่สุดและเป็นที่รู้จัก คือพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 หรือที่เรียกว่าข้าวหอมมะลิ ไทย ส่งออกไปขายมากที่สุดในโลก

ส่วนการตั้งชื่อพันธุ์ข้าว จะตั้งตามชื่อคน ชื่อสถานที่ และลักษณะตามธรรมชาติของข้าว หรือตั้งตามศูนย์วิจัยที่พัฒนาพันธุ์ข้าวขึ้นมา เช่นพันธุ์ กข. มาจาก กรมการข้าว พันธุ์สุพรรณบุรี ปราจีนบุรี ปทุมธานี เป็นต้น หรือชื่ออื่นในความหมายที่ดีเป็นมงคล เช่นมาจากวันครบรอบ 60 พรรษาของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว หรือสมเด็จพระเจ้าเป็นต้น

ประเทศไทยมีผืนนาทั้งประเทศประมาณ 60 ล้านไร่ ส่วนพื้นที่ถือครองปลูกข้าวมีประมาณ 57-58 ล้านไร่ [16],[17]

3.2 ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (Rice Seed) คือผล แต่เป็นผลชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Caryopsis กล่าวคือเป็นผลแห้ง มีผลเดี่ยว ติดแน่นกับเปลือกหุ้มผลอันเกิดจากรังไข่ชนิดลอยตัว คำว่า Caryopsis นี้บางครั้งใช้เรียกเฉพาะผลของหญ้าเท่านั้น ผลหรือเมล็ดของข้าวจะมีความแตกต่างกันในส่วนของ ขนาด รูปร่าง สี ความมีหางหรือไม่มีหาง รวมถึงหางยาวและหางสั้นด้วย และขนบนเปลือก รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเมล็ดข้าว [18],[19]



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

จากรูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนสำคัญๆ ดังนี้ คือ[18], [19]

1. ส่วนหุ้มเมล็ดหรือส่วนหุ้มผล

ถ้าเรานำข้าวเปลือกมาทำการแกะเอาส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว หรือผลนี้ ก็คือเกลบ (Husk) นั้นเอง ส่วนหุ้มเมล็ดข้าว จะมีลักษณะเป็นแผ่นหรือกลีบบางแต่แข็งมาก ส่วนหุ้มผลหรือส่วนหุ้มเมล็ดนี้ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (Lemma) และเปลือกเล็ก (Palea) เปลือกทั้งสองนี้จะขบซึ่งกันและกัน (Inter Lock) แน่น ตามความยาวด้านข้างทั้ง 2 ของเมล็ด โดยจะขบกันในลักษณะเปลือกใหญ่ ขบเปลือกเล็ก ส่วนหุ้มเมล็ดข้าวทั้ง 2 ที่เป็นเปลือก คือส่วนที่จะเป็นเกลบนั่น อาจมีสีแตกต่างกันได้ตามลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์นั้นๆ เมื่อเมล็ดแก่

2. เนื้อผล

เนื้อผลคือผลแท้ (True Fruit) หรือข้าวกล้อง (Brown rice) หรือ Caryopsis นั้นเอง เนื้อผลเป็นส่วนที่อยู่ภายในส่วนหุ้มผล หรือเปลือกข้าว (เกลบ) เนื้อผลส่วนใหญ่จะเป็นแป้ง ส่วนในของเนื้อผลจะมีเยื่อต่างๆ ที่เป็นเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันห่อหุ้มอยู่หลายชั้น คือ

1. เยื่อชั้นนอก หรือ เยื่อหุ้มผล (Pericarp) เยื่อชั้นนอกที่หุ้มผลอยู่ที่นี่จะมีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ด้วยเซลล์ที่มีผนังเป็นเส้นใย 6 ชั้น และจะมีสารสี หรือ รงควัตถุ ปนอยู่ด้วย ดังนั้นการที่เราเห็นข้าวกล้องเป็นสีต่างๆ เช่นข้าวขาว ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ นั่นก็คือการมีสารสีปรากฏอยู่ในเยื่อชั้นนี้ของข้าวกล้องนั่นเอง

2. เยื่อหุ้มชั้นกลาง หรือ เยื่อหุ้มเมล็ด (Testa) เป็นเยื่อชั้นที่อยู่ถัดจากเยื่อชั้นนอกเข้ามาประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้น รูปยาวเรียงตามขวางและมีผนังบางๆ กันอยู่ ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ของเยื่อหุ้มเมล็ดนี้ จะมีไขมันอยู่เป็นส่วนใหญ่ และมีสารสี หรือรงควัตถุ ที่ทำให้ข้าวกล้องมีสีแตกต่างกันอยู่ด้วย เช่นเดียวกับในชั้นเยื่อชั้นนอก

3. เยื่อชั้นใน (Aleurone Layer) เป็นเยื่ออยู่ในสุดถัดจากเยื่อหุ้มชั้นกลางเข้ามา ทำหน้าที่ห่อหุ้มคัพภะ (Embryo) และเนื้อข้าว (Endosperm) เยื่อชั้นนี้จะประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น และเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ด (Dorsal) จะหนากว่าเยื่อที่หุ้มด้านท้อง (Ventral) ความหนาของเยื่อชั้นในนี้ จะแตกต่างกันแล้วแต่พันธุ์และชนิดของข้าว เช่น เมล็ดข้าวป๊อม สั้น จะมีเยื่อชั้นในหนากว่าข้าวเมล็ดยาว ข้าวไร้จะมีเยื่อชั้นในหนากว่าข้าวนาสวนเป็นต้น ภายในเซลล์ของเยื่อชั้นในจะมีเม็ดโปรตีนอยู่มาก เป็นชั้นไขมันบางๆ ห่อหุ้มอยู่ และที่ผนังเซลล์ (Cell Wall) จะมี Protein, Hemicellulose และ Cellulose ประกอบอยู่ด้วย เยื่อชั้นในประกอบด้วย

3.1 คัพภะหรือเชื้อชีวิต (Embryo) ของผลหรือเมล็ดข้าว จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ (Lemma) ส่วนสำคัญที่อยู่ภายในคัพภะนี้ คือรากอ่อนในเมล็ด (Radicle) และต้นอ่อน (Plumule) รวมทั้งใบเลี้ยง (Cotyledon) ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีใบเดี่ยวคือ Scutellum เป็นส่วนบางๆ อยู่ด้วย

การงอกของข้าวเป็นต้นใหม่ จะเกิดจากการงอกของรากอ่อนในเมล็ด และคั่นอ่อนออกมาจากคัพพะ โดยใช้อาหารสำรองระยะงอกจาก Endosperm การงอกจะเกิดขึ้นได้จากเมล็ดที่แก่จัดและสมบูรณ์ รวมทั้งเป็นเมล็ด (ผล) ที่ไม่มีการพักตัว หรือพ้นระยะการพักตัวแล้ว หรือเมล็ดที่ผ่านการทำลายการพักแล้ว และต้องได้รับน้ำ (ความชื้น) อย่างเพียงพอ พอดีการงอกในสภาพของอุณหภูมิและอากาศที่เหมาะสมต่อการงอกด้วย

3.2 เนื้อข้าว (Endosperm) เนื้อผลนอกจากจะมีคัพพะแล้ว ยังมีเนื้อข้าวที่มีปริมาณมากเป็นส่วนใหญ่ หรือประมาณ 83% ของเมล็ดข้าว เนื้อข้าวภายในเซลล์จะถูกอัดแน่นด้วยเม็ดแป้ง (Starch Granule) ของกลุ่มแป้ง (Starch Compounds) โดยมีโปรตีน (Protein Body) แทรกอยู่ระหว่าง กลุ่มแป้ง และในผนังเซลล์จะมี Protein, Hemicellulose และ Cellulose เป็นส่วนประกอบสำคัญในเนื้อข้าว จะมีโปรตีนอยู่หนาแน่นบริเวณที่เป็นผิวมากกว่าบริเวณภายในของเมล็ดข้าว ขนาดของกลุ่มแป้ง มีขนาดประมาณ 40×50 ถึง 80×105 ไมครอน ส่วนเม็ดแป้งนั้น จะมีลักษณะเป็นผลึกหลายเหลี่ยมและมีขนาดเล็กมาก ขนาดของผลึกมีขนาดเล็กมากใกล้เคียงกันทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว

3.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าว

การเจริญเติบโตของต้นข้าวตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดจนถึงขั้นที่แก่เก็บเกี่ยวได้อาจแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะการเจริญทางลำต้นและใบ ระยะการเจริญทางการสืบพันธุ์และระยะการเจริญทางด้านเมล็ด การแบ่งระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว อาจแตกต่างกันในรายละเอียดตามชนิดของพันธุ์ข้าวและวิธีการปลูก อย่างไรก็ตาม วงจรชีวิต ของข้าวจะมีขบวนการและลำดับขั้นตอนในการเจริญเติบโตที่แน่นอน กล่าวคือ เริ่มงอกจากเมล็ดเจริญเป็นต้นอ่อน หลังจากนั้นจะแตกกอ ออกรวง มีการผสมเกสรเจริญเติบโตเป็นเมล็ด และเมล็ดแก่พร้อมที่จะขยายพันธุ์ได้ต่อไป

3.3.1 การงอกของเมล็ดข้าว (Germination)

เมล็ดข้าว ที่แก่จัดและเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ความงอกยังไม่เสื่อมหรือหมดอายุแล้วและไม่มี การพักตัว หรือไม่อยู่ในช่วงที่มีการพักตัวหรือได้ผ่านการทำลายการพักตัวมาแล้ว เมื่อนำมาทำการเพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก เมล็ดข้าวจะเริ่มงอกออกมาเป็นต้นข้าวต้นใหม่ สิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการงอกของข้าว ได้แก่ การมีน้ำอย่างเพียงพอ เมื่อเมล็ดอยู่ในสภาพที่พร้อมจะงอก จะไม่งอก ถ้ามีน้ำหรือความชื้น น้อยหรือต่ำเกินไป ข้าวต้องการน้ำมากในระยะแรกของการงอก ฉะนั้นจึงต้องทำการแช่น้ำนานประมาณ 12-24 ชั่วโมงก่อน ก่อนนำไปเพาะหรือตกกล้า เมล็ดข้าว ซึ่งแห้งและมีความชื้นต่ำ (ต่ำกว่า 14%) จะดูดน้ำเข้าไปอย่างเต็มที่ เมื่อน้ำถูกเมล็ดดูดเข้าไปจะทำให้ เมล็ดข้าวมีการขยายตัวและเพิ่มน้ำหนักมากขึ้น น้ำเมื่อถูกเมล็ดข้าวดูดเข้าไปแล้วจะเกิดปฏิกิริยาและเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างภายในเมล็ดข้าว ทำให้เกิดพลังงานและมีความร้อนเพิ่มขึ้น สารอาหารที่อยู่ในเนื้อข้าว เช่น แป้ง โปรตีนและไขมันจะเกิดการเปลี่ยนรูปกลายเป็นอาหาร

อย่างง่าย สำหรับให้คัพภะนำไปใช้ในกระบวนการงอก และจะเจริญเปลี่ยนแปลงกลายเป็น ต้นข้าวอ่อน หรือกล้า (Seedling) ต้นกล้าคือต้นอ่อนที่งอกมาจากคัพภะของเมล็ด ด้วยการงอกโผล่พื้นออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed Coat) แล้วเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนจนสามารถหาอาหารจากภายนอกเลี้ยงตัวเองได้ การที่เมล็ดข้าว ทำการดูดน้ำเข้าไปในเมล็ด เพื่อทำให้เกิดการงอกเป็นต้นใหม่ขึ้นมาสามารถสรุปได้เป็น 3 ระยะคือ

1. ระยะการอมน้ำ (Imbibition Stage)

ระยะอมน้ำ เป็นช่วงเวลาแรกของกระบวนการงอก กล่าวคือ เมื่อได้นำเมล็ดข้าวไปทำการ แช่น้ำ ในช่วง 18 ชั่วโมงแรกของการแช่น้ำ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปภายในเมล็ดอย่างรวดเร็วด้วยแรงดูดเพื่อการอมน้ำ ผลจากการแช่เมล็ดข้าวในน้ำในช่วงแรกนี้ จะทำให้เมล็ดข้าวมีน้ำเพิ่มมากขึ้นสูงถึง 25-35 % สภาพของอุณหภูมิโดยรอบจะไม่มีอิทธิพลต่อการดูดน้ำของเมล็ด และรวมทั้งไม่มีผลต่อการระงับการหายใจของเมล็ดด้วย

2. ระยะเริ่มงอก (Activation Stage : Germination)

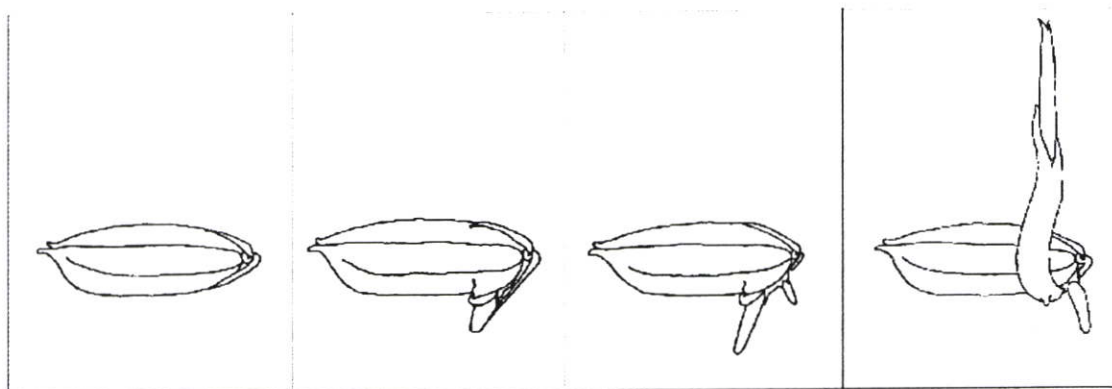
ระยะเริ่มงอก เป็นระยะที่อยู่ในช่วงของการดูดน้ำของเมล็ด ซึ่งจะเริ่มต่อจากระยะการอมน้ำ กล่าวคือจะอยู่ในช่วงเวลาประมาณชั่วโมงที่ 18-72 ของการแช่น้ำ ซึ่งในช่วงนี้ อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อการงอก การงอกจะเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงของการทำงานอย่างเต็มที่ของเมตาโบลิซึมในเมล็ดข้าว ปริมาณน้ำในเมล็ดเมื่อเริ่มงอกมีอยู่ประมาณ 30-40% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นสำคัญ ในช่วงชั่วโมงที่ 54-72 อันเป็นช่วงสุดท้ายของระยะนี้ จะปรากฏปลายสีขาว (White tip) ของปลอกหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) โผล่พื้นออกมาจากบริเวณคัพภะด้วยการแตกแยกของเปลือกหุ้มเมล็ด และการปรากฏของใบแรก ที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน ดังนั้นความหมายของ Activation Stage ก็คือการงอกนั่นเอง

3. ระยะการเจริญเติบโตหลังงอก (Post germination Growth Stage)

ระยะการเจริญเติบโตหลังงอก เป็นระยะสุดท้ายของการดูดน้ำของเมล็ด ระยะนี้เป็นระยะที่เมล็ดได้งอกเป็น ต้นอ่อน ต่อจากระยะเริ่มงอกในระยะเริ่มงอก หรือหลังจากชั่วโมงที่ 72 ของช่วงเวลาในการแช่ข้าวไปแล้วนั่นเอง

ภายใต้สภาวะการณของอากาศที่มีอุณหภูมิพอเหมาะ กล่าวคือประมาณ 25°-30° C เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นสภาวะการณของสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก เมล็ดข้าวเปลือก ประกอบด้วย เปลือกอันเป็นส่วนที่แข็งแรงที่สุด (Lemma and Palea หรือเกลบ) และส่วนที่อยู่ในเปลือก (Brown Rice : Caryopsis) ที่ประกอบด้วย คัพภะและเนื้อข้าว ในส่วนที่เป็นเนื้อข้าวนี้จะมีแป้ง เป็นส่วนใหญ่ประมาณ 80-90% โดยมีโปรตีนและไขมันเป็นส่วนประกอบรองลงมา ส่วนประกอบที่มีอยู่ในเนื้อข้าวเหล่านี้จะเป็นแหล่งสะสมอาหาร สำหรับให้คัพภะได้นำไปใช้ในช่วงที่จะเกิดการงอกเป็นต้นใหม่ในระยะแรกของการงอก การงอกของเมล็ด หมายถึงการคืนสู่สภาพการเจริญเติบโตที่

Active ของเมล็ด โดยคัพภะจะเริ่มตื่นตัวจากการพัก แล้วเจริญเปลี่ยนแปลงออกมาเป็นต้นใหม่ เมื่อสภาพแวดล้อมต่อการงอกอำนวยให้ ขั้นตอนการงอกจะแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการงอกของเมล็ดข้าว

สรุปการงอกของเมล็ดข้าวจะเกิดขึ้นเมื่อ [16],[19]

1. หมกระยะการพักตัวหรือได้ทำลายการพักตัวแล้ว
2. เมล็ด ได้ดูดน้ำไปใช้ในปริมาณที่มากพอ
3. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอก

3.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า

ในช่วงแรกแห่งการเจริญเติบโตของต้นกล้า การเจริญเติบโตของปลอกหุ้มต้นอ่อนและใบข้าว ในเวลาต่อมาจะได้สารอาหารจากเมล็ดส่วนที่ถูกสะสมไว้ภายในเนื้อข้าวมาใช้ ผลของการศึกษาพบว่าระยะการเจริญเติบโตหลังงอก สารอาหารในเมล็ดประมาณ 60% ของน้ำหนักเมล็ดจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นอวัยวะใหม่ของต้นอ่อน และส่วนของสารอาหาร 60% นี้เรียกว่า Growth Efficiency ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 20°-32° C การเจริญเติบโตหลังงอกของข้าวได้มีผู้รายงานถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตดังนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิจะมีอิทธิพลที่เป็นผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวตั้งแต่ระยะเริ่มงอกและระยะการเจริญเติบโตหลังงอก มากกว่าสัปดาห์หลายๆ กล่าวคือในสัปดาห์แรกถ้าอุณหภูมิประมาณ 22°-32° C อัตราการเจริญเติบโตเป็นแนวตรงที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในช่วงสัปดาห์แรกนี้กว่า 70% ของอาหารในเมล็ดจะสนับสนุนการสร้าง ความเจริญเติบโตของต้นกล้าในเวลาต่อมา แต่หลังจากสัปดาห์แรกแล้วอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อต้นกล้าจะน้อยลง มีรายงานผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิระหว่าง 25°-30° C (หรืออาจถึง 35° C) เป็นอุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของกล้า แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40° C ต้นกล้าอาจตายได้ อย่างไรก็ตามได้มี

การศึกษาพบว่า อุณหภูมิวิกฤตต่ำสุดของการยืดตัวของต้น (Shoot Elongation) จะอยู่ระหว่าง 7°-16° C และการยืดตัวของราก (Root Elongation) จะอยู่ระหว่าง 12°-16° C กล่าวโดยสรุป อุณหภูมิ 10° C อาจถือได้ว่าเป็นอุณหภูมิวิกฤตต่ำสุดของการเจริญเติบโต (ยืดตัว คือ Elongation) ของทั้งต้นและทั้ง รากกล้า (Shoot and Root) การหุ้มข้าว 2 วัน อุณหภูมิ 27°-37° C ความงอกจะสูงถึง 90-97% อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การงอกจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 27° C และอุณหภูมิลดลงถึง 15° C จะไม่มีการงอกของข้าว และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 42° C จะไม่มีการงอก อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิวิกฤตดังกล่าว อาจแปรเปลี่ยนไปแล้วแต่พันธุ์ข้าว การเก็บรักษามล็ด และวิธีการจัดการในการปลูกหรือตกกล้า เป็นส่วนประกอบด้วย

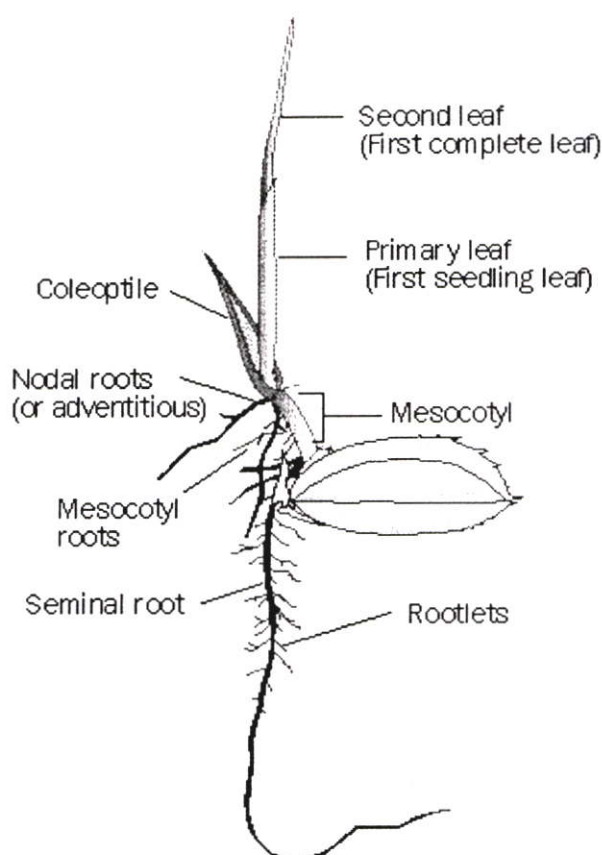
2. แสง (Light) แสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของกล้าข้าวอยู่บ้าง กล่าวคือ แสงสว่างจะช่วยระงับไม่ให้ปลอกหุ้มต้นอ่อน Mesocotyl ใบแรกและใบที่ 2 ของต้นอ่อน และปล้องแรกและปล้องที่ 2 บนต้นกล้า ไม่ยืดตัวมากเกินไป แต่ถ้าเรานำเมล็ดไปเพาะในที่มืด จะทำให้อวัยวะดังกล่าวยืดตัวมากกว่าปกติคิดไปจากการเพาะในสภาพที่ได้รับแสง

3. ออกซิเจน (Oxygen) โดยทั่วไปแล้วเมล็ดข้าว สามารถจะงอกได้ในสภาพขาดอากาศหรือขาดออกซิเจนได้ในระยะแรก แต่ในช่วงต่อมาของการเจริญเติบโต การขาดอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ ตัวอย่างเช่นในสภาพน้ำท่วม อากาศในน้ำจะมีอยู่อย่างจำกัด การงอกระยะแรกจะเกิดได้ตามปกติ แต่ปลอกหุ้มต้นอ่อนจะยาวผิดปกติ ใบแรก รากอ่อน และรากข้าวที่เกิดที่ข้อ (Nodal Roots) จะไม่เจริญเติบโตหรือถ้าจะโผล่ออกมา ก็จะพิการหรือเจริญผิดปกติไปมาก แต่ถ้าความชื้นไม่เพียงพอด้วยแล้ว จะทำให้การเจริญเติบโตของ รากอ่อนและ Plumule หยุดการเจริญเติบโตหรืออาจตายได้

3.3.3 ระยะการเจริญทางลำต้นและใบ

การเจริญเติบโตช่วงนี้เริ่มตั้งแต่การงอกของเมล็ดจนถึงระยะก่อนกำเนิดช่อดอก โดยการเจริญเติบโตในช่วงนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 ระยะคือ

1. ระยะกล้า ระยะนี้จะเริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจากเมล็ดจนกระทั่งต้นข้าว เริ่มแตกกอ ราก รุ่นแรกจะงอกออกมาจากเมล็ดทางจมูกข้าว หลังจากนั้นประมาณ 12-24 ชั่วโมง ยอดอ่อนจะงอกออกมา ทางด้านตรงข้าม เมื่ออายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่ยอดอ่อนกำลังเจริญเติบโต และพัฒนาเป็นใบอ่อนนั้น รากชุดใหม่ซึ่งเป็นรากรุ่นที่สองจะงอกออกมาจากโคนต้น เมื่อต้นอ่อนอายุได้ประมาณ 25-30 วัน รากชุดแรกที่งอกออกมาจากเมล็ดก็จะหมดประสิทธิภาพในการหาอาหาร และจะหลุดไปในที่สุด



รูปที่ 3.3 แสดงต้นข้าวที่งอกจากเมล็ด [20]

ลำต้นของข้าวจะงอกออกจากเมล็ดตรงส่วนที่เรียกว่างอกข้าวเช่นเดียวกับราก หลังจากที่ยอดอ่อนโผล่พ้นเมล็ดได้ประมาณ 3 วัน จะเห็นใบแรกโผล่ออกมาจากปลอกหุ้มต้นอ่อน ใบที่สองและใบที่สามจะงอกตามออกมาหลังจากนั้นประมาณ 5-10 วัน ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.3 ในช่วงที่ใบแรกจนถึงใบที่สามเริ่มเจริญออกมานั้น ต้นอ่อนของข้าวใช้อาหารที่สะสมอยู่ในเมล็ด (Endosperm) เมื่อถึงระยะที่เริ่มแตกใบที่สี่ อาหารที่สะสมในเมล็ดจะหมดลง และต้องใช้อาหารที่รากดูดขึ้นมาจาดินแทน เมื่อต้นอ่อนของข้าวมีใบประมาณ 5-7 ใบ หรือมีอายุประมาณ 25-30 วัน ก็พร้อมที่จะถอนไปปักดำได้ ต้นอ่อนของข้าวในระยะนี้ จะมีระบบรากฝอยที่สมบูรณ์ และมีลำต้นสูงประมาณ 20-30 เซนติเมตร เราอาจเรียกต้นข้าวในระยะนี้ว่า ต้นกล้า หรือ กล้าข้าว ในกรณีที่ทำนาเป็นแบบนาดำ กล้าข้าวจะถูกนำไปปักดำในที่แห่งใหม่ สำหรับการทำนาโดยวิธีหว่าน ต้นข้าวจะถูกปล่อยให้เจริญเติบโตในที่เดิมต่อไป การเจริญเติบโตของต้นและใบก็จะดำเนินต่อไปจนเข้าสู่ระยะการแตกกอ

3.2.4 ระยะแตกกอ

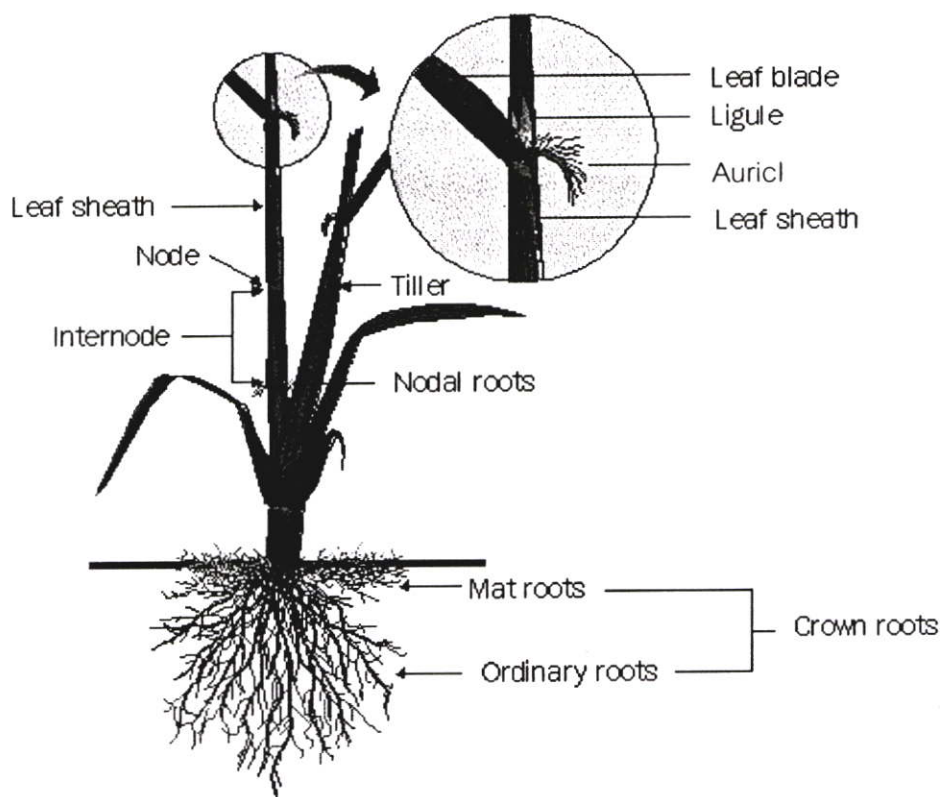
การเจริญเติบโตในระยะนี้เริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มแตกกอ จนกระทั่งต้นข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน โดยทั่วไปแล้วหลังจากปักดำได้ 7-10 วัน ต้นกล้าจะเริ่มแตกกอ ความสามารถในการแตกกอวัดได้จากปริมาณของแขนงที่แตกออกมาในแต่ละต้น และช่วงระยะเวลาของการแตกกอ (ซึ่งหมายถึงช่วงระยะเวลาที่ข้าวเริ่มแตกแขนงชุดแรกจนถึงแขนงชุดสุดท้าย) และจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อม โดยปกติข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องเป็นข้าวที่แตกกอได้มากและแตกกอได้เร็ว โดยทั่วไปแล้ว ต้นข้าวใช้เวลาในการแตกกอเต็มที่ประมาณ 35-50 วันหลังจากระยะกล้า ต่อจากนั้นถ้าเป็นข้าวพันธุ์ที่ไวแสง ต้นข้าวก็จะรอช่วงแสงพอเหมาะที่จะทำให้มันออกดอก



