



ผลกระทบของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอก
และการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว

โดย

นายคำหล้า แสงรัมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลกระทบของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอก
และการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว

โดย

นายคำหล้า แสงรัมย์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

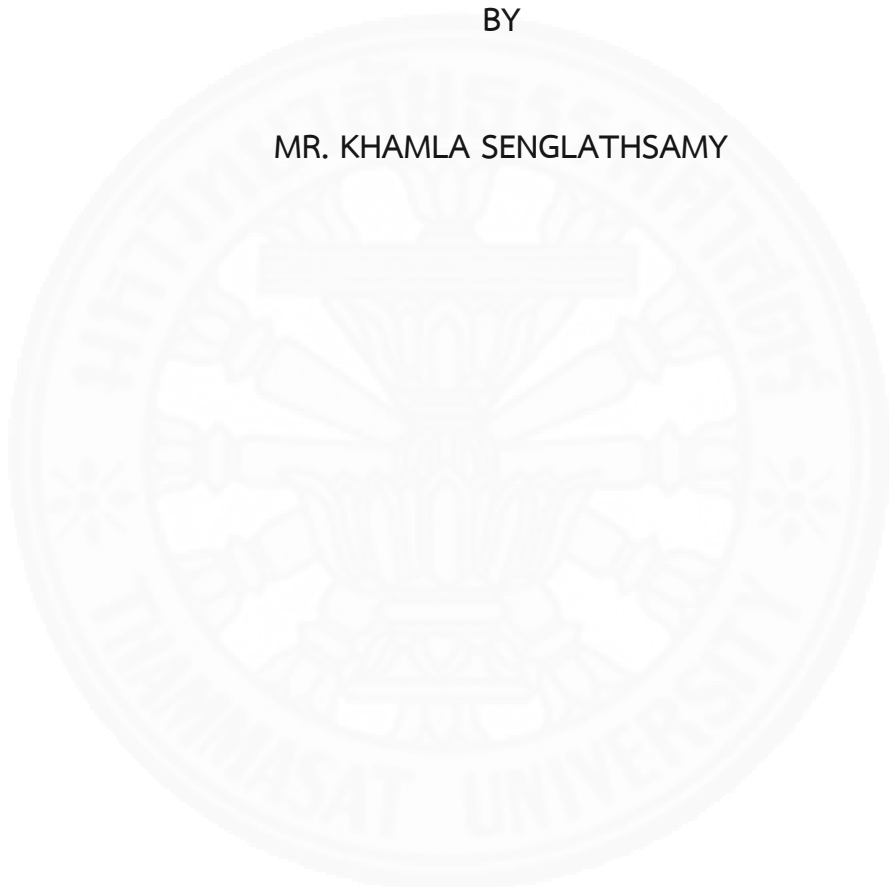
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



STATIC ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD'S EFFECTS ON RICE SEED
GERMINATION RATE AND SEEDLING GROWTH OF KAO JAO DENG
FROM LAO PDR

BY

MR. KHAMLA SENGLATHSAMY



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (PHYSICS)

DEPARTMENT OF PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายคำหล้า แสงรัมย์

เรื่อง

ผลกระทบของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอก
และการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว


ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

เมื่อวันที่ 24 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(รองศาสตราจารย์ มนู เฟื่องฟุ้ง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวี ฉิมอ้อย)


กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(อาจารย์ ดร.นพพร พูลยรัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ดร.รพชน พืช)

คณบดี


(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดงจาก สปป ลาว
ชื่อผู้เขียน	นายคำหล้า แสงรัมย์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ทวี ฉิมอ้อย
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว โดยศึกษาถึงค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กช่วงเวลาที่เหมาะสมในการอาบเมล็ดข้าว เมื่อนำเอาเมล็ดข้าวตัวอย่างไปอาบในสนามไฟฟ้าที่ 0.5, 1 และ 5 kV/m ในเวลา 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 10, 20 และ 40 mT ในเวลา 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 นาที ตามลำดับ และอาบทั้งสนามไฟฟ้าที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ 20 mT ในเวลาอาบ 1, 5, 10, 20, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ อาบในสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และสนามไฟฟ้า 0.5, 1 และ 1.5 kV/m ในเวลาอาบ 10 นาที ตามลำดับ และอาบในสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m ที่สนามแม่เหล็ก 5, 10, 15, 20 และ 25 mT ในเวลาอาบ 10 นาที ตามลำดับ การคำนวณหาตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้แก่ ดัชนีการงอก ร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าวและดัชนีความแข็งแรง พบว่าสำหรับสนามไฟฟ้าได้ช่วงเวลาอาบและค่าความเข้มที่เหมาะสมคือ 10 นาทีและ 1 kV/m ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวมีดัชนีการงอก ร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโต และดัชนีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นถึง $6\pm 2\%$, $8\pm 1\%$, $20\pm 3\%$ และ $25\pm 3\%$ ตามลำดับ สำหรับสนามแม่เหล็กได้ช่วงเวลาอาบและค่าความเข้มที่เหมาะสมคือ 60 นาทีและ 20 mT ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวมีดัชนีการงอก ร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าวและดัชนีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นถึง $8\pm 4\%$, $8\pm 5\%$, $13\pm 6\%$ และ $22\pm 5\%$ ตามลำดับ สำหรับการอาบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กพร้อมกันได้ช่วงเวลาอาบและค่าความเข้มสนามไฟฟ้าและ

(2)

สนามแม่เหล็กที่เหมาะสมคือ 10 นาที และ 1 kV/m และ 15 mT ซึ่งทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโต และดัชนีความแข็งแรง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นถึง $6\pm 1\%$ และ $5\pm 1\%$ ตามลำดับ

คำสำคัญ: สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก ข้าวเจ้าแดง ดัชนีการงอก ร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าว ดัชนีความแข็งแรง



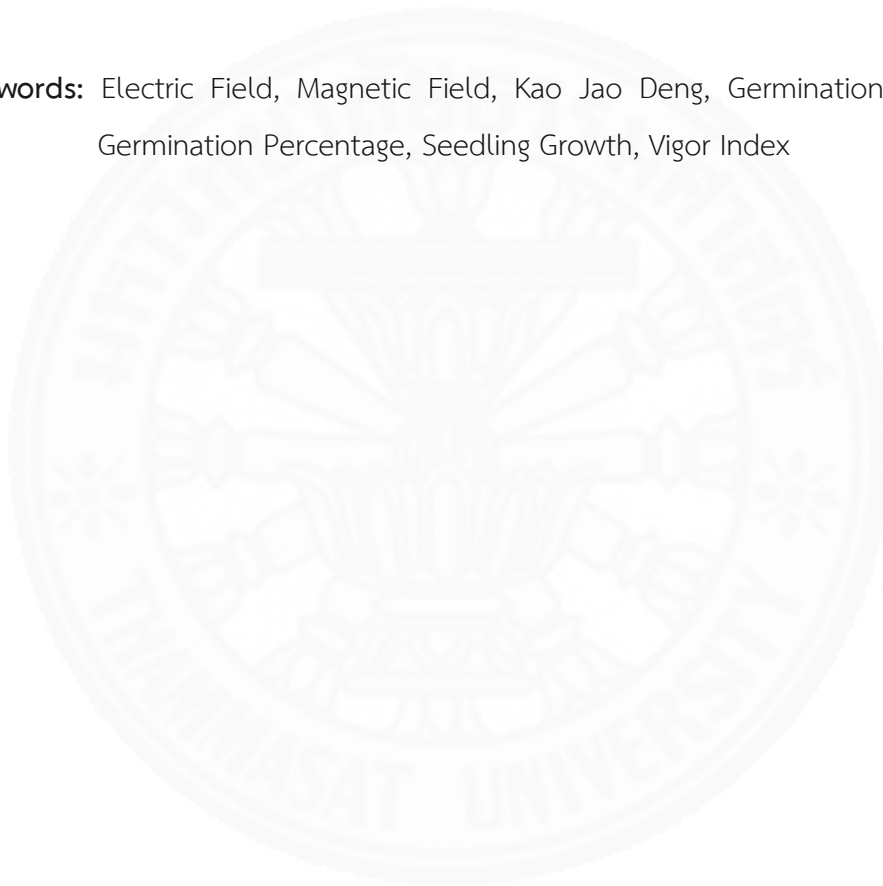
Thesis Title	STATIC ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD'S EFFECTS ON RICE SEED GERMINATION RATE AND SEEDLING GROWTH OF KAO JAO DENG FROM LAO PDR
Author	Mr. Khamla SENGLATHSAMY
Degree	Master of Science
Major Field/Faculty/University	Physics Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Dr. Tawee CHIM-OYE
Academic Years	2015

ABSTRACT

This research aims to study of the effect of static electric and magnetic field's effects on germination rate and seedling growth of Kao Jao Deng from Lao PDR. Including the study of the intensity of the electric and magnetic field and the appropriate time to exposure the rice seeds. The sample rice seeds were subjected to the electric field at 0.5, 1 and 5 kV/m and exposure time 1, 5, 10, 20 and 30 minutes, respectively. And magnetic field at 10, 20 and 40 mT and exposure time 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 and 80 minutes, respectively. Combination of electric and magnetic fields at 1 kV/m and 20 mT and exposure time at 1, 5, 10, 20, 30 and 60 minutes, respectively. At static magnetic field 20 mT and electric field 0.5, 1 and 1.5 kV/m and exposure time 10 minutes, respectively. The static electric field at 1 kV/m and magnetic field at 5, 10, 15, 20 and 25 mT and exposure time 10 minutes, respectively. The efficiency Indicator calculation of the germination and growth of the rice seeds such as final germination percentage, seedling growth, germination index and vigor index. The results shown that for the electric field exposure to 10 minutes of 1 kV/m compared with the control, the germination index, final germination percentage, seedling growth and vigor index increased by $6\pm 2\%$, $8\pm 1\%$,

20±3% and 25±3%, respectively. For the magnetic field exposure to 60 minutes of 20 mT compared with the control, germination index, final germination percentage, the seedling growth, vigor index and increased by 8±4%, 8±5%, 13±6% and 22±5%, respectively. For the combination electric and magnetic field the results shown that exposure to 10 minutes of 1 kV/m and 15 mT compared with the control, the seedling growth, vigor index and increased by 6±1% and 5±1%, respectively.

Keywords: Electric Field, Magnetic Field, Kao Jao Deng, Germination Index, Final Germination Percentage, Seedling Growth, Vigor Index



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ทวี นิยมอ้อย อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ผู้แนะนำแนวทางการคิดในงานวิจัยนี้ขึ้น ให้คำปรึกษาทั้งด้านวิชาการและการดำเนินงาน ช่วยแนะแนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน รวมถึงสนับสนุนการทำวิจัยให้กับผู้วิจัยจนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ มนุ เพ็องฟุ้ง ที่คอยให้การสนับสนุน แนะนำแนวทางการคิดการสร้างเครื่องมือ ช่วยแนะแนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. นพพร พูลยรัตน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์ และ อาจารย์ ดร.รพพน พิชา หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนา 4 สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบงานวิจัยให้ผู้วิจัยที่ร่วมให้แนวคิดและชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงงานวิจัยนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาฟิสิกส์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการศึกษาและประสานงาน ขอขอบคุณครอบครัว พี่ น้อง เพื่อน ร่วมสาขาวิชาเดียวกันที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทูลพระราชนิพนธ์ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ได้ให้โอกาสและสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ภายใต้ทุนวิจัยทั่วไป ตามสัญญาเลขที่.....ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านต่างๆ และเป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ที่ดี ผู้วิจัยหวังว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการและวิทยาศาสตร์ไม่มากนักน้อย คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายคำหล้า แสงรัศมี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(12)
สารบัญภาพ	(13)
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.4 คำสำคัญของวิทยานิพนธ์	2
1.5เค้าโครงวิทยานิพนธ์	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2.1 สนามไฟฟ้า	5
2.2.2 เส้นแรงไฟฟ้า	6
2.2.3 คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า	6
2.2.4 สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	7

สารบัญ (ต่อ)

2.2.5	สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดโซลินอยด์	8
2.2.6	ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	11
2.2.7	นิยามการงอกของเมล็ด	11
2.2.8	นิยามการเจริญเติบโตของพืช	12
2.2.9	ตัวดัชนีที่ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าว	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย		14
3.1	การออกแบบแหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	14
3.1.1	สนามไฟฟ้า	14
3.1.2	สนามแม่เหล็ก	15
3.1.2.1	วัสดุ	15
3.1.2.2	การออกแบบและสร้าง	15
3.1.2.3	วิธีแก้ความร้อนของขดลวด	17
3.1.3	การออกแบบและสร้างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	19
3.1.4	การออกแบบที่ปลูกข้าวในฟองน้ำ	20
3.1.5	การคัดเลือกเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์	21
3.1.6	การปลูกเมล็ดข้าวในฟองน้ำ	22
3.1.7	การวัดการงอกของเมล็ดข้าว	22
3.1.8	การวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าว	23
3.1.9	การศึกษาปริมาณน้ำในถาด	23
3.1.10	การอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของเมล็ดข้าว	24
3.1.10.1	การอาบสนามไฟฟ้า	24
3.1.10.2	การอาบสนามแม่เหล็ก	25
3.1.10.3	การอาบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	25
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล		27
4.1	ผลการศึกษาการอาบสนามไฟฟ้าของเมล็ดข้าว	27

สารบัญ (ต่อ)

4.1.1	ดัชนีการรบกวนของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	29
4.1.2	ร้อยละการรบกวนสุดท้ายของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	29
4.1.3	การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	30
4.1.3	ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	30
4.2	ผลของการอาบสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กชั่วคราว	31
4.2.1	ดัชนีการรบกวนของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	32
4.2.2	ร้อยละการรบกวนสุดท้ายของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	33
4.2.3	การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	34
4.2.4	ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	34
4.3	ผลของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กชั่วคราว	35
4.3.1	หาเวลาอาบที่เหมาะสม	36
4.3.1.1	ดัชนีการรบกวนของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	36
4.3.1.2	ร้อยละการรบกวนสุดท้ายของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	36
4.3.1.3	การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	37
4.3.1.4	ดัชนีความแข็งแรงของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	38
4.3.4	หาความเข้มข้นสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม	38
4.3.4.1	ดัชนีการรบกวนของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็กและ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	38
4.3.4.2	ร้อยละการรบกวนสุดท้ายของแม่เหล็กชั่วคราวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	39
4.3.4.3	การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	40

สารบัญ (ต่อ)

4.3.4.4	ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	40
4.3.4.5	ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	41
4.3.4.6	ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนาม ไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	42
4.3.4.7	การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และ สนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	42
4.3.4.8	ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	43
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	44
5.1	สรุปผลการวิจัย	44
5.1.1	ผลของการอบสนามไฟฟ้า	44
5.1.1.1	เวลาที่เหมาะสมของการอบสนามไฟฟ้า	44
5.1.1.2	ความเข้มสนามไฟฟ้าที่เหมาะสม	44
5.1.2	ผลของการอบสนามแม่เหล็ก	45
5.1.2.1	เวลาอบที่เหมาะสมของการอบสนามแม่เหล็ก	45
5.1.2.2	ความเข้มสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม	45
5.1.3	ผลของการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	46
5.1.3.1	เวลาอบที่เหมาะสมของการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	46
5.1.3.2	ความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม	46
5.1.4	สรุปผลการวิจัยเมื่ออบสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก เทียบกับกลุ่มควบคุม	47
5.2	ข้อเสนอแนะ	49
	รายการอ้างอิง	50

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	52
ก การเตรียมที่ปลูกเมล็ดข้าว	53
ข การปลูกเมล็ดข้าวลงในฟองน้ำ	54
ข การงอกของเมล็ดข้าว	55
ค ต้นข้าวอายุ 5 วัน	56
ค ต้นข้าวอายุ 6 วัน	57
ฅ ต้นข้าวอายุ 7 วัน	58
ง ต้นข้าวอายุ 8 วัน	59
จ ต้นข้าวอายุ 9 วัน	60
ฉ ต้นข้าวอายุ 10 วัน	61
ช รากของต้นข้าวอายุ 10 วัน	62
ซ การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าที่ 0.5 kV/m ในช่วงเวลาต่าง ๆ	63
ณ การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าที่ 1 kV/m ในช่วงเวลาต่าง ๆ	64
ญ การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าที่ 5 kV/m ในช่วงเวลาต่าง ๆ	65
ฎ กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ 10 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ	66
ฏ กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ 20 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ	67

สารบัญ (ต่อ)

ฐ กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ 40 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ	68
ฑ กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่ เหล็กที่คงที่ ที่ 1 kV/m และ 20 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ	69
ฒ กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT ในช่วงเวลาอบ 10 นาที ในความเข้มสนามไฟฟ้าต่าง ๆ	70
ณ กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m ในช่วงเวลาอบ 10 นาที ในความเข้มสนามแม่เหล็กต่าง ๆ	71
ประวัติผู้เขียน	72

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

- 5.1 แสดงร้อยละต่างจากกลุ่มควบคุมในค่าตัวชี้วัดต่าง ๆ ของการอาบสนามแบบต่าง ๆ 47



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สนามไฟฟ้าแผ่นตัวนำคู่ขนาน	7
2.2 ทิศของสนามไฟฟ้า	8
2.3 a การหาสนามแม่เหล็กใน ลวดโซลินอยด์โดยใช้กฎของแอมแปร์	9
b การไหลของสนามแม่เหล็กในขดลวดโซลินอยด์	
3.1 แสดงการออกแบบสนามไฟฟ้า	14
3.2 ขนาดของแผ่นตัวนำ	14
3.3 แสดงขั้นตอนการทำขดลวดโซลินอยด์	15
3.4 การทดสอบขดลวดโซลินอยด์	16
3.5 แสดงค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กระยะต่าง ๆ ในขดลวดโซลินอยด์	17
3.6 แสดงวิธีแก้ความร้อนของขดลวด	17
3.7 แสดงการทดสอบโดยให้น้ำเย็นไหลผ่านขดลวดตลอดทำการทดลอง	18
3.8 การทดสอบหลังให้น้ำเย็นไหลผ่านที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 mT ระยะต่าง ๆ ใน ขดลวดโซลินอยด์	17
3.9 แผ่นตัวนำคู่ขนาน	19
3.10 ขดลวดโซลินอยด์	19
3.11 แผ่นตัวนำคู่ขนาน ขดลวดโซลินอยด์ และภาชนะบรรจุน้ำ	20
3.12 แสดงขั้นตอนการออกแบบและสร้างที่ปลูกเมล็ดข้าว	21
3.13 แสดงการคัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์	21
3.14 การปลูกเมล็ดข้าวในฟองน้ำ	22
3.15 การวัดการงอกของเมล็ดข้าว	22
3.16 การวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าว	23
3.17 แสดงผลของการศึกษาระดับน้ำที่เหมาะสมในการปลูกเมล็ดข้าวในภาค	24
3.18 แสดงการอาบเมล็ดข้าวในสนามไฟฟ้า	24
3.19 แสดงการอาบเมล็ดข้าวในสนามแม่เหล็ก	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.20 แสดงส่วนต่าง ๆ ของวงจรและการอาบเมล็ดข้าวในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	26
4.1 รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5 kV/m ในเวลา 10 วัน	27
4.2 รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 1 kV/m ในเวลา 10 วัน	28
4.3 รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 5 kV/m ในเวลา 10 วัน	28
4.4 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	29
4.5 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	29
4.6 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	30
4.7 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า	31
4.8 รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 10 mT ในเวลา 10 วัน	31
4.9 รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 mT ในเวลา 10 วัน	32
4.10 รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 mT ในเวลา 10 วัน	32
4.11 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	32
4.12 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	33
4.13 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	34
4.14 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็ก	35
4.15 ต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็ก 20 mT ที่เวลาอาบต่าง ๆ ในเวลา 10 วัน	35
4.16 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	36
4.17 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและ สนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	37
4.18 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนาม แม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	37
4.19 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและ สนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ	38
4.20 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอาบสนามแม่เหล็กที่ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

4.21	ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	39
4.22	การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	40
4.23	ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ	41
4.24	ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ค่าความเข้มต่าง ๆ	41
4.25	ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	42
4.26	ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	43
4.27	ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ	43

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
cm	Centimeter
C	Coulomb
I	Current intensity (A)
d	Distance (m)
Q, q	Electric charge (C)
E	Electric field (V/m)
V	Electric potential (Voltage)
F	Force (N)
kV	Kilo voltage
L	Length of wire (m)
μ_0	Magnetic permeability
B	Magnetic intensity field (T)
m	Meter
mT	milli Tesla
N	Round number of wire
n	Round number of wire per length
T	Tesla

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับหญ้า ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิประเทศในโลกไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แห้งแล้งแบบทะเลทราย พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หรือแม้กระทั่งบนเทือกเขาที่หนาวเย็น ข้าวก็ยังสามารถงอกขึ้นมาได้ [1]

ข้าวเป็นธัญพืชที่ประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี พ.ศ 2553 มีการปลูกข้าวมากที่สุดเป็นอันดับสองทั่วโลกรองจากข้าวโพด และข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค [2] ปัจจุบันประชากรของโลกมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้พื้นที่เกษตรกรรมมีจำกัดและด้วยสภาพเสื่อมโทรมของดินและการขาดแคลนน้ำ ในอนาคตอาจเป็นผลทำให้ประชากรของโลกเกิดสภาวะขาดแคลนอาหาร ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของการงอก การเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยวของพืช [3] การปรับปรุงประสิทธิภาพของผลผลิตต้องเริ่มจากการงอก ซึ่งการงอกของเมล็ดที่เหมาะสมมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะนำไปสู่การได้รับผลผลิตที่ดี การปรับปรุงเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการทางเคมีและฟิสิกส์ได้ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งทั้งสองวิธีนี้พบว่าวิธีการทางเคมีดีกว่าวิธีการทางฟิสิกส์ เนื่องจากต้นกล้าได้รับการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตได้ไวกว่าแต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นวิธีการทางฟิสิกส์ในการปรับปรุงเมล็ดพันธุ์จึงถูกนำมาใช้ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัย การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นวิธีการทางฟิสิกส์แบบหนึ่งที่จะช่วยให้การงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดี เนื่องจากจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของไอออน ออนุมูลอิสระ และประจุไฟฟ้า โดยไม่มีการย่อยสลายหรือเปลี่ยนแปลงทางเคมีใด ๆ ของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ดูดซึมน้ำและการเคลื่อนที่อิสระของไอออนดีขึ้นจึงช่วยกระตุ้นกระบวนการเผาผลาญโดยการเสริมสร้างทางชีวเคมีและสรีรวิทยา [4]

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับ

เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของการรอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวและเมล็ดพืชชนิดอื่น ๆ ด้วยการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่

1.4 คำสำคัญของวิทยานิพนธ์

สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก ดัชนีการรอก ร้อยละการรอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าว ดัชนีความแข็งแรง

1.5 คำโครงวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ศึกษาผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการรอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยศึกษาถึงค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า ความเข้มสนามแม่เหล็ก และช่วงเวลาต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการอาบเมล็ดข้าว สำหรับดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการรอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้แก่ ดัชนีการรอก ร้อยละการรอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าว และดัชนีความแข็งแรง

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กได้ถูกนำมาใช้และได้มีศึกษามากขึ้นในการกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เช่น ในปี 2000 Carbonell และคณะ ได้ศึกษาการกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวด้วยสนามแม่เหล็กคงที่ค่าความเข้มที่ใช้คือ 150 และ 250 mT การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 อาบสนามแม่เหล็กคงที่โดยตรง ซึ่งแบ่งเป็นสองกลุ่มย่อยคือ อาบสนามแม่เหล็กตลอดระยะเวลาการทดลอง และอาบ 20 นาที กลุ่มที่ 2 ใช้อาบสนามแม่เหล็กคงที่แล้วนำมาแช่ข้าวซึ่งแบ่งเป็นสามกลุ่มย่อยคือ น้ำอาบสนามแม่เหล็ก (150 และ 250 mT) และน้ำผ่านสนามแม่เหล็กที่ 150 mT ตลอดระยะเวลาการทดลอง การงอกบันทึกใน 48 ชั่วโมง พบว่าทั้งสองกลุ่มมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ร้อยละการงอกดีที่สุดคือน้ำผ่านสนามแม่เหล็กที่ 150 mT ตลอดระยะเวลาการทดลองสูงถึง 18% ต่อมา Moon และ Chung ได้ศึกษาการเร่งการงอกของมะเขือเทศโดยการใช้สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้คือ 4, 6, 8, 10 และ 12 kV/cm และสนามแม่เหล็กที่ใช้ 0.3, 1, 3, 10, 30 และ 100 mT เวลาที่ใช้อาบ 15, 30, 45 และ 60 วินาที ผลลัพธ์ที่ได้คือ เมล็ดมะเขือเทศที่อาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในช่วงเวลาอาบที่สั้นจะช่วยเร่งร้อยละการงอกได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าอัตราร้อยละการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 1.1 – 2.8 เท่า และช่วงเวลาการอาบที่ดีในแต่ละค่าของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคือ 30 – 45 วินาที อย่างไรก็ตามเวลาอาบ 60 วินาที ในสนามไฟฟ้าที่ 12 kV/cm พบว่ามีผลเชิงลบต่ออัตราการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ [5, 6]

ในปี 2006 A.D. Souza และคณะ ได้ศึกษาการอาบแม่เหล็กของเมล็ดมะเขือเทศก่อนการปลูกเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยใช้ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ 100 mT เวลาในการอาบ 10 นาที และ 170 mT เวลาอาบ 3 นาที ผลที่ได้คือ พื้นที่ของใบต่อต้นและน้ำหนักใบแห้งเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก มีผลมาจากการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง เนื่องจากพื้นที่ของใบเพิ่มขึ้นทำให้การกั้นแสงมากขึ้นและจำนวนของการดูดซึมน้ำมากขึ้นจึงเป็นการกระตุ้นอย่างดีที่สุดต่อการเจริญเติบโตของพืช [7]