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการเจริญเติบโตของต้นข้าวจากระยะต้นกล้าจนถึงระยะแตกกอ

ตั้งแต่เริ่มระยะต้นกล้า จนถึงระยะแตกกอสูงสุด รากของข้าวจะเพิ่มปริมาณไปพร้อมๆ กับการเจริญทางลำต้น ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.5 หลังจากนั้นการเพิ่มจำนวนรากก็จะเริ่มช้าลงจนกระทั่งถึงช่วงระยะเวลาออกรวง โดยทั่วไปรากข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ในที่ที่มีน้ำขัง แต่สภาพที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของรากคือ สภาพที่มีความชื้นพอเหมาะและมีปริมาณออกซิเจนในดินสูง ดังนั้นในระยะแตกกอซึ่งเป็นระยะที่รากข้าวเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จึงเป็นระยะที่รากข้าวต้องการออกซิเจนสูงกว่าในระยะอื่นๆ ในระยะนี้ถ้ามีการทน้ำออกจากนาช่วงระยะเวลาหนึ่ง พื้นนาจะได้รับออกซิเจนจากอากาศเป็นการเร่งให้รากข้าวมีการเจริญเติบโต และมีประสิทธิภาพในการดึงดูดธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้น

รากของข้าวจัดอยู่ในระบบรากฝอย (Fibrous root system) การเจริญเติบโตและการกระจายของรากข้าวจะแตกต่างกันตามลักษณะของวิธีปลูก ถ้าปลูกข้าวโดยวิธีหว่านรากจะหยั่งลงลึกแต่การแผ่กระจายและจำนวนของรากมีน้อย ถ้าปลูกแบบปักดำ รากจะอยู่ในระดับดินมีจำนวนรากมากและแผ่กระจายดี สำหรับข้าวขึ้นน้ำรากจะยาวและแพร่กระจายอยู่ในน้ำเพื่อดูดธาตุอาหารจากน้ำโดยตรง โดยรากจะงอกออกตามข้อทุกข้อ ยกเว้นข้อแรกและข้อที่สองนับจากรวงข้าวลงมา อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะปลูกด้วยวิธีใด ระบบการดูดธาตุอาหารของรากข้าวจะไม่มี ความแตกต่างกัน



รูปที่ 3.5 ระบบรากของต้นข้าวและต้นข้าวแตกกอ [20]

3.4 คุณสมบัติของพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (Suphan Buri 1) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* L. มีชื่อสามัญคือ ข้าวเจ้า (Rice) เป็นพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ มีแหล่งที่มาและประวัติคือ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ได้มาจากการคัดพันธุ์แบบสืบตระกูล ตั้งแต่ พ.ศ. 2528 โดยการผสมพันธุ์ระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ IR25393-57-2-3/RD23/IR27316-96-3-2-2 และพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ SPRLR77205-3-2-1/SPRLR79134-51-2-2 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี ใน พ.ศ. 2529-2531 คัดเลือกให้มีลักษณะดี และต้านโรคแมลงในสภาพธรรมชาติ ต่อมาใน พ.ศ. 2531-2532 ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีทดลองกับนาเกษตรกร ระหว่าง พ.ศ. 2532-2535 ได้มีการศึกษาเสถียรภาพการให้ผลผลิต ต่อมาใน พ.ศ. 2534-2535 ได้เสนอสถาบันวิจัยข้าวพิจารณาพันธุ์ข้าวดังกล่าวเพื่อปลูกเป็นพันธุ์หลัก กรมวิชาการเกษตรรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2537

3.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1. ประเภทพืชล้มลุก วงศ์หญ้า พวงข้าวเจ้านาสวน ไม่ไวต่อช่วงแสง
2. ต้นสูงปานกลาง (เฉลี่ยประมาณ 125 เซนติเมตร) ทรงกอ ตั้ง ปล้องสีเขียวลำต้นแข็งแรงไม่ล้ม
3. ใบสีเขียวเข้มและมีขน กาบใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างตรง การแก่ของใบช้า

4. ดอก ช่อดอก กลีบรองดอกสีฟ้า ความยาวกลีบรองดอกสั้น รวงยาว ระแง่ค่อนข้างถี่ รวงค่อนข้างแน่น การยึดของคอรวงยาว จำนวนรวงต่อตารางเมตรเฉลี่ย 230 รวง
5. เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 154 เมล็ด ยอดเมล็ดยาวเรียวมีเปลือกสีฟ้า และมีขน ยอดเมล็ดสีฟ้า ก้นมีจุดบ้าง ขนาดเมล็ดโตเฉลี่ย ยาว 10.07 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร และหนา 2.04 มิลลิเมตร น้ำหนัก 11.4 กิโลกรัมต่อถัง ข้าวกล้องสีขาว
6. มีระยะพักตัวของเมล็ด 22 วัน

3.4.2 ลักษณะเด่นประจำพันธุ์

1. ศักยภาพการให้ผลผลิตสูง โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 806 กิโลกรัมต่อไร่ และมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน เมื่อปลูกแบบปักดำในฤดูนาปี แต่ถ้าปลูกในฤดูแล้งอายุจะเพิ่มมากขึ้น 4-5 วัน และตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยดี
2. มีความต้านทานโรคแมลงที่สำคัญคือ ต้านทานโรคไหม้ เฝือกกระโดดหลังขาว ดีกว่าพันธุ์สุวรรณบุรี 90 ต้านทานโรคใบหงิกและโรคใบสีส้มในธรรมชาติและต้านทานโรคขอบใบแห้ง ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

3.5 การเลือกพันธุ์เมล็ดข้าวมาใช้ในการงานวิจัย

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้คือ ข้าวพันธุ์สุวรรณบุรี 1 (Suphan Buri 1) เนื่องจากเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง คือแสงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า 45 วัน และมีการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวดังกล่าวในการเพาะปลูกในพื้นที่ประเทศไทยอย่างกว้างขวาง ซึ่งการทดสอบจะดูระยะการเจริญเติบโตหลังจากการเพาะเมล็ดเป็นระยะต้นกล้า 7 วัน โดยมีการทดลองปลูกต้นข้าวภายใต้สนามแม่เหล็กต่อเนื่อง 7 วัน มีการปลูกต้นข้าวเปรียบเทียบกัน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กและกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

บทที่ 4

การออกแบบ และลำดับการทดลอง

4.1 บทนำ

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองภายใต้สนามแม่เหล็ก ที่ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m แบบต่อเนื่องโดยทำการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 ของการเจริญเติบโต ของความสูงลำต้นและความยาวราก เปรียบเทียบที่ การให้เวลานาน 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง ควบคุมที่มีการเจริญเติบโตแบบปกติโดยไม่มีการให้สนามแม่เหล็ก และแบบให้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันคือ 8 ชั่วโมง 16 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยก่อนทำการทดลองจะต้องทำการเตรียมการดังนี้

1. นำเมล็ดข้าวเปลือก (ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1) มาผึ่งแดด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากเมล็ดข้าว
2. นำเมล็ดข้าวที่ผึ่งแดดจนแห้งดีแล้ว มาแช่น้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการเจริญเติบโต ในช่วงงอก เนื่องจากเมล็ดข้าวต้องการน้ำเป็นจำนวนมากในช่วงงอก
3. ห่อด้วยผ้าชุบน้ำ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. นำกล่องพลาสติกที่ใช้ทดลองมาทำความสะอาด
5. มาตัด ให้มีขนาดเท่ากับพื้นที่บริเวณฐานกล่อง
6. นำกระดาษเพาะงอกมาชุบน้ำสะอาดพอหมาดๆ
7. เติมน้ำสะอาดลงในกล่องข้าว (ขนาดปริมาตร 15 ซีซี โดยใช้สลิ้งวัดปริมาตรน้ำ)
8. นำเมล็ดข้าวออกจากห่อผ้า เพื่อทำการคัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์
9. นำเมล็ดข้าวมาจัดเรียงในกล่องจำนวน 10 x 10 เมล็ด รวม 100 เมล็ดต่อ 1 กล่อง
10. ปิดฝากล่องพลาสติกให้สนิท แล้วนำไปวางในตู้กระแส ที่พิกัดความเข้มสนามแม่เหล็ก และช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน

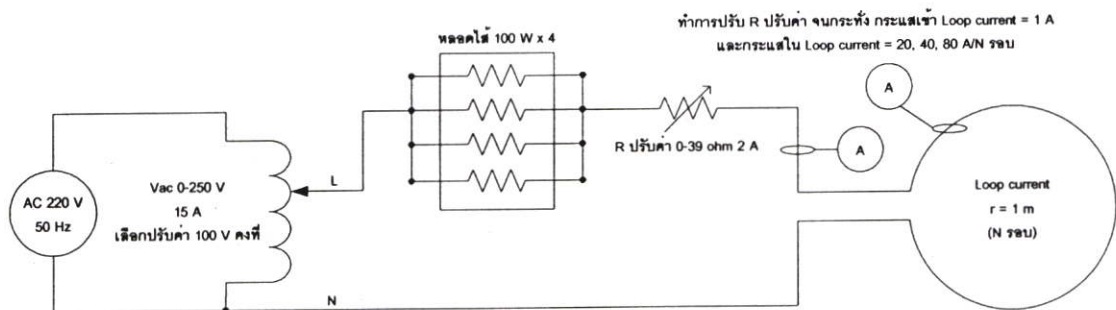
เมื่อครบ 7 วัน จะนำกล่องพลาสติกมาเปิดฝาดู เพื่อวัดการเจริญเติบโต โดยทำการวัดความยาวของส่วนลำต้น และความยาวส่วนราก

ในการศึกษาวิจัยได้ทำการออกแบบรูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับและแบบไฟฟ้ากระแสตรงตามพิกัดที่ต้องการ

4.2 การออกแบบลูปกระแส

4.2.1 การออกแบบลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ในการออกแบบแหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กจะกำหนดให้มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 3 ระดับคือ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m จำนวน 1 ลูป ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m จำนวน 1 ลูป และค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m จำนวน 1 ลูป ซึ่งในการสร้างนั้นจะออกแบบให้มีกระแสไหลผ่านเข้าลูปที่พิกัด 1 A โดยจะทำการออกแบบตามรูปที่ 4.1 โดยจะทำการร้อยขดลวดทองแดงเบอร์ A.W.G. เบอร์ 20 ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.5174 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีพิกัดกระแสต่อเนื้อ 8 A ร้อยเข้าไปในท่อพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ขดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร เป็นจำนวนรอบที่แตกต่างกันคือ ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m จะทำการร้อยขดลวดลงในท่อพลาสติก จำนวน 20 รอบ ที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m จะทำการร้อยขดลวดลงในท่อพลาสติก จำนวน 40 รอบ และที่ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m จะทำการร้อยขดลวดลงในท่อพลาสติก จำนวน 80 รอบ



รูปที่ 4.1 วงจรไฟฟ้าการต่อลูปกระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 4.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ จากเต้ารับไฟบ้าน ทำหน้าที่จ่ายแรงดันด้านเข้าให้กับหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ (Variac ขนาด 0-250 โวลต์ 15 แอมป์) ทำหน้าที่ปรับแรงดันด้านออกให้คงที่ที่ 100 โวลต์ เพื่อจ่ายให้โหลด ซึ่งเป็นโหลดไฟฟ้าแบบอินแคนเดสเซนต์ (หลอดไส้) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ซึ่งจะต่ออนุกรมกับความต้านทานแบบปรับค่าได้ 0-39 โอห์ม พิกัด 2 A เพื่อทำให้เกิดกระแสไหลด้านเข้าที่ลูปกระแสมีค่าคงที่ที่ 1 A

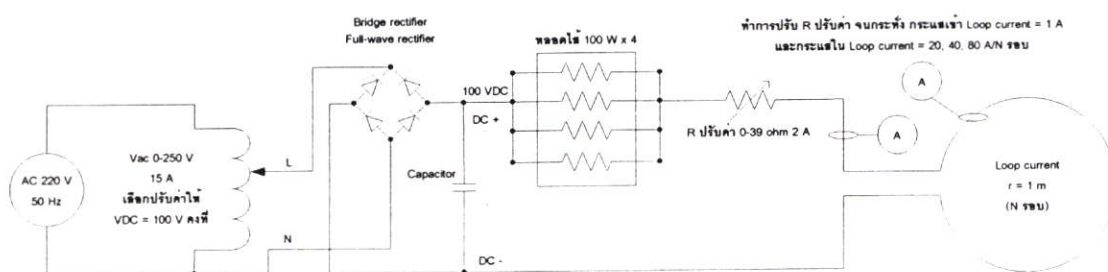
จากเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 20 รอบ ก็จะทำได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 40 รอบ ก็จะทำได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 80 รอบ ก็จะทำได้ลูปกระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m ซึ่งค่าความเข้มสนามแม่เหล็กดังกล่าวคำนวณได้จากสมการที่ 2.15 นั่นเอง



รูปที่ 4.2 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2.2 การออกแบบอุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ในส่วนของการออกแบบอุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง นั้น จะมีลักษณะการคล้ายกับอุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ แต่จะเพิ่มวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจร โดยจะกำหนดค่าริบเปิดเฟกเตอร์ให้มึค่าน้อยกว่า 5 % เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันจากไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรไฟฟ้าการต่ออุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 4.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ จากเต้ารับไฟบ้าน ทำหน้าที่จ่ายแรงดันด้านเข้าให้กับหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ (Variac ขนาด 0-250 โวลต์ 15 แอมป์) ทำหน้าที่ปรับแรงดันด้านออกให้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น โดยจะปรับแรงดันด้าน

เข้าของวงจรเรียงกระแสจนกระทั่ง แรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแส VDC มีค่าคงที่ที่ 100 โวลต์ เพื่อจ่ายให้โหลด ซึ่งเป็นโหลดไฟฟ้าแบบอินแคนเดสเซนต์ (หลอดไส้) ขนาด 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ซึ่งจะต่ออนุกรมกับความต้านทานแบบปรับค่าได้ 0-39 โอห์ม พิกัด 2 A เพื่อทำให้เกิดกระแสไหลด้านเข้าที่ลู่กระแสมีค่าคงที่ที่ 1 A

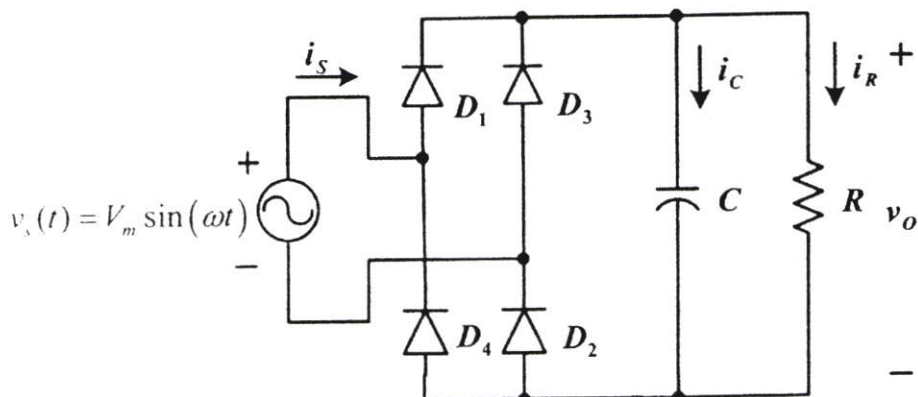
จากเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 20 รอบ ก็จะทำให้ได้ลู่กระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 40 รอบ ก็จะทำให้ได้ลู่กระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 A/m และถ้าพันเส้นลวดทองแดงที่พันอยู่ในท่อพลาสติกจำนวน 80 รอบ ก็จะทำให้ได้ลู่กระแสที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m นั่นเอง



รูปที่ 4.4 การต่อลู่กระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง

4.2.3 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

ในงานวิจัยนี้ การแปลงแรงดันไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะเลือกใช้วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ ดังแสดงใน รูปที่ 4.5 และ 4.6

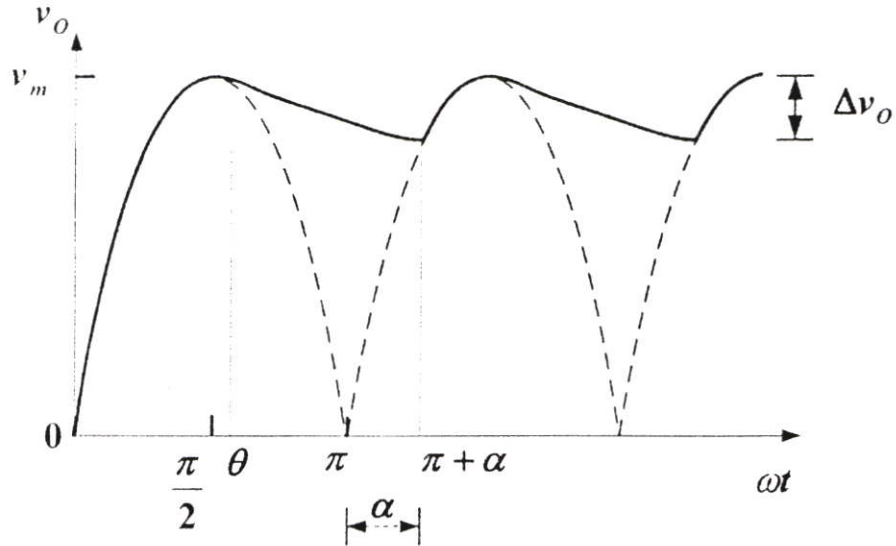


รูปที่ 4.5 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

หลักการการทำงานของวงจร [22]

1. การทำงานของไดโอดจะนำกระแสเป็นคู่ โดยไดโอด D_1 และ D_2 ทำงานคู่กัน และไดโอด D_3 และ D_4 จะทำงานคู่กัน เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจะเป็นบวก หรือเป็นศูนย์ ไม่มีโอกาสเป็นลบ
2. เมื่อไดโอด D_1 และ D_2 นำกระแสไฟฟ้า แรงดันตกคร่อมไหลจะเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย เมื่อไดโอด D_3 และ D_4 นำกระแสไฟฟ้า แรงดันตกคร่อมไหลจะตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย คือเท่ากับ $-V_s$
3. ค่าแรงดันไบอัสย้อนกลับสูงสุดที่ตกคร่อมไดโอด จะเท่ากับค่ายอดของแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย กล่าวคือ เมื่อ D_1 นำกระแสไฟฟ้า และแรงดันตกคร่อมไดโอด D_3 จะตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย
4. กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายเข้าไปในวงจรบริดจ์ไดโอด คือ $i_{D1} - i_{D4}$ ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าแหล่งจ่ายเฉลี่ยจะเป็นศูนย์
5. ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย จะเท่ากับ ค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไหล
6. ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นสองเท่ากับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย โดยที่แรงดันไฟฟ้าฮาร์มอนิกจะประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และฮาร์มอนิกลำดับคู่

การต่อตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูงๆ ขนานกับโหลดตัวต้านทานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด จะสามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออก มีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้



รูปที่ 4.6 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

จากรูปที่ 4.6 สามารถหาค่าระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการที่ 4.1 [22]

$$\Delta V_o \approx \frac{V_m}{\omega RC} \approx \frac{V_m}{2fRC} \quad (4.1)$$

ดังนั้นในการออกแบบสร้างลูกระเบแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ โดยกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

1. แรงดันด้านออก VDC เท่ากับ 100 โวลท์
2. ค่าระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 5 %
3. โหลดความต้านทานมีค่าเท่ากับ 100 โอห์ม
4. ความถี่ใช้งาน 50 เฮิร์ตซ์

จากสมการที่ 4.1 สามารถหาค่าตัวเก็บประจุที่จะทำให้ค่าระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 5 % ได้ดังนี้

$$\frac{\Delta V_o}{V_m} = 0.05 = \frac{1}{2fRC}$$

$$C = \frac{1}{2fR \left(\frac{\Delta V_o}{V_m} \right)}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 50 \times 100 \times (0.05)}$$

$$C = 2,000 \mu F$$

ดังนั้นในวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุจะเลือกใช้ไดโอดกำลังแบบโมดูล 1 ตัว (KBPC10-08) โดยสามารถใช้งานที่พิกัดกระแสไม่เกิน 10 แอมป์ และใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโตไลต์ดิก ขนาดความจุ 2,000 μF สามารถทนแรงดันได้ 800 โวลท์

4.2 ลำดับและแผนการทดลอง

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ออกแบบในการศึกษานี้มีขนาด 1 เมตร เพื่อให้สะดวกในการคำนวณและสร้างจริง ดังนั้นจึงได้สร้างไว้เพียง 3 ลูบ สำหรับใช้ในการทดลองที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20A/m 40A/m และ 80A/m แต่การศึกษานี้ครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่มีหลายกรณีศึกษา และเกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านสถิติต้องใช้ระยะเวลานานในการเก็บข้อมูล ดังนั้นหากทำการทดลองพร้อมกันในทุกกรณีศึกษานั้นต้องใช้พื้นที่บริเวณมากและต้องทำการทดลองพร้อมกันมากกว่า 3 ลูบ ซึ่งจะพบอุปสรรคและปัญหาต่างๆ อาทิเช่น อุปกรณ์ในการทดลอง บริเวณพื้นที่ในการทดลอง การเก็บรวมข้อมูล รวมทั้งการควบคุมปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น เวลา ซึ่งจะทำให้มีผลต่อการศึกษานี้

ดังนั้น ในการทดลองจึงได้กำหนดลำดับและแผนในการศึกษาทดลอง เพื่อให้ได้ผลตามขอบเขตการศึกษาที่ได้กำหนดไว้มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยมีประเด็นที่ต้องการศึกษาเปรียบเทียบดังนี้

ตารางที่ 4.1 ลำดับการทดลองการใส่สนามแม่เหล็ก ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กและช่วงเวลาต่างๆ

มีรูปกระแสแบบวงกลม จำนวน 3 รูป		ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ AC (A/m)				ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ DC (A/m)			
		without	20	40	80	without	20	40	80
กรณีศึกษาทั้งหมดในวิทยานิพนธ์	8 ชม. (12.00-20.00 น.)	-	C-20	C-40	C-80	-	F-20	F-40	F-80
	16 ชม. (12.00-04.00 น.)	-	B-20	B-40	B-80	-	E-20	E-40	E-80
	24 ชม. (12.00น.-12.00 น.)	A-0	A-20	A-40	A-80	D-0	D-20	D-40	D-80

จากตารางที่ 4.1 สรุปกรณีศึกษาและลำดับการทดลองได้ดังนี้

1. กรณีไม่ใส่สนามแม่เหล็ก เปรียบเทียบกับใส่สนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง
2. กรณีความเข้มสนามแม่เหล็กจาก 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่เวลา 16 ชั่วโมง
3. กรณีความเข้มสนามแม่เหล็กจาก 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่เวลา 8 ชั่วโมง

ตั้งแต่ลำดับที่ 1 – 3 เป็นกรณีทดลองภายใต้แหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ในทำนองเดียวกันลำดับที่ 4-6 เป็นการทดลองภายใต้แหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

โดยทุกกรณี ศึกษาทำการทดลองต่อเนื่อง 7 วัน และเก็บผลการทดลองของความสูงลำต้น และความยาวรากในวันที่ 7 ของการทดลองโดยทุกกรณีศึกษาได้ทำการควบคุมปัจจัยต่างๆในการทดลองให้อยู่สภาพเดียวกันดังเงื่อนไขการศึกษาตารางที่ 1.3

บทที่ 5

ขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษผลของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าของข้าว รวมทั้งแสดงผลการทดลองที่ได้ตามเงื่อนไขการทดลอง ในการทดลองมีการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กเป็นเวลาต่อเนื่องกัน 7 วัน ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ทดลอง คือ 20 A/m, 40 A/m และ 80 A/m ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ให้กับต้นข้าวมี 2 แบบ คือ ความเข้มสนามแม่เหล็กที่จากไฟฟ้ากระแสสลับ และ ไฟฟ้ากระแสตรง โดยในเนื้อหาในบทที่ 5 ประกอบด้วย

- เงื่อนไขและขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง
- การควบคุมสภาวะแวดล้อมของการทดลอง
- วิธีการวัดการเติบโต
- ผลการทดลอง

5.2 เงื่อนไขและขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

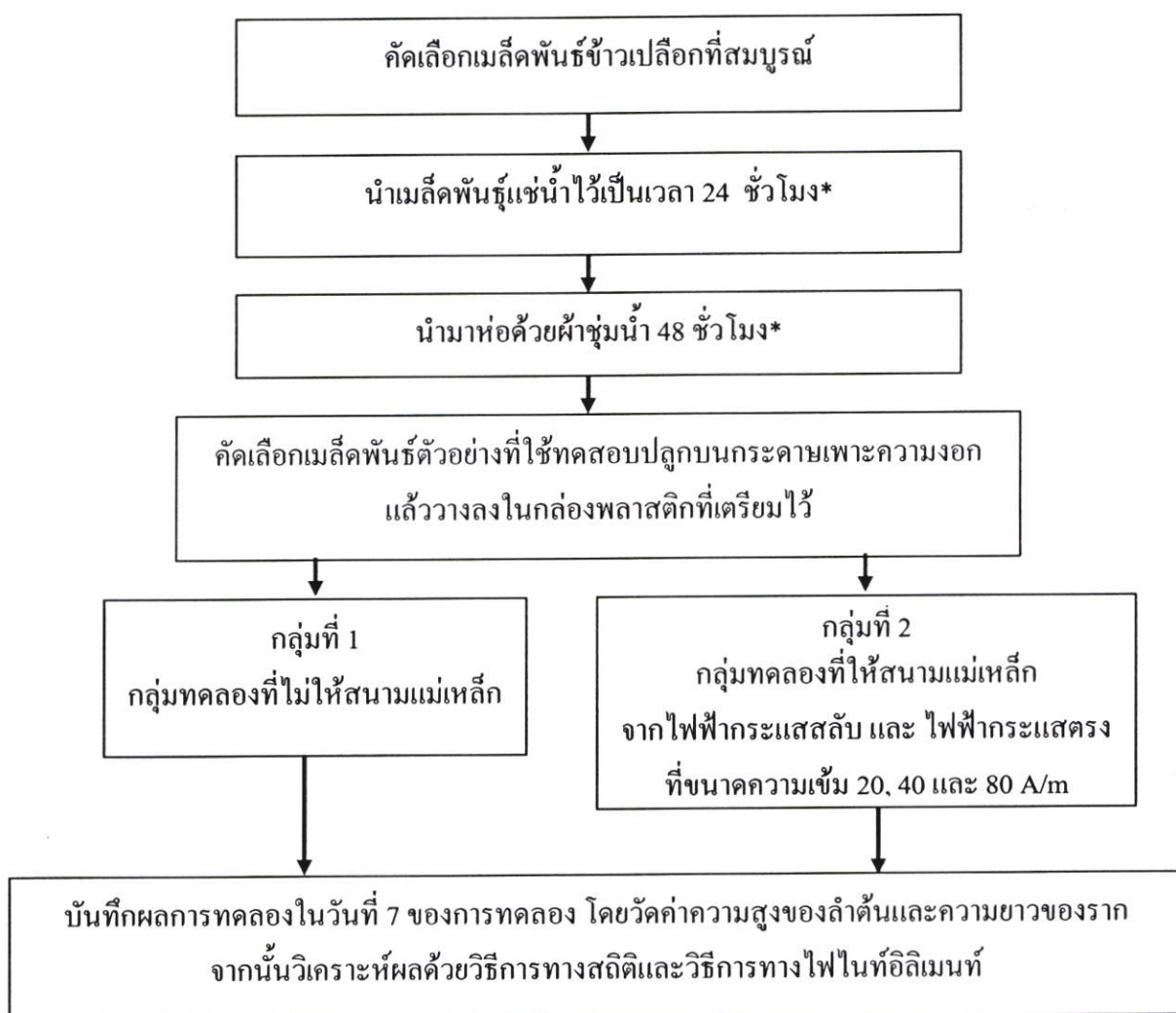
ในการศึกษาผลกระทบของความเข้มสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของข้าวครั้งนี้มีตัวแปรและเงื่อนไขที่ทำการศึกษาดังนี้

1. ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ใช้ที่ขนาด 20, 40 และ 80 A/m
2. ระยะเวลาที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก คือ 8, 16 และ 24 ชั่วโมง
3. ประเภทแหล่งจ่ายไฟฟ้า 2 ชนิด คือ แบบไฟฟ้ากระแสตรง และ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ใช้หลอดวอร์มในท่อพลาสติกเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร และรักษากระแสที่ไหลผ่านหลอดให้คงที่ที่ 1 แอมแปร์
4. ทำการทดลองภายใต้เป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน และทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 ของการเจริญเติบโต โดยการวัดค่าความสูงของลำต้นและความยาวราก
5. ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง กลุ่มละ 100 เมล็ด
6. เปรียบเทียบการทดลอง 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ไม่ให้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก
7. พันธุ์ข้าวที่ใช้เป็น กลุ่มทดลอง ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ในการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวนี้ได้ทำการทดลอง ที่บริเวณพื้นที่เดียวกัน โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่อุณหภูมิห้อง และในการทดลองจะทำการ

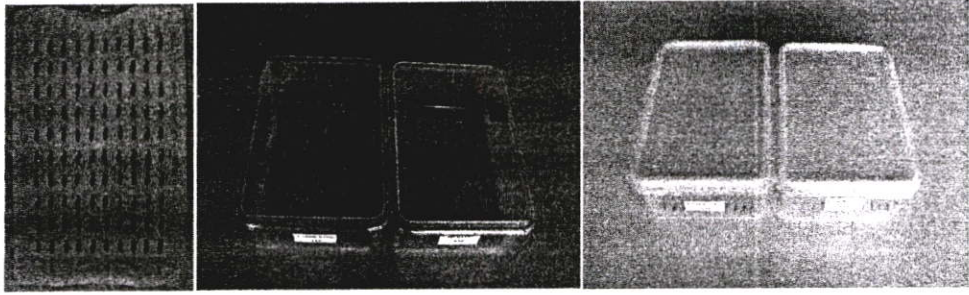
คัดเลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปลุกในกล่องพลาสติกสีเหลี่ยม ขนาด 9 ซม. x 23 ซม. x 14.5 ซม. โดยการปลุกจะนำเมล็ดข้าวปลุกบนกระดาษเพาะความงอก และจำนวนเมล็ดในการทดลอง 100 เมล็ดต่อกล่อง (10 x 10 แถว) และทำการควบคุมปริมาณน้ำ อุณหภูมิ ความชื้น และแสง ให้เหมือนกันแล้วทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ให้สนามแม่เหล็ก และกลุ่มตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการให้สนามแม่เหล็ก

ในการทดลองนี้ทำการทดลองภายใต้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กต่างๆ ตามเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น และทำการบันทึกผลการทดลองในวันที่ 7 ของการเจริญเติบโตโดยวัดค่าความสูงลำต้นและความยาวราก แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติเปรียบเทียบ โดยวิธีการและขั้นตอนการทดลองเขียนเป็นแผนผังแสดงดังรูปที่ 5.1-5.3

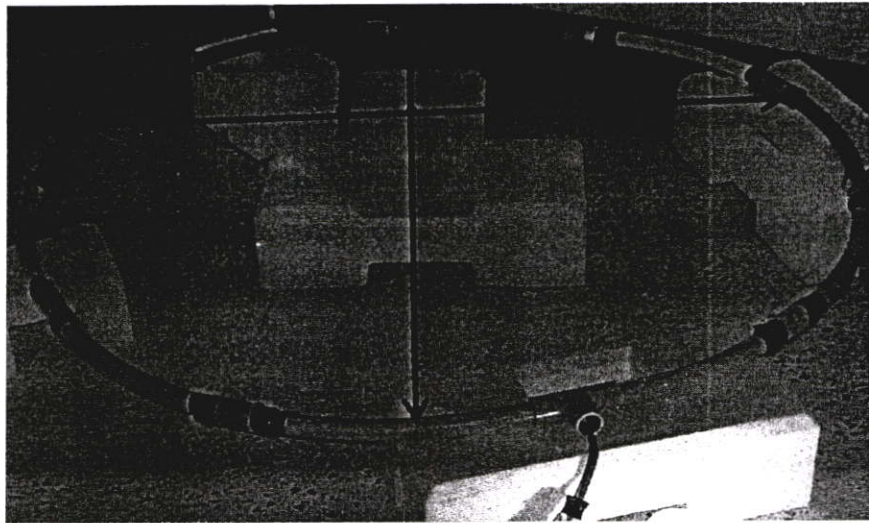


* ข้อมูลอ้างอิงจากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าว

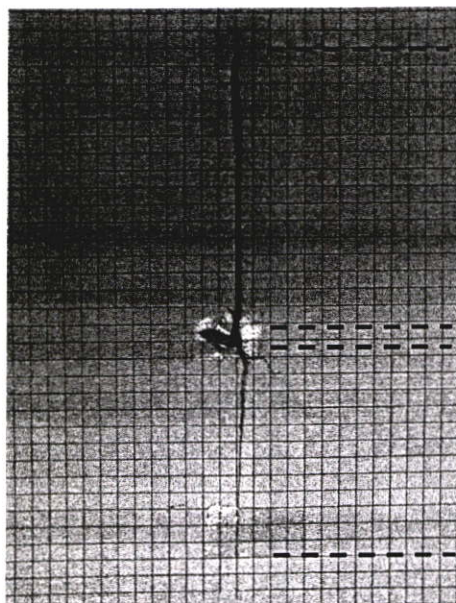
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 5.2 การจัดวางเมล็ดข้าวในกล่องพลาสติกที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 5.3 การวางกล่องทดลองภายใต้ตู้ปรอทขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร



บริเวณส่วนสูงลำต้นที่เก็บข้อมูล

บริเวณส่วนความยาวรากที่เก็บข้อมูล

รูปที่ 5.4 บริเวณส่วนของความสูงของลำต้นและความยาวรากที่บันทึกผลการเจริญเติบโตในวันที่ 7

5.3 วิธีการจัดการเติบโต

วิธีการจัดการเติบโตของพืชนั้นมีหลายวิธี ดังนี้ [21]

1. การใช้น้ำหนักสด เป็นวิธีการชั่งน้ำหนักสดของพืชจะใช้ต้นพืชทั้งต้น หรือตัดเอาบางส่วน ของพืชมาชั่งน้ำหนักสดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องทำลายต้นพืชทั้งต้น เปรียบเทียบในระยะเวลาที่ผ่าน ไปจะทราบค่าการเติบโตของพืชได้ แต่จะไม่ทราบน้ำหนักที่แท้จริงของพืชเพราะน้ำหนักสดรวม น้ำหนักของน้ำอยู่ด้วย การวัดโดยวิธีนี้ควรใช้ตัวอย่างพืชในช่วงการเติบโตเป็นระยะๆ จากกลุ่มพืช ทั้งหมดด้วยหลักการทางสถิติถือว่าพืชที่เก็บมาวัดเป็นตัวแทนพืชทั้งหมด

2. การใช้น้ำหนักแห้ง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากกว่าน้ำหนักสดเพราะวิธีแรกการเพิ่มหรือการลด ปริมาณน้ำในพืช จะสามารถบอกถึงการเติบโตที่ถูกต้องได้ อย่างไรก็ตามการใช้น้ำหนักแห้งใช้ได้ ไม่ทุกกรณี ทั้งนี้เพราะบางระยะการเจริญเติบโตของพืช เช่น เมล็ดที่กำลังงอกพบว่าน้ำหนักแห้ง กลับลดลงเนื่องจากการหายใจสูง ขณะที่ต้นพืชที่กำลังเจริญเติบโตอยู่ในระยะอื่นๆวิธีนี้คงใช้ ได้ผลดี

3. การวัดความยาวหรือส่วนสูง เหมาะในการวัดการเติบโตที่มีทิศทางแน่นอน มีเส้นผ่าน ศูนย์กลางของรูปทรงสม่ำเสมอ เช่น ใช้วัดความยาวของลำต้น ราก หรือหลอดระลอกเรณูที่กำลังงอก เป็นต้น

4. การวัดการเติบโตโดยใช้พื้นที่ซึ่งเปลี่ยนแปลงไป เหมาะสำหรับการวัดการเติบโตที่เจริญอยู่ใน แนวราบ หากความกว้างและความยาวได้ง่าย เช่นการวัดการเติบโตโดยการหาพื้นที่ใบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกการวัดค่าความยาวรากและความสูงของลำต้น จากการทดลอง ใน วันที่ 7 เนื่องจากการวัดการเติบโตที่สะดวกและง่ายที่สุด และจากที่ผ่านมาผู้ทำวิจัยส่วนใหญ่ นิยมใช้วิธีการดังกล่าว จากนั้นหาค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกันถ้าค่าเฉลี่ยของความยาวรากและความ สูงของลำต้นมีค่ามากแสดงว่าเมล็ดพันธุ์นั้นมีการเติบโตกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของความยาวราก และความสูงของลำต้นที่มีค่าต่ำกว่า

5.4 การควบคุมปัจจัยที่ผลต่อการทดลอง

ในการทดลองได้มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ผลต่อการทดลอง ดังนี้ ปัจจัยที่ผลต่อการงอกของ ข้าว เวลาในการเริ่มและเก็บผลการทดลอง จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ การเจริญเติบโตหลังงอกของข้าว คือ อุณหภูมิ แสง และ ออกซิเจน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ทำ การควบคุมปัจจัยต่างๆ เป็นดังนี้

1. อุณหภูมิ เนื่องจากในสัปดาห์แรกของการเจริญเติบโตของต้นกล้า อุณหภูมิที่ 22°C - 32°C จะมีอิทธิพลมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว ในการทดลองจึงควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ อุณหภูมิห้อง

2. แสง แสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตบ้าง ดังนั้นในการควบคุมการทดลอง จึงได้ทำการควบคุมแสงโดยการเปิดไฟทิ้งไว้ตลอดการทดลอง

3. ออกซิเจน โดยทั่วไปแล้วเมล็ดข้าวสามารถงอกได้ในสภาพขาดอากาศหรือขาดออกซิเจนในระยะแรก แต่ถ้าน้ำและความชื้นไม่เพียงพอ จะทำให้การเจริญเติบโตของรากอ่อน หยุดการเจริญเติบโตหรือตายได้ จึงได้ทำการควบคุมโดยให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน คือ 15 มิลลิเมตรต่อกล่องเท่ากันแล้วปิดภาชนะที่ใช้ทำการทดลองเพื่อรักษาความชื้นในกล่องทดลอง

ส่วนในการควบคุมเวลาในการทดลอง ทำการควบคุมโดย กล่องทดลองที่ให้ความชื้นสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ ที่ระยะเวลา 8, 16 และ 24 ชั่วโมงนั้น จะทำการเริ่มการทดลองของแต่ละช่วงเวลา ที่เวลาเดียวกันทั้งหมด เมื่อครบ 7 วัน จะนำกล่องพลาสติกมาเปิดฝาดอก เพื่อวัดการเจริญเติบโต โดยทำการวัดความยาวของส่วนลำต้น และความยาวส่วนราก

5.5 การทดสอบผลการสร้างแหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กแบบวงกลม และการทดลอง

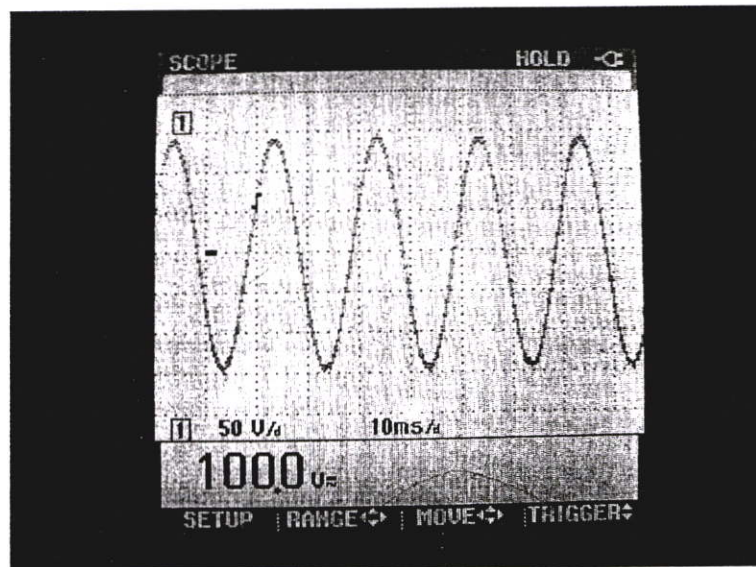
ในหัวข้อผลการทดลองนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบผลการสร้างแหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กแบบวงกลมจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ และแบบกระแสตรง ที่ระดับความชื้นสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 5.5 -5.33 และการเก็บผลการทดลองซึ่งเป็นการวัดข้อมูลคือ ความสูงของลำต้น ความยาวราก แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ผลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก และกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก เพื่ออธิบายแนวโน้มของข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ตารางค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนภูมิ การวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลเชิงทดสอบสมมุติฐาน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของความแตกต่างค่าเฉลี่ย

5.5.1 การทดสอบผลการสร้าง Loop current แบบ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ เป็น ดังนี้

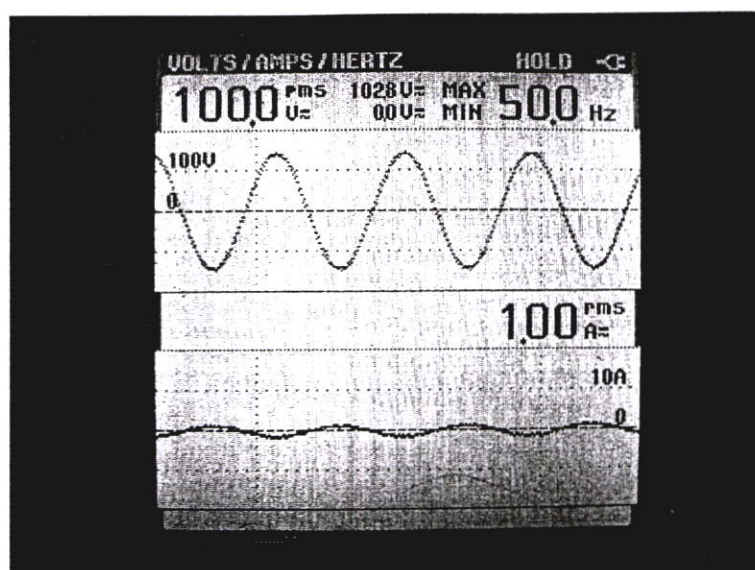
1. แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 A/m



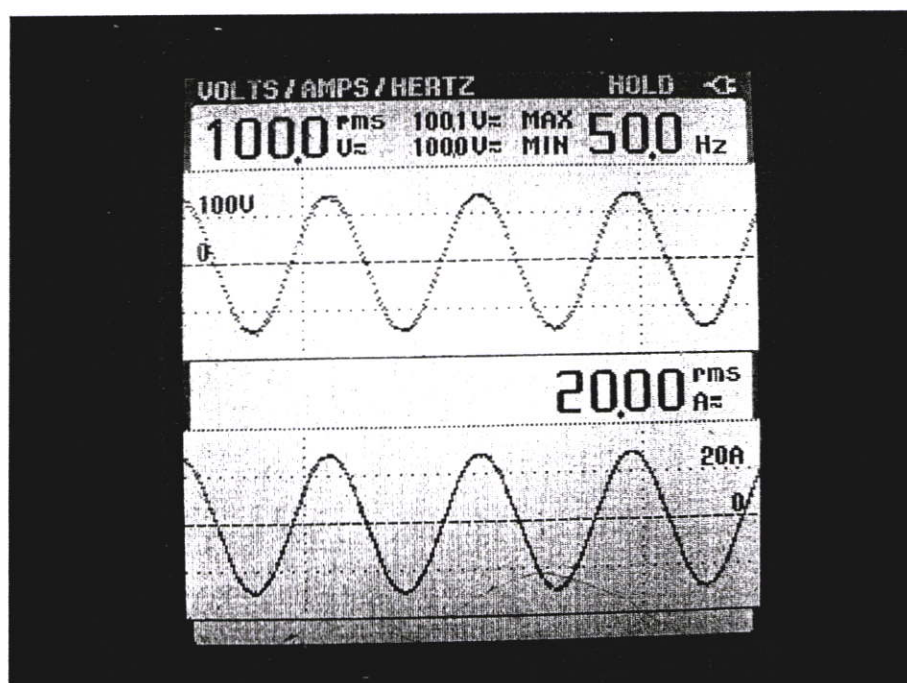
รูปที่ 5.5 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m จากแหล่งจ่ายแรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 5.6 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ขนาดแรงดัน 100 V_{rms} (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

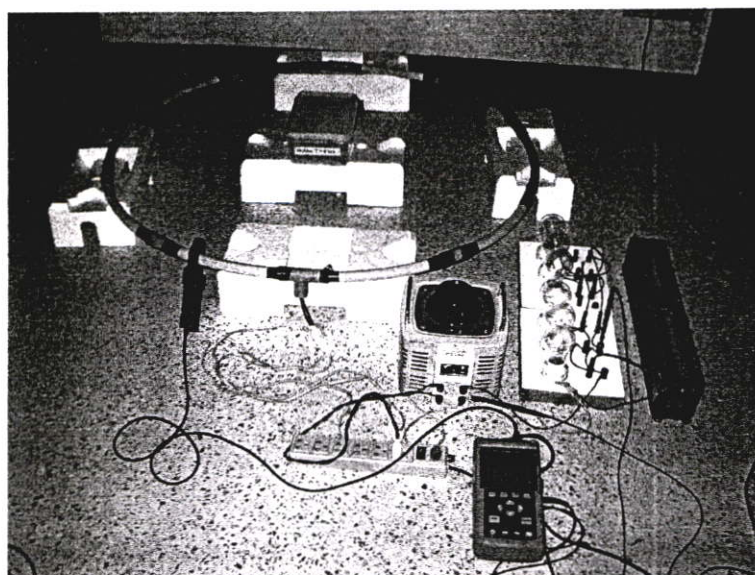


รูปที่ 5.7 สัญญาณแรงดันค่านอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

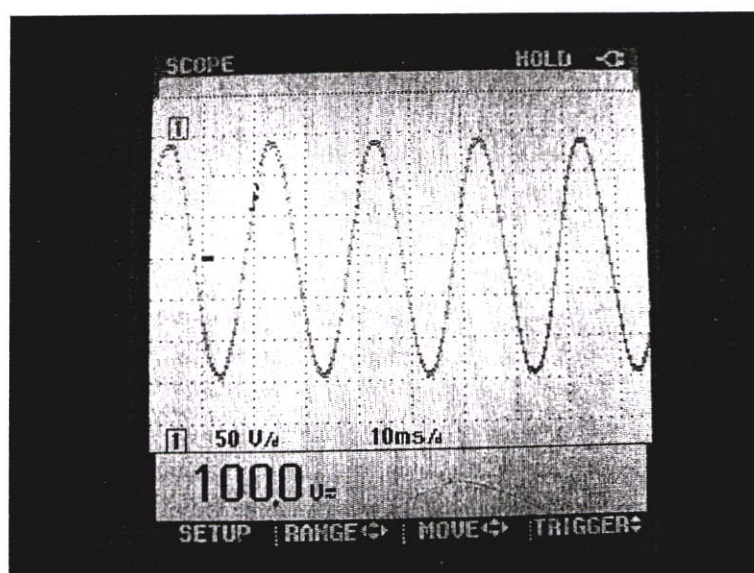


รูปที่ 5.8 สัญญาณแรงดันค่านอกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

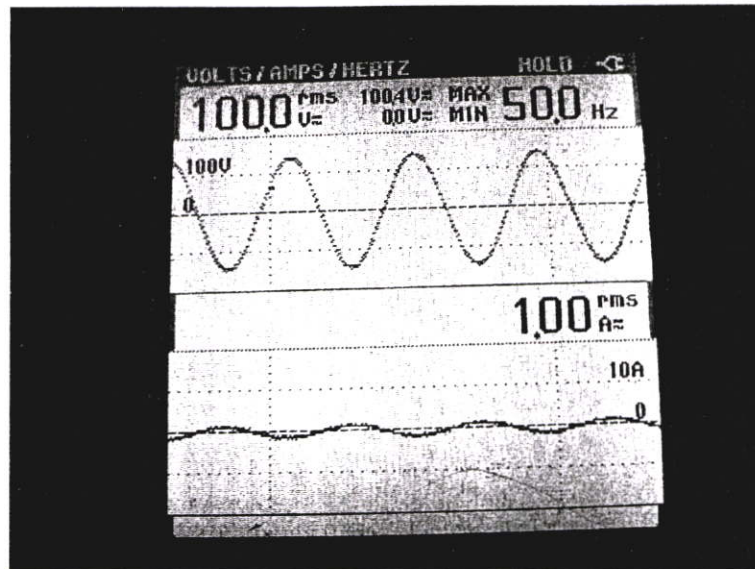
2. แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m



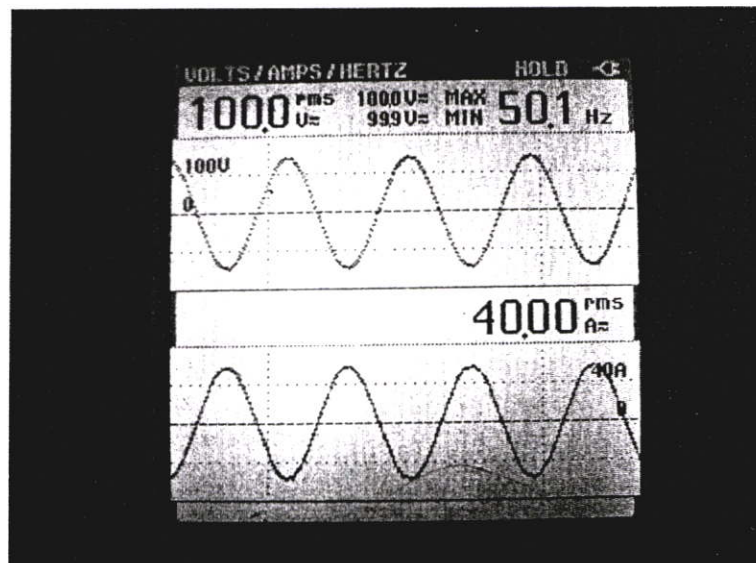
รูปที่ 5.9 การต่ออุปกรณ์แบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m
(แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



รูปที่ 5.10 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน
100 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



รูปที่ 5.11 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

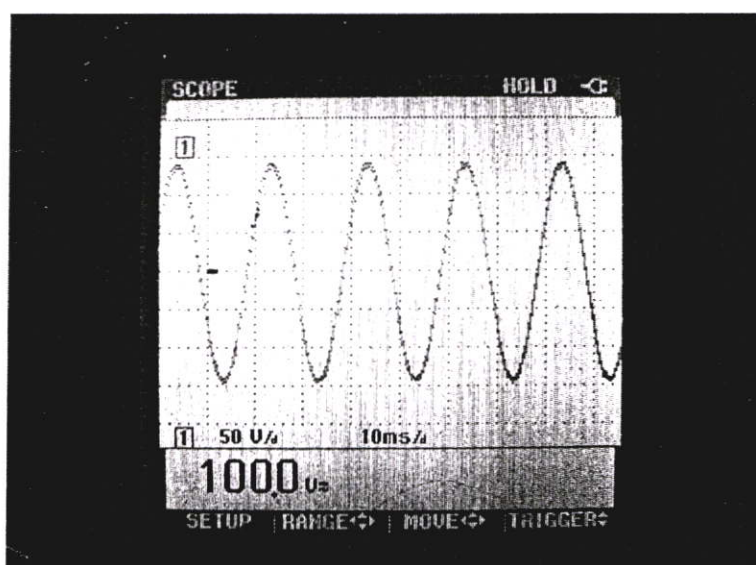


รูปที่ 5.12 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบคงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

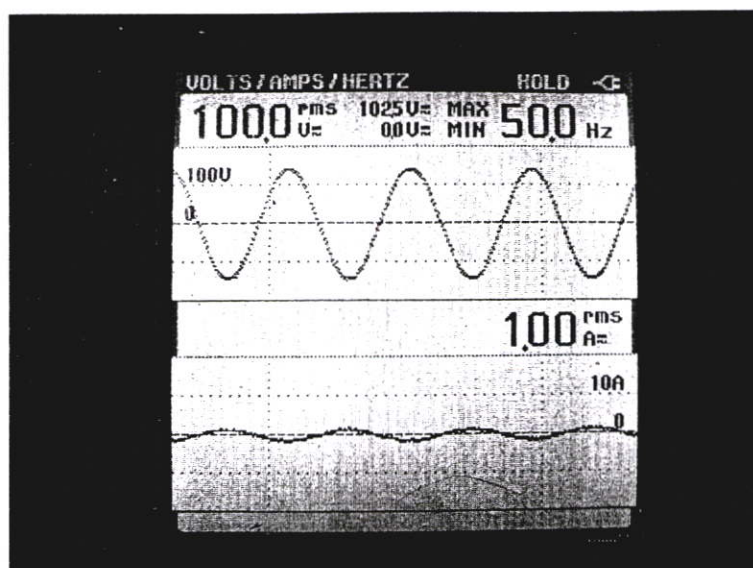
3 แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 80 A/m



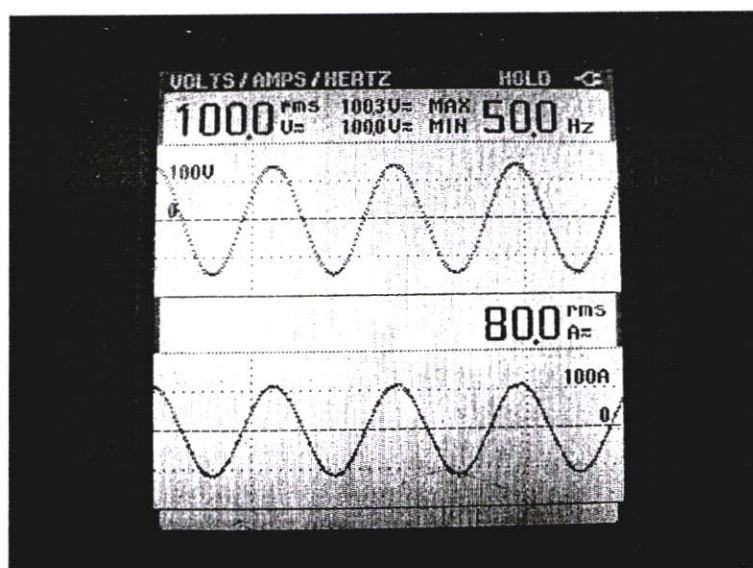
รูปที่ 5.13 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.14 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ขนาดแรงดัน 100 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.15 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้เพื่อทำให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