ต่อมาในปี 2008 Vashisth และ Nagarajan ได้ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการงอกและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว (*Cicer arietinum* L.) โดยใช้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและเวลาในการอาบคือ ที่ 50 mT อาบ 2 ชั่วโมง ที่ 100 mT อาบ 1 ชั่วโมง และ 150 mT อาบ 2 ชั่วโมง ผลที่ได้คือ ความยาว พื้นที่และปริมาตรของราก ในอายุ 1 เดือน เพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเทียบกับตัวควบคุม [8]

ในปี 2010 Okumura และคณะ ได้ศึกษาการเร่งการเจริญเติบโตของพืชด้วยสนามไฟฟ้าที่ 2.5 kV/m พบว่าสนามไฟฟ้าช่วยปรับปรุงอัตราการงอกของผัก *daikon radish* และ *thale-cress* และสนามไฟฟ้ายังเพิ่มความยาว น้ำหนักของผัก *daikon radish* [3]

ในปี 2012 ได้มีนักวิจัยจากหลายประเทศได้ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เช่น Afzal และคณะ ได้ศึกษาการกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ดอกดาวเรืองด้วยสนามแม่เหล็ก โดยใช้ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ 25, 50, 75, 100 และ 125 mT เวลาอบ 3 นาที พบว่าเมล็ดของดอกดาวเรืองฝรั่งเศสที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่มีการงอก การเจริญเติบโต และพารามิเตอร์ทางชีวเคมีของต้นอ่อนเพิ่มขึ้นอย่างมากและค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ 100 mT เวลาอบที่ 3 นาที แสดงให้เห็นว่าเมล็ดมีความแข็งแรงมากที่สุดและมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและตัวอื่น ๆ ต่อมา Jamil และคณะ ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ด ด้วยการใช้น้ำสนามแม่เหล็ก ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ใช้ 5, 15, 25 และ 100 mT เวลาอบของแต่ละค่าคือ 2, 5 และ 15 นาที ผลที่ได้คือ การอบสนามแม่เหล็กก่อนการปลูก ช่วยเพิ่มจำนวนหัวเห็ด การเจริญเติบโต น้ำหนักเปียกและแห้ง และยังช่วยลดเวลาในการเก็บเกี่ยวเวลาอบที่เหมาะสมคือ 15 นาที ของ 5, 15 และ 25 mT และ 2 นาที ของ 100 mT ซึ่งสรุปได้ว่าการอบสนามแม่เหล็กที่ค่าความเข้มต่ำแต่ใช้เวลานานกับการอบสนามแม่เหล็กที่ค่าความเข้มสูงแต่ใช้เวลาสั้นได้รับผลดีเหมือนกันเมื่อเทียบกับค่าอื่น ๆ และกลุ่มควบคุม ต่อมา Subber และคณะ ได้ศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวโพด โดยใช้ค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ 50 mT เวลาอบที่ต่างกันคือ 0.25, 0.5 และ 1 ชั่วโมง พบว่า ความยาวของราก ลำต้นและร้อยละของโปรตีน เพิ่มขึ้นเป็น 31.14, 4.15 และ 11.32% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและค่าที่ได้ผลดีที่สุดคือเวลาอบ 0.5 ชั่วโมง นอกจากนี้ Iqbal และคณะ ได้ศึกษาผลของการอบสนามแม่เหล็กของเมล็ดถั่วก่อนการปลูกต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน พบว่าเมล็ดถั่วที่นำไปอบในสนามแม่เหล็กคงที่ขนาดความเข้ม 60, 120 และ 180 mT เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที มีอัตราการงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าดัชนีการงอก ค่าดัชนีการงอกสุดท้าย และค่าดัชนีความแข็งแรง เพิ่มขึ้น 86.43, 13.21 และ 204.60% ตามลำดับ และพบว่าเวลาอบสนามแม่เหล็ก 5 นาที ที่ความเข้ม 60 และ 80 mT ทำให้การงอกของเมล็ดถั่วเพิ่มขึ้นอย่างมากและสามารถนำไปใช้ในการเร่งการงอกของเมล็ดถั่วและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนได้ [4, 9-11]

ต่อมาในปี 2014 Zadeh และคณะ ได้ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อการงอกของเมล็ดตำแย โดยใช้ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ 0.8 และ 1.6 mT เวลาอบ 5, 10 และ 20 นาที เมล็ดตำแยได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แห้งและแช่น้ำ 48 ชั่วโมง พบว่าร้อยละการงอกของเมล็ดตำแยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับเมล็ดแห้งที่ความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 0.8 mT เวลาอบ 20 นาที และที่ 1.6 mT เวลาอบ 10 นาที มีร้อยละการงอกดีที่สุด เมื่อเทียบกับค่าอื่นๆ

และกลุ่มควบคุม สำหรับเมล็ดที่แช่น้ำพบว่าที่เวลาอบ 5 นาที ที่ค่าความเข้ม 0.8 และ 1.6 mT มีร้อยละการงอกดีที่สุด แต่สำหรับการอบ 20 นาที ของค่าความเข้ม 0.8 mT พบว่าได้ผลในเชิงลบ [12]

ต่อมาในปี 2015 Honzayn M. และคณะ ได้ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า และเซลล์พันธุศาสตร์ของหัวหอม (*Allium cepa* L.) โดยใช้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 0.03 และ 0.06 T เวลาอบ 30, 60 และ 90 นาที พบว่า ที่ 0.06 T เวลาอบ 30 นาที ทำให้ร้อยละการงอก อัตราการงอก ดัชนีความเร็วของการงอก และความแข็งแรงของต้นกล้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ [13]

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 สนามไฟฟ้า (Electric field)

สนามไฟฟ้า หมายถึงบริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ที่ประจุไฟฟ้า สามารถส่งอำนาจไปถึง หรือบริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น ตามจุดต่าง ๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้าจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนามจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป [14]

ถ้าให้ E เป็นขนาดของสนามไฟฟ้าตรงจุดที่ห่างจากประจุ Q เป็นระยะ r และมีแรงกระทำต่อประจุทดสอบ $+q$ ตามกฎของคูลอมบ์ดังนี้

$$\vec{F} = \frac{kQq}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

จะได้สนามไฟฟ้าของประจุ Q ณ ตำแหน่ง r นิยามได้ดังนี้

$$\vec{E} = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q} \quad (2.2)$$

เมื่อ q คือประจุทดสอบโดยที่ $\lim_{q \rightarrow 0} q \rightarrow 0$ หมายความว่าประจุทดสอบมีขนาดเล็กมากจนถือว่าไม่ไปรบกวนสนามที่เกิดจากประจุ Q

จากสมการที่ (2.1) และ (2.2) จะได้สนามไฟฟ้าดังนี้

$$\vec{E} = \frac{kQ}{r^2} \hat{r} \quad (2.3)$$

ในทางกลับกัน หากประจุ q วางในสนามไฟฟ้า \vec{E} จะมีแรง \vec{F} มากระทำต่อประจุ q โดย

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (2.4)$$

ซึ่งทิศของสนามไฟฟ้าคือทิศของแรงที่กระทำต่อประจุ $+1$ C นั้นเอง
เมื่อ

- Q, q คือประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)
- F คือแรงที่กระทำต่อประจุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
- E คือความเข้มสนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ต่อเมตร (V/m)
- r คือระยะห่างระหว่างประจุไฟฟ้ากับจุดทดสอบ มีหน่วยเป็น เมตร (m)
- k คือตัวคงค่าของคูลอมบ์ ($k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}$)

2.2.2 เส้นแรงไฟฟ้า (Electric line of force)

เส้นแรงไฟฟ้าคือเส้นต่างๆที่ใช้เพื่อแสดงทิศของสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบจุดประจุ หรือเส้นแรงไฟฟ้าใช้แสดงทิศของแรงที่กระทำต่อประจุบวกที่วางอยู่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า

2.2.3 คุณสมบัติของเส้นแรงไฟฟ้า

- 1) เส้นแรงไฟฟ้าพุ่งออกจากประจุบวก และพุ่งเข้าสู่ประจุลบ
- 2) เส้นแรงไฟฟ้าแต่ละเส้นจะไม่ตัดกัน
- 3) เส้นแรงไฟฟ้าจากประจุชนิดเดียวกัน ไม่เสริมเป็นแนวเดียวกัน แต่จะเบนแยกออกจากกันเป็นแต่ละแนว ส่วนเส้นแรงไฟฟ้าจากประจุต่างชนิดกันจะเสริมเป็นแนวเดียวกัน
- 4) เส้นแรงไฟฟ้าจะตั้งฉากกับผิวของวัตถุเสมอ
- 5) เส้นแรงไฟฟ้าจะไม่พุ่งผ่านผิวของวัตถุตัวนำ
- 6) เส้นตรงที่สัมผัสกับเส้นแรงไฟฟ้าที่จุดใดๆ จะแสดงแนวของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้น
- 7) จำนวนเส้นแรงไฟฟ้าต่อพื้นที่หน้าตัด จะเป็นสัดส่วนกับขนาดของสนามไฟฟ้า
- 8) สนามไฟฟ้าคงที่ เส้นแรงไฟฟ้าจะขนานกัน

2.2.4 สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform field)

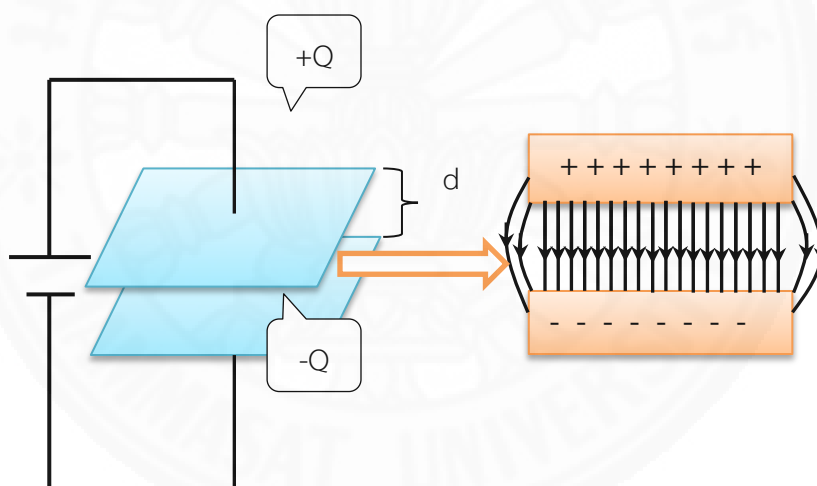
สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ คือ บริเวณที่สนามไฟฟ้ามีค่าคงที่ในทุกจุด เช่น สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนานที่มีขนาดใหญ่มากและมีระยะห่างระหว่างแผ่นขนานน้อย ๆ

แต่ในความเป็นจริงนั้นแผ่นขนานจะมีขนาดที่จำกัด ดังนั้นเส้นแรงของสนามไฟฟ้าที่บริเวณขอบของแผ่นขนานจึงไม่เป็นเส้นตรงแต่จะมีลักษณะที่บิดเบี้ยวไปดังภาพที่ 2.1 ลักษณะของสนามไฟฟ้าที่ขอบที่บิดเบี้ยวนี้เรียกว่า Fringing field การแก้ไขความบิดเบี้ยวของสนามที่ขอบกระทำได้โดยใช้ Guard ring

สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน มีแผ่นตัวนำโลหะ 2 แผ่น วางขนานกันเมื่อทำให้แผ่นหนึ่งมีประจุไฟฟ้า $+Q$ และอีกแผ่นหนึ่งมีประจุไฟฟ้า $-Q$ จะมีสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นทั้งสอง แสดงดังภาพที่ 2.1 [14]

ภาพที่ 2.1

สนามไฟฟ้าแผ่นตัวนำคู่ขนาน

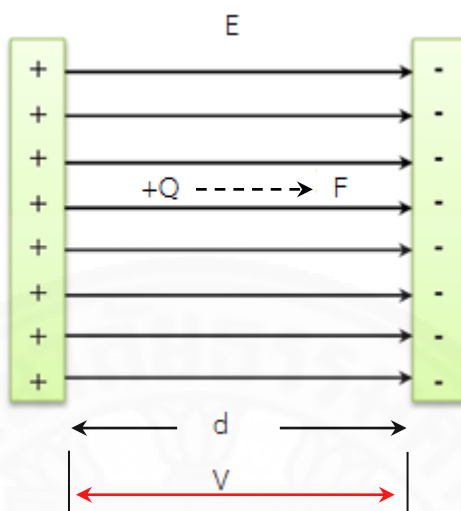


สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนานจะมีค่าคงที่ทั้งขนาดและทิศทางขนาดของสนาม E หาได้จากขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุ $+1C$ ที่วางในสนามไฟฟ้านั้น หรือหาจากความต่างศักย์ระหว่างแผ่นขนานต่อระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน [14]

ทิศของสนามหาจากทิศของแรง เมื่อนำประจุทดสอบวางลงในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ โดยทิศของสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกับทิศแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ $+1C$ ที่วางลงในสนามไฟฟ้าดังกล่าว และทิศของสนามมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของแรงที่กระทำต่อประจุลบหรือสนามไฟฟ้ามีทิศจากแผ่นบวกไปยังแผ่นลบ ดังภาพที่ 2.2 [14]

ภาพที่ 2.2

ทิศของสนามไฟฟ้า



การหาขนาดของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จากภาพที่ 2.2 จะได้ขนาดสนามไฟฟ้า ดังนี้ [14]

$$E = \frac{V}{d} \quad (2.5)$$

เมื่อ

- E คือความเข้มของสนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ต่อเมตร (V/m)
 V คือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
 d คือระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน มีหน่วยเป็น เมตร (m)

2.2.5 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดโซลินอยด์

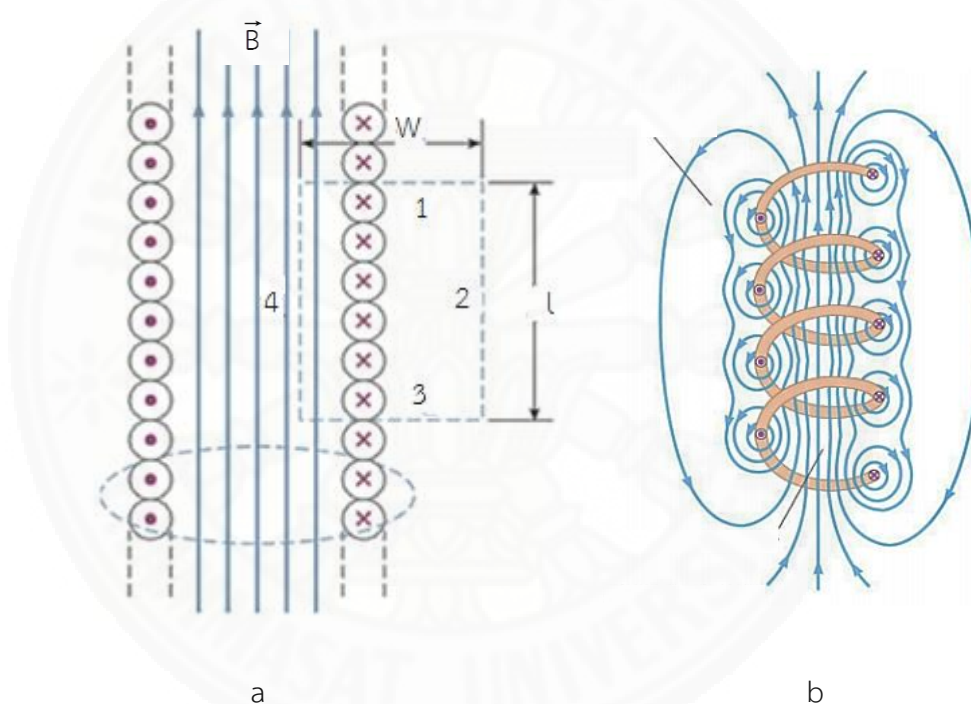
โซลินอยด์ได้จากการพันลวดจำนวน N รอบ ให้เป็นเกลียวคล้ายขดสปริงทำให้สนามแม่เหล็กภายในขดโซลินอยด์มีความสม่ำเสมอและมีความเข้มสูง เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ไหลในเส้นลวด โดยทั่วไปลวดที่พันเป็นขดสปริงจะอยู่ชิดกันมาก รัศมีของขดโซลินอยด์น้อยกว่าความยาวของโซลินอยด์มากการหาค่าสนามแม่เหล็กจากโซลินอยด์จึงพิจารณาได้จากการรวมสนามแม่เหล็กที่เกิดจากลวดวงปิดหลายวงซ้อนกัน ดังภาพที่ 2.3 b จะเห็นว่าทางด้านที่กระแสไฟฟ้าพุ่งออก สนามแม่เหล็กทางซ้ายของโซลินอยด์มีทิศลง ส่วนภายในแกนโซลินอยด์และด้านขวามีทิศขึ้น เมื่อพิจารณาด้านที่กระแสไฟฟ้าพุ่งเข้า สนามแม่เหล็กทางขวาของโซลินอยด์มีทิศลง ส่วนภายในแกนโซลินอยด์และด้านซ้ายมีทิศขึ้น จะเห็นว่าสนามแม่เหล็กภายในโซลินอยด์จะมีความเข้มสูงเนื่องจากส่วนของกระแสที่

พุ่งออกและพุ่งเข้าเสริมกันแต่บริเวณภายนอกโซลินอยด์จะมีสนามแม่เหล็กอ่อนมาก เพราะสนามแม่เหล็กจากส่วนของกระแสที่พุ่งออกและพุ่งเข้าหักล้างกัน เส้นสนามแม่เหล็กของโซลินอยด์จึงมีลักษณะดังภาพที่ 2.3 เมื่อใช้กฎของแอมแปร์หาสนามแม่เหล็กโดยสร้างวงปิดสี่เหลี่ยม กว้าง w ยาว l ดังภาพที่ 2.3 a จะแบ่งพิจารณาออกเป็น 4 บริเวณ [15]

ภาพที่ 2.3

a การหาสนามแม่เหล็กใน ลวดโซลินอยด์โดยใช้กฎของแอมแปร์

b การไหลของสนามแม่เหล็กในขดลวดโซลินอยด์



จากกฎของ แอมแปร์ พิจารณาจากภาพที่ 2.3 a

$$\mu_0 I_{in} = \oint \vec{B} \cdot d\vec{r} \quad (2.6)$$

$$\mu_0 I_{in} = \int_1 \vec{B}_1 \cdot d\vec{r} + \int_2 \vec{B}_2 \cdot d\vec{r} + \int_3 \vec{B}_3 \cdot d\vec{r} + \int_4 \vec{B}_4 \cdot d\vec{r} \quad (2.7)$$

จะเห็นว่าวงปิดกว้าง w ยาว l ล้อมรอบเส้นลวด N เส้น ซึ่งมีจำนวนขดต่อความยาวเป็น $n = N/l$ มีกระแสไฟฟ้า I ดังนั้น $I_{in} = NI$ พิจารณา $\vec{B} \cdot d\vec{r}$ ในแต่ละส่วนตลอดเส้นทางปิดในทิศ

ตามเข็มนาฬิกา เส้นทางที่ 1 และ 3 เป็นศูนย์เนื่องจากทิศของสนามแม่เหล็กในบริเวณนี้ตั้งฉากกับ ds เส้นทางที่ 2 เป็นศูนย์เนื่องจากสนามแม่เหล็กภายนอกโซลินอยด์มีค่าน้อยมาก $B_3 = 0$ ส่วนเส้นทางที่ 4 สนามแม่เหล็กมีขนาดสม่ำเสมอและอยู่ในแนวเดียวกับ ds

$$(\vec{B} \cdot d\vec{r} = |B||ds|\cos\theta; \cos 90 = 0) \text{ ดังนั้น [15]}$$

$$\int_1 \vec{B}_1 d\vec{r} = \mu_0 I_{in} \quad (2.8)$$

$$B_1 \int_1 ds = \mu_0 NI$$

$$B_1 = \mu_0 NI$$

$$B_1 = \mu_0 \frac{N}{l} I \quad (2.9)$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = \mu_0 n I \quad (2.10)$$

เมื่อ	B	คือความเข้มของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น T
	N	คือจำนวนรอบของขดลวด มีหน่วยเป็น รอบ
	l	คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด มีหน่วยเป็น A
	l	คือความยาวของขดลวด มีหน่วยเป็น m
	μ_0	คือค่าความซึมซาบแม่เหล็กของสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7}$ มีหน่วยเป็น Wb/A.m
	n	คือจำนวนขดต่อความยาว มีหน่วยเป็น รอบ/m

ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- 1) จำนวนรอบของลวดตัวนำ ถ้าพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากก็เกิดสนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจำนวนรอบน้อยการเกิดสนามแม่เหล็กก็น้อยตามไปด้วย
- 2) ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กเกิดน้อย

2.2.6 ผลกระทบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

ผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชยังไม่เป็นที่ทราบกับอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามมีหลายแนวความคิดได้เสนอขึ้นมาโดยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กทำให้พืชมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากผลกระทบทางชีวเคมี ทางกายภาพ กระบวนการเผาผลาญ ตลอดจนการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ ยังมีการสันนิษฐานอีกว่าการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของเมล็ดพืชมีผลกระทบต่อโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การซึมผ่านของไอออนและการขนส่งไอออนอยู่ในช่องไอออนได้ดีขึ้นมีผลต่อการเผาผลาญของเซลล์ เอนไซม์มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการงอก พืชที่ผ่านการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กจะมีค่าเอนไซม์สูงขึ้นในระหว่างการงอกและการเจริญเติบโต สนามแม่เหล็กมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของการหมุนอนุโมลอิสระ ผลึกเหลว หรือประจุอิเล็กตรอน อนุโมลอิสระเหล่านี้ทำให้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วและเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงกระบวนการชีวเคมีและทางสรีรวิทยาระหว่างการงอกและการเจริญเติบโต ยังมีการเสนออีกว่าผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กยังช่วยเพิ่มในอัตราการดูดซึมน้ำ ซึ่งเป็นผลทำให้พืชเพิ่มการเจริญเติบโตและวิวัฒนาการมากขึ้น [4]

นอกเหนือจากนี้ นักวิจัยยังค้นพบอีกว่า สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กช่วยเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชได้ดีขึ้น และยังพบว่าปริมาณเม็ดสี (คลอโรฟิล a คลอโรฟิล b คาร์โรทีนอยด์และเม็ดสีทั้งหมด) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สนามแม่เหล็กคงที่ [16] และยังมีการเสนออีกว่า การอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของเมล็ดมะเขือเทศนำไปสู่การเพิ่มพื้นที่ของใบต่อต้นสูงขึ้นอย่างมากและรวมถึงน้ำหนักใบแห้งของพืช ซึ่งผลมาจากการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง เนื่องจากพื้นที่ของใบเพิ่มขึ้นทำให้การกักเก็บแสงมากขึ้นและจำนวนของการดูดซึมน้ำมากขึ้นจึงเป็นการกระตุ้นที่ดีต่อการเจริญเติบโตของพืช [7]

2.2.7 นิยามการงอกของเมล็ด

การงอกของเมล็ด หมายถึง การที่รากอ่อนงอกพ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเมล็ดได้รับความชื้นโดยการดูดน้ำเข้าไป แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพขึ้นภายในเมล็ดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- 1) การดูดน้ำของเมล็ดตามปกติเมล็ดที่แก่จะแห้งมีน้ำในเมล็ดน้อย เมื่อนำเมล็ดมาแช่น้ำทำให้น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มหนาหรือแข็งจะดูดน้ำได้ช้าหรือเกือบไม่ได้เลยในธรรมชาติ อาศัยจุลินทรีย์มาทำลายหรือถูกกัดกร่อน เปลือกหุ้มเมล็ดจึงจะเริ่มดูดน้ำได้

2) การเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมแทบอลิซึม หลังจากเมล็ดดูดน้ำเข้าไปแล้วจะมีการกระตุ้นให้สร้างเอนไซม์ ขณะเดียวกันอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเพื่อสร้างพลังงาน โดยการออกซิไดส์สารอาหารที่เก็บสะสมไว้ อาหารที่พืชสะสมไว้อาจเป็นแป้ง เช่น เมล็ดธัญพืช หรือเป็นไขมัน สารอาหารเหล่านี้จะถูกออกซิไดส์ เพื่อให้ได้พลังงานและสารตัวกลางที่ใช้ในการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ และลำเลียงอาหารไปยังเอ็มบริโอ [17]

2.2.8 นิยามการเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตของพืช หมายถึง การที่พืชมีการเพิ่มความสูง เพิ่มขนาด และมีการเปลี่ยนแปลงอวัยวะต่าง ๆ ไปตามขั้นตอนของพืชนั้น ๆ เกณฑ์การวัดการเจริญเติบโตของพืชคือการวัดความสูงของพืช การนับจำนวนโครงสร้างที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพืช และการวัดน้ำหนักแห้ง

2.2.9 ตัวดัชนีที่ใช้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

(1) ดัชนีการงอก (Germination Index, GI) หมายถึง ความเร็วของการงอกของเมล็ดทั้งหมด ถ้าค่าดัชนีการงอกสูงแสดงว่าเมล็ดพืชมีความแข็งแรงและเจริญเติบโตเร็ว [8, 18-21]

($0 \leq GI \leq n$, n คือจำนวนเมล็ดทั้งหมด)

$$GI = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกวันแรก}}{\text{วันแรกของการนับ}} + \dots + \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกวันสุดท้าย}}{\text{วันสุดท้ายของการนับ}} \quad (2.11)$$

(2) ร้อยละการงอกสุดท้าย (Final Germination Percentage, FGP) หมายถึง จำนวนของเมล็ดที่งอกทั้งหมดในวันสุดท้ายของการวัด เช่น ถ้ากำหนด 7 วัน คือระยะเวลาของการวัดการงอก ดังนั้น วันที่ 7 ของการวัดคือวันสุดท้ายของการงอก แล้วเอาจำนวนของเมล็ดที่งอกทั้งหมดมาคิดหาร้อยละ ร้อยละการงอกสุดท้ายจะมีค่าสูง ถ้าจำนวนการงอกของเมล็ดมีค่ามาก ($0 \leq FGP \leq 100$) [8, 18-21]

$$FGP = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนที่งอกทั้งหมด}}{\text{จำนวนของเมล็ดทั้งหมด}} \times 100 \quad (2.12)$$

(3) การเจริญเติบโตของต้นข้าว (Seedling Growth of rice) ได้จากการวัดความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวภายใน 10 วัน

$$\text{ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าว} = \frac{\sum H}{n} \quad (2.13)$$

($\sum H$ คือผลบวกความสูงของต้นข้าวทั้งหมด , n คือจำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมด)

(4) **ดัชนีความแข็งแรง (Vigor Index, VI)** หมายถึงลักษณะรวม ๆ หลายประการของเมล็ดอันเป็นลักษณะเด่น ที่เมล็ดสามารถแสดงออกมาเช่น เปอร์เซ็นต์การงอกและการเจริญโตของต้นกล้า [8, 18-21]

$$VI = \text{ร้อยละการงอกสุดท้าย} \times \text{ความสูงของต้นข้าว} \quad (2.14)$$

เมล็ดพันธุ์มีค่าร้อยละการงอกสูงและมีการเจริญเติบโตเร็ว หมายถึง เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูง



บทที่ 3 วิธีการวิจัย

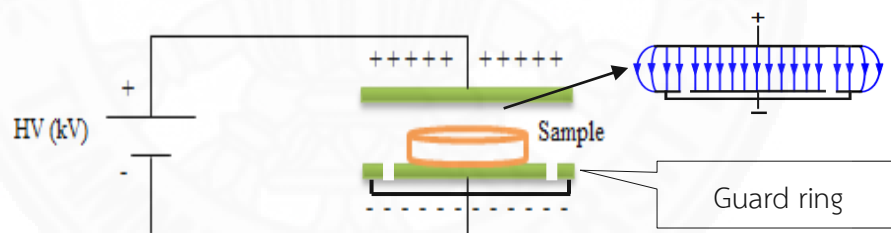
3.1 การออกแบบแหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

3.1.1 สนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้จากสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน ดังภาพที่ 3.1 แผ่นตัวนำทำจากแผ่นปรอทไฟฟ้า แผ่นล่างแสดงดังภาพที่ 3.2 a ซึ่งออกแบบให้มีการ์ดวงแหวน (guard ring) เนื่องจากสนามไฟฟ้าที่ด้านข้างของแผ่นตัวนำจะมีความเข้มข้น โดยการดัดวงแหวนจะช่วยทำให้สนามไฟฟ้าที่ด้านข้างของแผ่นตัวนำมีความเข้มข้นสม่ำเสมอเนื่องจากเส้นแรงไฟฟ้าระหว่างการ์ดวงแหวนและแผ่นตัวนำจะผลักกันทำให้เส้นแรงไฟฟ้าเป็นเส้นตรงและแผ่นบนแสดงดังภาพที่ 3.2 b ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำเท่ากับ 2 cm ($d = 2 \text{ cm}$)

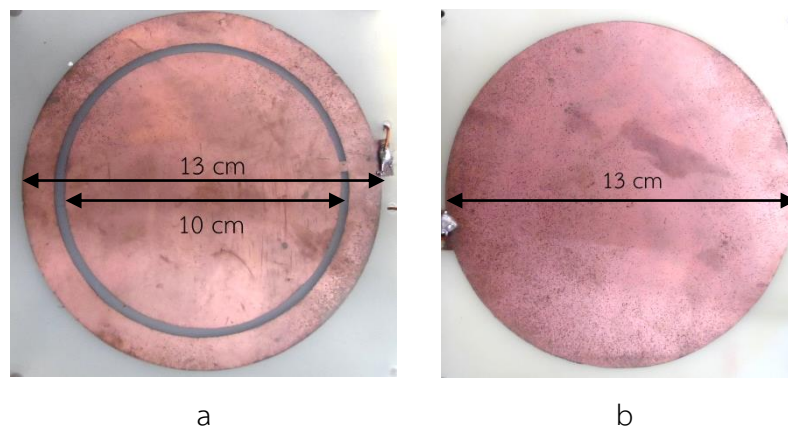
ภาพที่ 3.1

แสดงการออกแบบสนามไฟฟ้า



ภาพที่ 3.2

ขนาดของแผ่นตัวนำ



a

b

3.1.2 สนามแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้จากขดลวดโซลินอยด์ โดยมีวัสดุและวิธีการ ออกแบบดังนี้

3.1.2.1 วัสดุ

- 1) ท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 cm และยาว 30 cm จำนวน 1 อัน
- 2) แผ่นอะคริลิก (Acrylic) ขนาด 13 x 13 cm จำนวน 2 แผ่น
- 3) ลวดทองแดง
- 4) กาวร้อน จำนวน 1 ทรอด
- 5) กระดาษ A4 จำนวน 10 แผ่น

3.1.2.2 การออกแบบและสร้าง

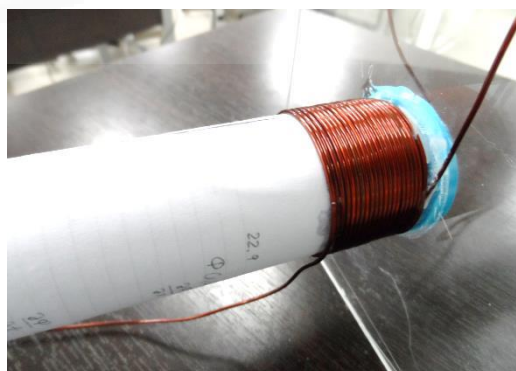
- 1) นำแผ่นอะคริลิก ยึดสองด้านของท่อพีวีซี ดังภาพที่ 3.3 a
- 2) นำลวดทองแดงมาพันรอบท่อพีวีซี โดยยึดปลายของเส้นลวดไว้ที่แผ่นอะคริลิก ด้านใดหนึ่ง การพันต้องทำให้เส้นลวดชิดกันให้มากที่สุดเพื่อความเสถียร เมื่อพันไปได้ระยะหนึ่งให้ใช้ กาวร้อนยึดไว้ แล้วค่อยพันต่อ
- 3) เมื่อพันถึงอีกด้านของท่อพีวีซี แล้วใช้กาวร้อนยึดเส้นลวดไว้ แล้วนำกระดาษมา พันกันระหว่างชั้นของเส้นลวด ดังภาพที่ 3.3 b

ภาพที่ 3.3

แสดงขั้นตอนการทำขดลวดโซลินอยด์



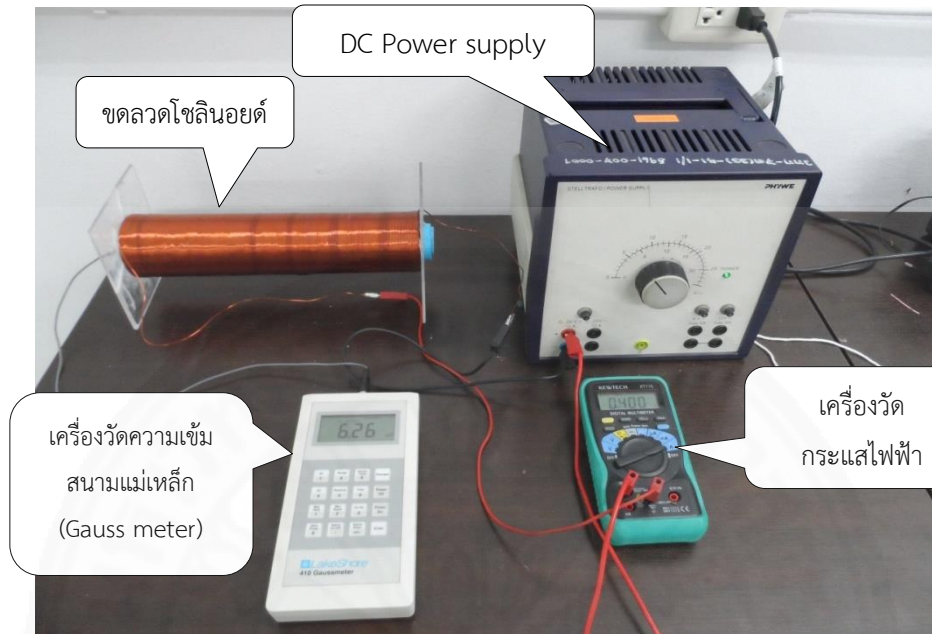
a



b

ภาพที่ 3.4

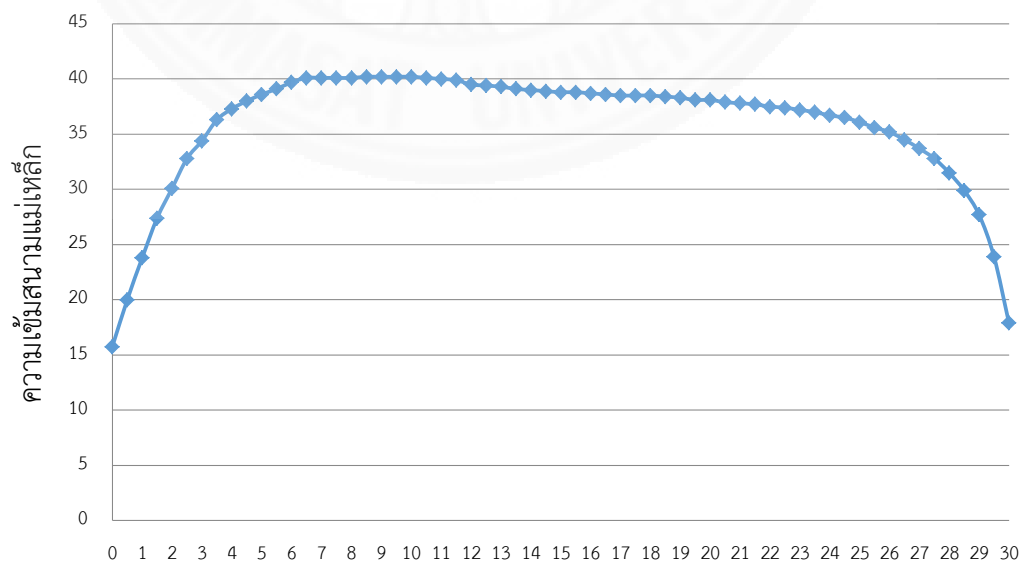
การทดสอบขดลวดโซลินอยด์



ภาพที่ 3.5

แสดงค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กกระยะต่างๆในขดลวดโซลินอยด์

การทดสอบเบื้องต้น ที่ความเข้ม 40 mT



ระยะต่าง ๆ ในขดลวดโซลินอยด์ (cm)

ขดลวดโซลินอยด์ที่ผู้ทดลองทำขึ้นมีจำนวนรอบทั้งหมด 3825 รอบ และเมื่อเอาไปทดสอบ ดังภาพที่ 3.4 โดยใช้เครื่องวัดมาตรฐาน Gauss Meter (Lakeshore, Model 410) พบว่าได้ค่าสูงสุดที่ 50 mT ซึ่งได้ค่าตามที่ต้องการ จากนั้นได้ทำการทดสอบหาระยะที่ความเข้มสนามแม่เหล็กคงที่ในขดลวด โดยใช้ความเข้มที่ 40 mT แล้วนำข้อมูลมาเขียนกราฟระหว่างความเข้มของสนามแม่เหล็กกับตำแหน่งต่าง ๆ ภายในโซลินอยด์ ได้ผลการทดลอง ดังภาพที่ 3.5 พบว่า ความเข้มของสนามแม่เหล็กค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากขดลวดร้อนขึ้นเร็วมากจึงทำให้ความต้านทานของขดลวดเพิ่มขึ้น เป็นเหตุทำให้กระแสไฟฟ้าไปผ่านขดลวดน้อยลง

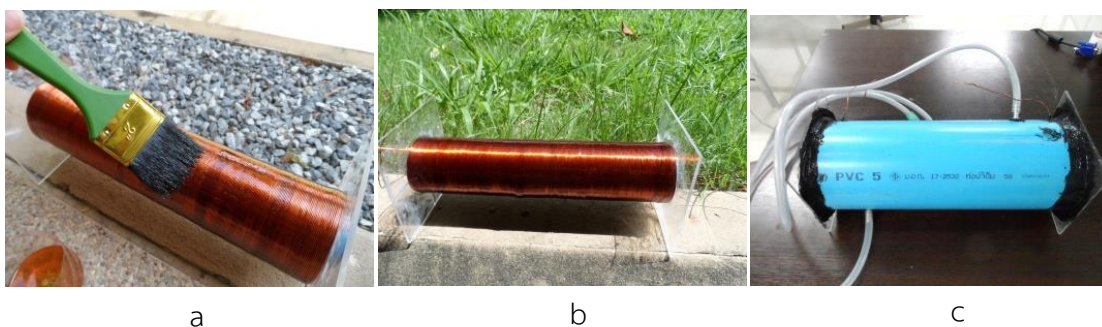
3.1.2.3 วิธีแก้ความร้อนของขดลวด

จากผลการทดสอบพบว่าขดลวดร้อนขึ้นเร็วมาก ดังนั้นผู้ทดลองได้ออกแบบช่วยคลายความร้อนของขดลวด โดยให้น้ำเย็นไหลผ่านขดลวดตลอดเวลาในระหว่างทำการทดลอง มีวิธีการออกแบบดังนี้

- 1) ใช้น้ำมันวานิชเงาทารอบ ๆ ขดลวด แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง ทาประมาณ 3 ครั้ง เพื่อยึดขดลวดให้อยู่กับที่ ดังภาพที่ 3.6 a และ 3.6 b
- 2) นำท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 cm ยาว 30 cm เจาะรูให้น้ำเข้าด้านบน และออกด้านล่าง นำเอาขดลวดเข้าไปในท่อพีวีซี จากนั้นใช้กาวทาระหว่างท่อพีวีซีกับแผ่นอะคริลิกทั้งสองด้าน เพื่อไม่ให้น้ำรั่วออกมา ดังภาพที่ 3.6 c
- 3) ใช้ปั้มน้ำขนาดเล็กที่มีอัตราการไหลของน้ำ 300 ลิตรต่อชั่วโมง ช่วยในการไหลของน้ำ

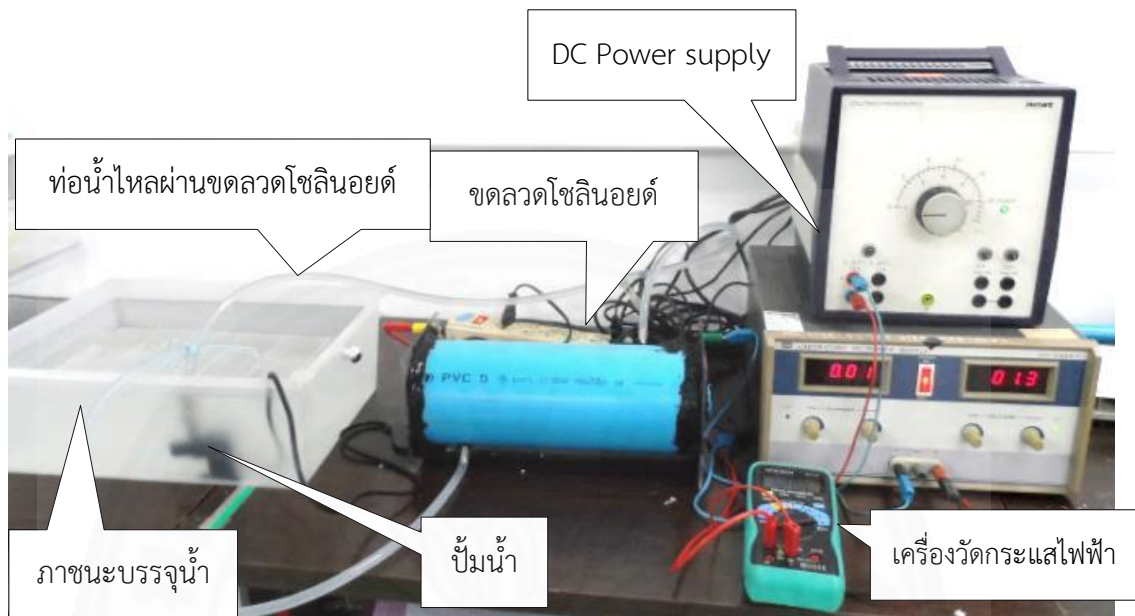
ภาพที่ 3.6

แสดงวิธีแก้ความร้อนของขดลวด



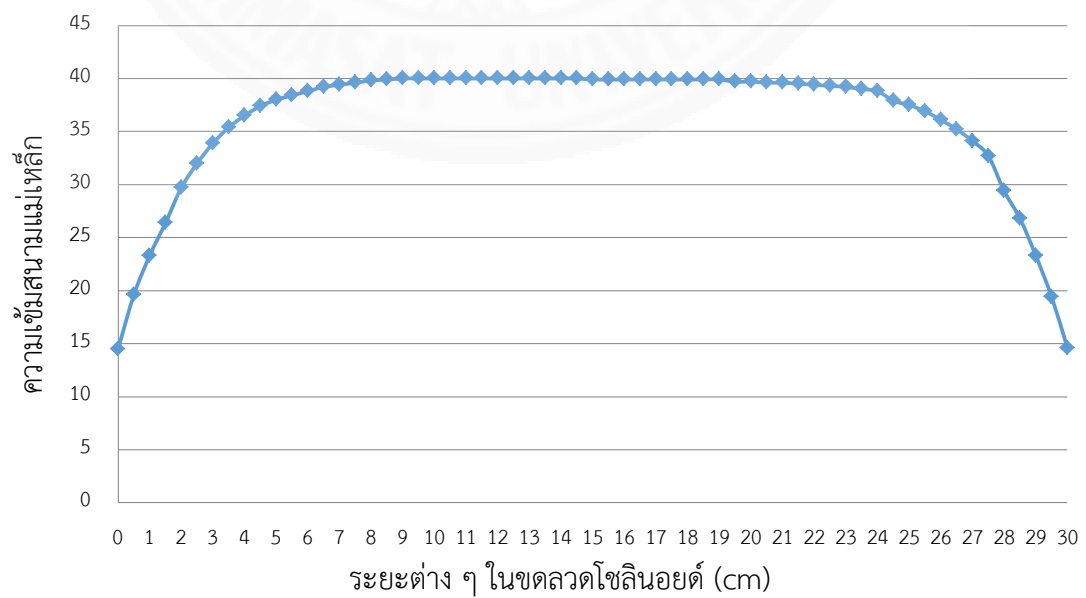
ภาพที่ 3.7

แสดงการทดสอบโดยให้น้ำเย็นไหลผ่านขดลวดตลอดทำการทดลอง



ภาพที่ 3.8

การทดสอบหลังให้น้ำเย็นไหลผ่านที่ความเข้มสนามเหล็ก 40 mT
ระยะต่าง ๆ ในขดลวดโซลินอยด์



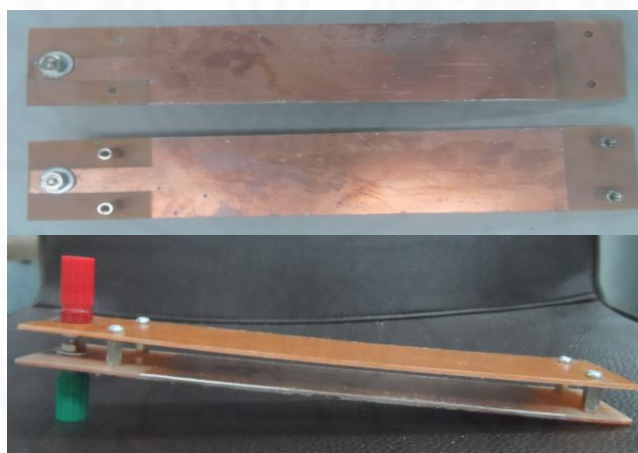
3.1.3 การออกแบบและสร้างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

สำหรับชุดการทดลองนี้ออกแบบและสร้างเพื่อใช้ในทดลองอาบเมล็ดตัวอย่างพร้อมกันทั้งสองสนาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และส่วนระบายความร้อนของขดลวดโซลินอยด์ มีวิธีการออกแบบและสร้างดังนี้

1) สนามไฟฟ้า ได้จากสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นตัวนำคู่ขนาน ดังภาพที่ 3.9 แผ่นตัวนำทำจากแผ่นปรินวเจอร์ไฟฟ้า มีขนาด กว้าง 3.5 cm และยาว 20 cm ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำเท่ากับ 1 cm ($d = 1$ cm)

ภาพที่ 3.9

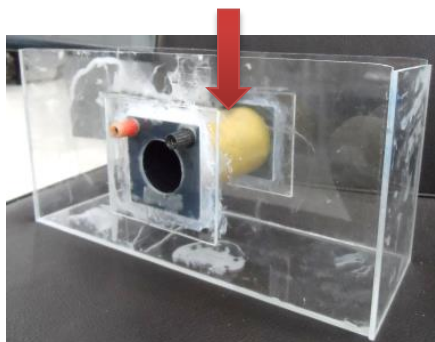
แผ่นตัวนำคู่ขนาน



2) สนามแม่เหล็ก ได้จากขดลวดโซลินอยด์ ดังภาพที่ 3.10 โดยมีความยาวขนาด 10 cm เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 cm

ภาพที่ 3.10

ขดลวดโซลินอยด์

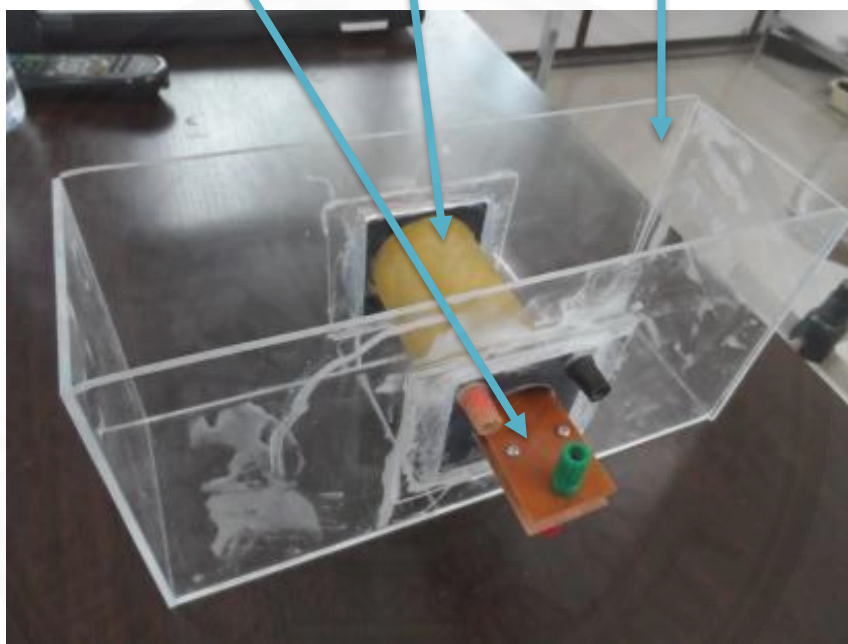


3) ส่วนระบายความร้อนของขดลวดโซลินอยด์ คือ ภาชนะบรรจุน้ำ โดยใช้น้ำเป็นตัวช่วยระบายความร้อนให้กับขดลวดโซลินอยด์ในขณะที่ทำการทดลอง ภาชนะบรรจุน้ำทำจากแผ่นอะคริลิกมีขนาด กว้าง 10.5 cm ยาว 31 cm และลึก 15.5 cm

เมื่อนำทั้ง 3 ส่วนมาประกอบเข้ากัน จะได้ดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11

แผ่นตัวนำคู่ขนาน ขดลวดโซลินอยด์ และภาชนะบรรจุน้ำ



3.1.4 การออกแบบที่ปลุกข้าวในฟองน้ำ

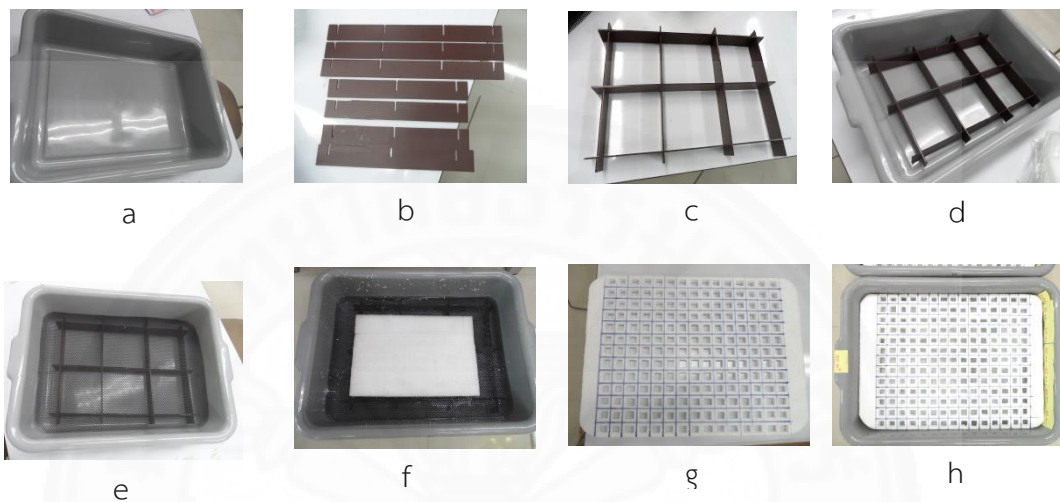
ในการทดลองนี้ จะทำการปลุกข้าวในฟองน้ำ โดยเป็นฟองน้ำสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการปลูกเมล็ดพันธุ์และใช้ถาดยางทำเป็นไร่นา ซึ่งมีวัสดุและขั้นตอนการทำดังนี้

- 1) ถาดยาง ขนาด 45 x 34 x 15 cm ดังภาพที่ 3.12 a
- 2) แผ่นยาง ตัดเป็นสองขนาด ดังภาพที่ 3.12 b คือ ตัวยาวมีสามตัว ขนาด 45 x 4 x 0.2 cm ตัวสั้นมีสี่ตัว ขนาด 34 x 4 x 0.2 cm จากนั้น ประกอบเข้ากัน ดังภาพที่ 3.12 c เมื่อนำไปวางในถาดจะเป็นดังภาพที่ 3.12 d
- 3) ตาข่ายยาง ตัดให้เท่ากับขนาดของถาด แล้วนำไปวางลงในถาด ดังภาพที่ 3.12 e
- 4) ฟองน้ำที่จะใช้เป็นที่ปลุกข้าว วางบนตาข่าย ดังภาพที่ 3.12 f