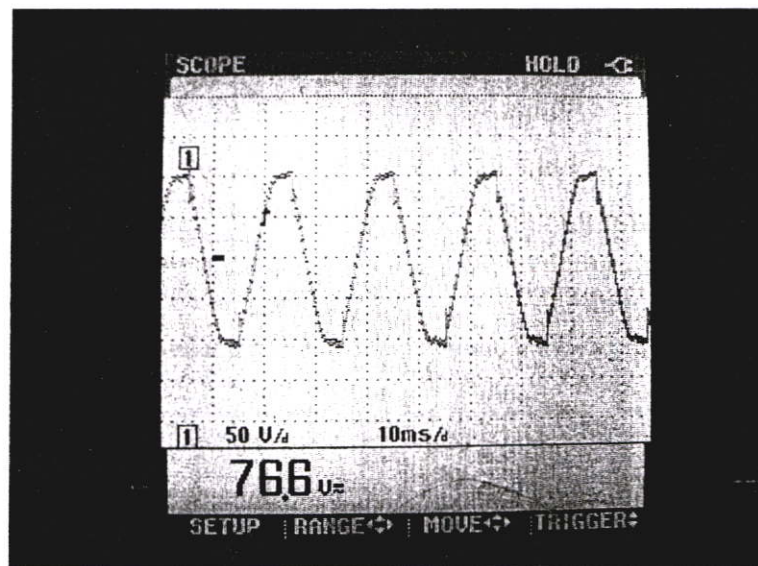
รูปที่ 5.16 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ให้มีค่า 100 V คงที่และปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้เพื่อทำให้กระแสใน Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบคงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)

5.5.2 การทดสอบผลการสร้าง Loop current แบบ ไฟฟ้ากระแสตรงที่ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กขนาดต่างๆ เป็นดังนี้

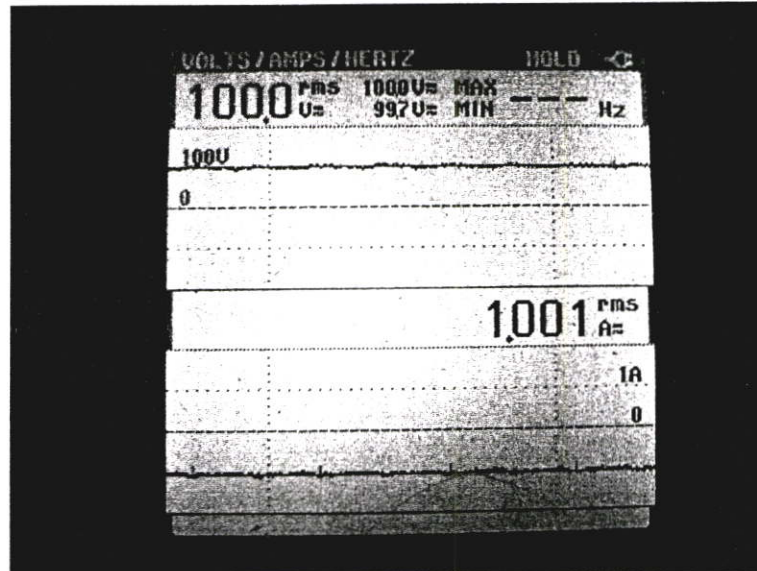
1. แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มข้นแม่เหล็กขนาด 20 A/m



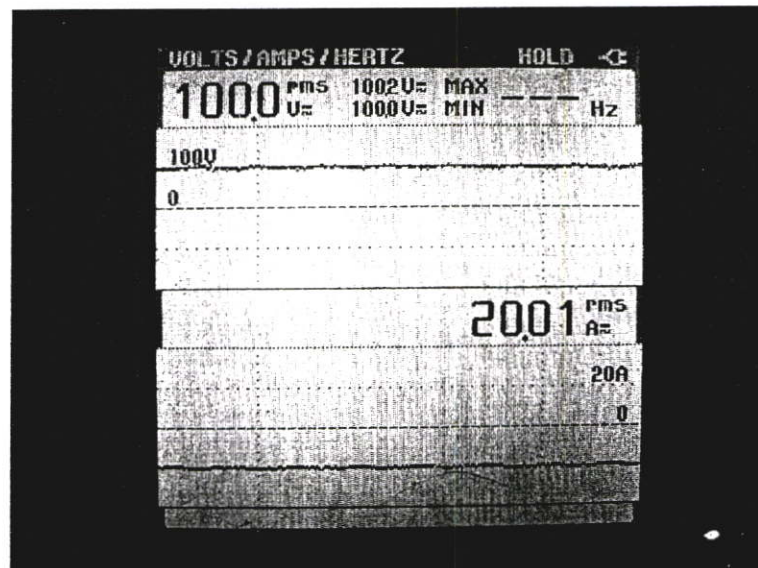
รูปที่ 5.17 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มข้นแม่เหล็กขนาด 20 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มข้นแม่เหล็กขนาด 20 A/m)



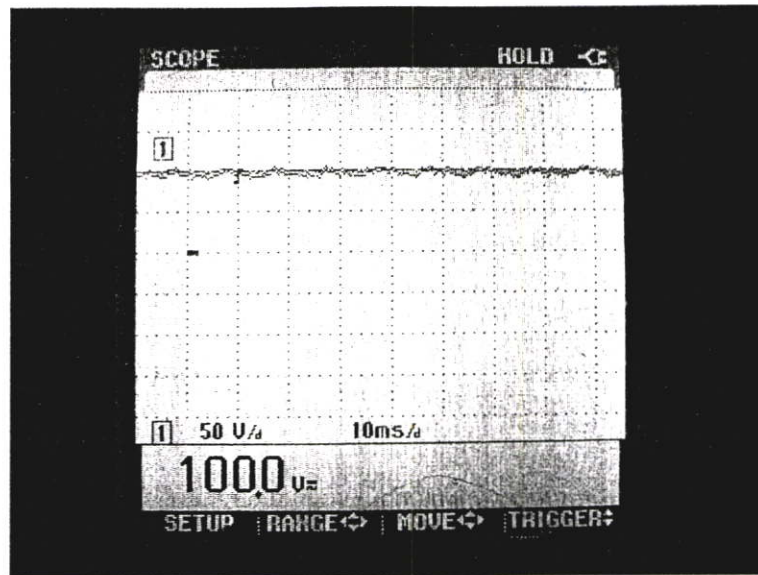
รูปที่ 5.18 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 76.6 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มข้นแม่เหล็กขนาด 20 A/m)



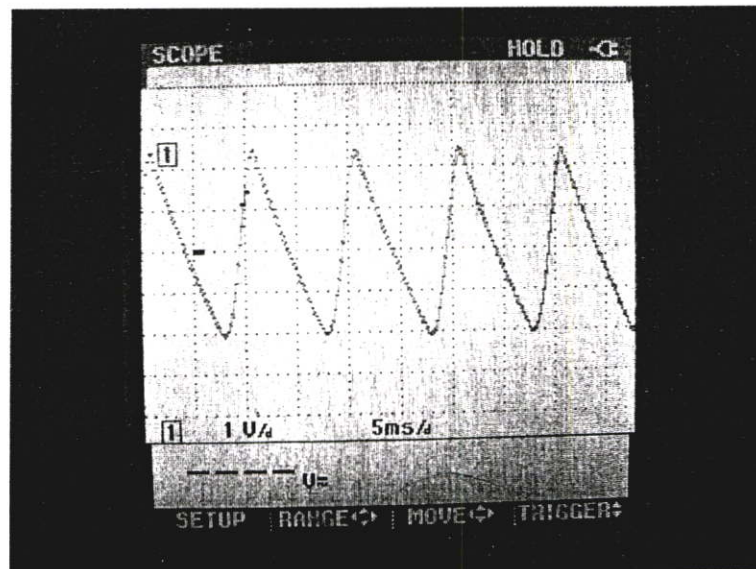
รูปที่ 5.19 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)



รูปที่ 5.20 รูปสัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

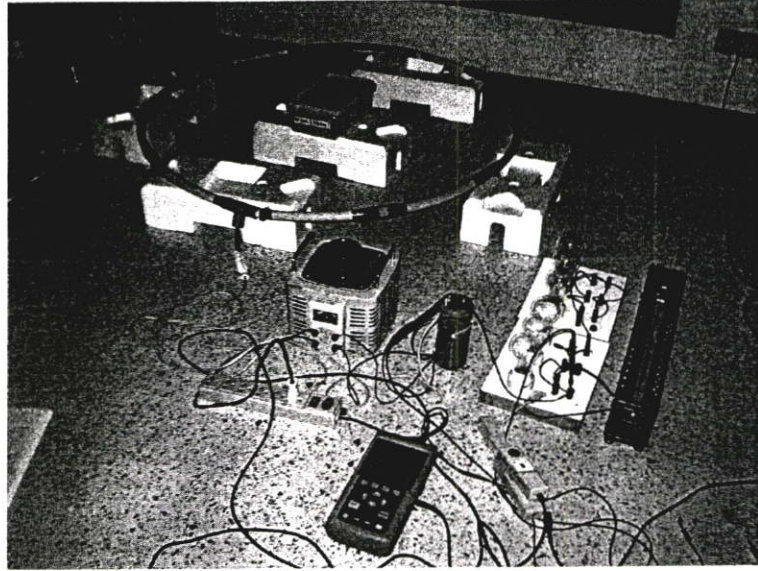


รูปที่ 5.21 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรงด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น
Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม
สนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

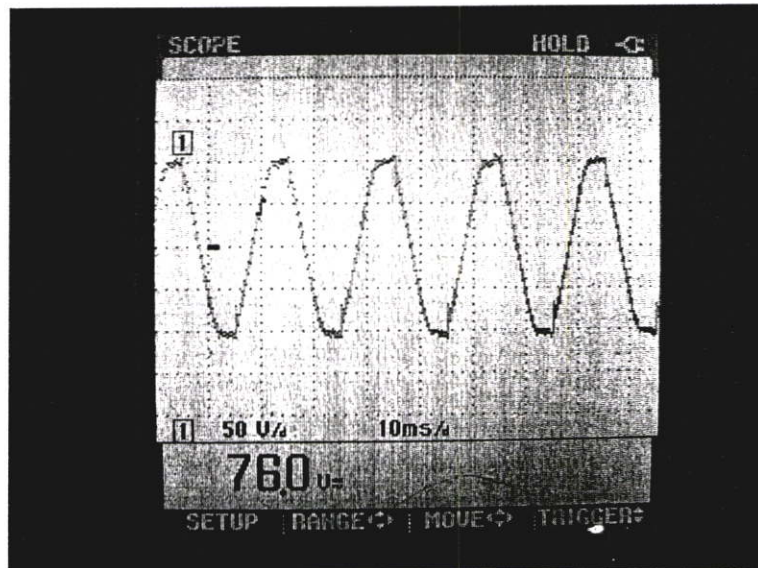


รูปที่ 5.22 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น
Loop current มีค่า 20 A / 20 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้ม
สนามแม่เหล็กขนาด 20 A/m)

2 แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m



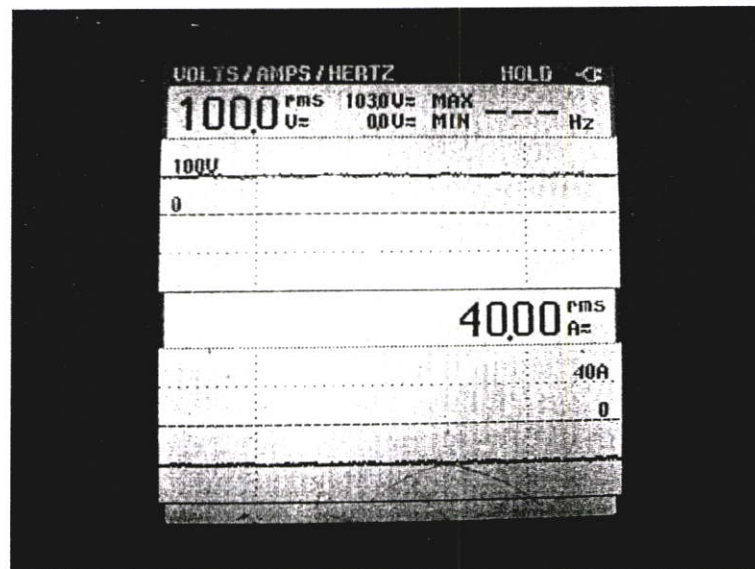
รูปที่ 5.23 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m
(แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



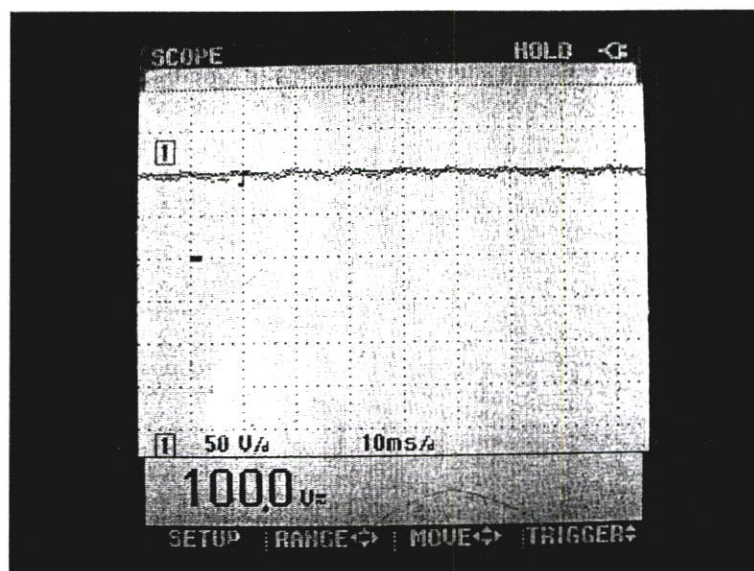
รูปที่ 5.24 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน
76.0 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



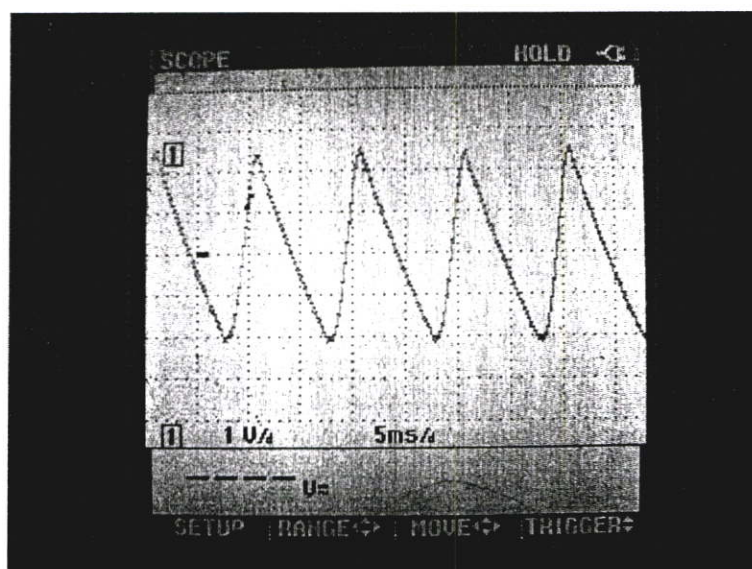
รูปที่ 5.25 สัญญาณแรงดันค่านอกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



รูปที่ 5.26 รูปสัญญาณแรงดันค่านอกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)



รูปที่ 5.27 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรง ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น
Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

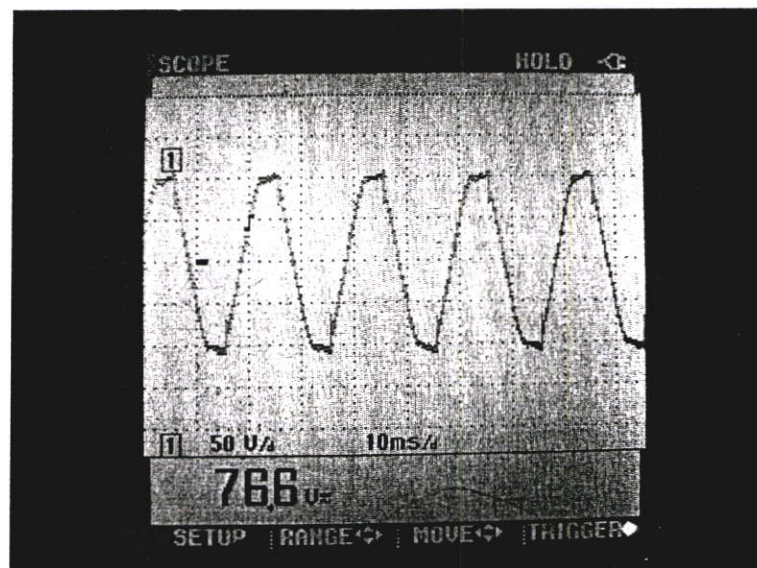


รูปที่ 5.28 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น
Loop current มีค่า 40 A / 40 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 40 A/m)

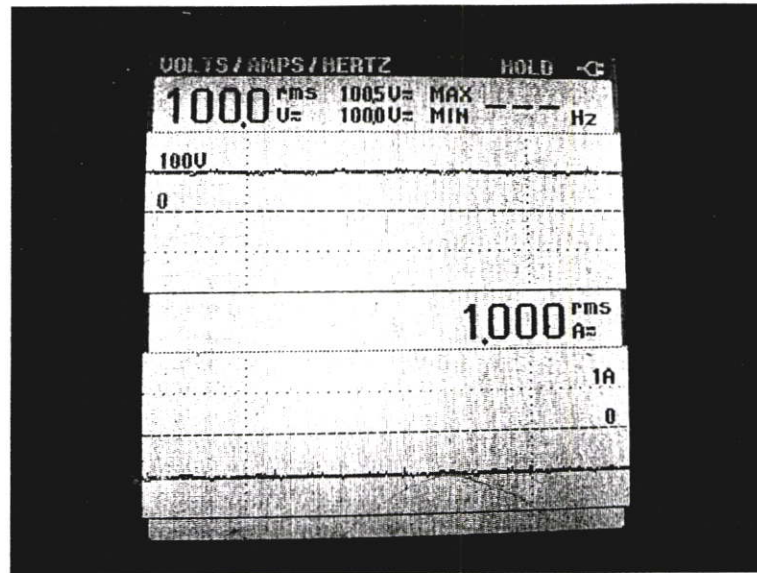
3 แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m



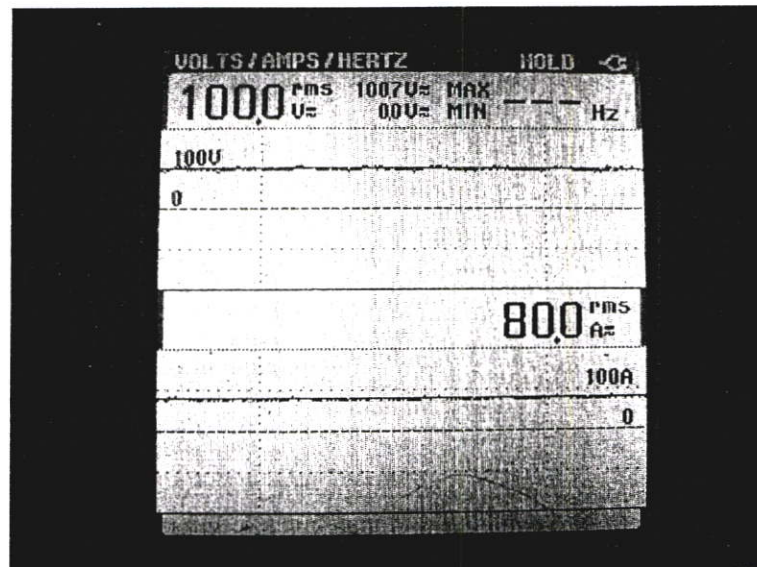
รูปที่ 5.29 การต่ออุปกรณ์กระแสแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



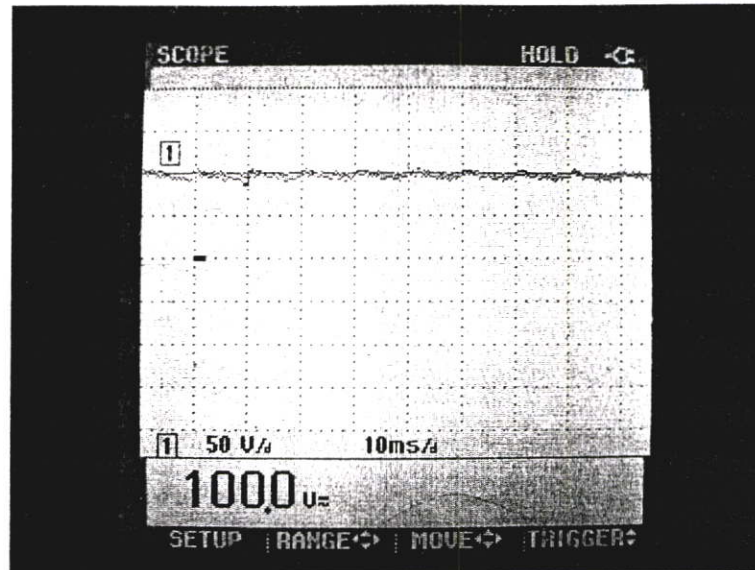
รูปที่ 5.30 สัญญาณแรงดันด้านออกของหม้อแปลงแบบปรับค่าได้ รูปคลื่นไซน์ ขนาดแรงดัน 76.6 V_{rms} (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



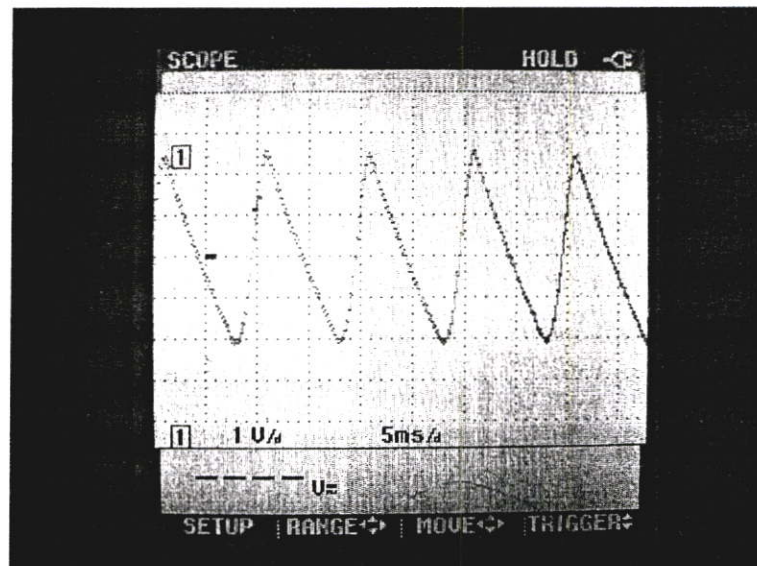
รูปที่ 5.31 สัญญาณแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสเข้า Loop current มีค่า 1 A ลงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.32 รูปสัญญาณแรงดันด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่นและปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ เพื่อให้กระแสใน Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ ลงที่ (แรงดันแบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.33 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสตรง ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น
Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)



รูปที่ 5.34 รูปสัญญาณแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้านออกวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิดเต็มคลื่น
Loop current มีค่า 80 A / 80 รอบ คงที่ (แรงดันแบบ ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด 80 A/m)

5.6 ผลการทดลอง

ผลการทดลอง ได้มาจากการเก็บบันทึกผลการจากการวัดค่าความสูงของลำต้นและความยาวราก โดยจะนำค่าที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่มทดสอบควบคุมที่ไม่ให้ค่าความสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก เพื่ออธิบายแนวโน้มของข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ แผนภูมิ โดยจะนำค่าข้อมูลเฉลี่ยที่ได้มาทำการวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐาน แสดงความน่าเชื่อถือของความแตกต่างของการเจริญเติบโต จากที่กล่าวมาข้างต้นจะ โดยแบ่งผลการทดลองเป็น 2 กรณีดังนี้ ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากผลการทดลอง และ ผลการทดสอบสมมติฐาน งานวิจัยที่ตั้งไว้

5.6.1 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากผลการทดลอง

ในการเปรียบเทียบข้อมูลผลการทดลองนี้ ข้อมูลมาจากการวัดค่าความสูงของลำต้นและความยาวราก และนำค่าที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่มทดสอบควบคุมที่ไม่ให้ค่าความสนามแม่เหล็ก โดยมีการเปรียบเทียบผลทั้งหมด 3 กรณีดังนี้

5.6.1.1 ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

เปรียบเทียบผลการทดลองกรณีกลุ่มการทดลองที่ไม่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มทดลองที่ให้สนามแม่เหล็กแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ขนาดความเข้ม 20 40 และ 80 A/m ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยค่าที่นำมาเปรียบเทียบ มีดังนี้ ดังตารางที่ 5.1 -5.6 และรูปที่ 5.35-5.37

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวราก (ซม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตระหว่างความสูงลำต้น (ซม.) เทียบกับ ความยาวราก (ซม.) ของกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็ก

5.6.1.2 ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง

เปรียบเทียบผลการทดลองกรณีกลุ่มการทดลองที่ไม่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มทดลองที่ให้สนามแม่เหล็กแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่ขนาดความเข้ม 20 40 และ 80 A/m ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยค่าที่นำมาเปรียบเทียบมีดังนี้ ดังตารางที่ 5.7-5.11 และรูปที่ 5.38-5.40

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ชม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ชม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น (ชม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวราก (ชม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก
- เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตระหว่างความสูงลำต้น (ชม.) เทียบกับ ความยาวราก (ชม.) ของกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็ก

5.6.1.3 ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและแบบไฟฟ้ากระแสตรง

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น (ชม.) และความยาวราก (ชม.) ระหว่างกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเทียบกับกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ดังตารางที่ 5.12 และรูปที่ 5.41-5.42

ทั้งนี้การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นหรือความยาวราก ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ (\%)} \text{ การเจริญเติบโต} = \frac{\bar{X}_{H = feild} - \bar{X}_{withoutH = feild}}{\bar{X}_{withoutH = feild}} \times 100 \quad (5.1)$$

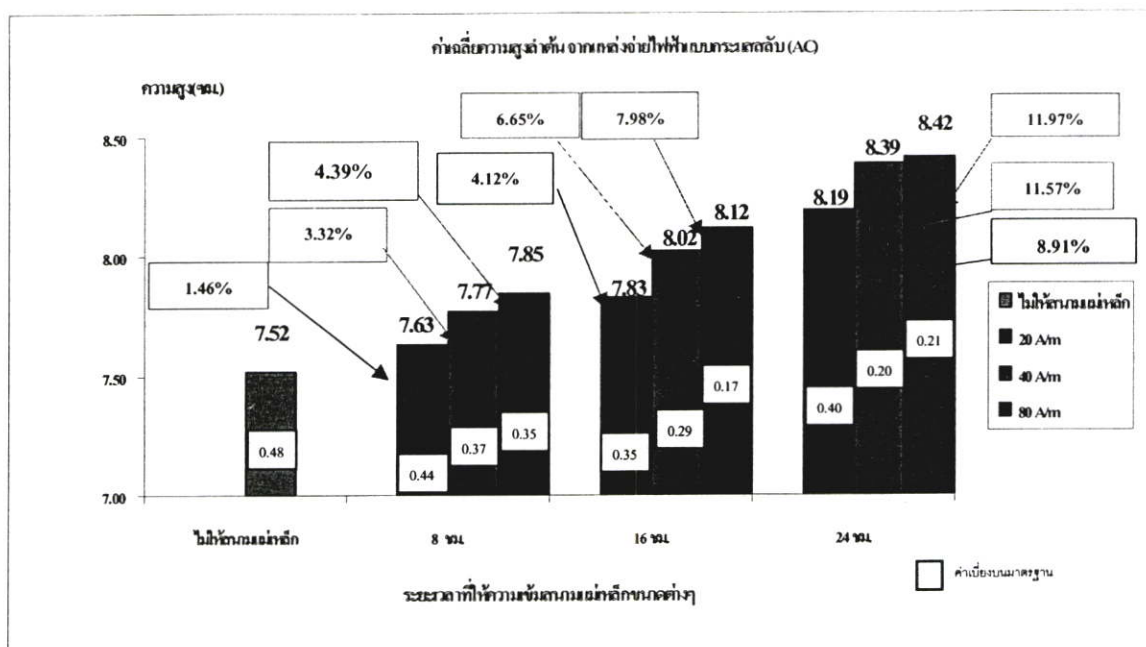
ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	7.52	7.63	7.77	7.85	0.48	0.44	0.37	0.35
16		7.83	8.02	8.12		0.35	0.29	0.17
24		8.19	8.39	8.42		0.40	0.20	0.21

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				% การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	7.52	7.63	7.77	7.85	-	1.46	3.32	4.39
16		7.83	8.02	8.12		4.12	6.65	7.98
24		8.19	8.39	8.42		8.91	11.57	11.97



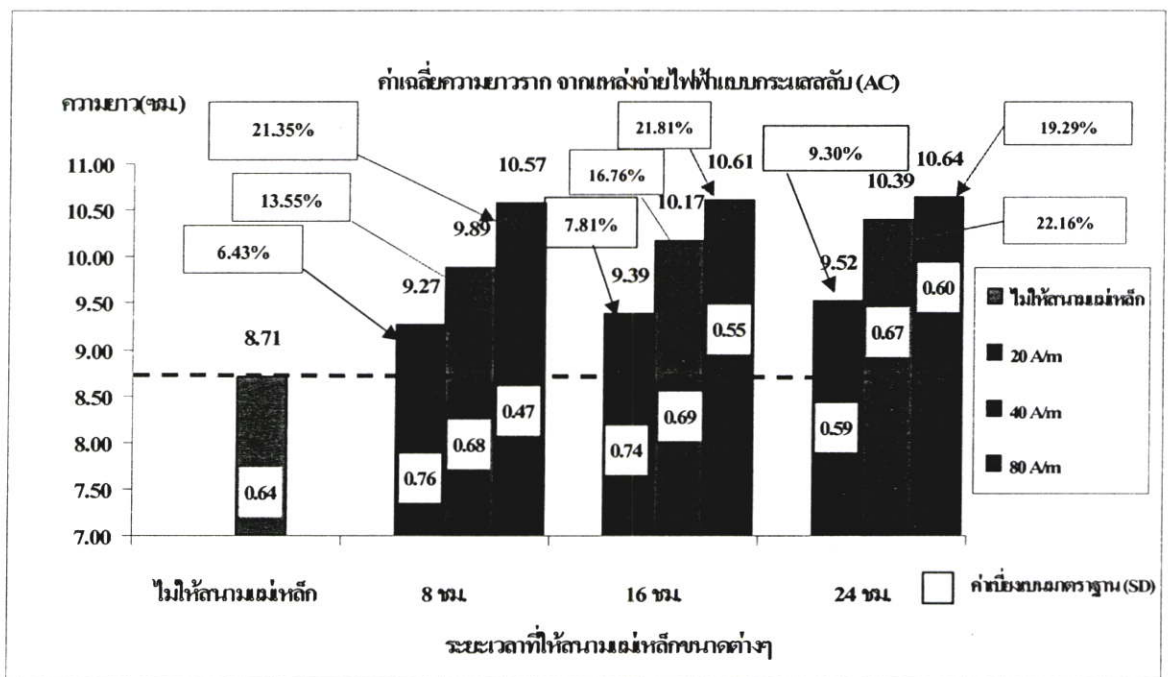
รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นข้าวใน วันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ สนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลา 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่ม ทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้ สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้ม สนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้ สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้ม สนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	8.71	9.27	9.89	10.57	0.64	0.76	0.68	0.47
16		9.39	10.17	10.61		0.74	0.69	0.55
24		9.52	10.39	10.64		0.59	0.67	0.60

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				% การเจริญเติบโตของความยาวราก			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มข้นสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มข้นสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	8.71	9.27	9.89	10.57	-	6.43	13.55	21.35
16		9.39	10.17	10.61		7.81	16.76	21.81
24		9.52	10.39	10.64		9.30	19.29	22.16



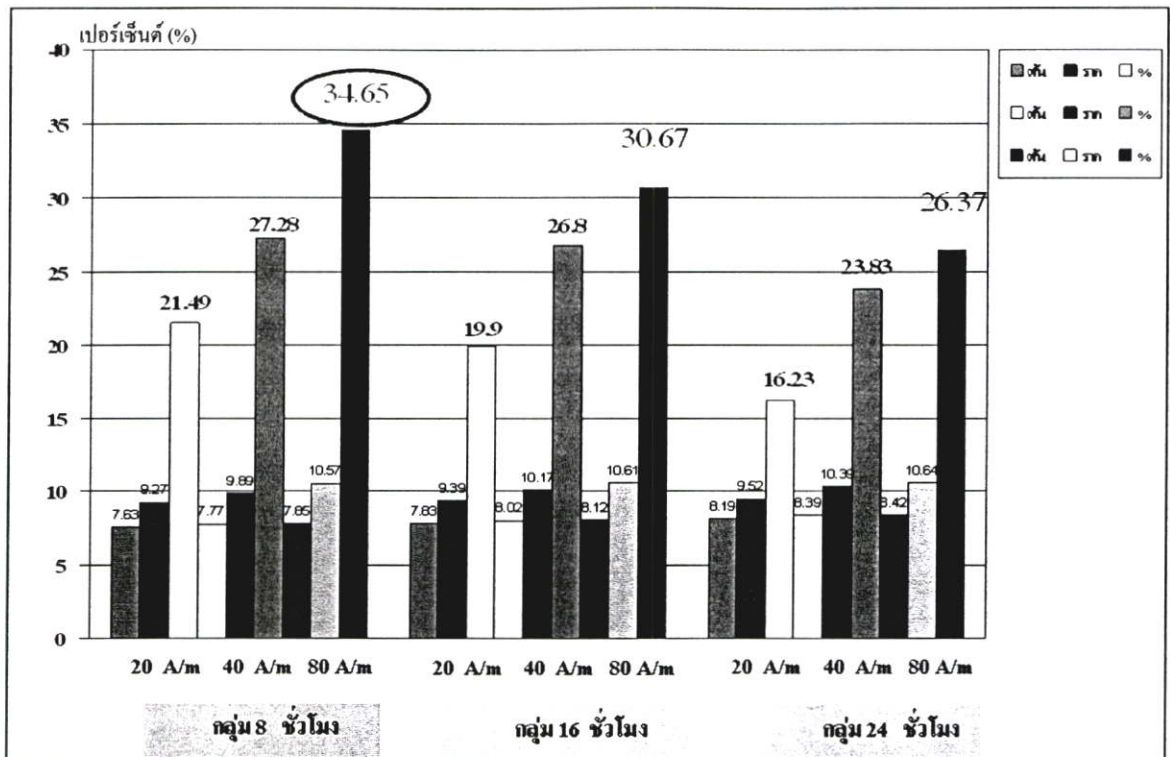
รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเจริญการเติบโตของความยาวรากข้าวในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มข้นขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระะเวลานาน 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม.จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยของความสูงลำต้นและค่าเฉลี่ยของความยาวรากกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง ๆ กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น (ซม.)			ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)		
	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	20	40	80	20	40	80
8	7.63	7.77	7.85	9.27	9.89	10.57
16	7.83	8.02	8.12	9.39	10.17	10.61
24	8.19	8.39	8.42	9.52	10.39	10.64

ตารางที่ 5.6 เปอร์เซนต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้นของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบ ไฟฟ้ากระแสสลับ

กลุ่มทดสอบ	ความสูงลำต้นและความยาวรากที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ								
	20 A/m			40 A/m			80 A/m		
	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%
8 ซม.	7.63	9.27	21.49	7.77	9.89	27.28	7.85	10.57	34.65
16 ซม.	7.83	9.39	19.90	8.02	10.17	26.80	8.12	10.61	30.67
24 ซม.	8.19	9.52	16.23	8.39	10.39	23.83	8.42	10.64	26.37



รูปที่ 5.37 เปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของต้นข้าวเปรียบเทียบระหว่างความยาวรากกับความสูงของลำต้นเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

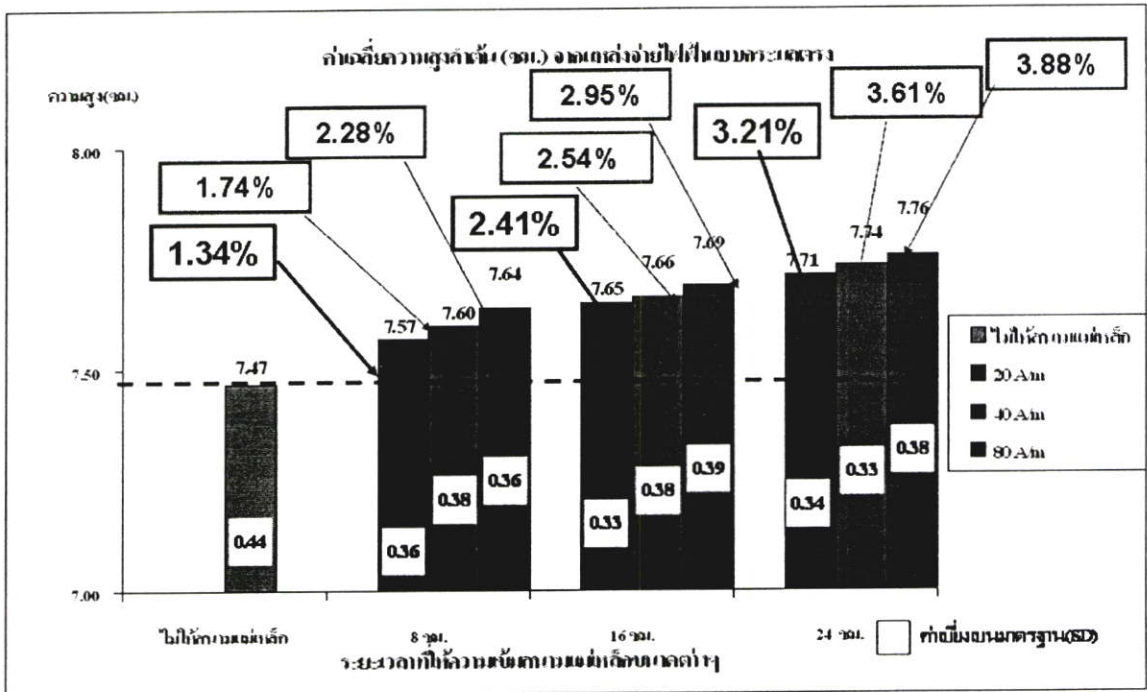
ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงลำต้น (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)			ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มข้นแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มข้นแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	7.47	7.57	7.60	7.64	0.44	0.36	0.38	0.36
16		7.65	7.66	7.69		0.33	0.38	0.39
24		7.71	7.74	7.76		0.34	0.33	0.38

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความสูงลำต้น(ซม.)				% การเจริญเติบโตของความสูงลำต้น			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ A/m			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ(A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	7.47	7.57	7.60	7.64	-	1.34	1.74	2.28
16		7.65	7.66	7.69		2.41	2.54	2.95
24		7.71	7.74	7.76		3.21	3.61	3.88



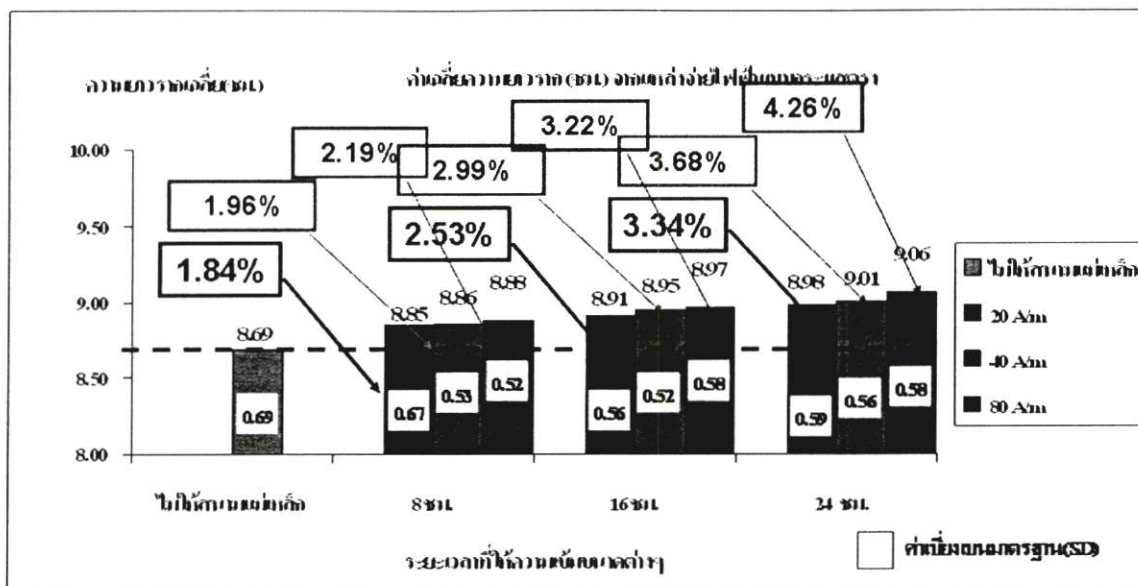
รูปที่ 5.38 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงลำต้นในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลาานาน 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวราก (ซม.) กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	0	20	40	80
8	8.69	8.85	8.86	8.88	0.69	0.67	0.53	0.52
16		8.91	8.95	8.97		0.56	0.52	0.58
24		8.98	9.01	9.06		0.59	0.56	0.58

ตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

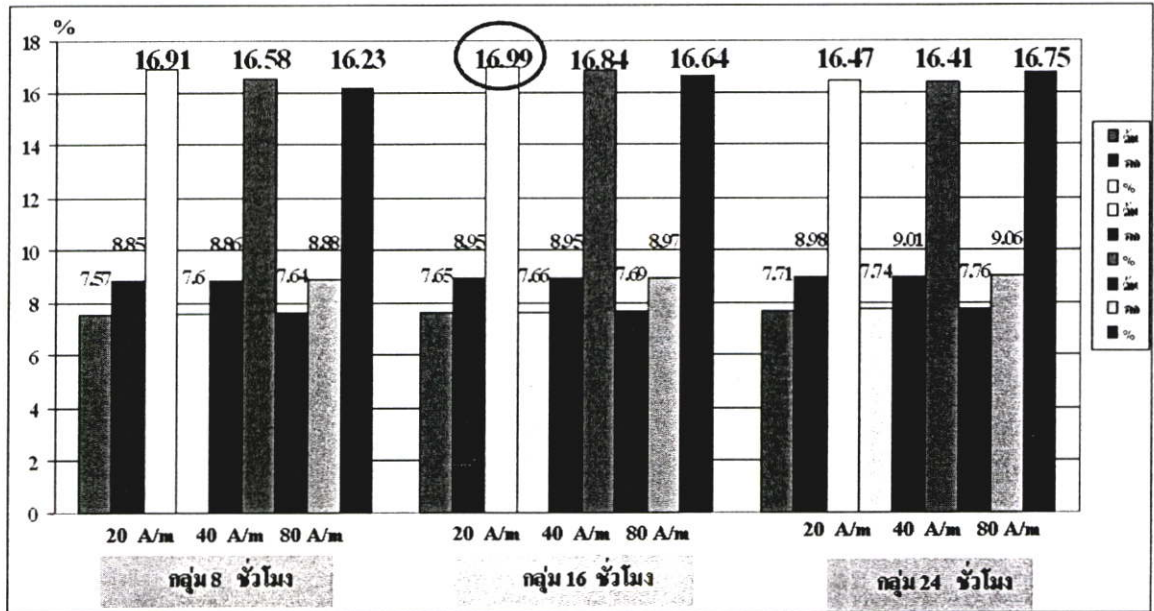
กลุ่มทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยาวราก(ซม.)				% เฉลี่ยความยาวราก(ซม.)		
	กลุ่มไม่ให้สนามแม่เหล็ก H (A/m)	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ (A/m)		
เวลาที่ให้ (ชั่วโมง)	0	20	40	80	20	40	80
8	8.69	8.85	8.86	8.88	1.84	1.96	2.19
16		8.91	8.95	8.97	2.53	2.99	3.22
24		8.98	9.01	9.06	3.34	3.68	4.26



รูปที่ 5.39 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากในวันที่ 7 ของการทดลองระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มขนาด 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ที่ให้ระยะเวลา 8 ชม. 16 ชม. และ 24 ชม. จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง

ตารางที่ 5.11 เปอร์เซนต์ (%) การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้นของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่าง ๆ กรณีแหล่งจ่ายเป็นแบบไฟฟ้ากระแสตรง

กลุ่มทดสอบ	ความสูงลำต้นและความยาวรากที่ระดับความเข้มสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆ								
	20 A/m			40 A/m			80 A/m		
	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%	ต้น	ราก	%
8 ชม.	7.57	8.85	16.91	7.60	8.86	16.58	7.64	8.88	16.23
16 ชม.	7.65	8.91	16.99	7.66	8.95	16.84	7.69	8.97	16.64
24 ชม.	7.71	8.98	16.47	7.74	9.01	16.41	7.76	9.06	16.75

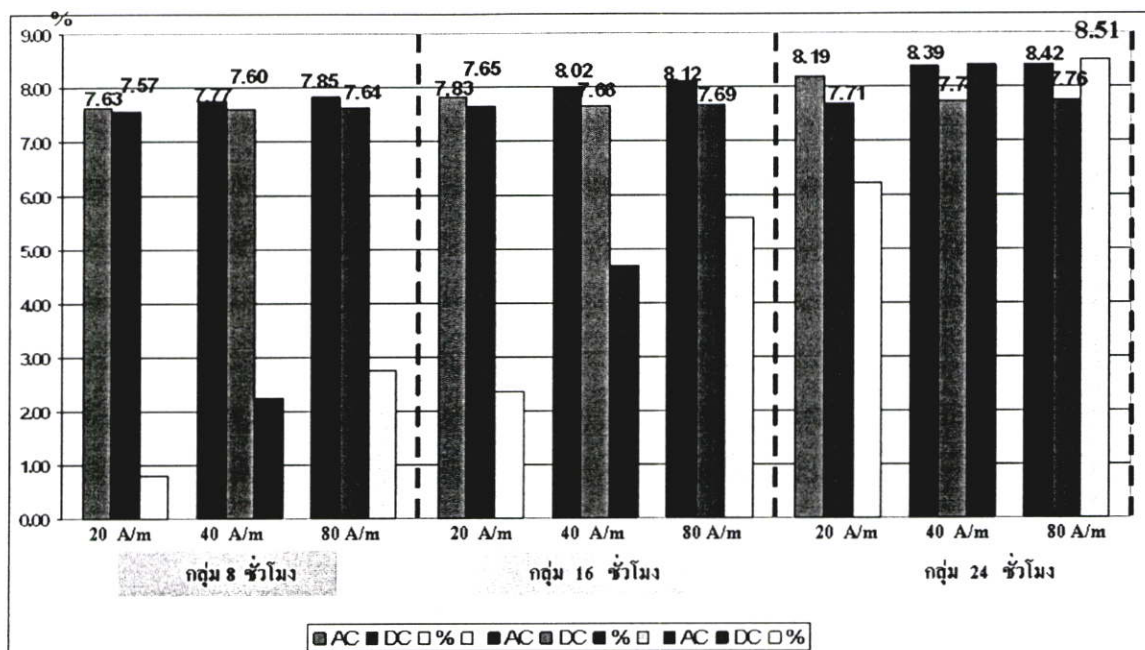


รูปที่ 5.40 เปอร์เซนต์ (%) การเจริญการเติบโตของต้นข้าวเปรียบเทียบระหว่างความยาวรากข้าวกับความสูงของลำต้นเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรง

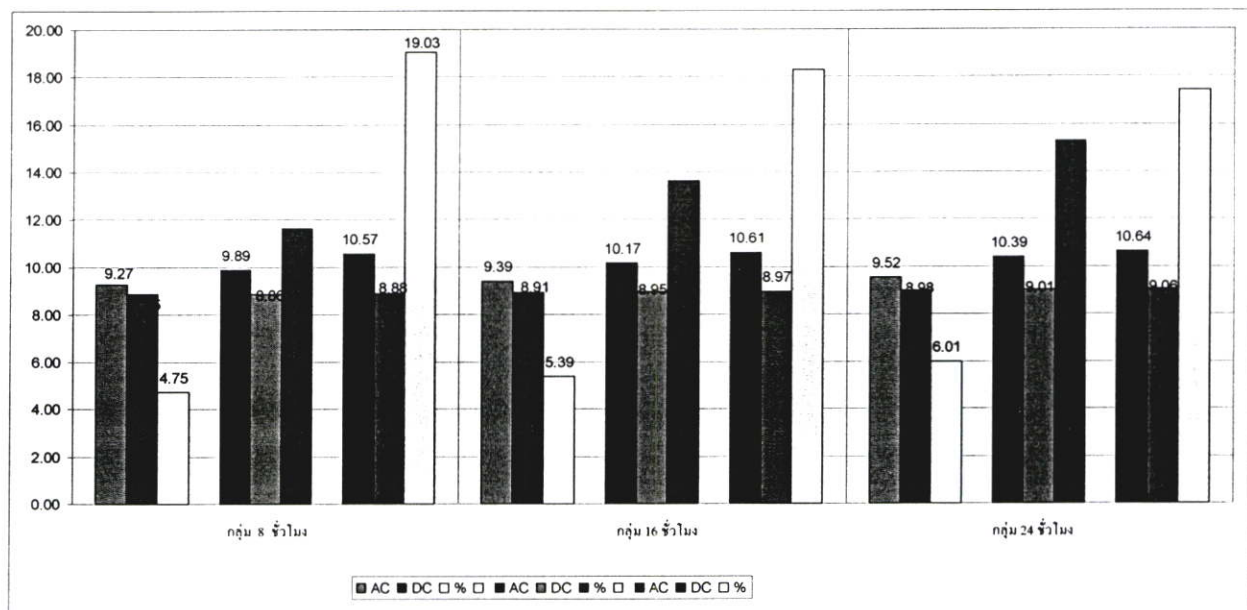
ผลการทดลองจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและแบบไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 5.12 เปอร์เซนต์ (%) การเจริญเติบโตของต้นข้าว ในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มข้นแม่เหล็กขนาดต่าง จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสตรงในวันที่ 7 ของการทดลอง

กลุ่มทดสอบ		ระดับความเข้มข้นแม่เหล็กขนาดต่างๆ								
		20 A/m			40 A/m			80 A/m		
		AC	DC	%	AC	DC	%	AC	DC	%
8 ชม.	ต้น	7.63	7.57	0.79	7.77	7.60	2.24	7.85	7.64	2.75
	ราก	9.27	8.85	4.75	9.89	8.86	11.63	10.57	8.88	19.03
16 ชม.	ต้น	7.83	7.65	2.35	8.02	7.66	4.70	8.12	7.69	5.59
	ราก	9.39	8.91	5.39	10.17	8.95	13.63	10.61	8.97	18.28
24 ชม.	ต้น	8.19	7.71	6.23	8.39	7.74	8.40	8.42	7.76	8.51
	ราก	9.52	8.98	6.01	10.39	9.01	15.32	10.64	9.06	17.44



รูปที่ 5.41 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความสูงของลำต้นในวันที่ 7 ของการทดลองเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งจ่ายแบบกระแสตรง

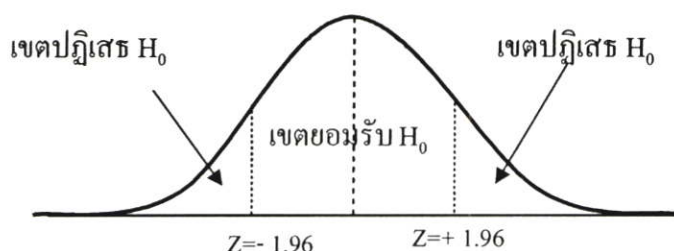


รูปที่ 5.42 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญการเติบโตของความยาวรากในวันที่ 7 ของการทดลองเมื่อระดับความเข้มข้นแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการได้รับสนามแม่เหล็กนานเท่ากัน จากแหล่งจ่ายแบบไฟฟ้ากระแสสลับและจากแหล่งจ่ายแบบกระแสตรง

5.6.2 ผลการทดสอบสมมติฐานงานวิจัย

เพื่อนำไปสู่การอธิบายแนวโน้มของข้อมูลจะนำค่าข้อมูลเฉลี่ยที่ได้มาทำการวิเคราะห์และทำการทดสอบสมมติฐานงานวิจัย ในวิทยานิพนธ์ได้ทำการตั้งสมมติฐานงานวิจัยและระดับนัยสำคัญข้างต้นไว้ดังนี้

1. สมมติฐานศูนย์ (H_0) คือ ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับความเข้มข้นแม่เหล็กไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มข้นแม่เหล็ก; $H_0: \mu_1 = \mu_2$
2. สมมติฐานทางเลือก (H_1) คือ ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับความเข้มข้นแม่เหล็กแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มข้นแม่เหล็ก; $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
3. ระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ .05
4. เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025} = 1.96$
5. การคำนวณค่าสถิติ Z ได้ จากระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025}$ จะได้เท่ากับ ± 1.96 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) เมื่อค่า Z มีค่าน้อยกว่า -1.96 และมากกว่า 1.96



รูปที่ 5.43 ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานศูนย์ว่าง (H_0) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

การสรุปผลจากสถิติทดสอบ ในการสรุปผลการทดสอบความมีนัยสำคัญเมื่อคำนวณค่า Z ได้แล้ว (ซึ่งเรียกว่า ค่าสถิติที่ทดสอบได้) ให้นำไปเปรียบเทียบกับค่าสถิติทดสอบตามที่ตั้งไว้ (ค่าสถิติทดสอบจากตาราง) ถ้าสถิติที่ทดสอบที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า $+1.96$ หรือน้อยกว่า -1.96 ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบจากตาราง แสดงว่าค่าสถิติทดสอบนั้นตกอยู่ในขอบเขตการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) ด้วยระดับนัยสำคัญ α แต่ถ้าสถิติที่ทดสอบที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง -1.96 ถึง $+1.96$ แสดงว่าค่าสถิติที่ทดสอบตกอยู่ในช่วงที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ (H_0) ดังรูปที่ 5.43 ตารางที่ 5.13 และ 5.14

ตารางที่ 5.13 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าวในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็กกับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

กลุ่ม ทดสอบ	ค่า Z ของความสูงลำต้น			ค่า Z ของความยาวราก		
	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด ต่างๆ(A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กขนาด ต่างๆ(A/m)		
	20	40	80	20	40	80
8 ชม.	1.75	5.14	11.38	5.64	12.68	23.42
16 ชม.	4.24	9.08	17.21	6.91	15.52	22.56
24 ชม.	5.27	11.64	17.25	9.27	18.10	22.03

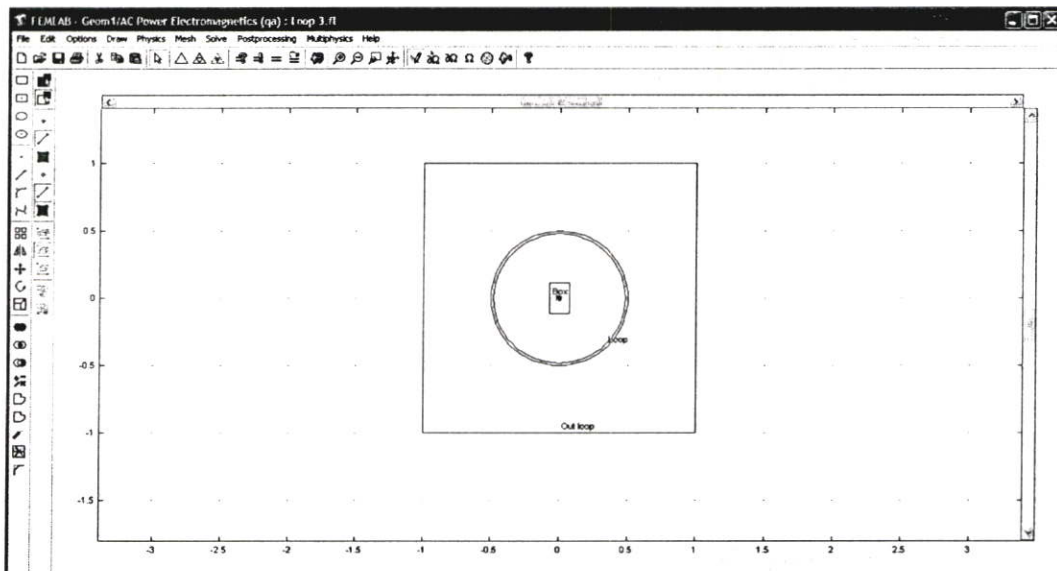
ตารางที่ 5.14 การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าวในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็กกับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง

กลุ่ม ทดสอบ	ค่า Z ของความสูงลำต้น			ค่า Z ของความยาวราก		
	กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ(A/m)			กลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก ขนาดต่างๆ(A/m)		
	20	40	80	20	40	80
8 ชม.	1.78	2.27	2.98	1.72	1.98	2.23
16 ชม.	3.32	3.35	3.78	2.48	3.05	3.12
24 ชม.	4.40	4.88	4.94	3.21	3.63	4.15

ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดจะนำไปสู่การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลองซึ่งจะกล่าวในบทบทต่อไป

5.7 การจำลอง และผลการจำลอง

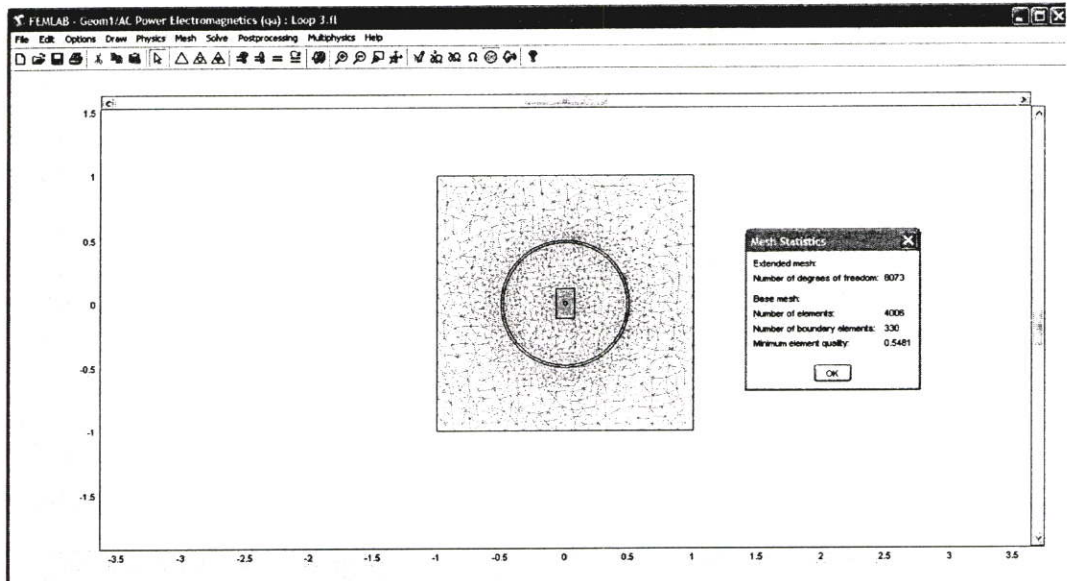
ในการจำลองการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะเลือกใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์มาช่วยแก้ปัญหา วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite element method: FEM) เป็นวิธีเชิงตัวเลขหรือวิธีการหาคำตอบโดยประมาณที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะรูปร่างใดๆ เนื่องจาก การหาคำตอบตามวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์นั้น ต้องแบ่งโดเมนที่ต่อเนื่องของปัญหาทั้งหมดออกเป็นโดเมนย่อยๆ (Sub domains) หรือที่เรียกว่าอิลิเมนต์ ก่อน หลังจากนั้นจึงสร้างสมการของแต่ละอิลิเมนต์ ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นๆ อิลิเมนต์ต่างๆเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันที่จุดโหนด (Node) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณค่าของตัวแปรตามที่ต้องการ โดยในการจำลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คือ โปรแกรม FEMLAB V. 3.1 โดยการจำลองจะเริ่มจากวาดรูปอุปกรณ์กระแสดังตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 เมตร และวาดรูปกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมไว้ที่ตำแหน่งตรงกลางอุปกรณ์กระแสดังแสดงในรูปที่ 5.44 และวาดรูปกล่องพลาสติกสี่เหลี่ยมไว้ที่ตำแหน่งตรงกลางอุปกรณ์กระแสดัง จากนั้นทำการกำหนดขอบเขต และตีกริดเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.45



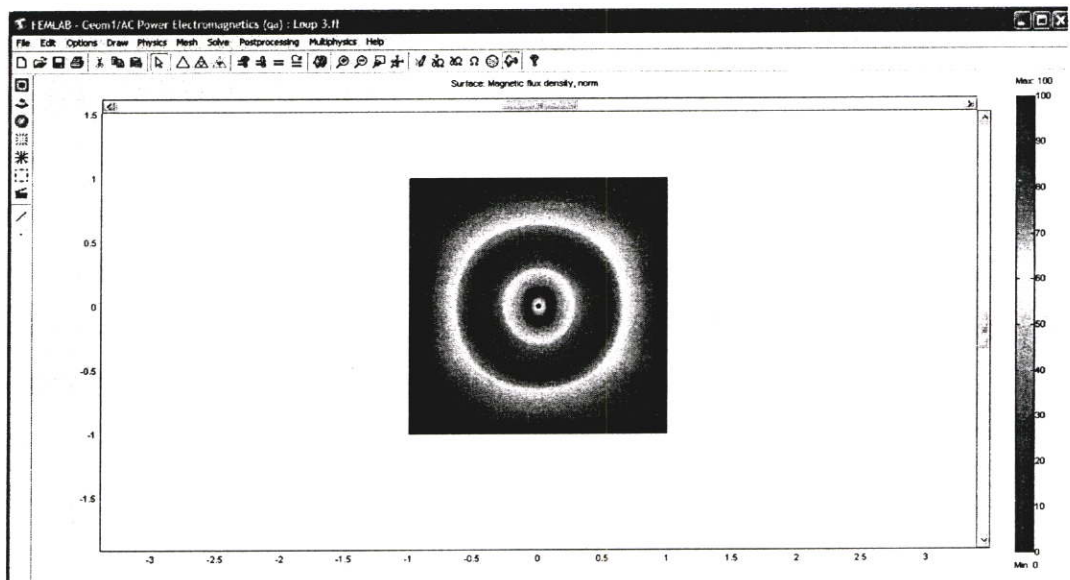
รูปที่ 5.44 การจำลองอุปกรณ์กระแสดังและกล่องพลาสติก

จากรูปที่ 5.44 แสดงการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม FEMLAB โดยให้ขนาดของอุปกรณ์กระแสดังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร (ตามขนาดจริง) และกล่องพลาสติกที่บรรจุแม่เหล็กขั้ว มีขนาด กว้าง 14.5 เซนติเมตร ยาว 23 เซนติเมตร (ตามขนาดจริง) โดยกำหนดขอบเขตการพิจารณาเป็น 2 เท่าของขนาดอุปกรณ์เพื่อครอบคลุมบริเวณของสนามแม่เหล็กที่อยู่ภายนอกอุปกรณ์กระแสดัง ดังนั้นขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมใหญ่ภายนอกอุปกรณ์กระแสดัง จะมีขนาดเท่ากับ 2 เมตร โดยใส่ค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมให้ อุปกรณ์กระแสดังมีค่าความเข้มสนามแม่เหล็กตามที่ต้องการศึกษาในที่นี้ ขนาดความเข้มคือ 20 A/m, 40

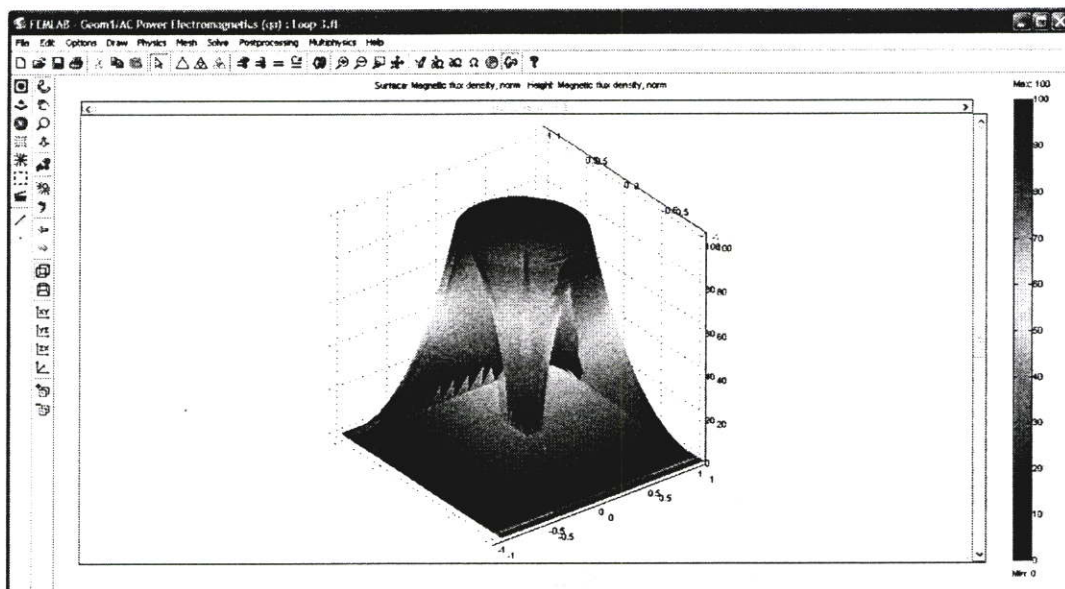
A/m และ 80 A/m แล้วกำหนดให้พื้นที่ที่พิจารณา มีค่า μ_r เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าความซบซึ่มของอากาศ โดยในที่นี้จะไม่พิจารณาอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ 5.45 การกำหนดขอบเขตโดยการตีเส้นกริดบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์



รูปที่ 5.46 ผลการจำลองเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็ก โดยคิดเทียบที่ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5.47 ผลการจำลองเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กแบบ 3 มิติ โดยคิดเทียบที่ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

จากผลการจำลองการกระจายของสนามแม่เหล็กโดยโปรแกรม FEMLAB โดยประกอบไปด้วยการแบ่งปัญหา และขอบเขตออกเป็นจำนวน 4,006 elements และ 330 boundary elements พบว่าบริเวณลูปกระแสมีการกระจายสนามแม่เหล็กเข้าสู่ตรงกลางของลูปกระแส โดยความเข้มสนามแม่เหล็กจะลดลงตามเจดสี และที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง หรือตำแหน่งจุดศูนย์กลางที่วางกล่องพลาสติก ซึ่งจะบรรจุเมล็ดข้าว หรือต้นข้าวอยู่นั้น จะมีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุด คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดกำเนิด นั่นคือ ถ้าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแสมีค่า 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ดังนั้นบริเวณที่ใกล้จุดกึ่งกลางลูป หรือที่กลางกล่องทดลองจะมีความเข้มสนามแม่เหล็กเท่ากับ 18 A/m 36 A/m และ 72 A/m ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.46 และ รูปที่ 5.47 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลอง จะแสดงในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลอง และผลการจำลองของความเข้ม

สนามแม่เหล็กที่บริเวณจุดกึ่งกลางลูปกระแส หรือบริเวณกลางกล่องทดลอง

ค่าความเข้ม สนามแม่เหล็ก ที่ลูปกระแส (A/m)	ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่บริเวณกลางกล่องทดลอง (A/m)			
	ผลการวัด (A/m)	ผลการจำลอง (A/m)	ส่วนต่าง (A/m)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ส่วนต่าง
20	19.90	18	1.9	10.55
40	39.99	36	3.99	11.08
80	79.70	72	7.7	10.69

จากตารางที่ 5.15 พบว่าผลที่ได้จากการจำลองจะมีความแตกต่างจากผลที่ได้จากการวัดสูงสุดที่ 11.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างแตกต่างกับผลการวัด อย่างไรก็ตามผลการจำลองยังพอที่จะสามารถทำให้เห็นแนวโน้ม และใช้เป็นแนวทางในการทำนายการกระจายตัวของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแส และบริเวณกล่องทดลองได้ในระดับหนึ่ง

บทที่ 6

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

6.1 บทนำ

จากการศึกษาและการวิจัยผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ซึ่งในที่นี้หมายถึงความสูงของลำต้น และความยาวของราก โดยจะทำการวัดการเจริญเติบโตในวันที่ 7 ของการทดลอง ซึ่งต้นข้าวจะอยู่ในระยะงอกเท่านั้น โดยในการทดลองจะทำการศึกษาและเปรียบเทียบกลุ่มการทดลองเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ กลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก และกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็ก ซึ่งกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กจะมีแหล่งจากแรงดันเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะมีความเข้มสนามแม่เหล็ก 3 ระดับด้วยกันคือ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m โดยการให้สนามแม่เหล็กให้เป็นช่วงระยะเวลาด้วยกัน 3 แบบ คือ 8 ชั่วโมงต่อวัน 16 ชั่วโมงต่อวัน และ 24 ชั่วโมงต่อวัน จากนั้นจะนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล โดยวิธีทางสถิติ และทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์อิเลเมนต์ ซึ่งจากที่กล่าวมา จึงสามารถสรุปงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วนได้ ดังนี้

6.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต โดยวิธีทางสถิติ

จากผลการทดลองจะทำการวิเคราะห์ผลในลักษณะการอธิบายของข้อมูลทางสถิติ นั่นคือการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความสูงลำต้น และความยาวราก ของข้าว โดยยืนยันผลการทดลองด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของความแตกต่างการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยผลการทดลองจะทำการวิเคราะห์ผลเป็น

กรณีที่ 1 การพิจารณา ค่าเฉลี่ย และ เปอร์เซนต์ (%) การเจริญเติบโต จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.35 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงของลำต้น และ เปอร์เซนต์ การเจริญเติบโตของลำต้นใน กลุ่มควบคุมที่ไม่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขนาด ต่างๆ และระยะเวลาที่ให้ในเวลาต่างๆ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสูงของลำต้นในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก และเมื่อพิจารณา เปอร์เซนต์การเจริญเติบโตของลำต้นพบว่าการเจริญเติบโต ไปในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่ระยะเวลาที่ให้ นานเท่ากัน

จากตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.36 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความยาวราก และ เปอร์เซนต์การเจริญเติบโตของรากใน กลุ่มควบคุมที่ไม่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขนาด ต่างๆ และระยะเวลาที่ให้ในเวลาต่างๆ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ

กระแสสลับ พบว่า ในทำนองเดียวกันกับลำต้น นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของความยาวรากในกลุ่มที่ได้รับสนามเหล็กที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับสนามเหล็ก และเมื่อพิจารณา เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวราก ว่ามีการเจริญเติบโตไปในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่ระยะเวลาที่ให้นานเท่ากัน

กรณีที่ 2 พิจารณา เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้น จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

จากตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.37 แสดงการเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้น พบว่า รากมีการเจริญเติบโตมากกว่าลำต้นไปในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาที่ให้นานเท่ากัน

กรณีที่ 3 การพิจารณาค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

จากตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.38 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงของลำต้น และ เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของลำต้นใน กลุ่มควบคุมที่ไม่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขนาด ต่างๆ และระยะเวลาที่ให้ในเวลาต่างๆ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสูงของลำต้น ในกลุ่มที่ได้รับสนามเหล็กที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับสนามเหล็ก และเมื่อพิจารณา เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของลำต้นพบว่าการเจริญเติบโตไปในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่ระยะเวลาที่ให้นานเท่ากัน

จากตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.39 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความยาวราก และ เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของรากใน กลุ่มควบคุมที่ไม่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก กับกลุ่มที่ให้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ขนาด ต่างๆ และระยะเวลาที่ให้ในเวลาต่างๆ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง พบว่า ในทำนองเดียวกันกับลำต้น นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของความยาวรากในกลุ่มที่ได้รับสนามเหล็กที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับสนามเหล็ก และเมื่อพิจารณา เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวราก พบว่าการเจริญเติบโตไปในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่ให้นานขึ้น

กรณีที่ 4 พิจารณา เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้น จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

จากตารางที่ 5.11 และรูปที่ 5.40 แสดงการเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้น พบว่า รากมีการเจริญเติบโตมากกว่าลำต้นในเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน ในระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่ให้นานเท่ากัน

กรณีที่ 5 พิจารณา เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของข้าว ระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก จากกระแสไฟฟ้าสลับและกระแสตรง

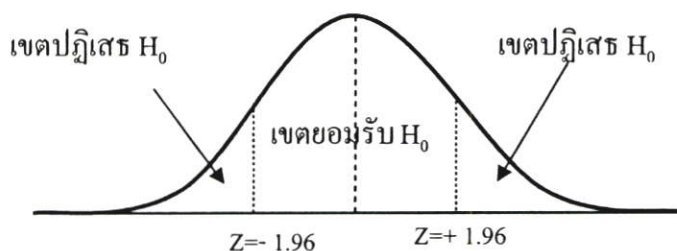
จากตารางที่ 5.12 รูปที่ 5.41 และรูปที่ 5.42 แสดงการเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของข้าวทั้งความสูงของลำต้นที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเทียบความสูงของลำต้นจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงพบว่า มีการเจริญเติบโตในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่ให้นานมากขึ้น

ในขณะที่การเจริญเติบโตของความยาวรากจากแหล่งจ่ายกระแสสลับเมื่อเทียบกับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าการเจริญเติบโตของรากจากแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับเติบโตในทิศทางที่สัมพันธ์กับระดับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นและอยู่กลุ่มที่ให้ระยะเวลานานเท่ากัน

กรณีที่ 6 การเปรียบเทียบจากการทดสอบสมมติฐาน โดยพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

เพื่อนำไปสู่การอธิบายแนวโน้มของข้อมูลจะนำค่าข้อมูลเฉลี่ยที่ได้มาทำการวิเคราะห์ และทำการทดสอบสมมติฐานงานวิจัย ในวิทยานิพนธ์ได้ทำการตั้งสมมติฐานงานวิจัยและระดับนัยสำคัญข้างต้นไว้ดังนี้

1. สมมติฐานศูนย์ (H_0) คือ ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็ก; $H_0: \mu_1 = \mu_2$
2. สมมติฐานทางเลือก (H_1) คือ ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็ก; $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$
3. ระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ .05
4. เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025} = 1.96$
5. การคำนวณค่าสถิติ Z ได้ จากระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025}$ จะได้เท่ากับ ± 1.96 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) เมื่อค่า Z มีค่าน้อยกว่า -1.96 และมากกว่า 1.96



รูปที่ 6.1 ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานศูนย์ว่าง (H_0) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

การสรุปผลจากสถิติทดสอบ ในการสรุปผลการทดสอบความมีนัยสำคัญเมื่อคำนวณค่า Z ได้แล้วซึ่งเรียกว่า ค่าสถิติที่ทดสอบได้ ให้นำไปเปรียบเทียบกับค่าสถิติทดสอบตามที่ตั้งไว้โดยได้จากค่าสถิติทดสอบจากตาราง ถ้าสถิติที่ทดสอบที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า +1.96 หรือน้อยกว่า -1.96 ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบจากตาราง แสดงว่าค่าสถิติทดสอบนั้นตกอยู่ในขอบเขตการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) ด้วยระดับนัยสำคัญ α แต่ถ้าสถิติที่ทดสอบที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง -1.96 ถึง + 1.96 แสดงว่าค่าสถิติที่ทดสอบตกอยู่ในช่วงที่ยอมรับสมมติฐานศูนย์ (H_0) ดังรูปที่ 6.1

จากตารางที่ 5.13 การพิจารณาการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าวในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็กกับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสสลับพบว่า มีค่า Z ของความสูงของลำต้นในกลุ่มทดสอบบางกลุ่มน้อยกว่า 1.96 แสดงว่าต้องยอมรับสมมติฐานศูนย์ นั่นคือพบว่ามีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มน้อยที่สุดและระยะเวลาที่ให้น้อยที่สุดไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับนัยสำคัญ .05 ในขณะที่เมื่อให้สนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มมากขึ้นและระยะเวลานานขึ้น พบว่า ค่า Z มีค่ามากกว่า 1.96 นั่นคือค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นที่ระดับความเข้ม 40 A/m และ 80A/m ที่ระยะเวลานาน 16 ชม. และ 24 ชม. มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กจริง ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ในขณะที่ค่า Z ของความยาวรากนั้นมีค่าสูงกว่า 1.96 ทุกระดับความเข้มสนามแม่เหล็กและทุกกลุ่มของระยะเวลาในการให้สนามแม่เหล็ก แสดงว่าต้องปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ และยอมรับสมมติฐานทางเลือก นั่นคือ พบค่าเฉลี่ยความยาวรากของกลุ่มที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กที่ระดับต่างๆ มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กจริง ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 5.14 การพิจารณาการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ย (ค่า Z) ของความสูงลำต้นและความยาวรากข้าวในการทดลองของวันที่ 7 โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มทดสอบที่ให้สนามแม่เหล็กกับไม่ให้สนามแม่เหล็กที่ขนาดความเข้มต่างๆ จาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรง พบว่ามีค่า Z ของความสูงของลำต้นในกลุ่มทดสอบบางกลุ่ม น้อยกว่า 1.96 แสดงว่าต้องยอมรับสมมติฐานศูนย์ นั่นคือพบว่ามีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มน้อยที่สุดและระยะเวลาที่ให้น้อยที่สุดไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับนัยสำคัญ .05 ในขณะที่เมื่อให้สนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มมากขึ้นและระยะเวลานานขึ้น พบว่า ค่า Z มีค่ามากกว่า 1.96 นั่นคือค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นที่ระดับความเข้ม 40 A/m และ 80A/m ที่ระยะเวลานาน 16 ชม. และ 24 ชม. มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กจริง ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ในทำนองเดียวกับพบว่าค่า Z ของความยาวราก มีค่า Z ในกลุ่มทดสอบบางกลุ่ม น้อยกว่า 1.96 แสดงว่าต้องยอมรับสมมติฐานศูนย์ นั่นคือพบว่ามีค่าเฉลี่ยในกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ความเข้มน้อยที่สุดและระยะเวลาที่ให้น้อยที่สุดไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กที่ระดับนัยสำคัญ .05 ในขณะที่เมื่อให้สนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มมากขึ้นและระยะเวลานานขึ้น พบว่า

ค่า Z มีค่ามากกว่า 1.96 นั่นคือค่าเฉลี่ยความยาวรากที่ระดับความเข้ม 40 A/m และ 80A/m ที่ระยะเวลา 16 ชม. และ 24 ชม. มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็กจริง ที่ระดับนัยสำคัญ .05

6.1.2 การวิเคราะห์สนามแม่เหล็ก โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากการจำลองการกระจายของสนามแม่เหล็ก โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าค่าความเข้มสนามแม่เหล็กจะมีการแผ่กระจายออกจากลูปกระแส ซึ่งที่จุดศูนย์กลางของลูปกระแส หรือตำแหน่งที่วางกล่องพลาสติก จะมีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดคิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดกำเนิด นั่นคือ ถ้าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแสมีค่า 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m ดังนั้นบริเวณที่ใกล้จุดกึ่งกลางลูป หรือที่กลางกล่องทดลองจะมีความเข้มสนามแม่เหล็กเท่ากับ 18 A/m 36 A/m และ 72 A/m ตามลำดับ และเมื่อนำผลการจำลองไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวัดในตารางที่ 5.15 แล้วพบว่าผลที่ได้จากการจำลองจะมีความแตกต่างจากผลที่ได้จากการวัดสูงสุดที่ 11.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างแตกต่างกับผลการวัด อย่างไรก็ตามผลการจำลองยังพอที่จะสามารถทำให้เห็นแนวโน้ม และใช้เป็นแนวทางในการทำนายการกระจายตัวของความเข้มสนามแม่เหล็กที่ลูปกระแส และบริเวณกล่องทดลองได้ในระดับหนึ่ง

จากรูปที่ 5.45 และ 5.47 จะสังเกตว่าสนามแม่เหล็กจะกระจายมาตกกระทบบที่บริเวณกล่องทดลอง ซึ่งบรรจุต้นข้าวอยู่จำนวน 100 เมล็ดต่อกล่อง โดยความเข้มที่ตรงกลางลูปกระแสนั้นจะแปรตามความเข้มสนามแม่เหล็กที่แหล่งจ่ายอีกด้วย ซึ่งจากการจำลองจะพบว่าตรงบริเวณเมล็ดข้าวที่อยู่ในกล่องทดลองในส่วนคัพภะของเมล็ดข้าว ว่าอาจจะได้รับแรงกระตุ้นจากสนามแม่เหล็ก ซึ่งสันนิษฐานว่าแรงจากสนามแม่เหล็กอาจทำให้เกิดการกระตุ้นทำให้บริเวณส่วนของคัพภะเปิดออกเร็วกว่ากรณีที่ไม่มีการให้สนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตก่อน หรือทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดีกว่านั่นเอง

6.1.3 สรุปผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 สรุปรูปเปอร์เซ็นต์ (%) การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นและความยาวรากพิจารณาเปรียบเทียบกับทุกกรณีศึกษาจากผลในวันที่ 7 ของการทดลอง

เวลา (ชม.)	ระดับความเข้มข้นแม่เหล็ก (H) (A/m)	กลุ่มเปรียบเทียบ									
		1. % การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นของกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก		2. % การเจริญเติบโตของความยาวรากของกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กเทียบกับกลุ่มที่ไม่ให้สนามแม่เหล็ก		3. % การเจริญเติบโตของความยาวรากเทียบกับความสูงของลำต้นในกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายแรงดันชนิดเดียวกัน		4. % การเจริญเติบโตของความสูงของลำต้นเทียบกับความสูงของลำต้นที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายแรงดันต่างชนิดกัน		5. ความยาวรากกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กเทียบกับความยาวรากที่ให้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายแรงดันต่างชนิดกัน	
		แหล่งจ่าย AC	แหล่งจ่าย DC	แหล่งจ่าย AC	แหล่งจ่าย DC	แหล่งจ่าย AC	แหล่งจ่าย DC	แหล่งจ่าย AC	แหล่งจ่าย DC	แหล่งจ่าย AC	แหล่งจ่าย DC
8 ชม.	20	1.46	1.34	6.43	1.84	21.49	16.91	0.79	4.75		
	40	3.32	1.74	13.55	1.96	27.28	16.58	2.24	11.63		
	80	4.39	2.28	21.35	2.19	34.65	16.23	2.75	19.03		
16 ชม.	20	4.12	2.41	7.81	2.53	19.9	16.99	2.35	5.39		
	40	6.65	2.54	16.76	2.99	26.80	16.84	4.70	13.63		
	80	7.98	2.95	21.81	3.22	30.67	16.64	5.59	18.28		
24 ชม.	20	8.91	3.21	9.30	3.34	16.23	16.47	6.23	6.01		
	40	11.57	3.61	19.29	3.68	23.83	16.41	8.40	15.32		
	80	11.97	3.88	22.16	4.26	26.37	16.75	8.51	17.44		

จากผลสรุปในตารางที่ 6.1

สรุปจากการศึกษาทดลองทั้งกรณีผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟแบบไฟฟ้ากระแสสลับ และจากแหล่งจ่ายไฟแบบกระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงพบว่า สนามแม่เหล็กทั้ง 2 แบบ มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในช่วง 7 วัน โดยสรุปได้ดังนี้

1. การเจริญเติบโตของลำต้นและความยาวรากเมื่อเทียบระหว่างกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กขนาดต่างๆกับกลุ่มที่ไม่ได้สนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง มีการเจริญเติบโตในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นจาก 20 A/m เป็น 40 A/m และ 80 A/m ตามลำดับ และอยู่ในกลุ่มที่มีระยะเวลาการให้นานเท่ากัน พบว่า

- การเจริญเติบโตของลำต้นและความยาวรากจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมีการเจริญเติบโตถึง 11.97 เปอร์เซ็นต์ และ 22.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

- การเจริญเติบโตของลำต้นและความยาวรากจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเป็น 3.88 เปอร์เซ็นต์ และ 4.26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