5) ตัดแผ่นโฟมให้เท่ากับขนาดของถาด แล้วใช้คัตเตอร์เจาะรู ดังภาพที่ 3.12 g จากนั้นนำไปวางบนฟองน้ำ ดังภาพที่ 3.12 h

ภาพที่ 3.12

แสดงขั้นตอนการออกแบบและสร้างที่ปลูกเมล็ดข้าว



3.1.5 การคัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์

เมล็ดข้าวที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์ข้าวที่นำมาจาก จังหวัดสุพรรณเขต สปป ลาว ชื่อตามท้องถิ่นเรียกว่า ข้าวเจ้าแดง การคัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์มีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำเมล็ดข้าวแช่น้ำประมาณ 5 นาที ดังภาพที่ 3.13 a
- 2) คัดเอาเมล็ดที่ฟูออก ดังภาพที่ 3.13 b
- 3) นำเอาเมล็ดที่จมน้ำมาตากในห้องให้แห้งดังภาพที่ 3.13 c
- 4) คัดแต่ละเมล็ดอีกทีก่อนจะนำมาอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กดังภาพที่ 3.13 d

ภาพที่ 3.13

แสดงการคัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์

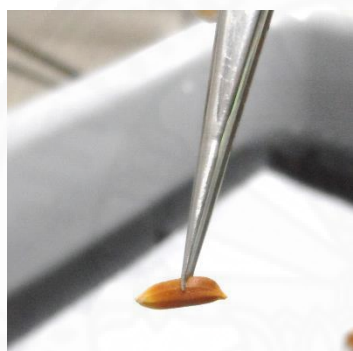


3.1.6 การปลูกเมล็ดข้าวในฟองน้ำ

ฟองน้ำมีขนาด $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ cm และมีที่ปลูกเมล็ดตรงกลางคล้ายรูปตัว X การปลูกเมล็ดข้าวลงในฟองน้ำต้องรดน้ำให้ฟองน้ำเปียกก่อนแล้วค่อยนำเอาเมล็ดข้าวมาปลูก โดยเอาด้านที่ไม่มีจมูกข้าวลงด้านล่าง ดังภาพที่ 3.14 a ถ้าเอาด้านที่มีจมูกข้าวลงด้านล่าง ผลการงอกของเมล็ดจะเป็นดังภาพที่ 3.14 b ซึ่งมีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตด้วย ความลึกของเมล็ดข้าวในฟองน้ำวัดจากด้านบนประมาณ 0.5 cm

ภาพที่ 3.14

การปลูกเมล็ดข้าวในฟองน้ำ



a



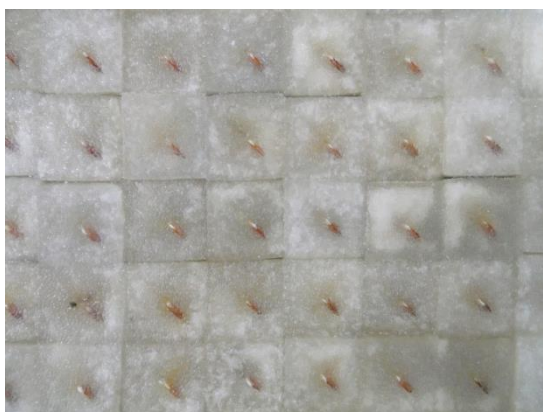
b

3.1.7 การวัดการงอกของเมล็ดข้าว

การวัดการงอกของเมล็ดข้าวในการทดลองนี้ จะวัดเมื่อปลูกเมล็ดข้าวไประหว่างวันที่ 1-4 โดยพิจารณาจากรากอ่อนงอกพ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ดังภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15

การงอกของเมล็ดข้าว

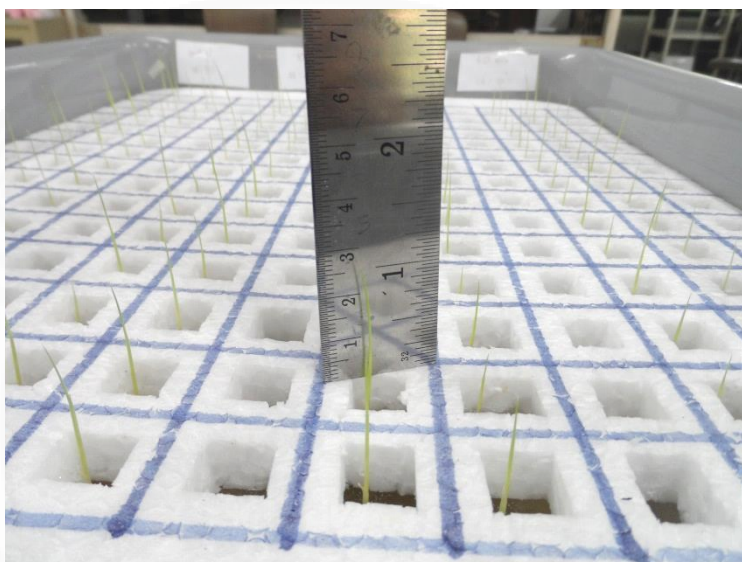


3.1.8 การวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าว

การวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้จากการวัดความสูงของต้นข้าว โดยวัดในช่วงวันที่ 5-10 ของการทดลอง ดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16

การวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าว

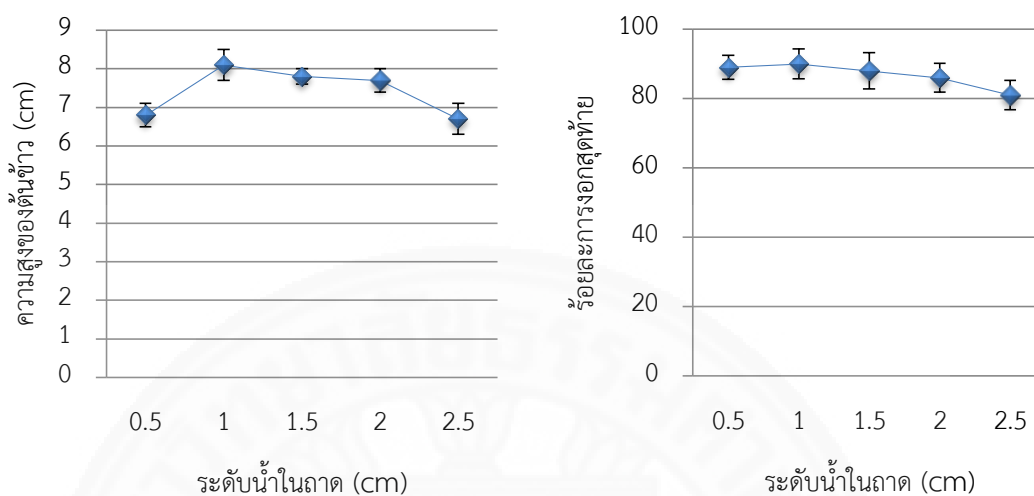


3.1.9 การศึกษาปริมาณน้ำในถาด

การทดลองในนี้ ผู้ทดลองได้ออกแบบไร่นาโดยไม่ต้องรดน้ำให้เมล็ดข้าวในแต่ละวันคือ จะใส่น้ำเพียงครั้งเดียวตลอดระยะเวลาการทดลอง เหตุผลคือการรดน้ำในแต่ละวันอาจจะทำให้เมล็ดได้รับน้ำไม่เท่ากัน สำหรับการศึกษาค้นคว้าผู้ทดลองได้ทำการปลูกเมล็ดข้าวจำนวน 100 เมล็ดต่อถาด (เมล็ดข้าวที่ยังไม่อาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก) จำนวน 5 ถาด ซึ่งแต่ละถาดใส่ระดับน้ำแตกต่างกันคือ 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 cm โดยทั้ง 5 ระดับนี้เทียบกับความสูงของโฟม แล้วติดตามการงอกของเมล็ด ความสูงต้นข้าวอ่อน และการลดลงของระดับน้ำ เป็นเวลา 10 วัน ผลที่ได้คือระดับน้ำที่ 1 cm เป็นระดับน้ำที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้ โดยเทียบกับระดับอื่น ๆ ซึ่งพิจารณาจากร้อยละการงอกของเมล็ด และความสูงของต้นข้าว แสดงดังภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.17

แสดงผลของการศึกษาระดับน้ำที่เหมาะสมในการปลูกเมล็ดข้าวในถาด



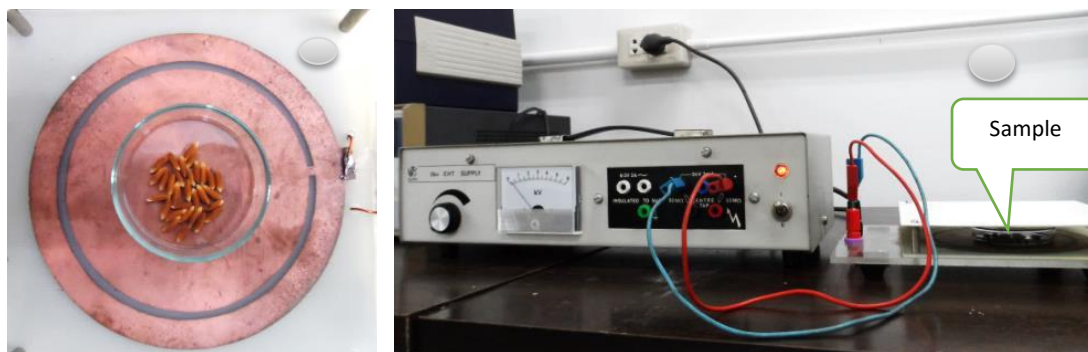
3.1.10 การอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของเมล็ดข้าว

3.1.10.1 การอาบสนามไฟฟ้า

การอาบเมล็ดข้าวในสนามไฟฟ้า คือนำเมล็ดข้าวจำนวน 30 เมล็ด (ข้าว 30 เมล็ด ต่อ 1 ครั้งการทดลอง) วางไว้ในจานเพาะเชื้อ แล้วนำไปวางไว้ตรงกลางของแผ่นตัวนำด้านล่าง ดังภาพที่ 3.18 a จากนั้นต่อวงจร ดังภาพที่ 3.18 b การกำหนดความเข้มและเวลาอาบสนามไฟฟ้าคือ ความเข้มของสนามไฟฟ้า 0.5, 1 และ 5 kV/m เวลาอาบ 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที เพื่อหาเวลาอาบที่เหมาะสมและหาความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เหมาะสม

ภาพที่ 3.18

แสดงการอาบเมล็ดข้าวในสนามไฟฟ้า



a

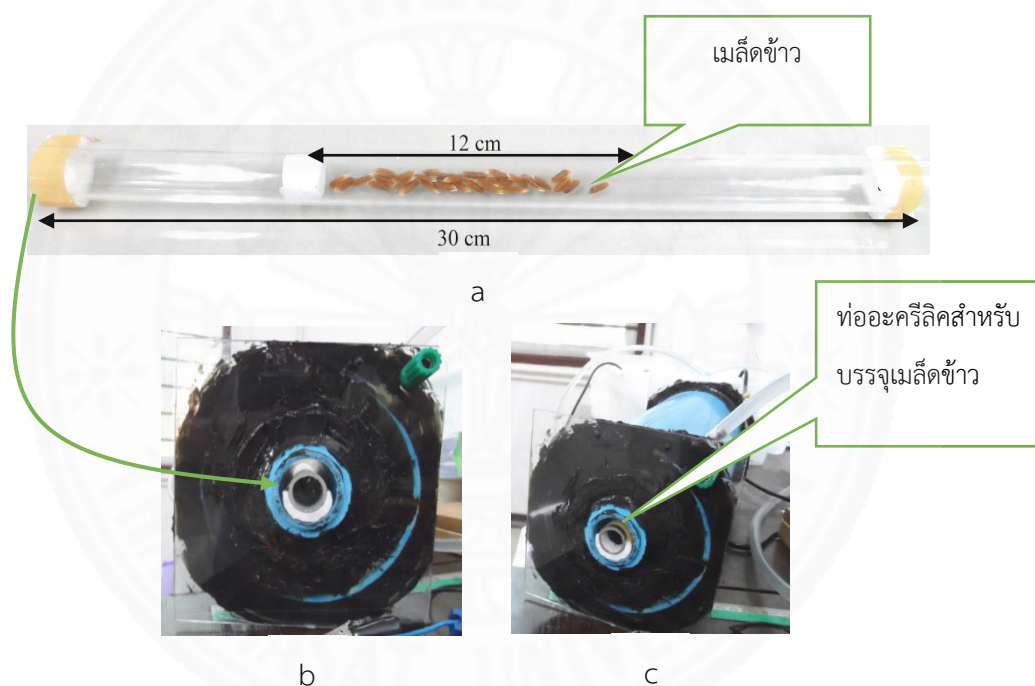
b

3.1.10.2 การอบสนามแม่เหล็ก

การอบเมล็ดข้าวในสนามแม่เหล็ก คือนำเอาเมล็ดข้าว จำนวน 30 เมล็ด วางในท่ออะคริลิกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 cm ยาว 30 cm ตำแหน่งที่เมล็ดข้าวอยู่คือตำแหน่งที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.19 a จากนั้นนำเอาท่ออะคริลิกไปวางไว้ตรงกลางของขดลวด (ในท่อพีวีซี) ดังภาพที่ 3.19 b และ 3.19 c

ภาพที่ 3.19

แสดงการอบเมล็ดข้าวในสนามแม่เหล็ก



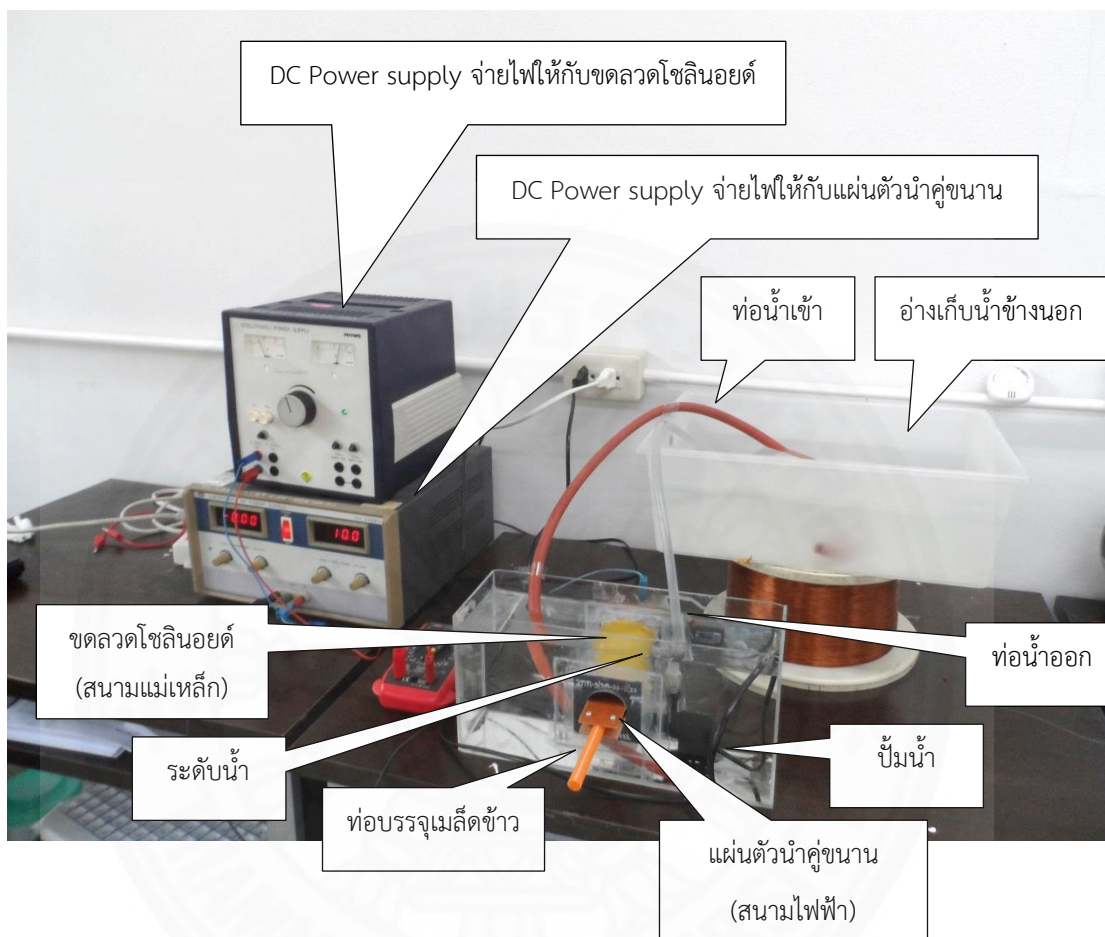
การกำหนดความเข้มสนามแม่เหล็กและเวลาอบคือ 10, 20 และ 40 mT เวลาอบ 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 นาที เพื่อหาเวลาอบ และความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม

3.1.10.3 การอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

การอบเมล็ดข้าวในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก คือนำเอาเมล็ดข้าว จำนวน 30 เมล็ด วางในท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 cm และยาว 10 cm ตำแหน่งที่เมล็ดข้าวอยู่คือตำแหน่งตรงกลางของแผ่นตัวนำคู่ขนานและขดลวดโซลินอยด์ที่มีความเข้มของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.20

ภาพที่ 3.20

แสดงส่วนต่าง ๆ ของวงจรและการอาบเมล็ดข้าวในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก



การกำหนดความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กและเวลาอบแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

- 1) ที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 1 kV/m และความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 mT และเวลาอบ 1, 5, 10, 20, 30 และ 60 นาที เพื่อหาเวลาอบที่เหมาะสม
- 2) ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 mT เวลาอบ 10 นาที และความเข้มสนามไฟฟ้าที่ 0.5, 1 และ 1.5 kV/m เพื่อหาความเข้มสนามไฟฟ้าที่เหมาะสม
- 3) ที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 1 kV/m เวลาอบ 10 นาที และความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 mT เพื่อหาความเข้มสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม

บทที่ 4

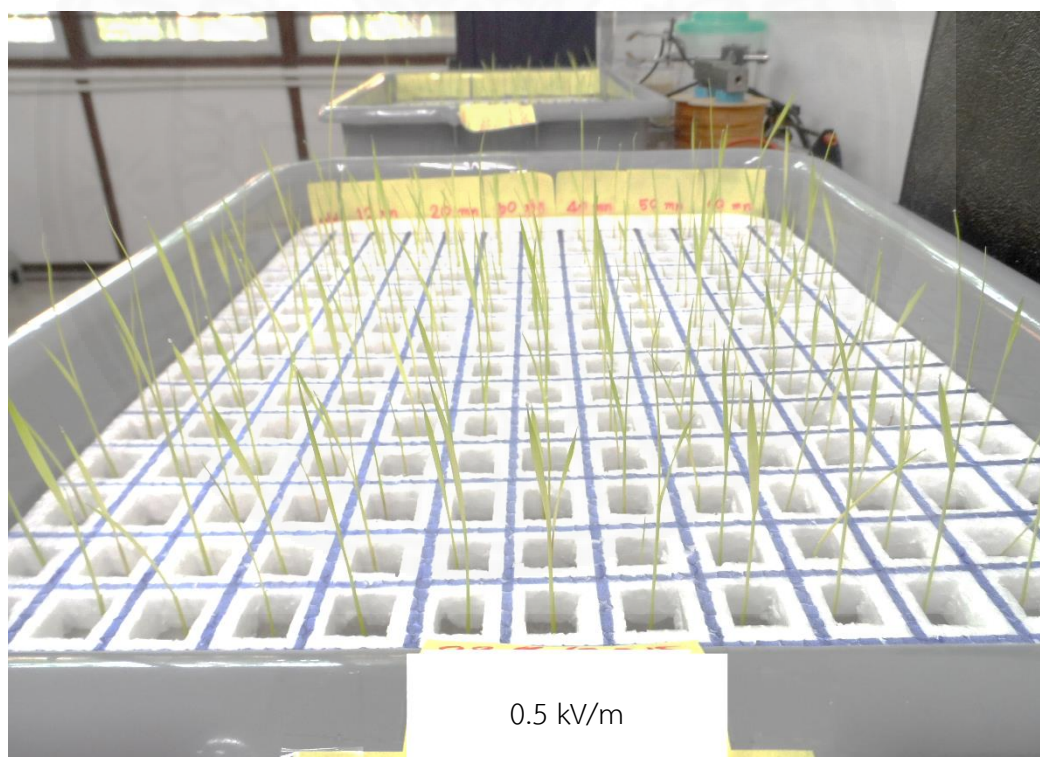
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาการอบสนามไฟฟ้าของเมล็ดข้าว

จากการทดลองการงอกและการวัดความสูงของต้นกล้าโดยเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าส่วนใหญ่มีการงอกและการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ดังภาพที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

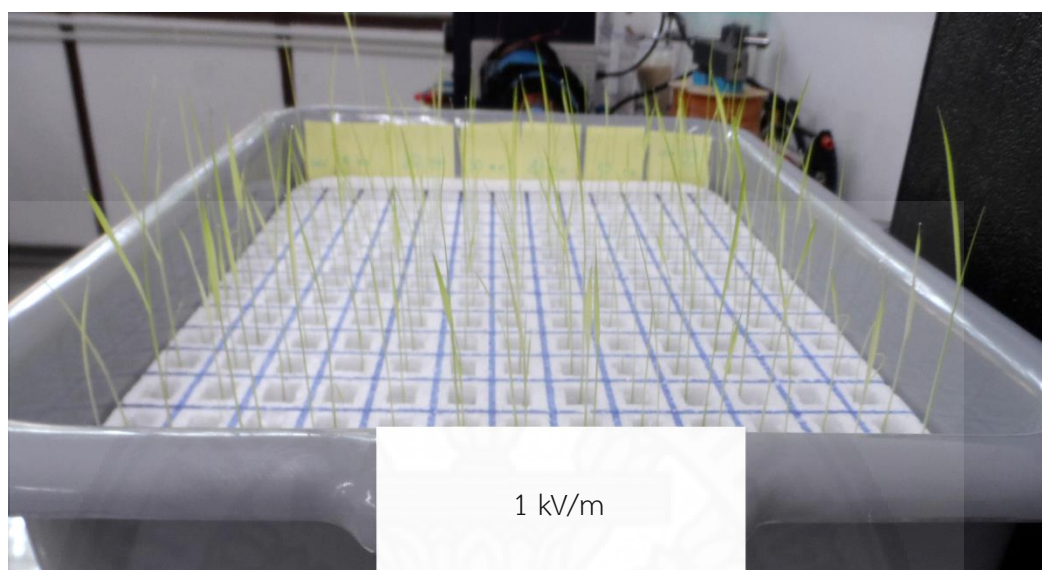
ภาพที่ 4.1

รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5 kV/m ในเวลา 10 วัน



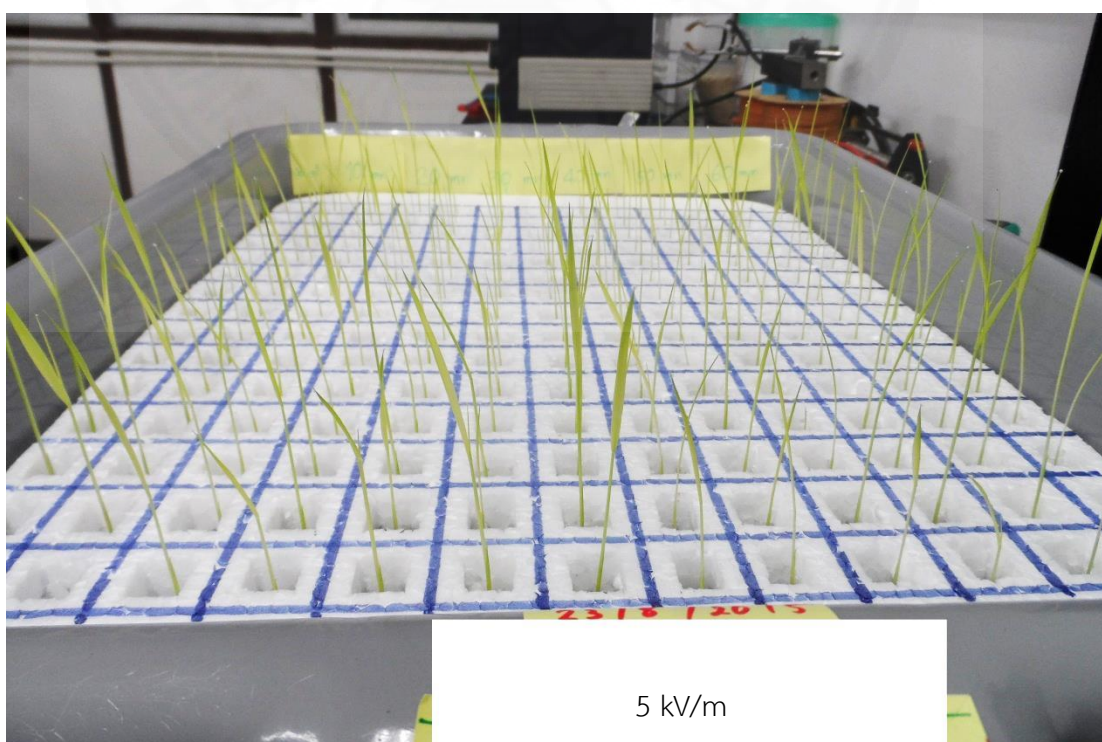
ภาพที่ 4.2

รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 1 kV/m ในเวลา 10 วัน



ภาพที่ 4.3

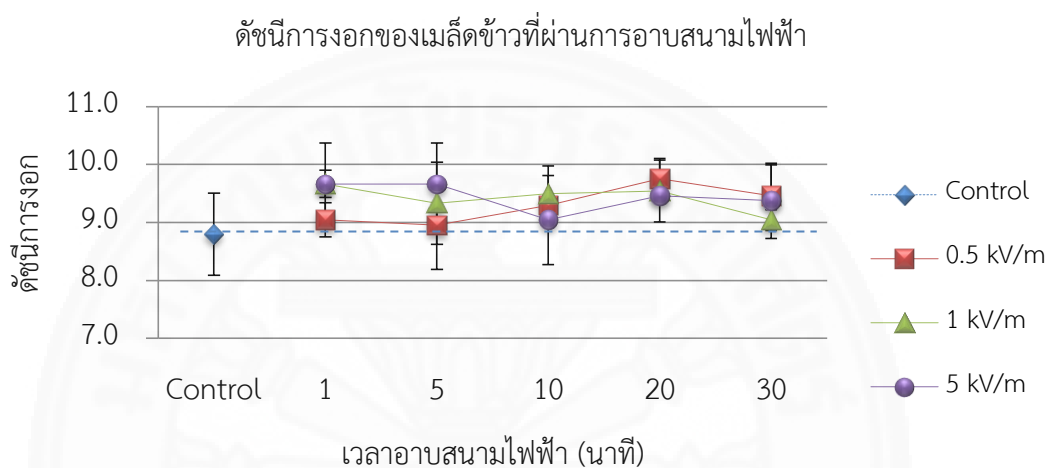
รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 5 kV/m ในเวลา 10 วัน