2. การเจริญเติบโตของความยาวรากเมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตของลำต้นที่ได้รับขนาดสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ขนาดต่างๆ กัน มีการเจริญเติบโตในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นจาก 20 A/m เป็น 40 A/m และ 80 A/m ตามลำดับ และอยู่ในกลุ่มที่มีระยะเวลาการให้นานเท่ากัน พบว่ารากมีการเจริญเติบโตมากกว่าลำต้นมากที่สุด เมื่อได้รับความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดที่ขนาด 80 A/m และที่ระยะเวลาการให้นาน 8 ชม. มีการเจริญเติบโตดีกว่าถึง 34.65 เปอร์เซ็นต์

3. การเจริญเติบโตของความยาวรากเมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตของลำต้นที่ได้รับขนาดสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ขนาดต่างๆกัน มีการเจริญเติบโตเมื่อระดับความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น จาก 20 A/m เป็น 40 A/m และ 80 A/m ตามลำดับ และระยะเวลาในการให้นานมากขึ้น พบว่า การเจริญเติบโตของรากนั้นดีกว่าลำต้นในเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน

4. การเจริญเติบโตของความสูงลำต้นข้าวที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตของความสูงลำต้นข้าวที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงตรง พบว่ามีการเจริญเติบโตในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นจาก 20 A/m เป็น 40 A/m และ 80 A/m ตามลำดับ และที่ระยะเวลาการให้นานมากขึ้น นั่นคือที่ระดับความเข้มสูงสุด 80 A/m และเวลาในการให้นาน 24 ชม. พบว่า

- การเจริญเติบโตของลำต้นข้าวจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมีการเจริญเติบโตของลำต้นดีกว่าการเจริญเติบโตของลำต้นจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีการเจริญเติบโตถึง 8.51 เปอร์เซ็นต์

5. การเจริญเติบโตของความยาวรากข้าวที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตของความสูงลำต้นข้าวที่ได้รับสนามแม่เหล็กจากแหล่งจ่าย

ไฟฟ้ากระแสตรง มีการเจริญเติบโตในทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นจาก 20 A/m เป็น 40 A/m และ 80 A/m ตามลำดับ และในกลุ่มที่มีระยะเวลาการให้นานเท่ากัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด 80 A/m และเวลาในการให้นาน 8 ชม. การเจริญเติบโตของความยาวรากขาวจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมีการเจริญเติบโตของความยาวรากดีกว่าการเจริญเติบโตจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีการเจริญเติบโตดีกว่าถึง 19.03 เปอร์เซ็นต์

6.1.4 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาวิจัยสามารถบอกได้ว่าความเข้มข้นสนามแม่เหล็กในเงื่อนไขที่กำหนดนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวจริงในระดับความเข้มข้นสนามแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่ให้ นานมากขึ้น ทั้งนี้พบว่ากลุ่มทดสอบบางกลุ่มที่ให้สนามแม่เหล็กที่ระดับความเข้มข้นน้อยสุด และ ระยะเวลาสั้นที่สุด ไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มทดสอบควบคุมที่ไม่ให้สนามแม่เหล็กทั้งกรณีจาก แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง แต่เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษา ทดลองผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวเบื้องต้นในช่วงของการงอก 7 วัน เท่านั้น ซึ่งยังมีข้อจำกัดและปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องหรือกรณีศึกษาอื่นๆที่น่าสนใจในการ ศึกษาวิจัย ดังนั้นเพื่อให้แน่ชัดยิ่งขึ้นควรมีการวิจัยต่อไป โดยทำการศึกษารณีอื่นๆ เช่น การเพิ่ม ระดับความเข้มข้นสนามแม่เหล็กขึ้น หรือระดับความถี่ที่แตกต่างกัน รวมถึงการมีชนิดพันธุ์พืชที่ หลากหลายยิ่ง ทั้งนี้ในการเพิ่มระดับขนาดความเข้มข้นแม่เหล็กหรือระดับความถี่นั้นจะมีต้นทุน ทางการทำเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรหาจุดที่เหมาะสมที่สุด ที่จะทำให้การกระตุ้นการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยใช้เวลาให้นานน้อยที่สุด และต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งจากงานวิจัยในครั้งนี้ อาจสามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับผลผลิตทางเกษตรกรรมอื่นๆได้ โดยจะสามารถเพิ่มผลผลิตโดยใช้เวลาน้อยลงทำให้ สร้างมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรนั้นได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] LaMacchina, D., "Study of biological effect of electromagnetic radiation inconclusive", April, 1992.
- [2] Verkasako, P., Pukkala, E., "Risk of cancer in finish children living close to powers line", British Medical Journal, 1993.
- [3] Scherer, W., "Biological effects of radio wave transmission", March, 1994.
- [4] Dayal, S., Singh, R. P., "Effect of seed exposure to magnetic field on the height of tomato plants", Indian Journal of Agricultural Sciences, 1986.
- [5] Muraji, M., Nishimura, M., Tatebe, W., and Fujit, T., "Effect of alternating magnetic field on the growth of the primary root of corn", IEEE Transactions on Magnetics, Volume: 28 , Issue: 4 , July 1992, pp. 1996-2000.
- [6] ร่มฉัตร ชูประดม, "ผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วเขียว", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- [7] ทศน์วิไล วัฒนายน และ อรพรรณ สังข์จันทร์กานต์, "ผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช", รายงานผลการวิจัย ฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนวิจัย มก., ประจำปี 2543 โครงการวิจัยรหัส ว-พ 1.43, 2543.
- [8] John D. Kraus and Daniel A. Fleisch., "Electromagnetics with Application", Fifth Edition, WCB McGraw-Hill, New York, 1999.
- [9] เฉลิมพล น้ำค้าง, "ทฤษฎีสสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก", ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10320, 2000.
- [10] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic>
- [11] สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง, "สถิติเบื้องต้น", โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.
- [12] ผศ.วิสาข์ เกษประทุม, "ความน่าจะเป็นและสถิติเบื้องต้น", กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา, 2538, หน้า 219-235.
- [13] อัจฉรีย์ จันทลักษณ์, "หลักสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป", กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541, หน้า 131-132.
- [14] ศ. ดร. จรัส จันทลักษณ์ และ รศ. กศิศ อื้อเขียวชาญกิจ, "สัมฤทธิ์การวิจัยและการเผยแพร่สู่นานาชาติ", สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 2548, หน้า 33-42.

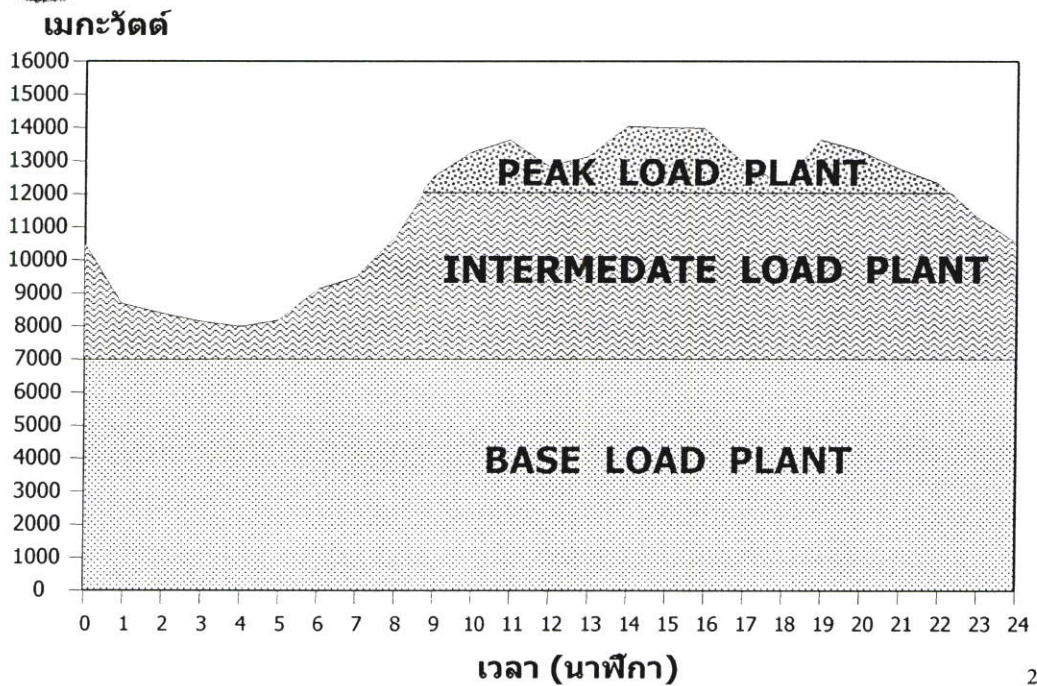
- [15] สายชล สตินสมบูรณ์ทอง, “สถิติวิศวกรรม”, ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.
- [16] จำรัส โปร่งศิริวัฒนา, “ความรู้เรื่องข้าว”, สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2534, หน้า 1-160.
- [17] สุชาภา ประพันธ์วงศ์, “ปริศนาข้าวไทยสายพันธุ์หายไปไหน”, มติชนรายวัน, 8 กันยายน 2546, หน้า 17.
- [18] อรอนงค์ นัยวิกุล, “ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2547.
- [19] ผศ. ชาญ มงคล, “ข้าว”, กรมการฝึกหัดครู, 2536.
- [20] <http://www.riceweb.org/Index.htm>
- [21] ผศ. วันทนี สว่างอารมณ์, “การเจริญและการเติบโตของพืช”, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 2542.
- [22] รศ. ดร. วีระเชษฐ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์, “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง”, ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจ พรินติ้ง, 2547.

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน



การผลิตพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน



ที่มา: เอกสารประกอบการนำเสนอ การลงทุนในกิจการไฟฟ้าภายใต้รัฐบาลปัจจุบัน

แผนการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ณ ห้องประชุมชั้น 5 เศรษฐศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2550 ,เอกสารหน้า 21

ภาคผนวก ข
เครื่องมือและอุปกรณ์

Current Probe

HP / Agilent 1146A



Specifications:

AC/DC, 100 mA to 100 A rms, DC to 100 kHz

Frequency range: DC to 100 kHz (-3dB with current derating)

Current range, 1 mV/A: 100 mA to 10 A peak 10 mV/A: 1 to 100 A peak 10 mV/A ac/dc: 1000 mV peak

AC current accuracy, 100 mV/A (50 mV to 10 A peak) - 3% of reading ± 50 mA 10 mV/A (500 mA to 40 A peak) - 4% of reading ± 50 mA 10 mV/A (40 A to 100 A peak) - 15% max at 100 A

Working voltage: 600 V max

Battery: 9 V alkaline

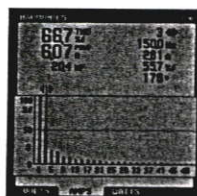
This AC/DC current probe provides accurate display and measurement of currents from 100 mA to 100 A rms, dc to 100 kHz, without breaking the circuit. The Agilent 1146A uses Hall-effect technology to measure ac and dc signals. It is compatible with all Agilent oscilloscopes and any scope with 0.2 to 0.5 V/div sensitivity, a minimum input impedance of 1 M Ω ; and a BNC input.

43B Power Quality Analyzer

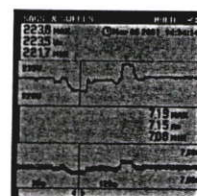
Get control of power problems!



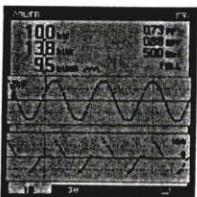
The Fluke 43B Power Quality Analyzer combines the most useful capabilities of a power quality analyzer, scope and multimeter in a single easy-to-use instrument. The user interface is selectable in English, German, French, Italian and Spanish.



- Voltage, current, and power harmonics
- Up to 51st harmonic
- Total harmonic distortion (THD)
- Phase angle of individual harmonics



- Continuously measure volts and amps on a cycle-by-cycle basis for up to 16 days
- Use cursors to read time and date of sags and swells



- One and three phase power on balanced loads
- Watts, power factor, displacement power factor, VA and VAR
- Voltage and current waveforms



- Catch voltage transients and waveform distortion
- Catch and save up to 40 transients
- Correlate the cause of transient with time and date stamps



FlukeView Power Quality Analyzer software is included

Accessories and Ordering Information

Included Accessories

Fluke 43B: Hard case, voltage and current probes, FlukeView PC software and cable, line voltage adapter/battery charger, applications manual, power quality video and user's manual.

Ordering Information

Fluke 43B Power Quality Analyzer

Pub ID: 10028-eng
Rev. 03

Menu Items	Measurements	Ranges	Accuracy
Volts/Amps/Hz	Volts Amps Mains frequency CF Crest Factor	5.000 V-1250 V 50.00A-50.00 kA 40.0 - 70.0 kHz 1.0 to 10.0	± (1%+10) ± (0.5%+2) ± (5%+1)
Power	Watts, VAR, VA PF, DPF, COS φ	250 W-1.56 GW 0.25-0.9 0.90-1.00	± (4%+4) ± 0.04 ± 0.03
Harmonics	Volts Amps Watts K-factor	1st to 51st harmonic 1st to 51st 1st to 51st 1.0 to 30.0	± (3%+2) to ± (15%+5) ± (3%+8) to ± (15%+8) ± (5%+2) to ± (30%+5) ± 10%
Sags & Swells	Voltage and Current	4 min-16 days selectable	± (2%+10)
Transient Capture	40 ns pulse width Up to 40 transients	Select 20/50/100/200% above or below line voltage	± 5% of full scale
Inrush Current	1 sec. to 5 min selectable	1 A to 1000 A	± 5% of full scale
Ohms/Continuity/ Capacitance	Ohms Capacitance	500.0 Ω to 30.00 MΩ 50.00 nF to 500.0 μF	± (0.6%+5) ± (2%+10)
Temperature (with accessory)	°C °F	-100.0°C to 400.0°C -200.0°F to 800.0°F	± (0.5%+5)
Scope	Dc, ac, ac+dc, peak, peak-peak, Hz, duty cycle, phase, pulse width, crest factor	Sampling rate: Bandwidth: Voltage BW (Channel 1) Current BW (Channel 2)	25 MS/sec 20 MHz 15 kHz
Screen saves	All functions	20 screens	
Recording	V/A/Hz, Power, Harmonics, Ω/Cap, Temperature, Scope	4 min - 16 days selectable	Select any two parameters in each display mode

Battery life: Rechargeable Ni-Cd pack (charger included), 4 hrs typical (continuous)

Shock & Vibration: Mil 28800E, Type 3, Class III, Style B.

Operating temperature: 0°C to 50°C; **Case:** IP51 (dust, drip, waterproof)

Size (HxWxD): 232 mm x 115 mm x 50 mm **Weight:** 1.1 kg

Safety: EN 61010-1 CAT III, 600V. UL and CSA listed.

Three years warranty

KBPC1000/W – KBPC1010/W

10A HIGH CURRENT BRIDGE RECTIFIER

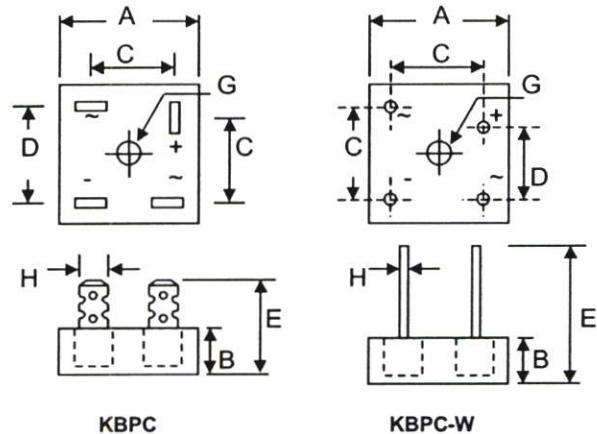
Features

- Diffused Junction
- Low Reverse Leakage Current
- Low Power Loss, High Efficiency
- Electrically Isolated Metal Case for Maximum Heat Dissipation
- Case to Terminal Isolation Voltage 2500V
- UL Recognized File # E157705

Mechanical Data

- Case: Metal Case with Electrically Isolated Epoxy
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Symbols Marked on Case
- Mounting: Through Hole for #10 Screw
- Weight: KBPC 31.6 grams (approx.)
KBPC-W 28.5 grams (approx.)
- Marking: Type Number

"W" Suffix Designates Wire Leads
No Suffix Designates Faston Terminals



Dim	KBPC		KBPC-W	
	Min	Max	Min	Max
A	28.40	28.70	28.40	28.70
B	10.97	11.23	10.97	11.23
C	15.70	16.70	17.10	19.10
D	17.50	18.50	10.90	11.90
E	22.86	25.40	30.50	—
G	Hole for #10 screw, 5.08Ø Nominal			
H	6.35 Typical		0.97Ø	1.07Ø
All Dimension in mm				

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Single Phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	KBPC 1000/W	KBPC 1001/W	KBPC 1002/W	KBPC 1004/W	KBPC 1006/W	KBPC 1008/W	KBPC 1010/W	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current @ $T_A = 50^\circ\text{C}$	I_o	10							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	200							A
Forward Voltage (per element) @ $I_F = 5.0\text{A}$	V_{FM}	1.2							V
Peak Reverse Current @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ At Rated DC Blocking Voltage @ $T_C = 125^\circ\text{C}$	I_{RM}	10 1.0							μA mA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	C_j	300							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JC}$	6.3							K/W
RMS Isolation Voltage from Case to Lead	V_{ISO}	2500							V
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150							$^\circ\text{C}$

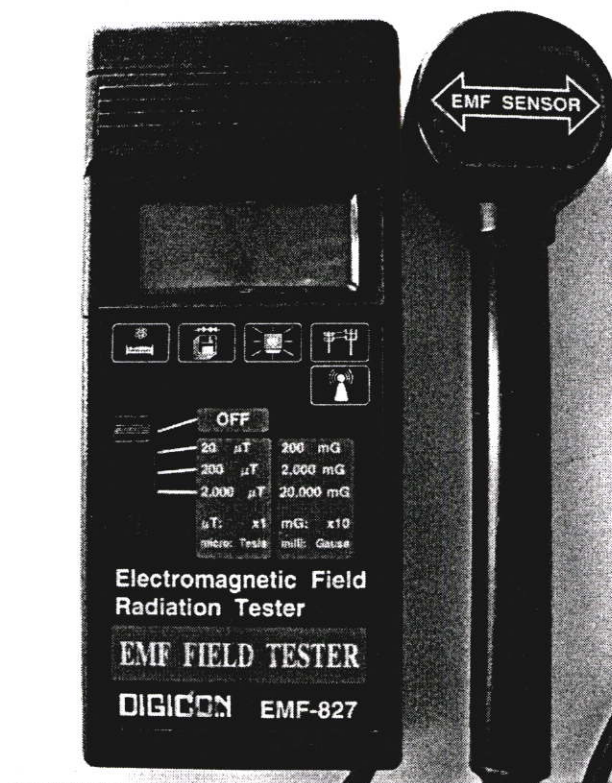
* Glass passivated forms are available upon request.

Note: 1. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V D.C.

2. Thermal resistance junction to case per element mounted on heatsink.

Electromagnetic Field Tester (EMF TESTER)

Model: EMF-827



Range/Resolution: 20 micro Tesla/0.01 micro Tesla

200 micro Tesla/0.1 micro Tesla

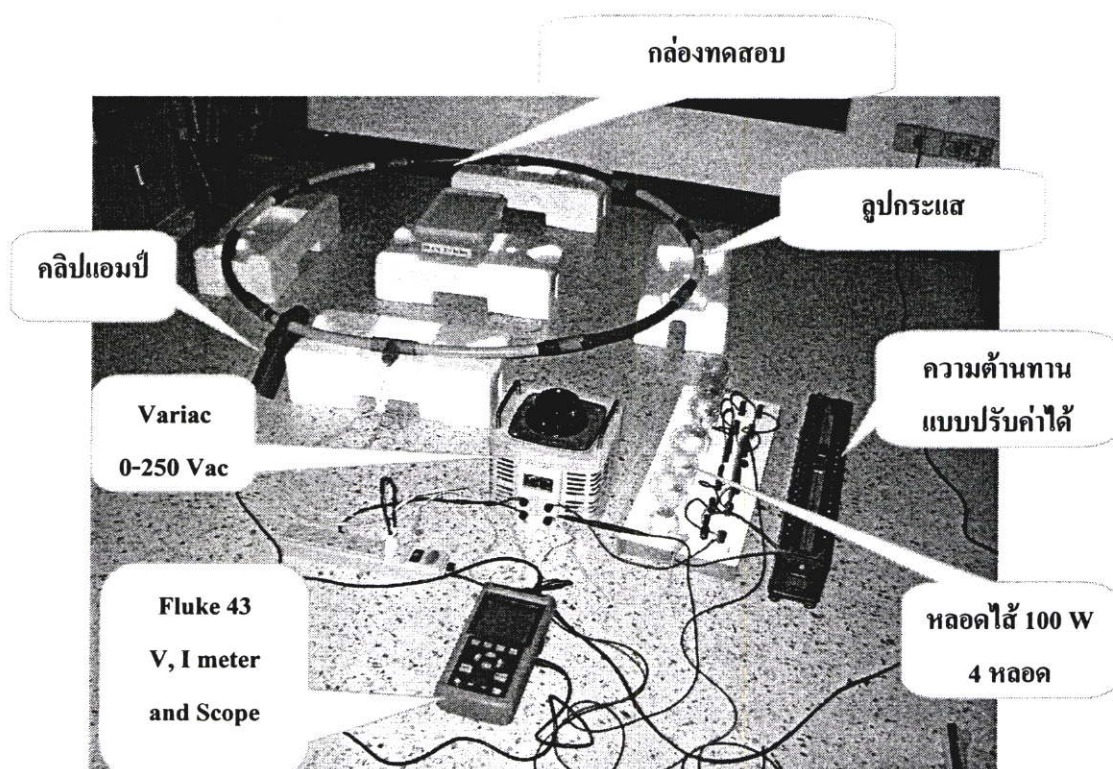
2000 micro Tesla/1 micro Tesla

*1 micro Tesla = 10 mili-Gauss

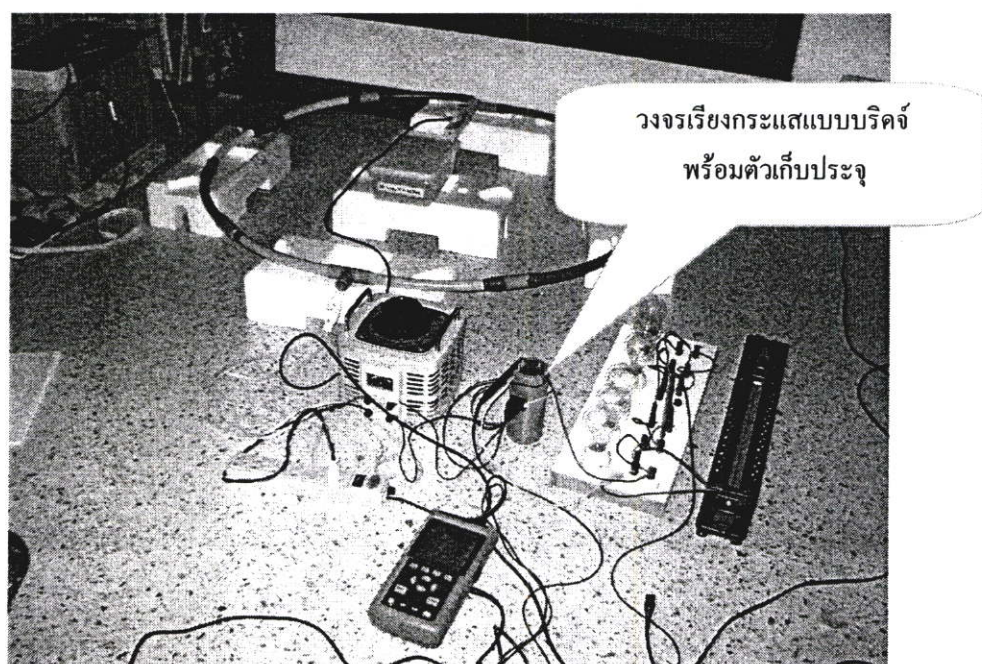
Band width 30 Hz to 300 Hz

ภาคผนวก ค

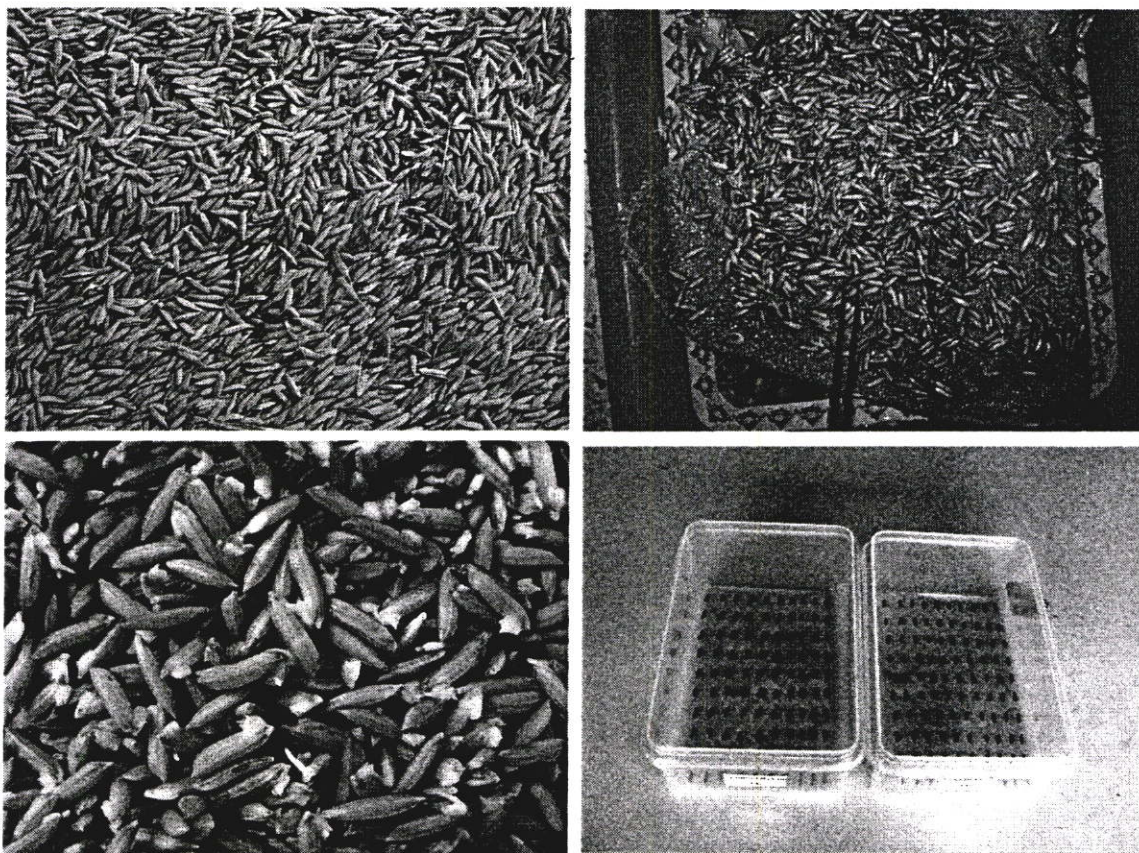
การทดลอง



รูปที่ ค.1 การทดลองภายใต้แหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กแบบ AC



รูปที่ ค.2 การทดลองภายใต้แหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กแบบ DC



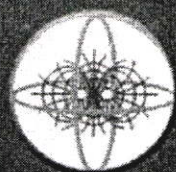
รูปที่ ค.3 เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านขบวนการแช่น้ำ 12 ชั่วโมงและห่อผ้า48 ชั่วโมงแล้วนำมาคัดเมล็ดที่แข็งแรงสมบูรณ์เพาะลงบนกระดาษเพาะความงอกในกล่องพลาสติก



รูปที่ ค.3 วิธีการการวัดเพื่อเก็บผลการทดลอง

ภาคผนวก ง
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] The Study Effect of Magnetic Field on the Rice Growth P. Sungkhaphun, W. Khan-ngern and S. Nitta. ICEMC 2002, Bangkok, Thailand
- [2] The Study of Magnetic Field Intensity and Time Variation Affect on the Rice Growth P. Sungkhaphun, W. Khan-ngern and S. Nitta. EMC 2003, Sendai, Japan



IC/EMC 2002

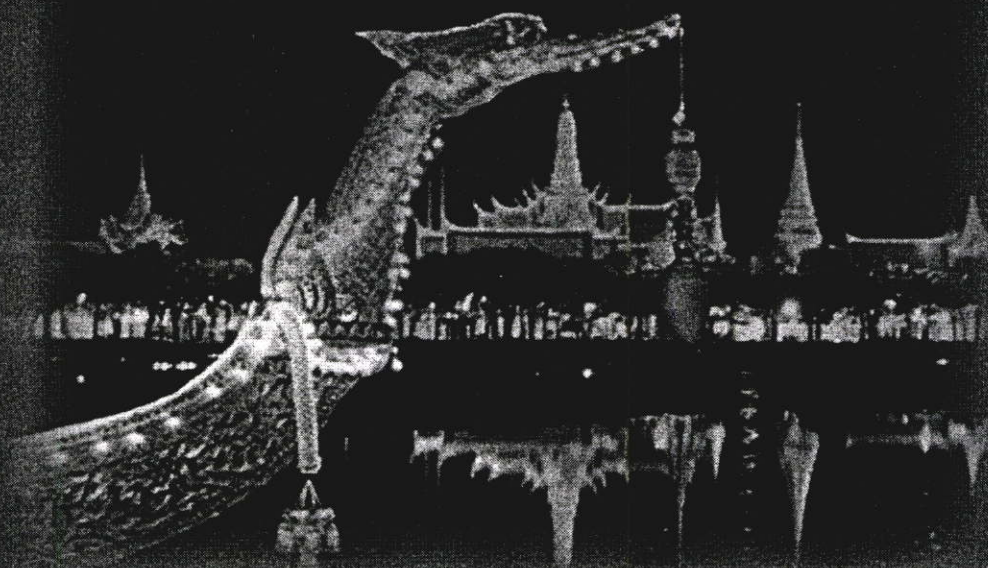
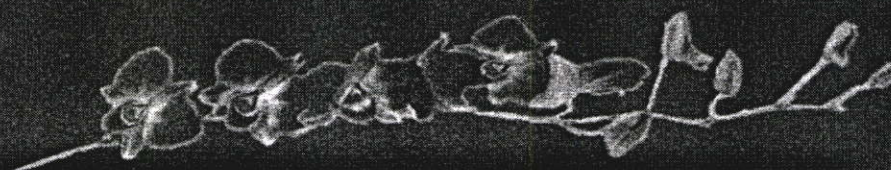
2002

*International Conference on
Electromagnetic Compatibility
Bangkok, Thailand*



KMITL

Proceeding



July 24-27, 2002, The Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand



The Study Effect of Magnetic Field on the Rice Growth

P. Sungkhaphun, W. Khan-ngern and S. Nitta*

Faculty of Engineering and Research Center for Communications and Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

Phone/Fax: +(662) 737-3000ext. 3322

E-mail: tuntip@hotmail.com, kkveerac@kmitl.ac.th

* Graduate School, Production System Engineering

Salesian Polytechnic, 2-35-11 Igusa Sunginami, Tokyo, 167-0021, Japan,

E-mail: nita@cc.tuat.ac.jp

Abstract

This paper presents a study of the effect of magnetic field on the rice growth [1]. This research focuses on the growth of rice under magnetic field intensity at 40 A/m. The comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hours, 16 hours, and 24 hours per day and without magnetic field. Research assessment is supported qualitatively by analysis results of the experimental data based on statistic evaluation. The magnetic field effect can be the growth rate of rice, and the physical changing in height of stems and roots [2].