4.1.1 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.4 เป็นกราฟดัชนีการงอกที่เวลาอบต่าง ๆ ที่ค่าความเข้ม 0.5, 1 และ 5 kV/m พบว่าดัชนีการงอกเมื่ออบสนามไฟฟ้าค่าต่าง ๆ มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมโดยมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้ม 0.5 kV/m เวลาอบ 20 นาที และที่ความเข้ม 5 kV/m ที่เวลาอบ 1 และ 5 นาที

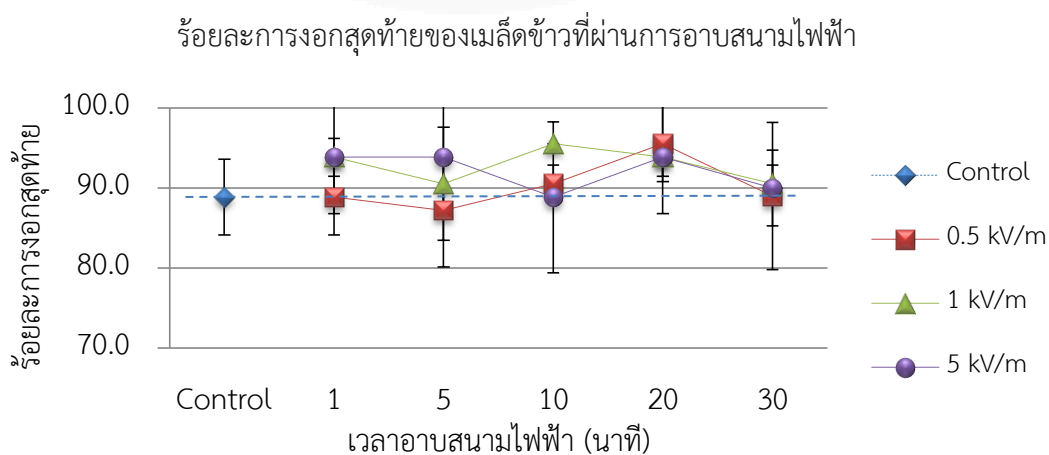
ภาพที่ 4.4



4.1.2 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการงอกสุดท้าย และเวลาอบต่าง ๆ ที่ค่าความเข้ม 0.5, 1 และ 5 kV/m พบว่าที่ความเข้ม 0.5 kV/m เวลาอบ 20 นาที และความเข้ม 1 kV/m ที่เวลาอบ 10 และ 20 นาที จะมีร้อยละการงอกสุดท้ายสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนที่ความเข้ม 5 kV/m ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ภาพที่ 4.5

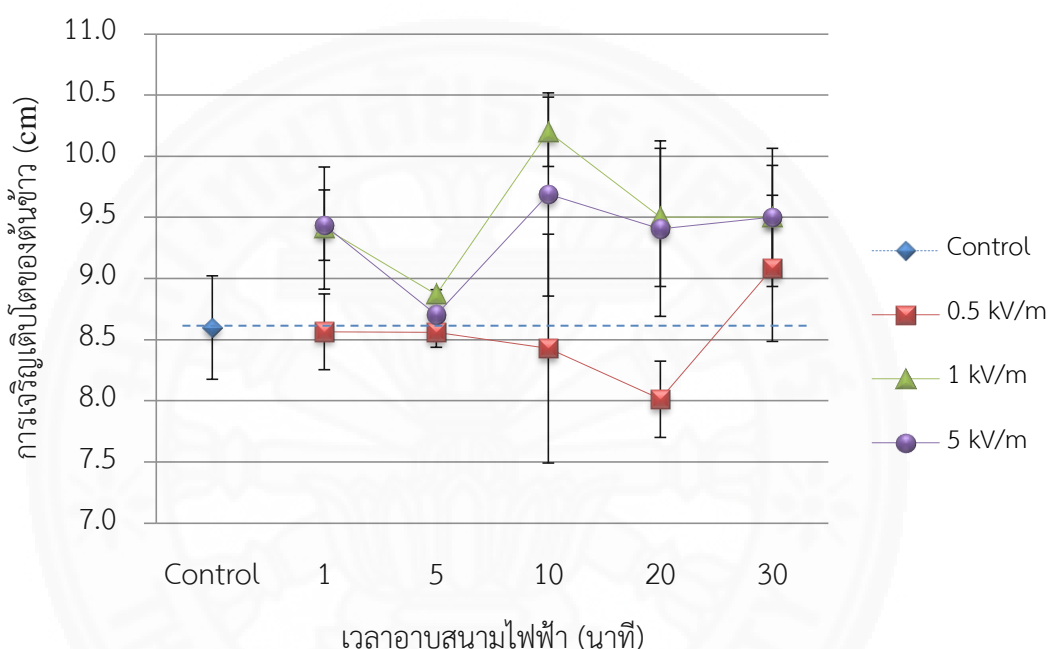


4.1.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.6 เป็นกราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่เวลาอบต่าง ๆ ที่ค่าความเข้ม 0.5, 1 และ 5 kV/m พบว่าที่ความเข้ม 0.5 kV/m การเจริญเติบโตของต้นข้าวไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม และต้นข้าวมีการเจริญเติบโตสูงสุดที่เวลาอบ 10 นาที ที่ความเข้ม 1 kV/m

ภาพที่ 4.6

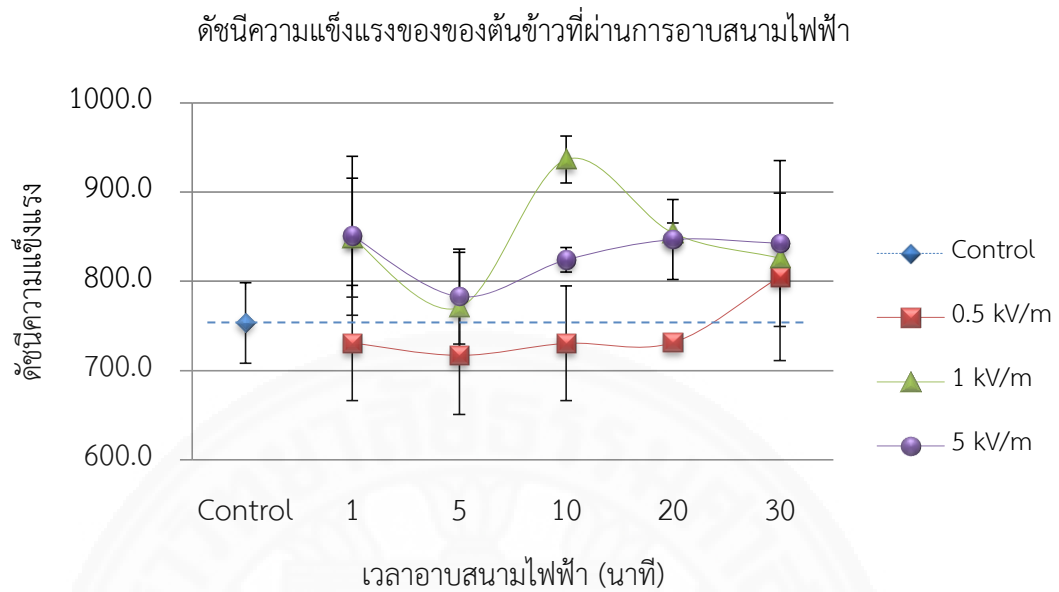
การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า



4.1.3 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.7 เป็นกราฟระหว่างดัชนีความแข็งแรงและเวลาอบต่าง ๆ ที่ค่าความเข้ม 0.5, 1 และ 5 kV/m พบว่าที่ความเข้ม 0.5 kV/m จะมีเฉพาะเวลาอบ 30 นาที ที่มีดัชนีความแข็งแรงต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนที่ความเข้ม 1 และ 5 kV/m ต้นข้าวมีดัชนีความแข็งแรงสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นที่เวลาอบ 5 นาที โดยเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้ามีดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมมากที่สุดที่เวลาอบนาน 10 นาที ที่ความเข้ม 1 kV/m

ภาพที่ 4.7

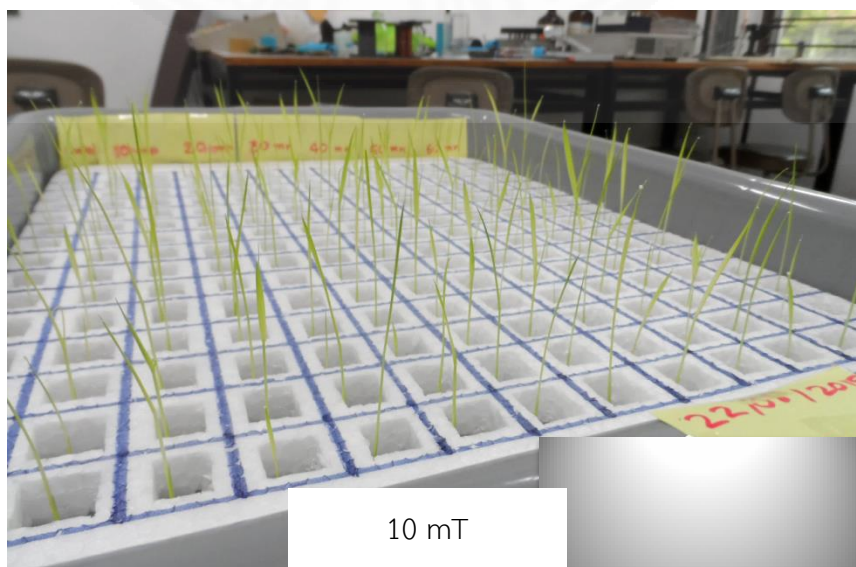


4.2 ผลของการอบสนามแม่เหล็กของเมล็ดข้าว

จากการทดลองการงอกและการวัดความสูงของต้นกล้าโดยเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่มีการงอกและการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ดังภาพที่ 4.8, 4.9 และ 4.10

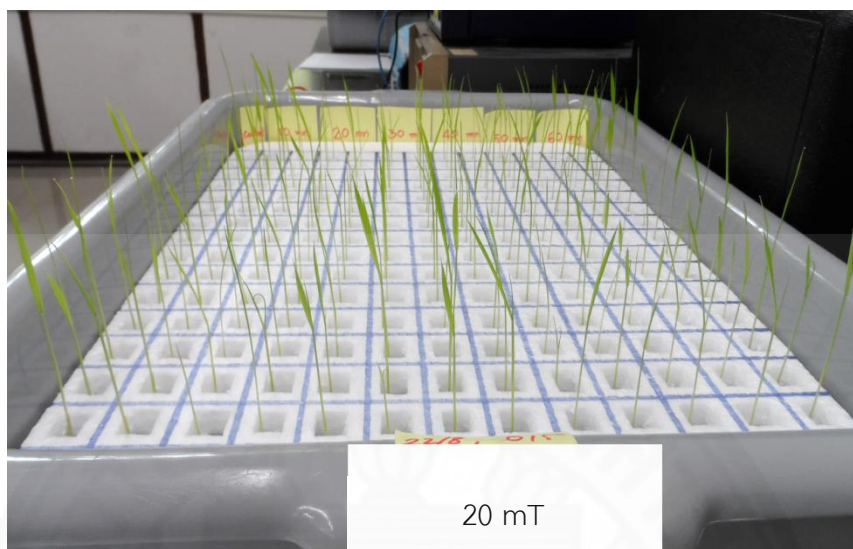
ภาพที่ 4.8

รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 10 mT ในเวลา 10 วัน



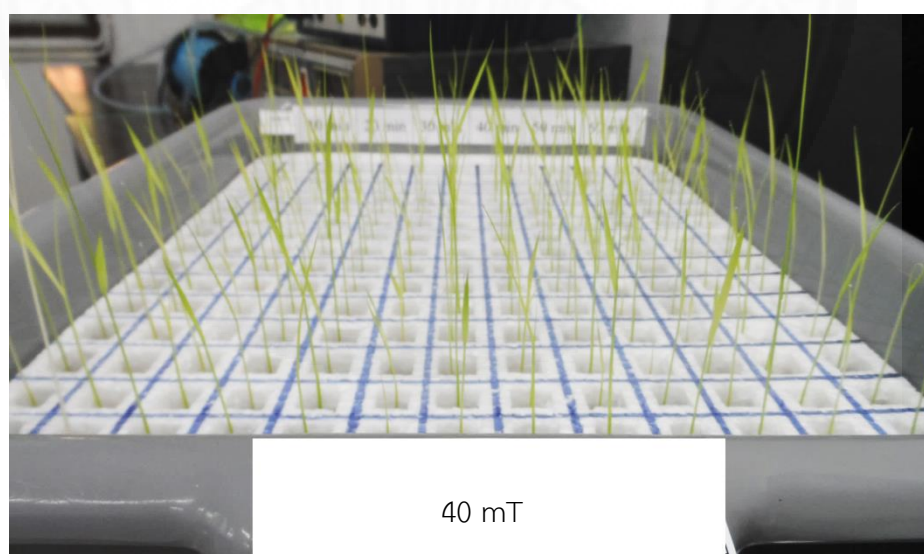
ภาพที่ 4.9

รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 mT ในเวลา 10 วัน



ภาพที่ 4.10

รูปของต้นข้าวที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 mT ในเวลา 10 วัน



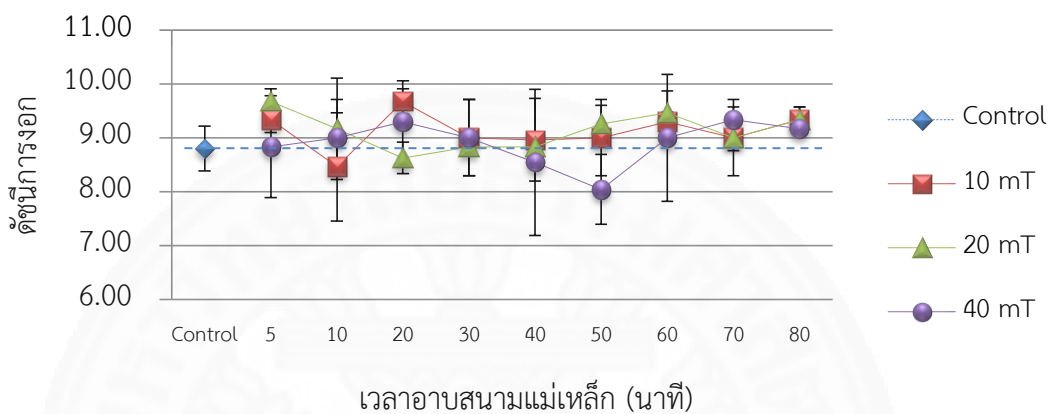
4.2.1 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก

จากภาพที่ 4.11 เป็นกราฟดัชนีการงอกและเวลาอบต่าง ๆ ในสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 10, 20 และ 40 mT พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 10 mT ที่เวลาอบ 5, 20, 60 และ 80 นาที มีดัชนีการงอกสูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนที่ความเข้ม 20 mT มีดัชนีการ

งอกสูงที่เวลาอบ 5, 10, 50, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 40 mT มีดัชนีการงอกสูงที่เวลาอบ 20, 60, 70 และ 80 นาที และมีบางช่วงเวลาอบของแต่ละความเข้มไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.11

ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก

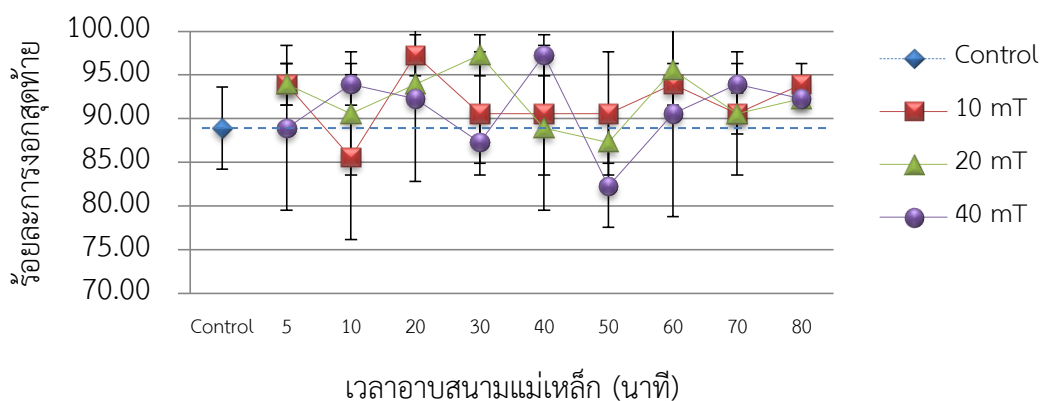


4.2.2 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก

จากภาพที่ 4.12 เป็นกราฟร้อยละการงอกสุดท้ายและเวลาอบต่าง ๆ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 10, 20 และ 40 mT พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 10 mT ที่เวลาอบ 5, 20, 60 และ 80 นาที มีร้อยละการงอกสุดท้ายสูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนที่ความเข้ม 20 mT มีร้อยละการงอกสุดท้ายสูงที่เวลาอบ 5, 20, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 40 mT มีร้อยละการงอกสุดท้ายสูงที่เวลาอบ 30 และ 60 นาที และมีบางช่วงเวลาอบของแต่ละความเข้มไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

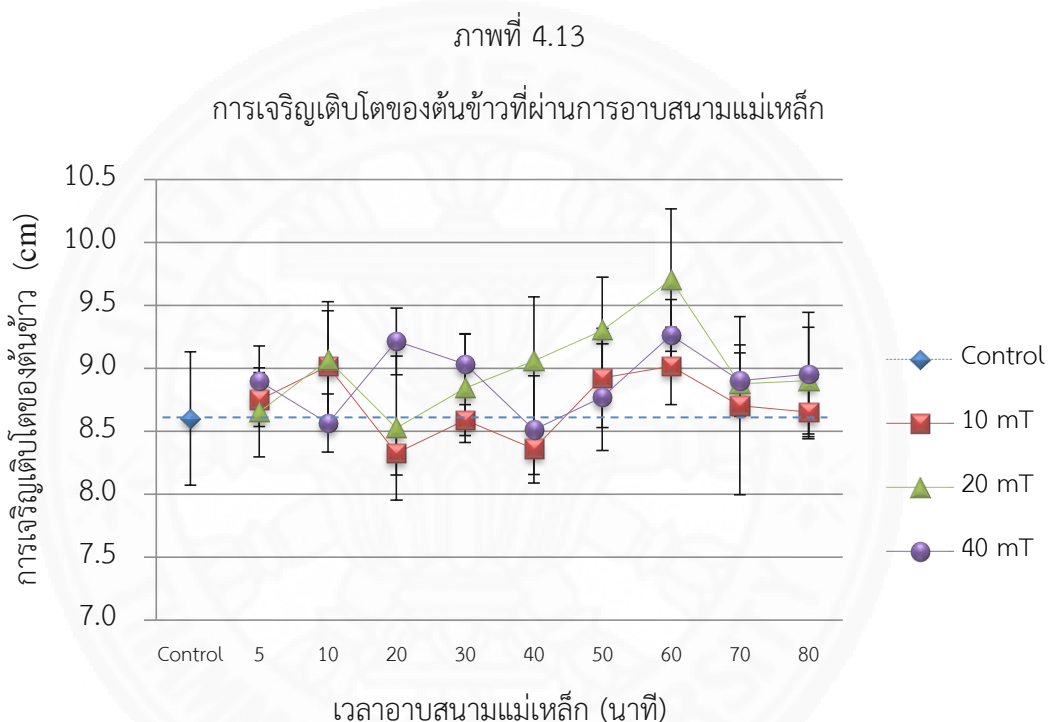
ภาพที่ 4.12

ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก



4.2.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก

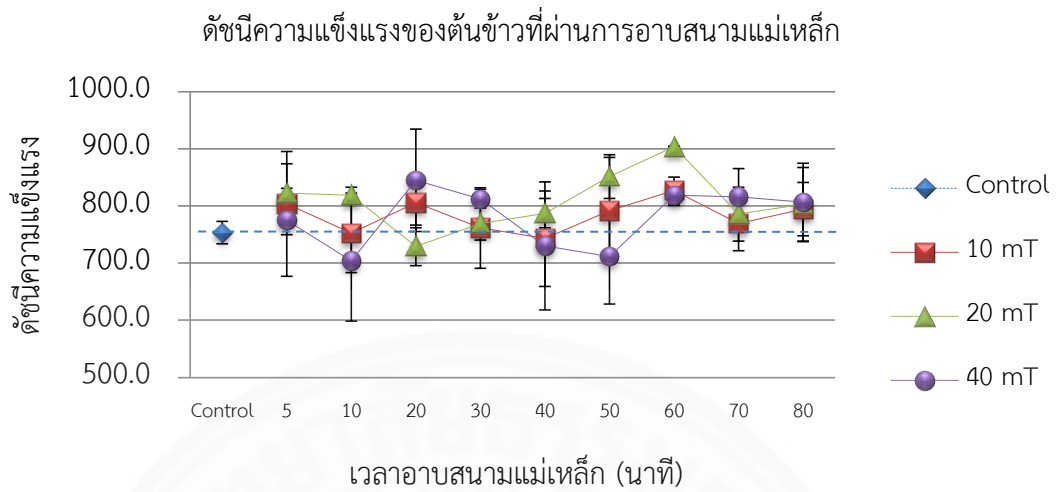
จากภาพที่ 4.13 เป็นกราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่เวลาอบต่าง ๆ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 10, 20 และ 40 mT พบว่าต้นข้าวมีการเจริญเติบโตมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เวลาอบระหว่าง 50 ถึง 60 นาที และช่วงเวลา 20 ถึง 30 นาที สำหรับการอบความเข้มสนามแม่เหล็ก 40 mT โดยต้นข้าวมีการเจริญเติบโตมีแนวโน้มสูงสุดที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 mT และอบนาน 60 นาที



4.2.4 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก

จากภาพที่ 4.14 เป็นกราฟระหว่างดัชนีความแข็งแรงและเวลาอบต่าง ๆ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 10, 20 และ 40 mT พบว่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 20 mT จะให้ค่าดัชนีความแข็งแรงสูงกว่าความเข้มอื่นๆ อย่างชัดเจน ในช่วงเวลาอบระหว่าง 40 และ 60 นาที และค่าดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุดที่เวลาอบ 60 นาที

ภาพที่ 4.14



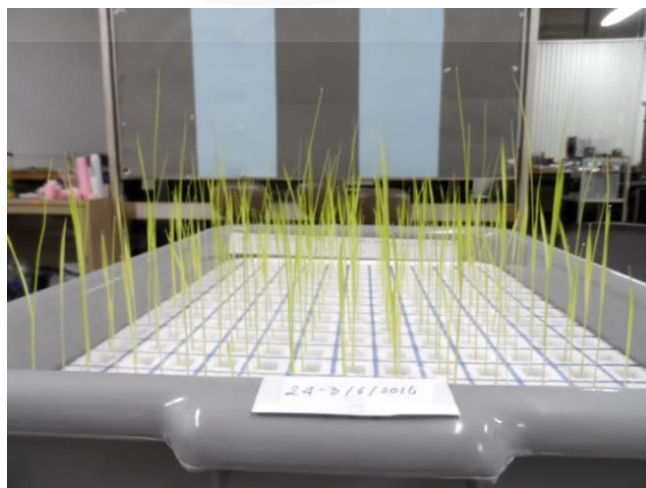
4.3 ผลของการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของเมล็ดข้าว

การศึกษการอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กโดยกำหนดเอาความเข้มสนามไฟฟ้าที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็ก 20 mT แล้วเปลี่ยนเวลาอบต่าง ๆ เพื่อหาเวลาอบที่เหมาะสม และจากนั้นเปลี่ยนค่าความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

จากการทดลองที่ความเข้มของสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็ก 20 mT การงอกและการวัดความสูงของต้นข้าวโดยเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่มีการงอกและการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ดังภาพที่ 4.15

ภาพที่ 4.15

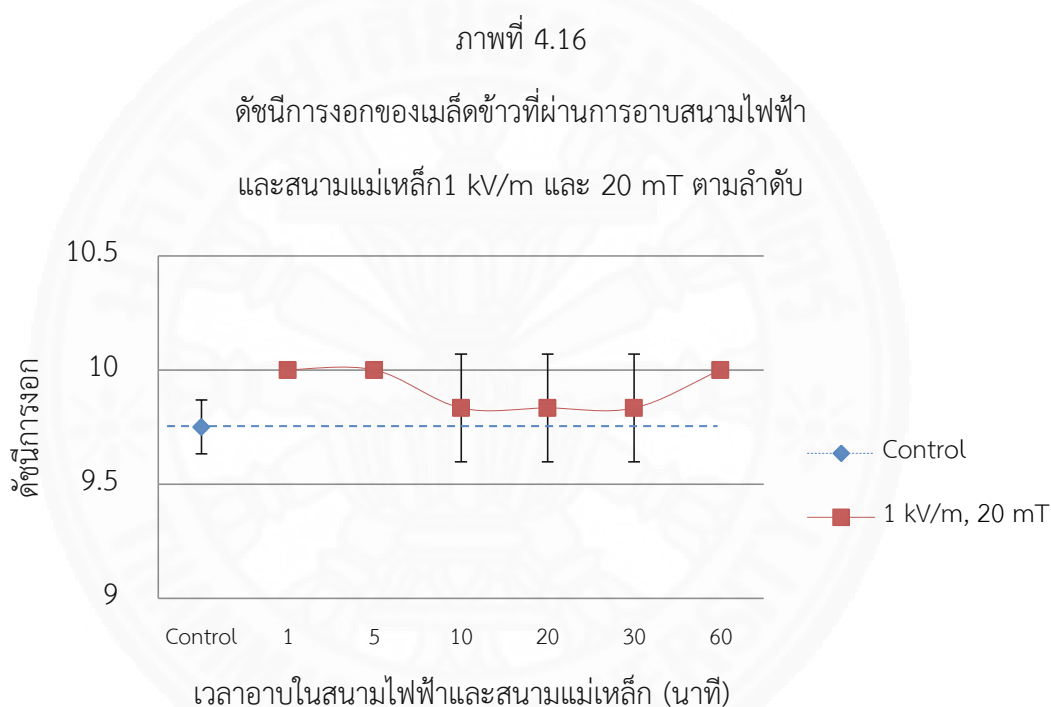
ต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็ก 20 mT ที่เวลาอบต่างๆ ในเวลา 10 วัน