Index Term: magnetic field, magnetic intensity, rice growth

I. Introduction

One of the source of the magnetic field and the electric field is the transmission line. Almost area in Thailand is agriculture land and having the transmission line pass through. It may be affected on plant and the other life. Therefore, the study of bio effect of rice is introduced.

In this paper, the effect of magnetic field intensity at 40 A/m is focused. The duty ratio of operating period is set up at 8 hrs., 16 hrs., and 24 hrs./day for a week. The Best EMC conducted Immunity Testing System is used as the magnetic field source.

Magnetic field intensity can be calculated by equation (1) [3],

$$\vec{H} = \frac{I d\vec{L} \times \vec{a}_R}{4\pi R^2} \quad (1)$$

\vec{H} : Magnetic field intensity (A/m)

I : Current (A)

L : The length of a wire (m)

R : Radius of operation (m)

\vec{a}_R : Unit vector of radius

Experimental result is considered by statistic principle

II. Theory

This research is supported qualitatively by analysis results of the experimental data based on statistic evaluation.

There for the statistic evaluation have Mean (\bar{x}), Standard deviation(s), Variance (s^2) and the analysis with Z-value. The statistic equation is shown in equations (2-5) [4],

Mean (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$\sum_{i=1}^n x_i$: summation value of the test group

n : number of the test group

Standard deviation (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

$x_i - \bar{x}$: the difference between value of group test with mean of test group

n : number of the test group

Variance (S^2)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (4)$$

$x_i - \bar{x}$: the difference between value of group test with mean of test group

n : number of the test group

Z-Value

The experiment analysis results are verified using the statistical Inference for two means by the testing of statistical hypothesis.

The testing of statistical hypothesis about two population means and constructing confidence intervals for difference between two means are focused.

The following assumptions for the methods are used

1. The two samples are independent.
2. The two samples sizes are large.
That is, $n_1 > 30$ and $n_2 > 30$

The formula for test statistic for two means is

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (5)$$

μ_1, μ_2 : the arithmetic of the test group 1, 2

\bar{x}_1 : means of the test group 1

\bar{x}_2 : means of the test group 2

S_1^2 : value of standard deviation of the test group 1

S_2^2 : value of standard deviation of the test group 2

n_1 : number of the test group 1

n_2 : number of the test group 2

III. Experimental Method

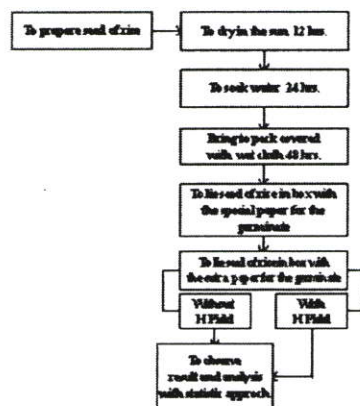


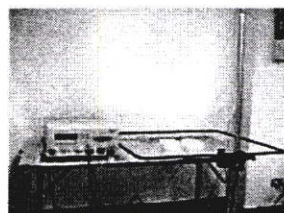
Fig.1 Diagram of the experimental

In this study effect of magnetic field is done under the continuous magnetic field with The Best EMC conducted Immunity Testing System (40 A/m, frequency 50 Hz.) [5] and size of the square loop antenna is size 1 m x 1 m.

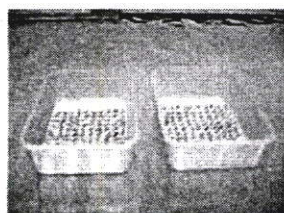
Suphanburi 1 rice is used in this experiment. Seed of rice is planted in a square plastic box with the special paper for the germinate; the number of seed is laid 10 rows x 10 columns per the group of the test. The experiment is compared for the rice growth under continuous magnetic field and nonmagnetic field.

The experiment is done for magnetic field intensity at 40 A/m. The duty ratios of period is set up at 8 hrs., 16 hrs., and 24 hrs. per day respectively for a week. Then, growing rice is observed and recorded the physical changing in height of stems and length of roots at the 7th day.

The condition diagram and configuration of experimental are shown in figure 1 and table 1.



(a)



(b)

Fig. 2 the experimental setup

- (a) Experimental growth of rice with magnetic field under the Conducted Immunity Testing System
 (b) Experimental growth of rice without magnetic field

Table 1. Show the condition of the experiment

Without H	With H at 40 A/m (hrs/day)		
	8 hrs	16 hrs	24 hrs
✓	✓		
✓		✓	
✓			✓

IV. Results

In this study, effect of magnetic fields on the rice growth under test of magnetic field intensity 40 A/m, the comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hrs., 16 hrs., and 24 hrs. per day for a week then record at the 7th day.

The result of experimental analysis bases on statistic evaluation by the testing of statistical hypothesis.

The hypothesis for two means in this paper is

1. The null Hypothesis is $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$
2. The alternative hypothesis is $H_1: \mu_1 > \mu_2$ at $(1-\alpha)100\% = 95\%$

The result is shown in figures 2-5 and tables 2-5

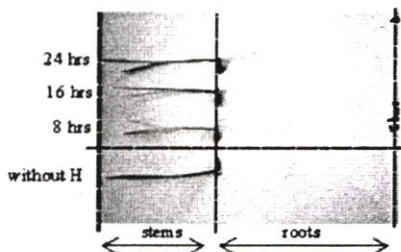


Fig. 2. Comparison of stems and roots sample at various time applying to week shows on the 7th day

Table 2 Means and Standard deviation of stems

	Without H Field	with H Field		
		8 hrs.	16 hrs.	24 hrs.
\bar{x}_{avg} (cm)	3.19	3.02	3.14	3.25
sd (cm)	2.16	1.87	1.97	2.04

Table 3 Means and Standard deviation of roots

	without H Field	with H Field		
		8 hrs.	16 hrs.	24 hrs.
\bar{x}_{avg} (cm)	4.90	6.24	6.61	7.10
sd (cm)	3.11	3.13	3.73	4.13

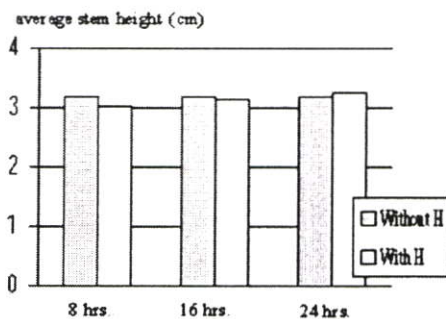


Fig. 3 comparison means of stems at various time applying to week shows on the 7th day

average root length (cm)

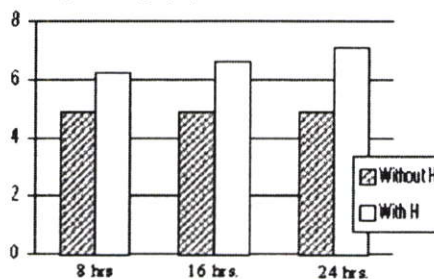


Fig. 4 Comparison means of roots at various time applying to week shows on the 7th day

Table 4 The testing of means of stem

H=40 A/m	Height of Stems	
	\bar{X}_{avg}	Z-value
without H	3.19	-
8 hrs	3.02	0.596
16 hrs	3.14	0.171
24 hrs	3.25	-0.202

Table 5 The testing of means of root

H=40 A/m	Height of Roots	
	\bar{X}_{avg}	Z-value
without H	4.90	-
8 hrs	6.24	-3.05
16 hrs	6.61	-3.51
24 hrs	7.10	-4.26

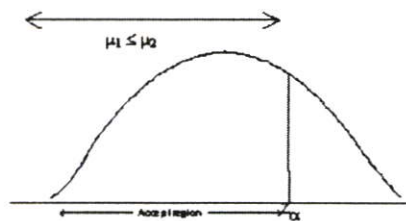


Fig. 5 the region is accepted the hypothesis H_0

V. Analysis

Condition this research is supported qualitatively by analysis results of the experimental analysis using the statistical. The comparison between average of stems by the testing of statistical hypothesis with Z-value at confidence value $(1-\alpha) = 95\%$ is done.



Fig. 2 shows the H field effect on the sample of growing rice on the 7th day show that longer applied H field period results a longer levers and roots

Table 2 and 3 show the result of \bar{x} and S.D. of the average height of stems and roots under continuous magnetic field.

Figs. 3 and 4 show the results of the average height of stems and the average length of roots. The longer applied magnetic field intensities period, the higher of the stem is performed. This is the same as the case of the length of the roots.

Tables 4 and 5 show the result of \bar{x} and Z-value of the average height of stems and roots under continuous magnetic field by the testing of statistical hypothesis.

Fig. 5 shows the accepted region for the results all period with magnetic field intensities. At the first hypothesis $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$, the longer applied magnetic field intensities period, the higher of the stem is performed. This is the same as the case of the length of the roots.

VI. Conclusion

This paper has proposed the study effect of magnetic field on the rice growth under magnetic field intensity at 40 A/m. The comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hrs., 16 hrs., and 24 hrs. The applied continuous magnetic field can affect the growth rate of rice.

The results of this research can be guideline for rice treatment to increase the rice development.

VII. Reference

- [1] N. Hirota, J. Nakagawa, and K. Kitazawa, "Effect of magnetic field on the germination of plant" Journal of applied physics, vol. 85, No. 8, 15 April 1999, pp. 5717-5719.
- [2] M. Muraji, W. Tatebe, and T. Fujii, "Effect of Alternating Magnetic Field on the growth of the primary Root of Corn" IEEE Transactions on Magnetics, vol. 28, No. 4, pp.1996-2000, 1992.
- [3] C. Wisetsakchai, " Electromagnetic Principle", Association of Technology of Promotion Bangkok, 2002. (Published in Thai)
- [4] J. Chantalakana, " Statistic Analysis Method and Operating Research", Thaiwattana Panich, Bangkok, 1997. (in Thai)
- [5] Best EMC Conducted Immunity Testing System, Schaffner, 2000

Miss. Pratumtip Sungkhaphun was born in Suphanburi, Thailand. She received the degree of B. Sci. (Mathematic) from

Silapakorn University in 1993. Her research interests on the area of Bio effect.

Dr. Werachet Khan-ngern was born in 1960, in Ubonratchathani, Thailand. He received the degree of B.Eng. and M.Eng. from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) in 1982 and 1988, respectively. He received his Ph.D.



and DIC from Imperial Collage of Science, Technology and Medicine, the University of London in 1997 in the area of power electronics. He is also a technical committee no. 890: in EMC for the Ministry of Industry and a technical committee no. 23: Electronic Ballast for the Green Label, Ministry of Industry. Dr. Khan-ngern continues his research in the area of EMI & EMC and Power Electronics System.



Prof. Dr. Shuichi Nitta earned BSEE and Ph.D. from Kyoto University and the University of Tokyo in 1960 and 1978, respectively. After working for the electric industry as a system engineer and quality assurance manager, he had been a professor of Tokyo University of Agriculture and Technology from 1985 to 2001. He retired the above university at the end of March 2001. Since April 2001, he is currently a professor of Salesian Polytechnic. His research interests are EMC maintainability and safety. Dr. Nitta is a member of IEEE, IEICE, IEEJ, SICEJ, REAJ and AFSMI.

2004 International Symposium on Electromagnetic Compatibility

EMC'04 Sendai

June 1-4, 2004, Sendai International Center,
Sendai, JAPAN

SPONSORED BY



The Institute of Electronics, Information
and Communication Engineers,
Communications Society (IEICE-CS)



Cosponsored by

Intelligent Cosmos Academic Foundation, Sendai



In cooperation with

The Institute of Electrical Engineers of Japan,
Technical Committee on EMC (IEEJ TC-EMC)



IEEE EMC Society (IEEE EMC-S)
IEEE Sendai Section
IEEE EMC-S Japan and Sendai Chapters

Volume 2

The Study of Magnetic Field Intensity and Time Variation Affect on the Rice Growth

P. Sungkhaphun, W. Khan-ngern and S. Nitta*

Faculty of Engineering and Research Center for Communications and Information Technology
King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand
Phone/Fax: +(662) 737-3000 ext. 3322

E-mail: tumtip@hotmail.com, kkveerac@kmitl.ac.th

*Graduate School, Production System Engineering

Salesian Polytechnic, 2-35-11 Igusa Sunginami, Tokyo, 167-0021, Japan,

E-mail: nitta@cc.tuat.ac.jp

Abstract: This paper presents the result of magnetic field intensity and time variation effect to the rice growth. This research focuses on the growth of rice under magnetic field intensity at 40 A/m and 20 A/m. The comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hours, 16 hours and 24 hours per day and without magnetic field. Research assessment is supported qualitatively by analysis results of the experimental data based on statistic evaluation. The magnetic field effect can be the growth rate of rice, and the physical changing in height of stems and roots. The environment of the experiment such as temperature, light, and relative humidity is controlled in the same condition.

Key words: magnetic field, magnetic intensity, rice growth, mean

1. Introduction

One of the source of the magnetic field and the electric field is the transmission line. Main areas in Thailand are agriculture land and having the transmission line pass through. It may be affected on plant and the other life [1], [2]. Therefore, the study of bio-effect of rice is introduced.

In this paper, the effect of magnetic field intensity at 40 A/m and 20 A/m is focused. The duty ratio of operating period is set up at 8 hours 16 hours and 24 hours/day for a week. The condition of the experiment is shown in table 1.

Table 1: The conditions of the experiment

Group Test	without H	with H (40 A/m)	with H (20 A/m)
group 1 (8hrs)	✓	✓	✓
group 2 (16hrs)	✓	✓	✓
group 3 (24hrs)	✓	✓	✓

2. Theory

2.1 Magnetic Field Intensity (A/m)

The magnetic field intensity can be calculated by equations (1) and (2) [3], [4].

$$d\vec{H} = \frac{Id\vec{L} \times \vec{a}_R}{4\pi R^2} \quad (1)$$

$d\vec{H}$: Magnetic field intensity (A/m)
 $d\vec{L}$: The length of a wire (m)
 \vec{a}_R : Unit vector of radius
 R : Radius of operation

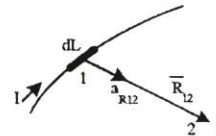


Fig. 1. Construction for finding magnetic field intensity by Bio-Savart law

From Fig. 1, magnetic field intensity can be calculated by equation (2).

$$d\vec{H}_2 = \frac{Id\vec{L} \times \vec{a}_{R12}}{4\pi R_{12}^2} \quad (2)$$

$d\vec{H}_2$: Magnetic field intensity (A/m)
 $d\vec{L}$: The length of a wire (m)
 \vec{a}_{R12} : Unit vector of radius
 R_{12} : Radius of operation

Two key factors associated with magnetic field intensity are amplitude of current and the distance.

2.2 Theory of statistic

This research is supported qualitatively by analysis results of the experimental data based on statistic evaluation.

Those the statistic evaluations are Mean (\bar{X}) and Standard deviation (S). The statistic equations are shown in equations (3) and (4) [5].

4D3-1

2.2.1 Mean (\bar{X});

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \tag{3}$$

$\sum_{i=1}^n X_i$: summation value of the test group
 n : number of the test group

2.2.2 Standard deviation (S)

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n} \tag{4}$$

$x_i - \bar{x}$: the difference between value of group test with mean of test group
 n : number of the test group test with mean of test group
 n : number of the test group

Two key data for the assessment are the mean and the standard deviation (S.D.) where the low S.D. is preferred.

3 Experimental

3.1 Experimental Procedure

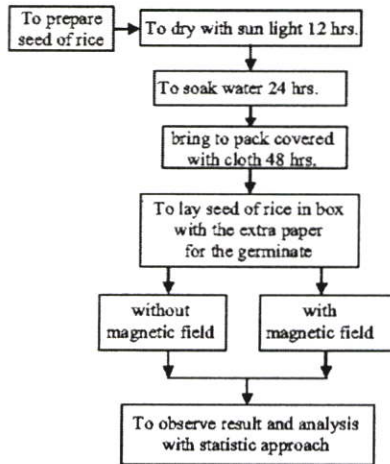


Fig. 2. Diagram of the experimental

Fig. 2. shows the diagram of the experiment. The main stage is to prepare the rice seed for testing. The treatment under magnetic field is set with the variation of magnetic field intensity (20A/m and 40 A/m) and the variation of treatment time per day (8 hours, 16 hours and 24 hours per day). Then, the final stage is to compare and analyze the growth rate of stem and root with in 7 day.

3.2 Experimental Setup

In this study effect of magnetic field is done under the continuous magnetic filed with the magnetic field source (AC source, frequency 50 Hz) and a diameter of loop current is 1 m. The magnetic field source and loop current were designed by

- AC source 220V 50Hz
- Transformer 220/10-40Vac
- Variac 0-300 Vac
- the copper wire No. 20 (A.W.G) and area is 0.5174 mm², I_{max} is 8 A.
- the plastic tube for modify loop current, there is a diameter 1 m.

Suphumburi 1, Thai rice, is used in this experiment. Seed of rice is planted in a square plastic box with the special paper for the germinate, the number of seed is laid 10 rows x 10 columns per the group of the test. The experiment is compared with the rice growth under continuous magnetic field and nonmagnetic filed.

The experiment is done for magnetic filed intensity at 40 A/m and 20 A/m. The duty ratios of period is set up at 8 hours, 16 hours and 24 hours per day respectively for a week. Then, growing rice is observed and recorded the physical changing in height of stems and length of roots at the 7th day.

The experimental setup are shown in Fig. 3-5

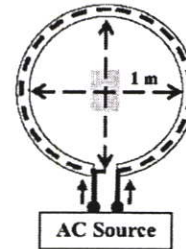


Fig. 3. Layout of loop current

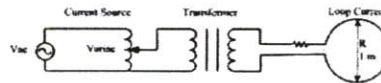


Fig. 4. The circuit equivalent of continuous magnetic field

4D3-1

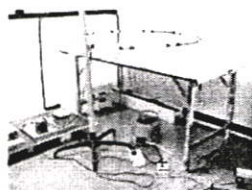


Fig. 5. The experimental setup

4. Experimental results

In this the study, effect of magnetic fields on the rice growth under test of magnetic field intensity 40 A/m and 20 A/m the comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hours, 16 hours and 24 hours per day for a week then record at the 7th day. The result of experimental analysis bases on statistic evaluation by the mean value and standard deviation. The result is shown in Figs. 6-7 and tables 2-5.

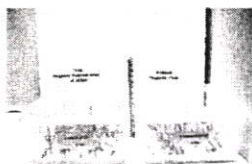


Fig. 6. Comparison of stems sample at various time applying to week shows on the 7th day

Case	With H (A/m)	Without H (A/m)
40 A/m		
20 A/m		

Fig. 7. Comparison of roots sample at various time applying to week shows on the 7th day
 (a) root under magnetic field intensity 40 A/m
 (b) root without magnetic field
 (c) root under magnetic field intensity 20 A/m
 (d) root without magnetic field

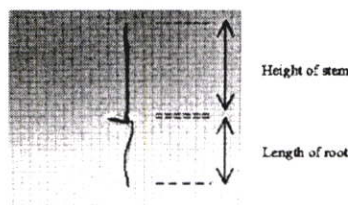


Fig. 8. The region of stem and root were record

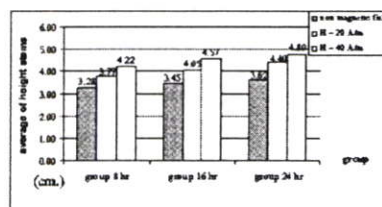


Fig. 9. Comparison of average height stems at various time applying to week shows on the 7th day

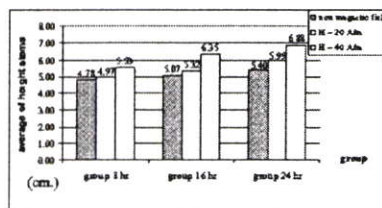


Fig. 10. Comparison of average length roots at various time applying to week shows on the 7th day

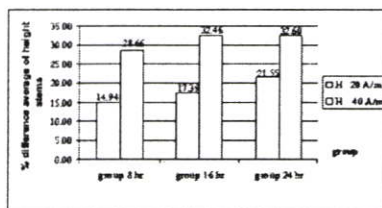


Fig. 11. Comparison of percentage difference average height stems at various time applying to week shows on the 7th day

4D3-1

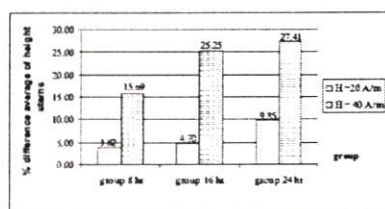


Fig. 12. Comparison of percentage difference average of length roots at various time applying to week shows on the 7th day

Percentage difference can be calculated by equation (5)

$$\% \text{ difference of average} = \left(\frac{\text{data}_{\text{with H}} - \text{data}_{\text{without H}}}{\text{data}_{\text{without H}}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Table 2 Standard deviation of stems and roots

Group	Standard deviation of stems			Standard deviation of roots		
	Without H	With H		Without H	With H	
		20 A/m	40 A/m		20 A/m	40 A/m
8 hrs.	1.30	1.74	1.56	1.59	1.65	1.44
16 hrs.	1.37	1.32	1.17	1.40	1.43	1.88
24 hrs.	1.68	2.83	1.24	2.19	2.56	2.84

5. Analysis

The temperature, relative humidity are controlled for all the experiment. The comparison between average of stems and average of roots and with the satisfactory standard deviation.

Figs. 6 and 7 show the magnetic field effect on the sample of growing rice on the 7th day show that longer applied magnetic field period results a longer stems and roots.

Figs. 9 and 10 show the results of the average height of stems and the average length of roots. The longer applied magnetic field intensities period, the higher of the stem is performed. This is the same as the case of the length of the roots. For example; height of stem is increased from 3.26 cm. to 3.77 and 4.22 cm. for H=20 A/m and 40 A/m respectively at 8 hours per day treatment. Longer period also provide positive in increasing the height of stems as shown in fig. 9.

In general for these operating conditions longer period, high magnetic field intensity result in longer roots and higher stems.

Figs. 11 and 12 show percentage difference average of height stems and length roots. The higher magnetic field intensities and the longer applied magnetic field intensities period, the higher of the stem is performed. This is the same as the case of the length of the roots.

This is a significant advantage about (28.66-14.94 = 13.72 %), (32.46-17.39 = 15.07 %) and (32.60-21.55 = 11.05 %) between treatment without H and 40 A/m and 20 A/m for 3 difference period as compared height of stems in fig. 11.

This is a significant advantage about 11.87%, 20.55% and 17.56% between treatment without H and 40 A/m and 20 A/m for 3 difference period as compared length of roots in fig. 12.

Table. 2 show standard deviation of stems and roots. The standard deviation of all experiment are satisfied.

6. Conclusion

This paper has proposed the study effect of magnetic field on the rice growth under magnetic field intensity at 40 A/m and 20 A/m. The comparison is done under the condition of magnetic field for the period 8 hours, 16 hours and 24 hours. The applied continuous magnetic field can affect the growth rate of rice.

The results of this research can be guide line for rice treatment to increase the rice development.

References

- [1] N. Hirota, J. Nakagawa, and K. Kitazawa, "Effect of magnetic field on the germination of plant" Journal of applied physics, vol. 85, No. 8, 15 April 1999, pp. 5717-5719.
- [2] M. Muraji, W. Tatebe, and T. Fujii, "Effect of Alternating Magnetic Field on the growth of the primary Root of Corn" IEEE Transactions on Magnetics, vol. 28, No. 4, pp.1996-2000, 1992.
- [3] C. Wisetsakchai, " Electromagnetic Principle", Association of Technology of Promotion Bangkok Thailand, 2002.
- [4] John D. Kraus and Daniel A. Fleisch, " Electromagnetics with Applications", McGraw-Hill Companies, Inc., Singapore, 1999.
- [5] J. Chantalakana, " Statistic Analysis Method and Operating Research", Thaiwattana Panich, Bangkok Thailand, 1997.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปทุมทิพย์ สังข์พันธุ์ เกิดที่ จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสนามจันทร์
จังหวัดนครปฐม

ประสบการณ์ในการทำงาน

ปี 2535-2536	สถาบันคิว PSP (บริษัทสัญญิจจำกัด) สถาบันคิวเข้ามหาวิทยาลัยระดับปริญญาโท-เอก
ปี 2536-2537	อาจารย์สอนคณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิต สามเสน กรุงเทพฯ
ปี 2538-ปัจจุบัน	นักวิชาการศึกษา ระดับ 6 งานฐานข้อมูลและสารสนเทศ สำนักงานบริหารการวิจัย สำนักงานอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยที่สนใจ

- ผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่มีต่อต้นข้าว และพืชชนิดอื่นๆ