4.3.1 หาเวลาอบที่เหมาะสม

4.3.1.1 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.16 เป็นกราฟดัชนีการงอกและเวลาอบต่าง ๆ ในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีดัชนีการงอกต่างจากกลุ่มควบคุมที่เวลาอบ 1, 5 และ 60 นาที ส่วนที่เวลาอบ 10-30 ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน



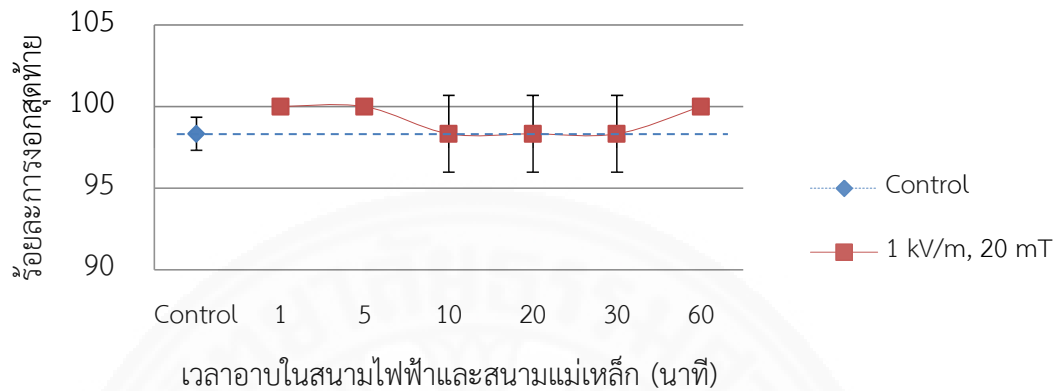
4.3.3.2 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.17 เป็นกราฟร้อยละการงอกสุดท้ายและเวลาอบต่าง ๆ ในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีร้อยละการงอกท้ายต่างจากกลุ่มควบคุมที่เวลาอบ 1, 5 และ 60 นาที ส่วนที่เวลาอบ 10-30 ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.17

ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบ

สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ



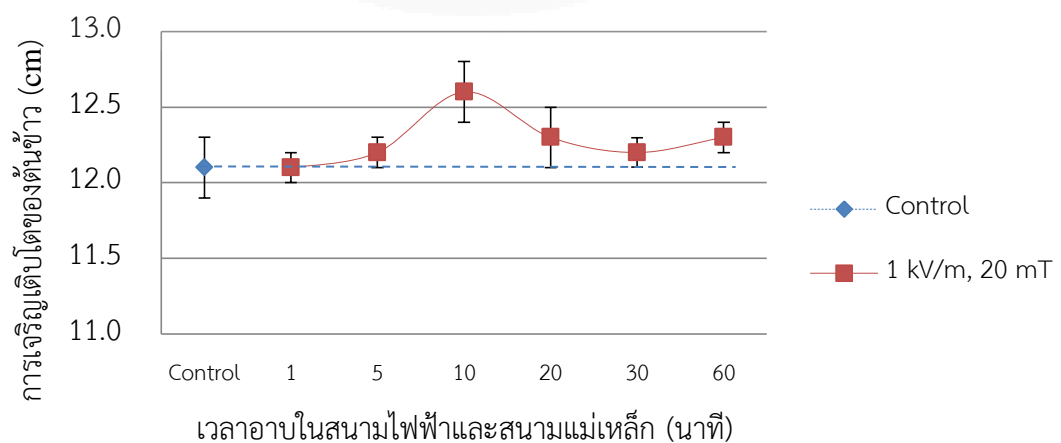
4.3.3.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.18 เป็นกราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่เวลาอบต่าง ๆ ในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีความเข้ม 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ พบว่าต้นข้าวมีการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เวลาอบ 10 นาที ส่วนช่วงเวลา 1 ถึง 5 และ 20 ถึง 60 นาที การเจริญเติบโตของต้นข้าวไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

ภาพที่ 4.18

การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า

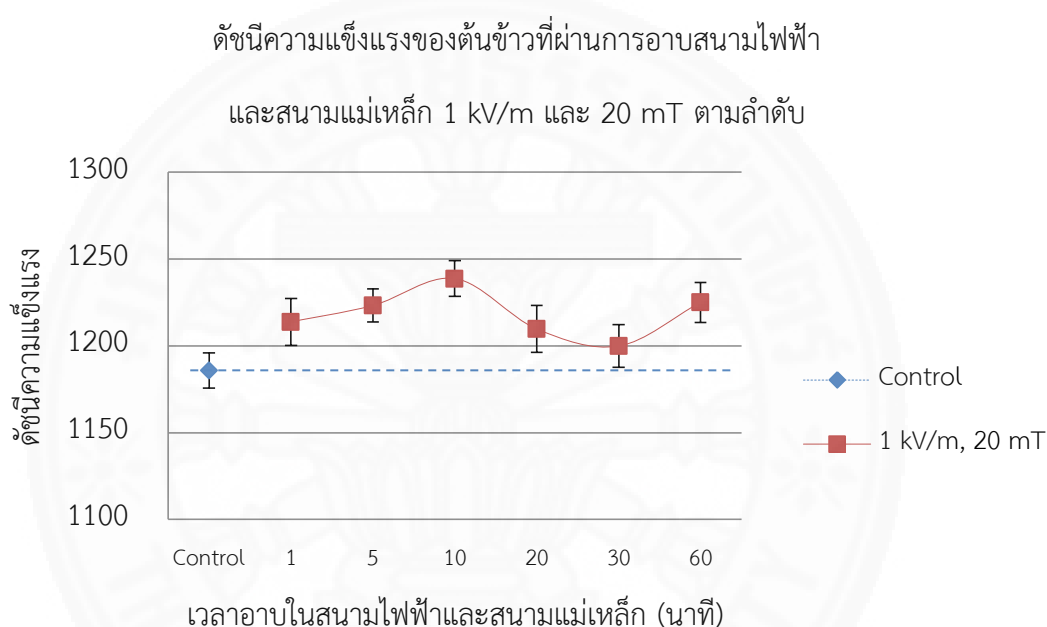
และสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ



4.3.3.4 ดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.19 เป็นกราฟระหว่างดัชนีความแข็งแรงและเวลาอบต่าง ๆ ในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ พบว่าจะให้ค่าดัชนีความแข็งแรงสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ในทุกช่วงเวลาอบ และค่าดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุดที่เวลาอบ 10 นาที

ภาพที่ 4.19



4.3.4 หาความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม

จากการทดลองโดยนำเมล็ดข้าวไปอบเวลา 10 นาที ในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ค่าความเข้มต่าง ๆ เพื่อหาความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม

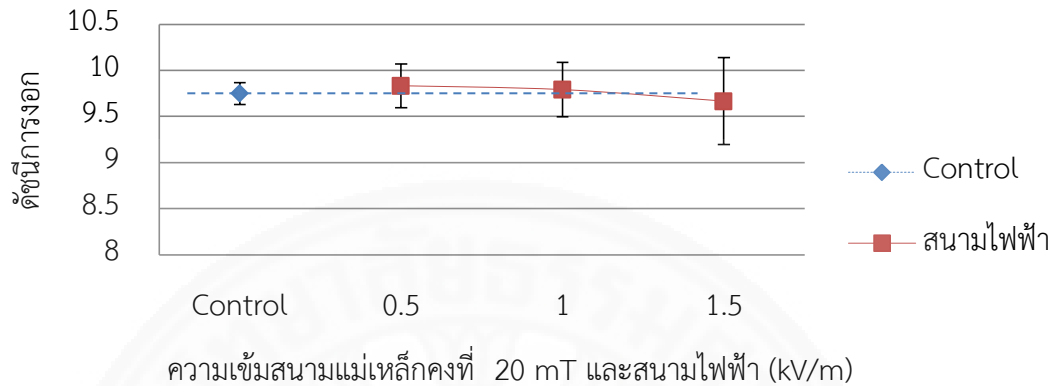
4.3.4.1 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.20 เป็นกราฟดัชนีการงอกและค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าต่าง ๆ ที่สนามแม่เหล็ก 20 mT และเวลาอบ 10 นาที พบว่าเมล็ดข้าวมีดัชนีการงอกไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.20

ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบ

สนามแม่เหล็กที่ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ



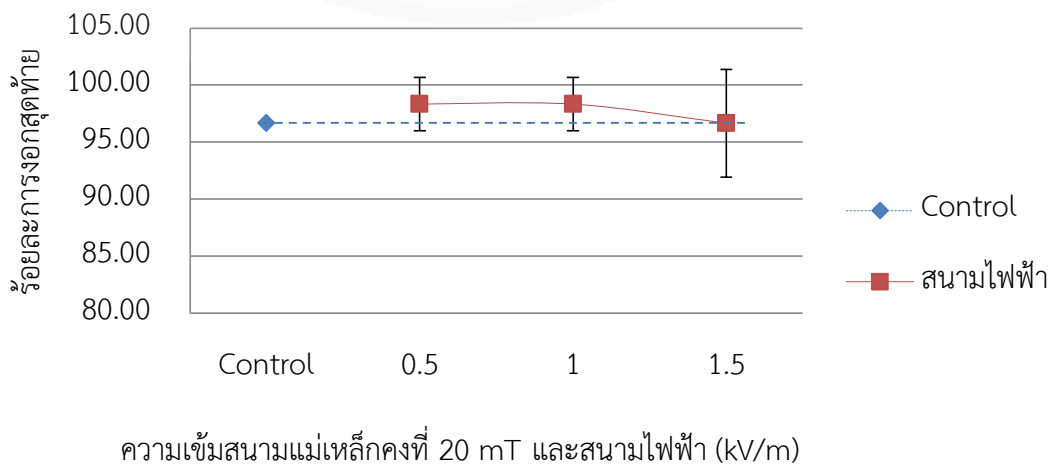
4.3.4.2 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.21 เป็นกราฟร้อยละการงอกสุดท้ายและค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าต่าง ๆ ที่สนามแม่เหล็ก 20 mT และเวลาอบ 10 นาที พบว่าเมล็ดข้าวมีร้อยละการงอกสุดท้ายไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.21

ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบ

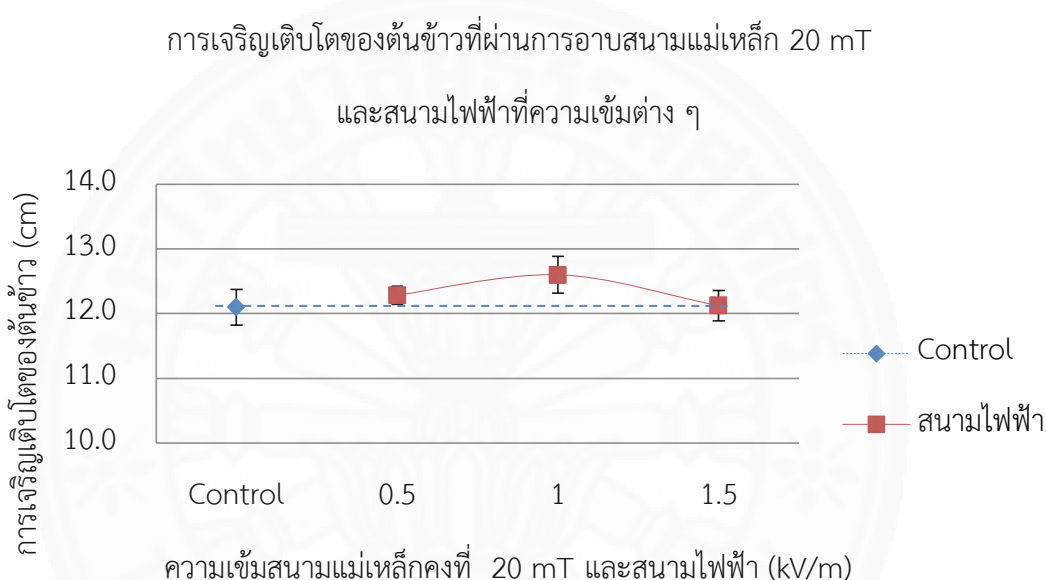
สนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ



4.3.4.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.22 เป็นกราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวและค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าต่าง ๆ ที่สนามแม่เหล็ก 20 mT และเวลาอบ 10 นาที พบว่าต้นข้าวมีการเจริญเติบโตที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 1 kV/m ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนที่ 0.5 และ 1.5 kV/m ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

ภาพที่ 4.22

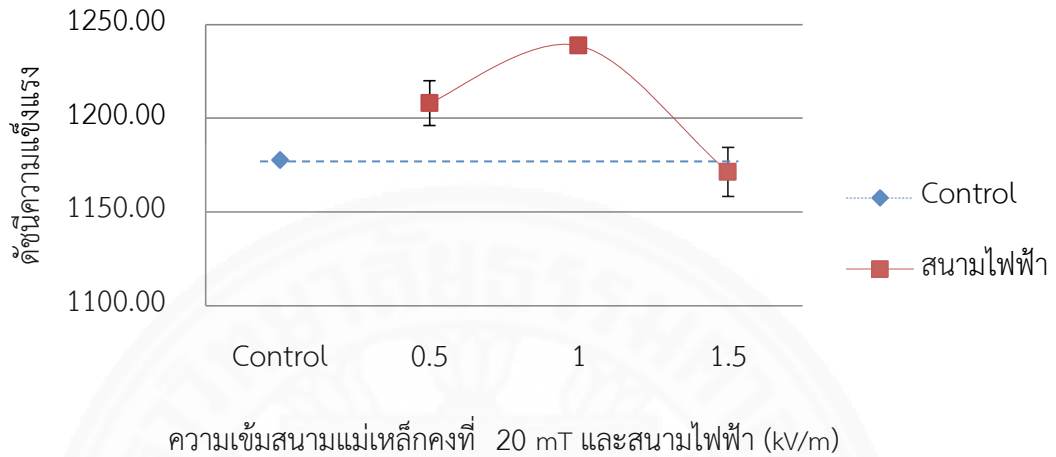


4.3.4.4 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.23 เป็นกราฟดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวและค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าต่าง ๆ ที่สนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และเวลาอบ 10 นาที พบว่าต้นข้าวมีดัชนีความแข็งแรงที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5 และ 1 kV/m ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยมีดัชนีความแข็งแรงสูงสุดเมื่ออบด้วยสนามไฟฟ้า 1 kV/m ส่วนที่ 1.5 kV/m ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

ภาพที่ 4.23

ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็ก 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้มต่าง ๆ

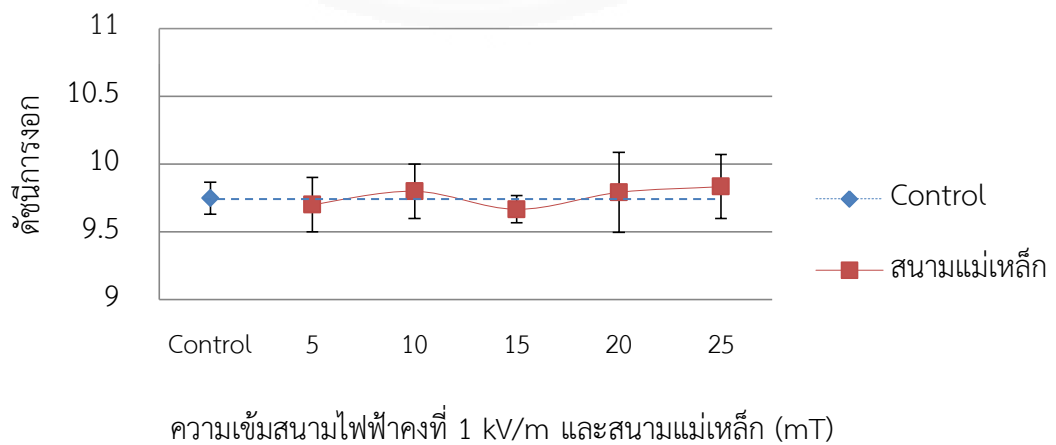


4.3.4.5 ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.24 เป็นกราฟดัชนีการงอกและค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กต่าง ๆ ที่สนามคงที่ 1 kV/m และเวลาอบ 10 นาที พบว่าเมล็ดข้าวมีดัชนีการงอกไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.24

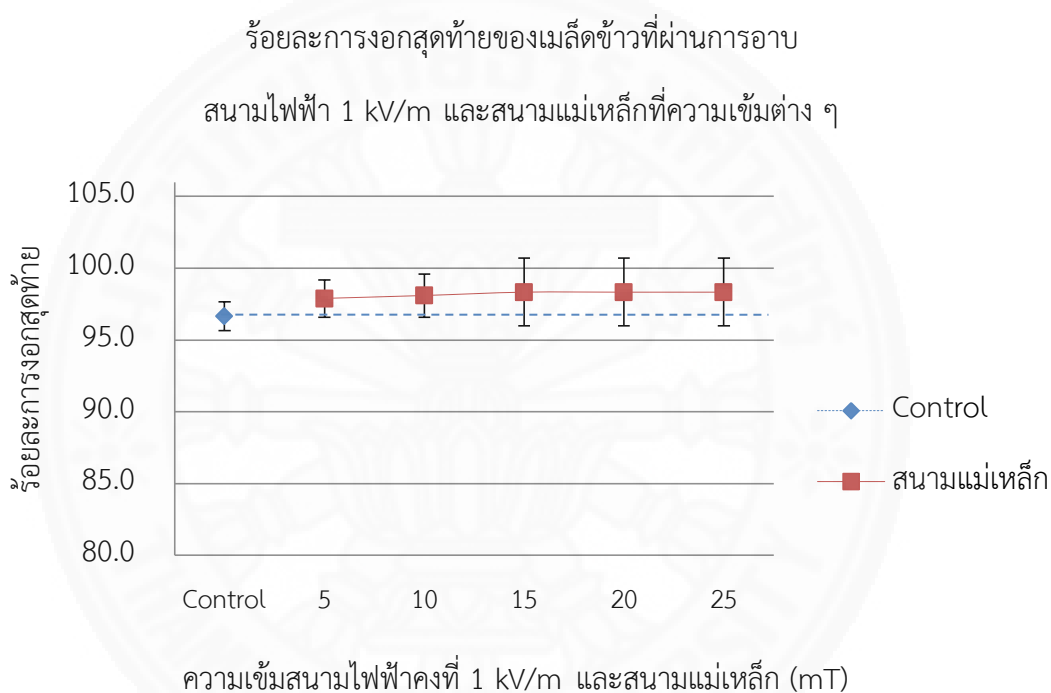
ดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ค่าความเข้มต่าง ๆ



4.3.4.6 ร้อยละการงอกสุดท้ายของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.25 เป็นกราฟร้อยละการงอกสุดท้ายและค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กต่าง ๆ ที่สนามคงที่ 1 kV/m และเวลาอบ 10 นาที พบว่าเมล็ดข้าวมีร้อยละการงอกสุดท้ายต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ภาพที่ 4.25



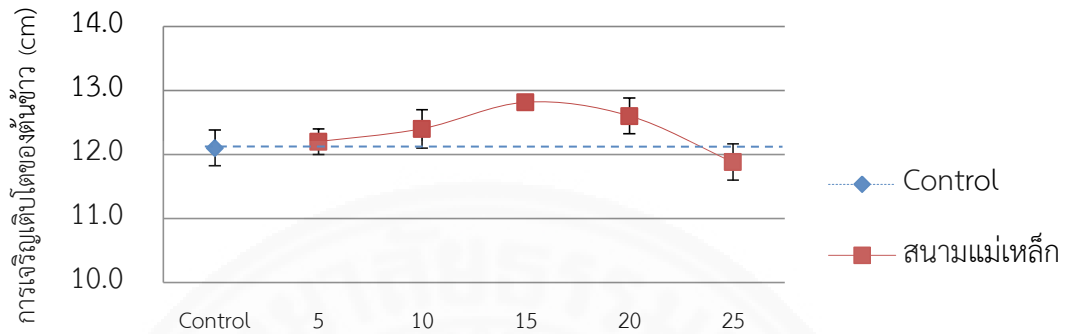
4.3.4.7 การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.26 เป็นกราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวและค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กต่าง ๆ ที่สนามคงที่ 1 kV/m และเวลาอบ 10 นาที พบว่าต้นข้าวมีการเจริญเติบโตสูงขึ้นที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 15 และ 20 mT โดยที่ความเข้ม 15 mT มีการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนการอบสนามแม่เหล็กที่ 25 mT ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.26

การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m

และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ



ความเข้มสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็ก (mT)

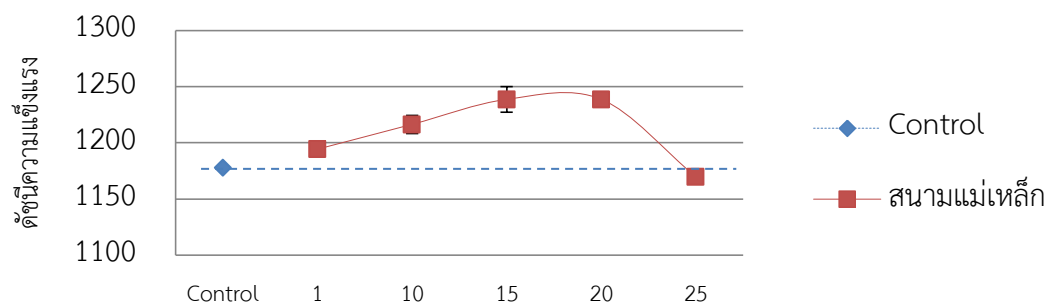
4.3.4.8 ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.27 เป็นกราฟดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวและค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กต่าง ๆ ที่สนามคงที่ 1 kV/m และเวลาอบ 10 นาที พบว่าต้นข้าวมีดัชนีความแข็งแรงที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 5, 10, 15, 20 และ 25 mT สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญโดยที่ 15 และ 20 mT สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.27

ดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า 1 kV/m

และสนามแม่เหล็กที่ความเข้มต่าง ๆ



ความเข้มสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็ก (mT)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลของการอบสนามไฟฟ้า

5.1.1.1 เวลาที่เหมาะสมของการอบสนามไฟฟ้า

พิจารณาจากดัชนีการงอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าช่วงเวลาอบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ ที่ความเข้ม 0.5 kV/m เวลาอบ 30 นาที ที่ 1 kV/m เวลาอบ 1, 5, 10 และ 20 นาที และที่ 5 kV/m เวลาอบ 1, 5 และ 20 นาที

พิจารณาจากร้อยละการงอกสุดท้ายเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าช่วงเวลาอบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ ที่ 0.5 kV/m เวลาอบ 30 นาที ที่ 1 เวลาอบ 1, 10 และ 20 นาที และที่ 5 kV/m เวลาอบ 1, 5 และ 20 นาที

พิจารณาการเจริญเติบโตของต้นข้าวเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าช่วงเวลาอบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ 0.5 kV/m เวลาอบ 30 นาที ที่ 1 kV/m เวลาอบ 1, 10, 20 และ 30 นาที ที่ 5 kV/m เวลาอบ 1, 10, 20 และ 30 นาที

พิจารณาจากดัชนีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าช่วงเวลาอบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ 0.5 kV/m เวลาอบ 30 นาที ที่ 1 kV/m เวลาอบ 1, 10, 20 และ 30 นาที ที่ 5 kV/m เวลาอบ 1, 10, 20 และ 30 นาที

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากตัวชี้วัดทั้งหมดพบว่าเวลาอบที่เหมาะสมคือ 10 นาที

5.1.1.2 ความเข้มสนามไฟฟ้าที่เหมาะสม

พิจารณาจากดัชนีการงอก พบว่าที่ค่าความเข้ม 0.5 และ 1 kV/m สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $3\pm 1\%$ และ $6\pm 2\%$

พิจารณาจากร้อยละการงอกสุดท้าย พบว่าที่ความเข้ม 1 kV/m สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $8\pm 1\%$

พิจารณาจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าที่ความเข้ม 1 และ 5 kV/m สูงใกล้เคียงกันและสูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $20\pm 3\%$ และ $13\pm 9\%$ ตามลำดับ

และพิจารณาจากดัชนีความแข็งแรง พบว่าที่ 1 และ 5 kV/m สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $25\pm 3\%$ และ $9\pm 2\%$ ตามลำดับ ดังนั้นความเข้มสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมในการอาบคือ 1 kV/m

5.1.2 ผลของการอาบสนามแม่เหล็ก

5.1.2.1 เวลาอาบที่เหมาะสมของการอาบสนามแม่เหล็ก

พิจารณาจากดัชนีการงอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าเวลาอาบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ ที่ความเข้ม 10 mT เวลาอาบ 5, 20, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 20 mT เวลาอาบ 5, 50, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 40 mT เวลาอาบ 20, 70 และ 80 นาที

พิจารณาจากร้อยละการงอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าเวลาอาบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ ที่ความเข้ม 10 mT เวลาอาบ 5, 20, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 20 mT เวลาอาบ 20, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 40 mT เวลาอาบ 10, 20, 40 และ 70 นาที

พิจารณาการเจริญเติบโตของต้นข้าวเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าเวลาอาบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ ที่ความเข้ม 10 mT เวลาอาบ 10, 50 และ 60 นาที ที่ความเข้ม 20 mT เวลาอาบ 20, 40, 50 และ 60 นาที ที่ความเข้ม 40 mT เวลาอาบ 20, 30 และ 60 นาที

พิจารณาจากดัชนีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าเวลาอาบที่เหมาะสมของแต่ละค่าความเข้มคือ ที่ความเข้ม 10 mT เวลาอาบ 5, 10, 20, 50, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 20 mT เวลาอาบ 5, 10, 40, 50, 60 และ 80 นาที ที่ความเข้ม 40 mT เวลาอาบ 5, 20, 30, 60, 70 และ 80 นาที

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากตัวชี้วัดทั้งหมดแล้ว พบว่าเวลาอาบที่เหมาะสมคือ 60 นาที

5.1.2.2 ความเข้มสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม

พิจารณาจากดัชนีการงอก พบว่าที่ 10, 20 และ 40 mT สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $6\pm 2\%$, $8\pm 4\%$ และ $3\pm 1\%$ ตามลำดับ

พิจารณาจากร้อยละการงอกสุดท้าย พบว่าที่ความเข้ม 10, 20 และ 40 mT สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $4\pm 2\%$, $8\pm 5\%$ และ $8\pm 2\%$ ตามลำดับ

พิจารณาจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าที่ความเข้ม 10, 20 และ 40 mT สูงใกล้เคียงกันและสูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $5\pm 3\%$, $13\pm 6\%$ และ $6\pm 3\%$ ตามลำดับ

และพิจารณาจากดัชนีความแข็งแรง พบว่าที่ 10, 20 และ 40 mT สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $11\pm 3\%$, $22\pm 5\%$ และ $10\pm 3\%$ ตามลำดับ

ดังนั้นความเข้มข้นแม่เหล็กที่เหมาะสมคือ 20 mT

5.1.3 ผลของการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

5.1.3.1 เวลาอบที่เหมาะสมของการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

เมื่อพิจารณาการอบสนามไฟฟ้าพบว่าความเข้มข้นสนามไฟฟ้าที่เหมาะสมเท่ากับ 1 kV/m และเวลาที่เหมาะสมในการอบ 10 นาที และจากการอบสนามแม่เหล็กความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 20 mT และเวลาอบ 60 นาที ในการทดลองอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กได้ผลดังนี้

พิจารณาจากดัชนีการงอกและร้อยละการงอกสุดท้าย พบว่าไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

พิจารณาจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและแม่เหล็กคงที่ 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ เมื่อเทียบกลุ่มควบคุม พบว่าที่เวลาอบ 10, 20 และ 60 นาที สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $4\pm 2\%$, $2\pm 1\%$ และ $2\pm 1\%$ ตามลำดับ

และพิจารณาจากดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและแม่เหล็กคงที่ 1 kV/m และ 20 mT ตามลำดับ เมื่อเทียบกลุ่มควบคุม พบว่าที่เวลาอบ 1, 5, 10, 20, 30 และ 60 นาที สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $2\pm 1\%$, $3\pm 1\%$, $4\pm 1\%$, $2\pm 1\%$, $1\pm 1\%$ และ $3\pm 1\%$ ตามลำดับ

ดังนั้นเวลาอบที่เหมาะสมคือ 10 นาที

5.1.3.2 ความเข้มข้นสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม

พิจารณาจากดัชนีการงอกและร้อยละการงอกสุดท้าย พบว่าไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

พิจารณาจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้ม 0.5, 1 และ 1.5 kV/m เมื่อเทียบกลุ่มควบคุม พบว่าที่ความเข้ม 0.5 และ 1 kV/m สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $2\pm 1\%$ และ $4\pm 2\%$ ตามลำดับ

และพิจารณาจากดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และสนามไฟฟ้าที่ความเข้ม 0.5, 1 และ 1.5 kV/m เมื่อเทียบกลุ่มควบคุม พบว่าที่ 0.5 และ 1 kV/m สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $3\pm 1\%$ และ $5\pm 1\%$ ตามลำดับ

พิจารณาจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 5, 10, 15, 20 และ 25 mT เมื่อเทียบกลุ่มควบคุม พบว่าที่ความเข้ม 10, 15 และ 20 mT สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $3\pm 1\%$, $6\pm 1\%$ และ $4\pm 2\%$ ตามลำดับ

และพิจารณาจากดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 5, 10, 15, 20 และ 25 mT เมื่อเทียบกลุ่มควบคุม พบว่าที่ความเข้ม 10, 15 และ 20 mT สูงกว่ากลุ่มควบคุมถึง $3\pm 1\%$, $5\pm 1\%$ และ $5\pm 1\%$ ตามลำดับ

ดังนั้นความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมคือ 1 kV/m และ 15 mT ตามลำดับ

5.1.4 สรุปผลการวิจัยเมื่ออบสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เทียบกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 5.1

แสดงร้อยละต่างจากกลุ่มควบคุมในค่าตัวชี้วัดต่าง ๆ ของการอบสนามแบบต่าง ๆ

ตัวชี้วัด	กลุ่มควบคุม *	สนามไฟฟ้า * (1 kV/m 10 นาที)	สนามแม่เหล็ก * (20 mT 60 นาที)	กลุ่มควบคุม **	สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ** (1 kV/m, 15 mT 10 นาที)
ดัชนีการงอก	8.8 ± 0.2	$6\pm 2\%$	$8\pm 4\%$	9.8 ± 0.1	ไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ร้อยละการงอกสุดท้าย (%)	89 ± 4	$8\pm 1\%$	$8\pm 5\%$	96.7 ± 0.2	ไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญ
การเจริญเติบโตของต้นข้าว (cm)	8.6 ± 0.4	$20\pm 3\%$	$13\pm 6\%$	12.1 ± 0.3	$6\pm 1\%$
ดัชนีความแข็งแรง	754 ± 40	$25\pm 3\%$	$22\pm 5\%$	1177 ± 1	$5\pm 1\%$

* เมล็ดข้าวตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวในปี 2557

** เมล็ดข้าวตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวในปี 2558

จากตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นร้อยละต่างจากกลุ่มควบคุมของตัวชี้วัดต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามแบบต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1) ดัชนีการงอก

พิจารณาจากดัชนีการงอกพบว่า เมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมมีค่าดัชนีการงอกเพิ่มขึ้นถึง $6\pm 2\%$ และ $8\pm 4\%$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกันระหว่างสองสนามนี้พบว่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กนั้นไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

2) ร้อยละการงอกสุดท้าย

พิจารณาจากร้อยละการงอกสุดท้ายพบว่า เมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าร้อยละการงอกสุดท้ายเพิ่มขึ้นถึง $8\pm 1\%$ และ $8\pm 5\%$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกันระหว่างสองสนามนี้พบว่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กนั้นไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

3) การเจริญเติบโตของต้นข้าว

พิจารณาจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวพบว่า เมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กและอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กต้นข้าวมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นถึง $20\pm 3\%$, $13\pm 6\%$ และ $6\pm 1\%$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกันระหว่างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก พบว่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กนั้นมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแต่มีอัตราน้อยกว่าสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก

4) ดัชนีความแข็งแรง

พิจารณาจากดัชนีความแข็งแรงพบว่า เมล็ดข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็กและอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ต้นข้าวมีดัชนีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นถึง $25\pm 3\%$, $22\pm 5\%$ และ $5\pm 1\%$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกันระหว่างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กพบว่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีดัชนีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นแต่มีอัตราน้อยกว่าสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก

ดังนั้นการอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีผลต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวในทางที่ดีขึ้น ส่วนการอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กนั้นให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมมากนัก เพราะว่าการอบทำให้เมล็ดข้าวร้อนมาก ซึ่งอาจมีผลทำให้การเจริญเติบโตมีอัตราเพิ่มลดลง

และจากการวิจัยนี้ยังพบอีกว่า เมล็ดข้าวที่มีอายุ 1 ปี (2558) มีค่าดัชนีการงอก ร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโต และดัชนีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดข้าวที่มีอายุ 2 ปี (2557) ถึง 11.36, 8.65, 40.70 และ 56.10% ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) เมล็ดข้าวตัวอย่างที่เก็บไว้นาน อาจมีผลต่อการทดลองได้ ดังนั้นควรใช้เมล็ดข้าวตัวอย่างที่เก็บไว้ไม่เกิน 1 ปี
- 2) การควบคุมอุณหภูมิและแสงสว่างของห้อง ในการทดลองแต่ละครั้งต้องไม่ต่างกันมาก เพราะนอกจากจะมีผลต่อเมล็ดข้าวแล้ว ยังมีผลต่อการระเหยของน้ำในภาควด้วย

รายการอ้างอิง

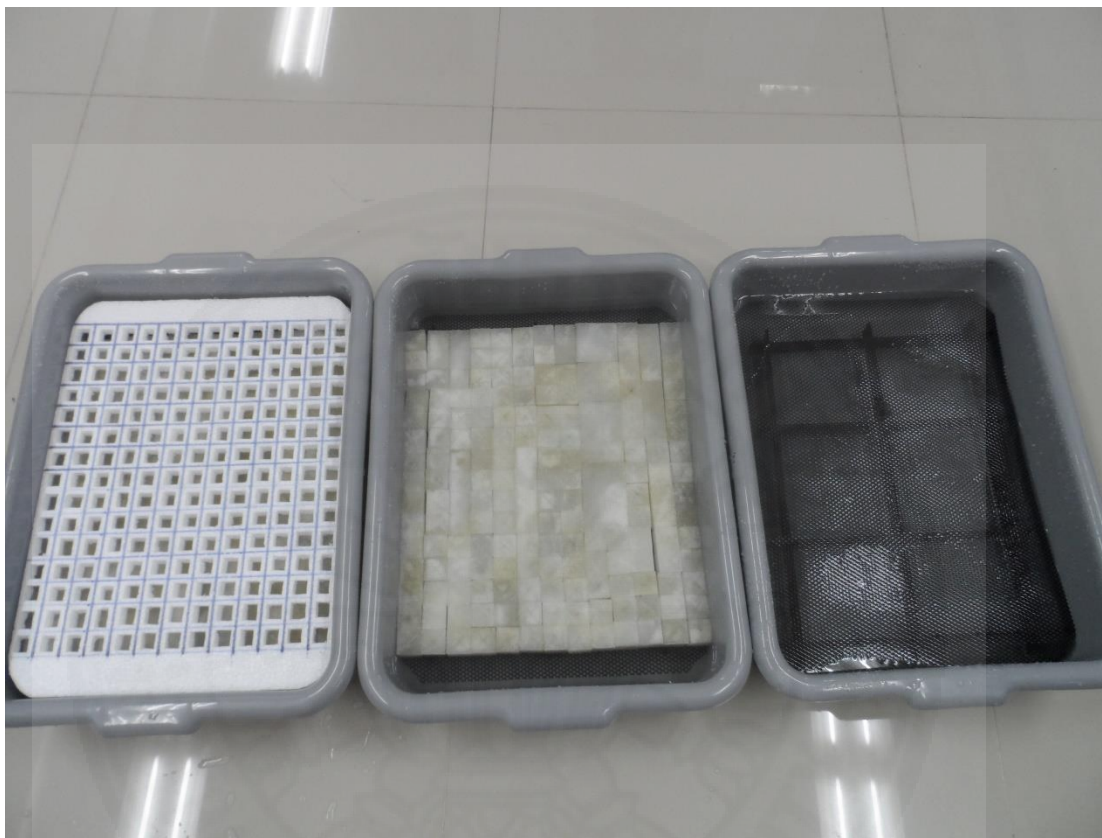
- [1] kasetinfo. 2015, *Rice*, Available from: www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-histories.html. 19/9/2015.
- [2] wikipedia. 2015, *Rice*, Available from: <http://th.wikipedia.org/wiki/rice>. 19/9/2015.
- [3] Okumura, T., Y. Muramoto, and N. Shimizu. *Acceleration of Plant Growth by D.C. Electric Field in International Conference on Solid Dielectrics*. 2010. Potsdam, Germany.
- [4] Iqbal, M., et al., *Effect of Pre-sowing Magnetic Field Treatment to Garden Pea (PISUM SATIVUM L.) Seed on Germination and Seedling Growth*. Journal of Agrophysic, 2012. 44(6): p. 1851-1856.
- [5] Carbonell, M.V., E. Martínez, and J.M. Amaya, *Stimulation of Germination in Rice (ORYZA SATIVA L.) By a Static Magnetic Field*. Journal of Agrophysic, 2000. 19(1): p. 121-128.
- [6] Moon, J.-D. and H.-S. Chung, *Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields*. Journal of Electrostatics, 2000. 48: p. 103-114.
- [7] Souza, A.D., et al., *Pre-Sowing Magnetic Treatments of Tomato Seeds Increase the Growth and Yield of Plants*. Bioelectromagnetics, 2006. 27: p. 247-257.
- [8] Vashisth, A. and S. Nagarajan, *Exposure of Seeds to Static Magnetic Field Enhances Germination and Early Growth Characteristics in Chickpea (Cicer arietinum L.)*. Bioelectromagnetics, 2008. 29: p. 571-578.
- [9] Afzal, I., et al., *Magnetic stimulation of marigold seed*. Journal of Agrophysic, 2012. 26: p. 335-339.
- [10] Jamil, Y., et al., *Enhancement in growth and yield of mushroom using magnetic field treatment*. Journal of Agrophysic, 2012: p. 375-380.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

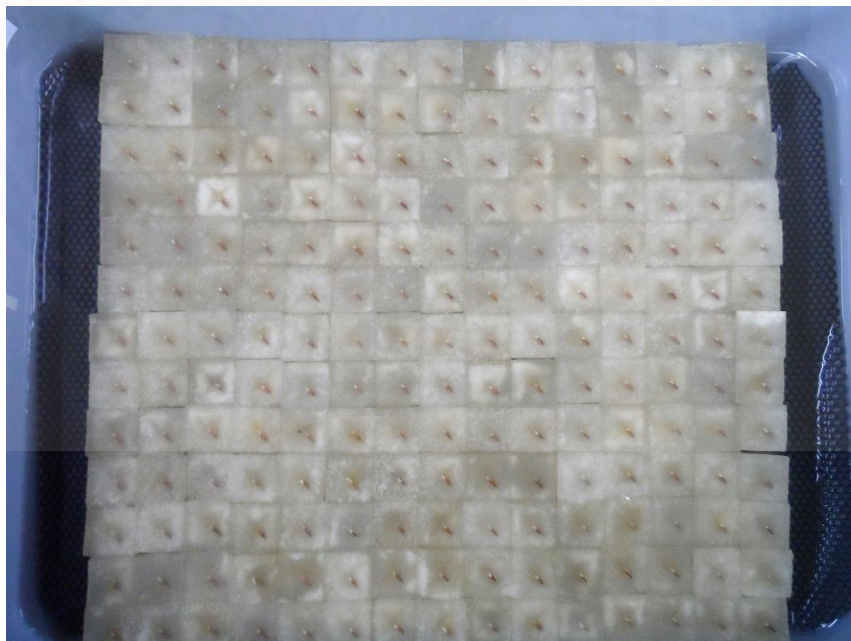
- [11] Subber, A.R.H., et al., *Effect of Magnetic Field on the Growth Development of Zea mays Seeds*. Journal of Natural Product and Plant Resource, 2012. 2(3): p. 456-459.
- [12] Rostsmi Zadeth., et al, *Effects of Electromagnetic Fields On Seed Germination In Urtica Dioica L.* International Journal of Scientific and Technology Research, 2014. 3(4): p. 2277-8616.
- [13] Hozayn, M., Amal, A. and Abdel-Rahman, H., *Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (Allium cepa L.)*. African Journal of Agricultural Reseach, 2015. 10(8): p. 849-857.
- [14] kruadd. *Electric field*. 2015, Available from: <https://physicskruadd.wordpress.com/2012/03/12/elcetric-field/>, 19/9/2015.
- [15] Science, T., สยามแม่เหล็ก, เอกสารประกอบการสอน. 2015.
- [16] Guruprasad, K.N., M.B. Shine, and J. Joshi, *Impact of Magnetic Field on Crop Plants*. 2015, Devi Ahilya University: India.
- [17] Wanlam, S., *Seed germination*. 2008.
- [18] Alirzaienoghondar, M. and M. Azizi, *Seed Harvesting Time Affects Seedling Emergence, Vigour and Growth: Case Study of Rumex turcomanicus Czerep. (Polygonaceae)*. Notulae Scientia Biologicae, 2013. 5(2): p. 244-248.
- [19] Dezfuli, P.M., F. Sharif-zadeh, and M. Janmohammadi, *Influence of Priming Techniques on Seed Germination Behavior of Maize Inbread Lines (Zea mays L.)*. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 2008. 3(3): p. 1990-6145.
- [20] Mahmood, S. and M. Usman, *Consequences of Magnetized Water Application on Maize Seed Emergence in Sand Culture*. Journal of Agrophysic, 2014. 16: p. 47-55.
- [21] Ranal, M.A. and D.G.D. Santana, *How and why to measure the germination process?* Review paper, 2006. 29(1): p. 1-11.



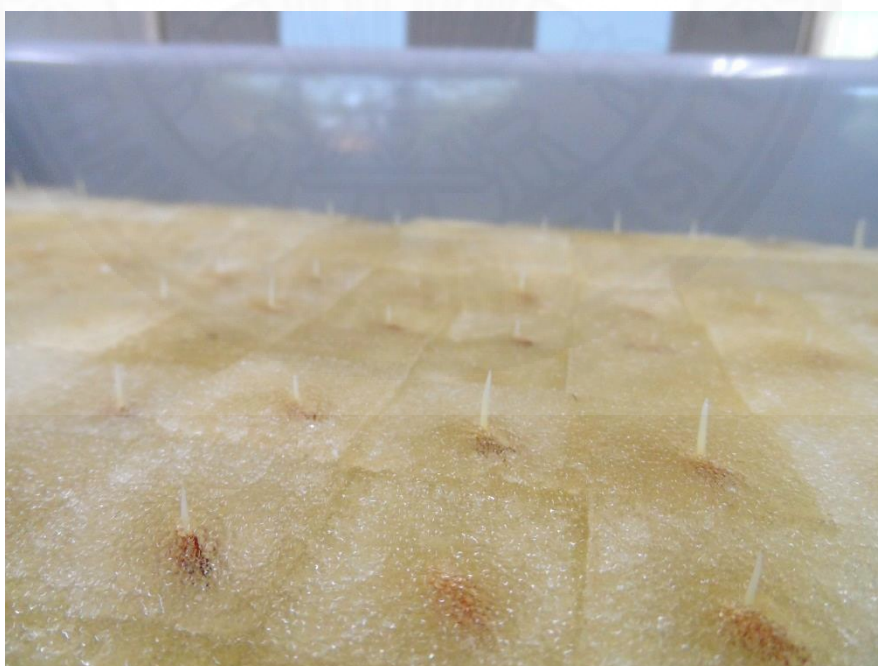
ภาคผนวก ก
การเตรียมที่ปลูกเมล็ดข้าว



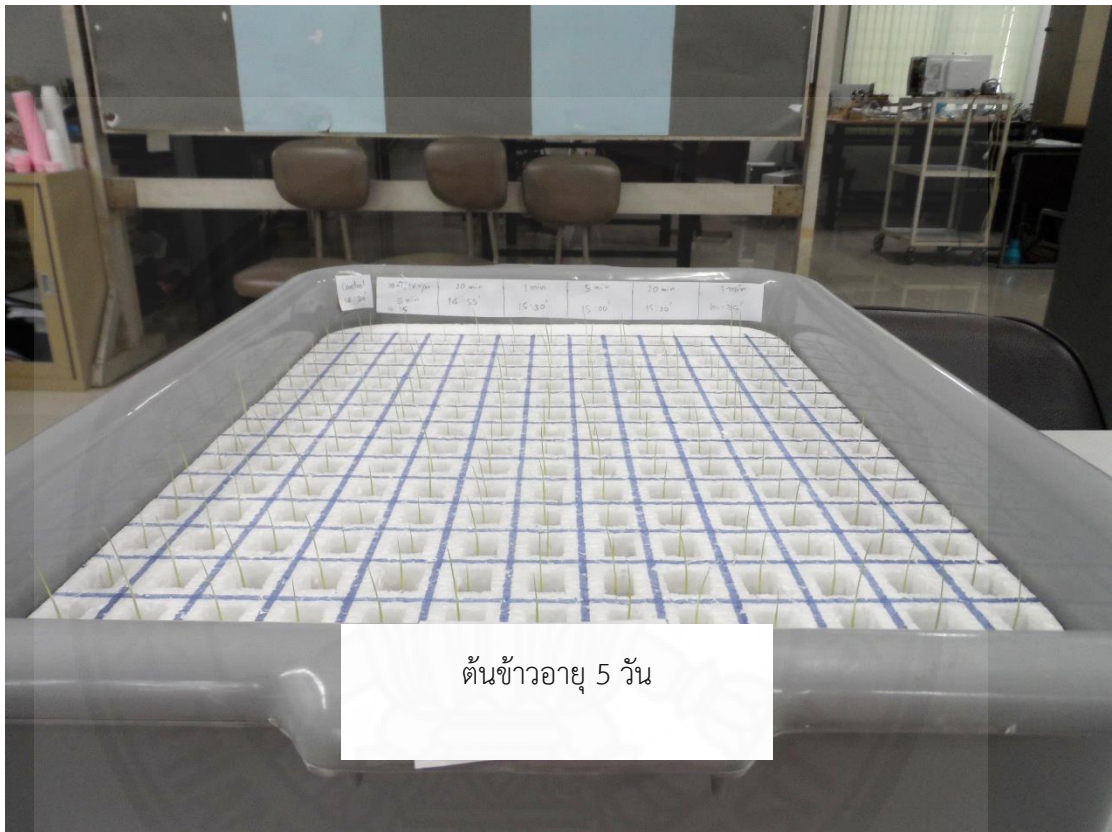
ภาคผนวก ข
การปลูกเมล็ดข้าวลงในฟองน้ำ



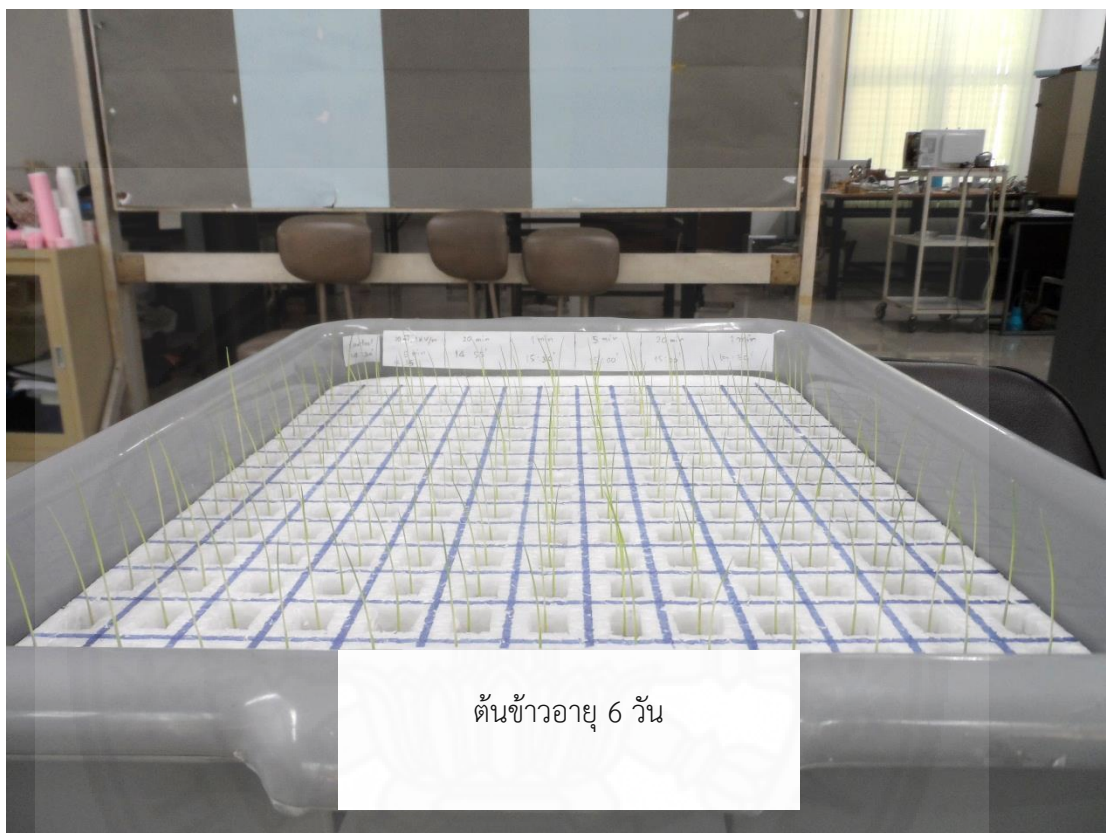
ภาคผนวก ข
การงอกของเมล็ดข้าว



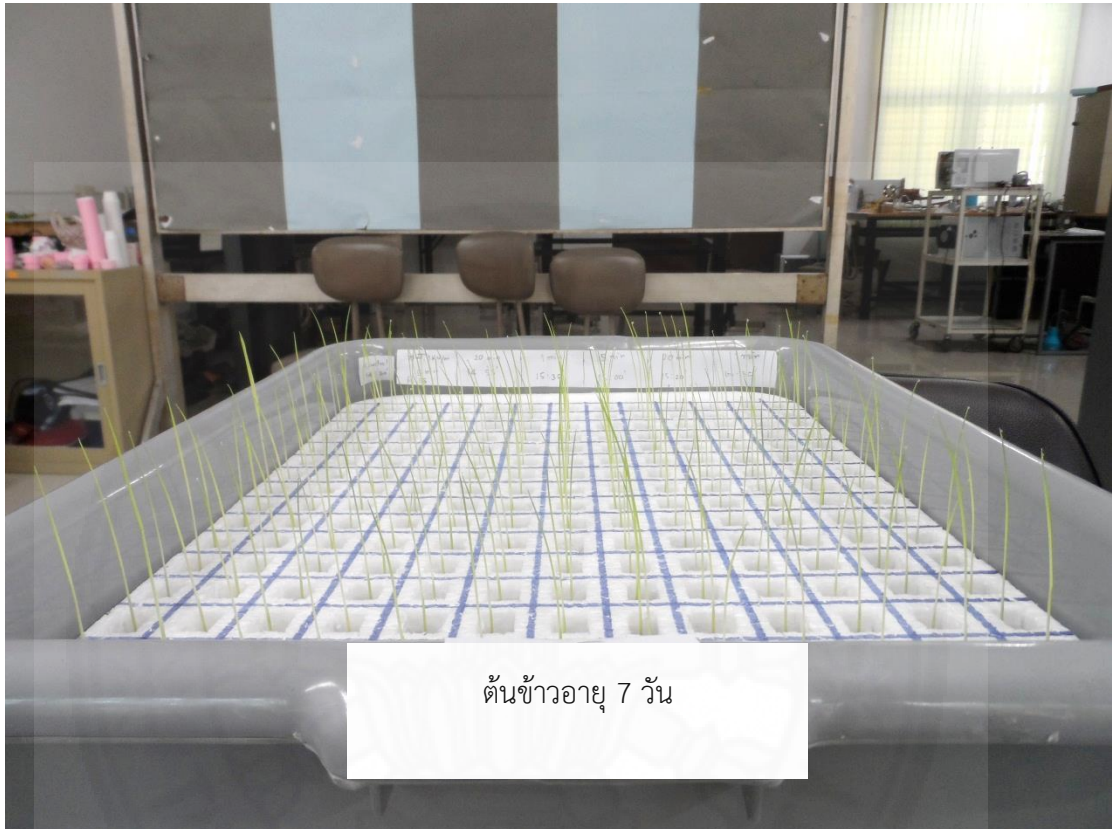
ภาคผนวก ค
ต้นข้าวอายุ 5 วัน



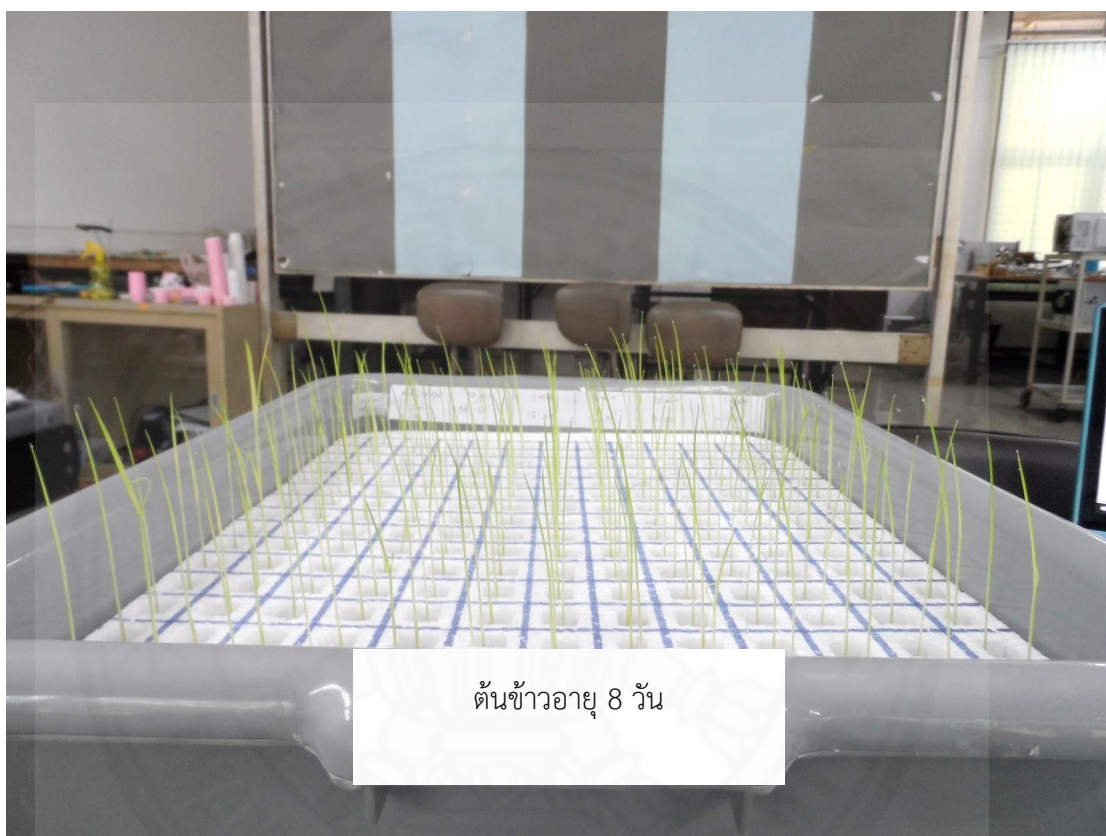
ภาคผนวก ค
ต้นข้าวอายุ 6 วัน



ภาคผนวก ข
ต้นข้าวอายุ 7 วัน

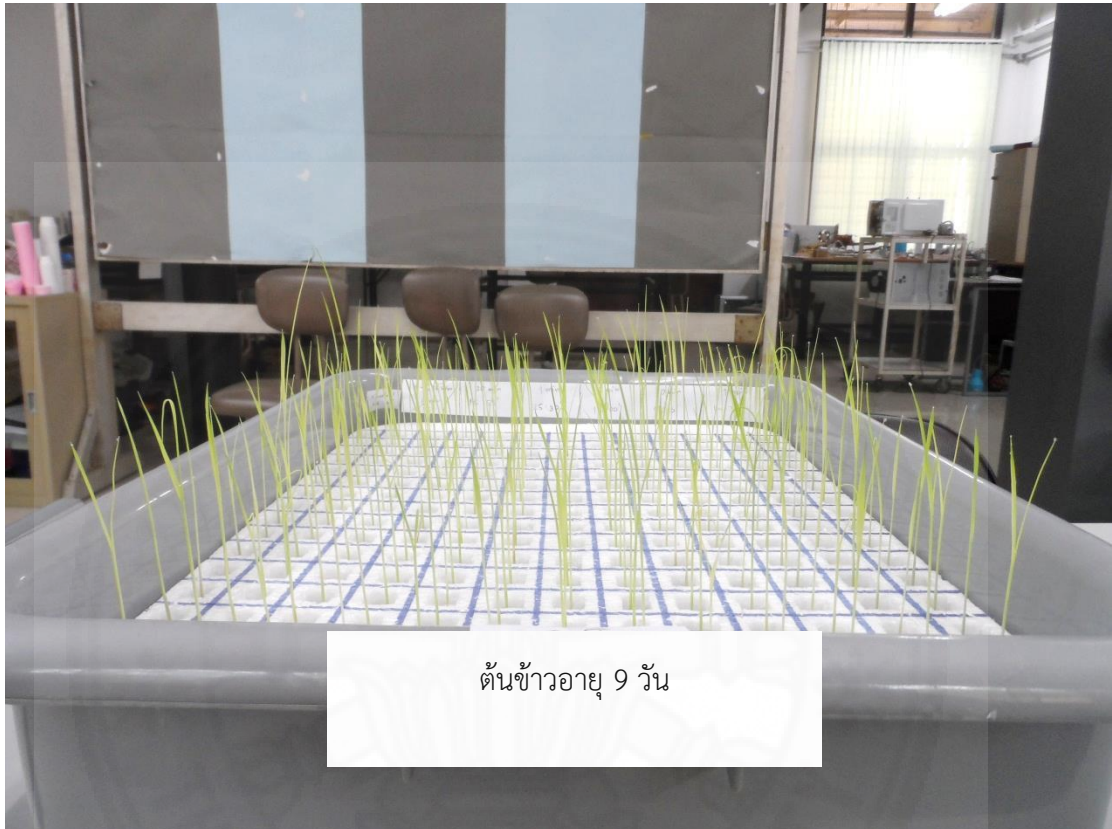


ภาคผนวก ง
ต้นข้าวอายุ 8 วัน

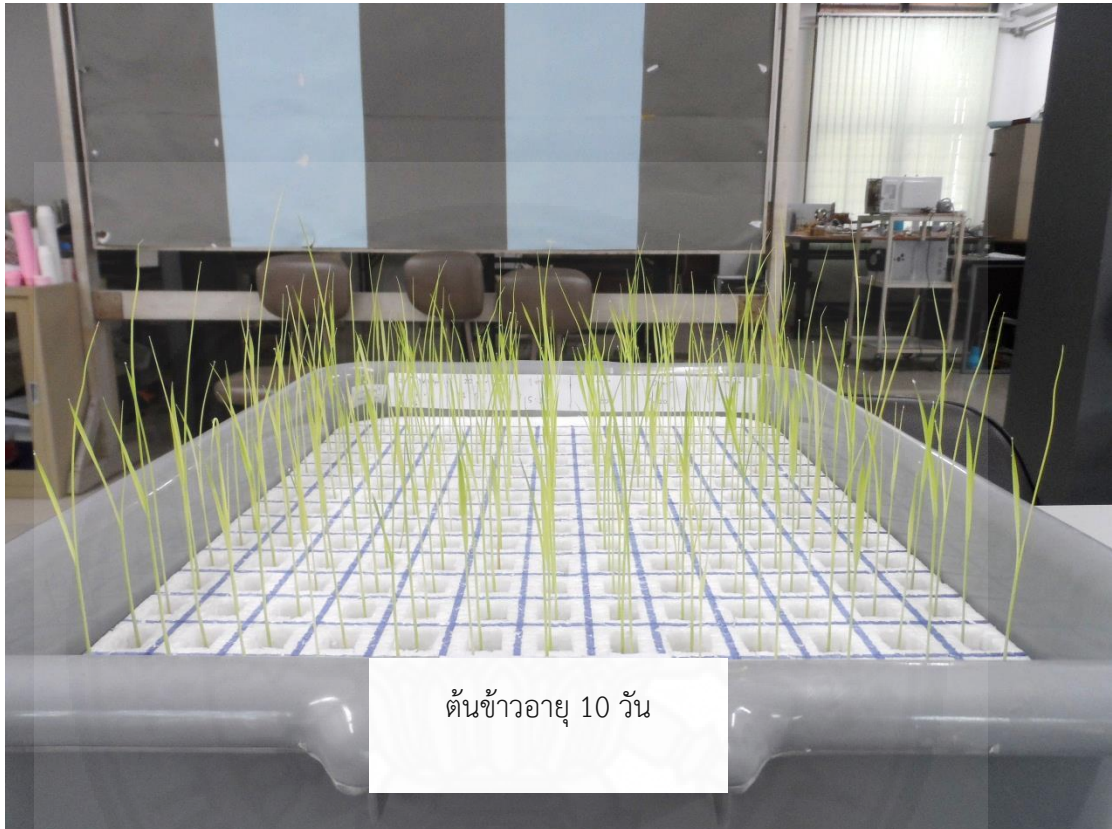


ต้นข้าวอายุ 8 วัน

ภาคผนวก จ
ต้นข้าวอายุ 9 วัน



ภาคผนวก ฉ
ต้นข้าวอายุ 10 วัน



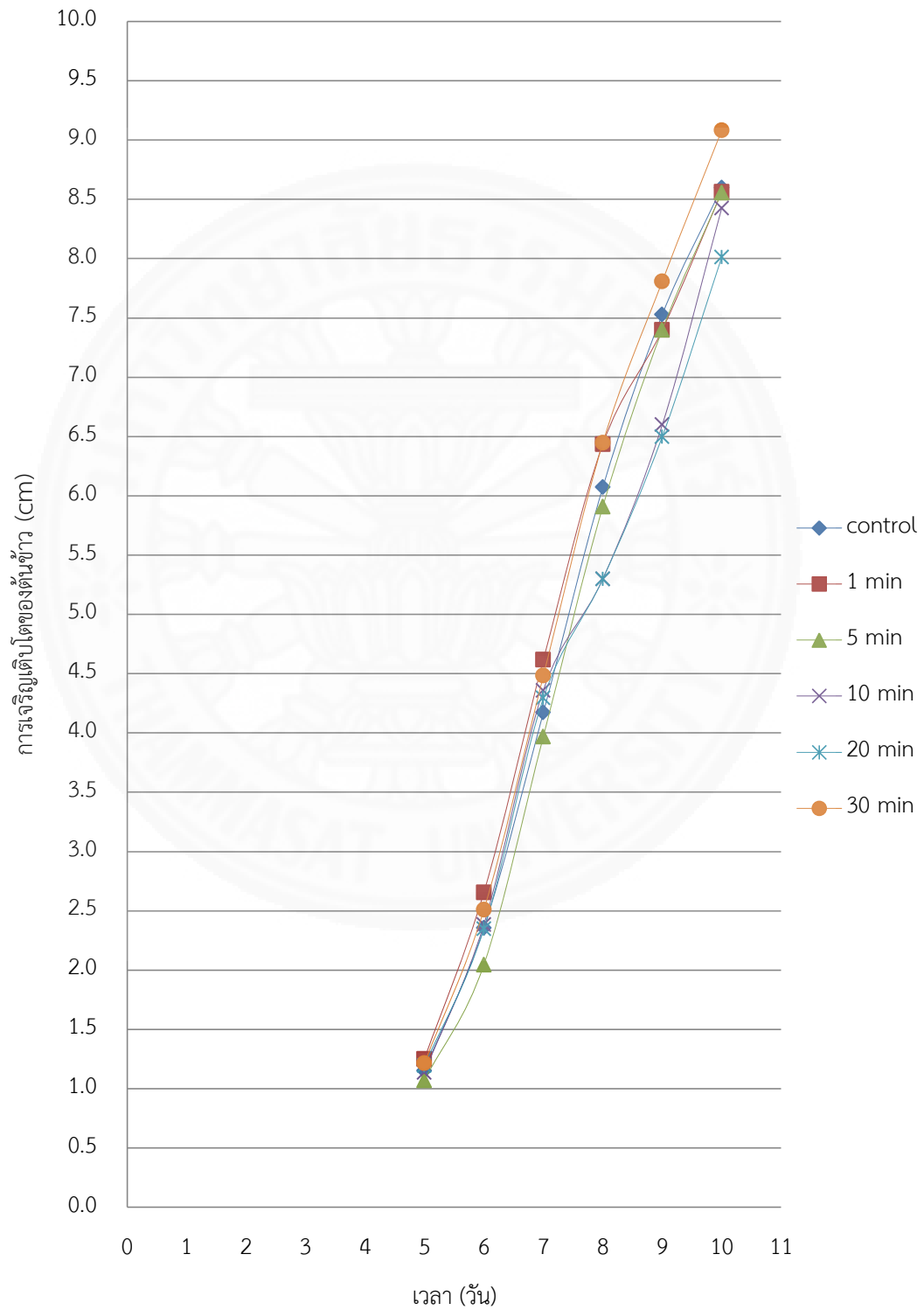
ต้นข้าวอายุ 10 วัน

ภาคผนวก ช
รากของต้นข้าวอายุ 10 วัน



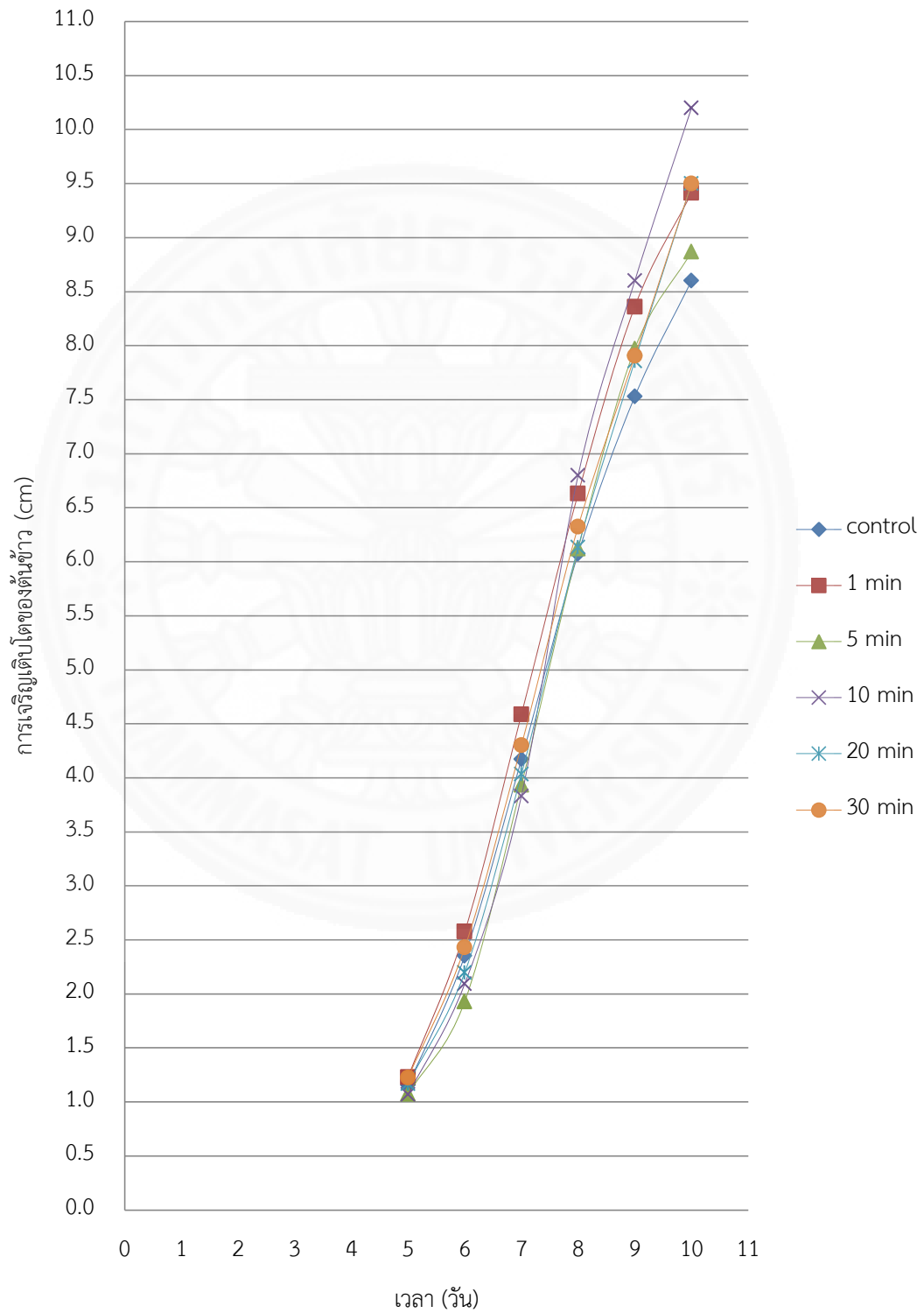
ภาคผนวก ซ

การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าที่ 0.5 kV/m ในช่วงเวลาต่าง ๆ



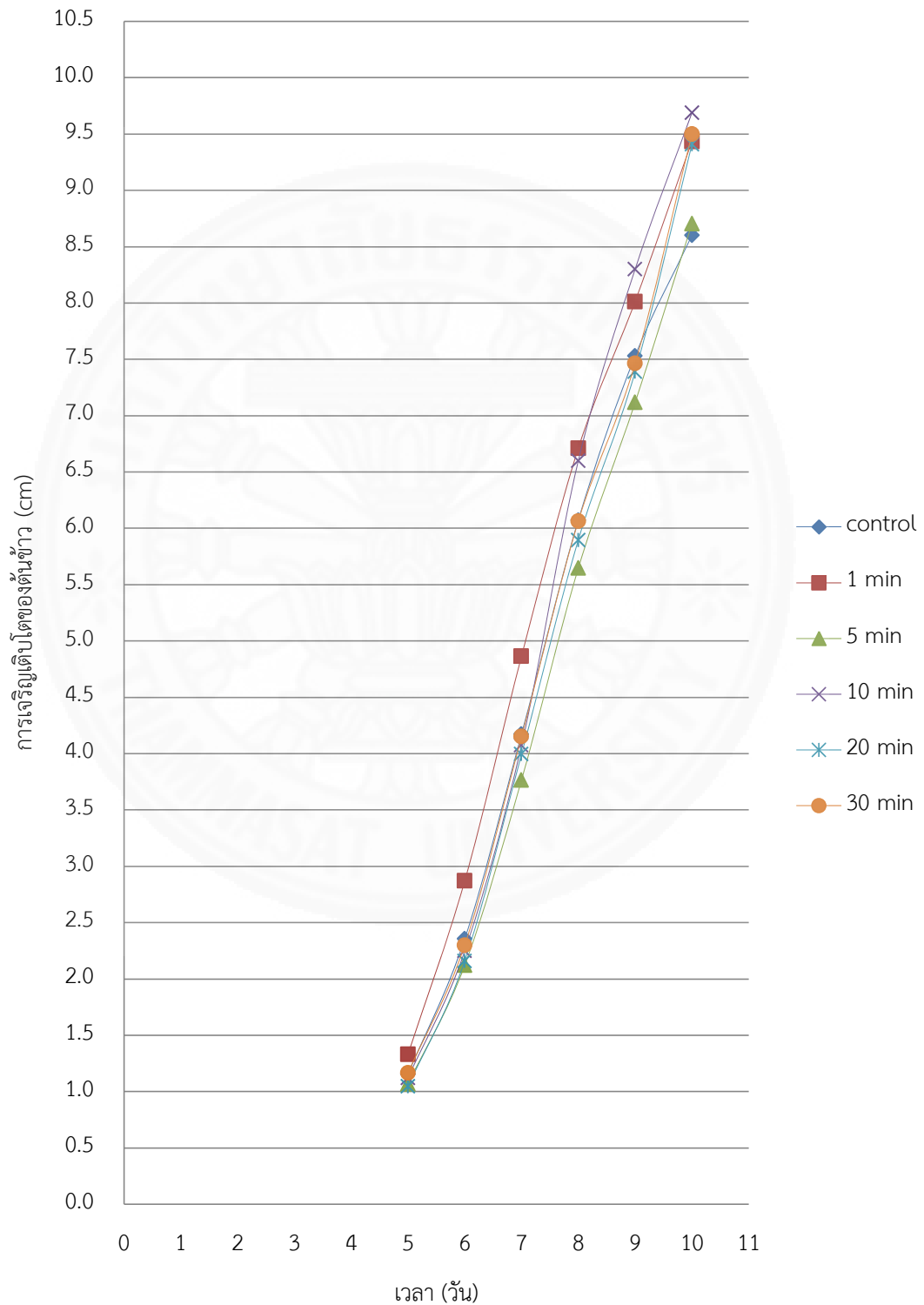
ภาคผนวก ฅ

การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าที่ 1 kV/m ในช่วงเวลาต่าง ๆ



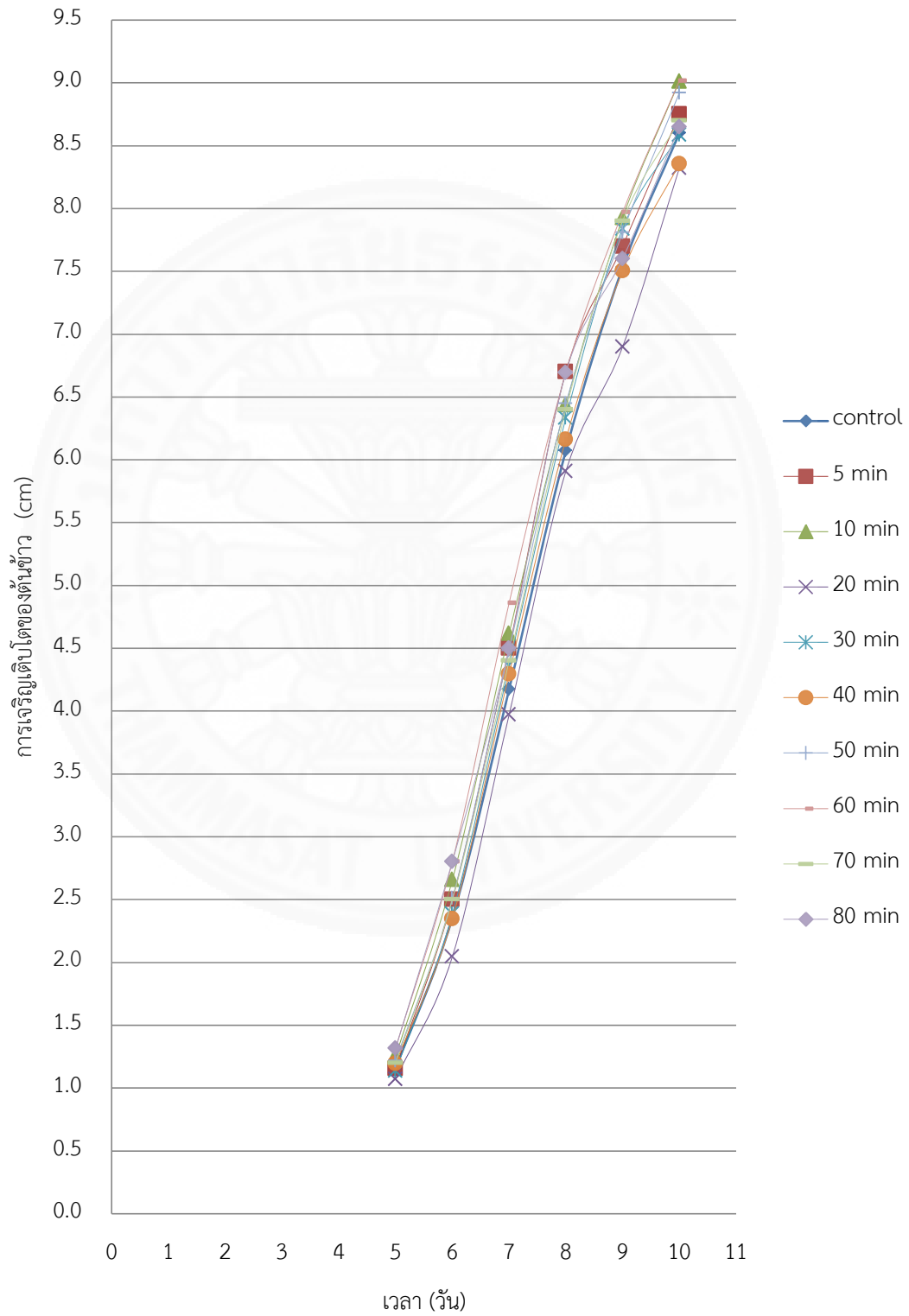
ภาคผนวก ญ

การเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าที่ 5 kV/m ในช่วงเวลาต่าง ๆ



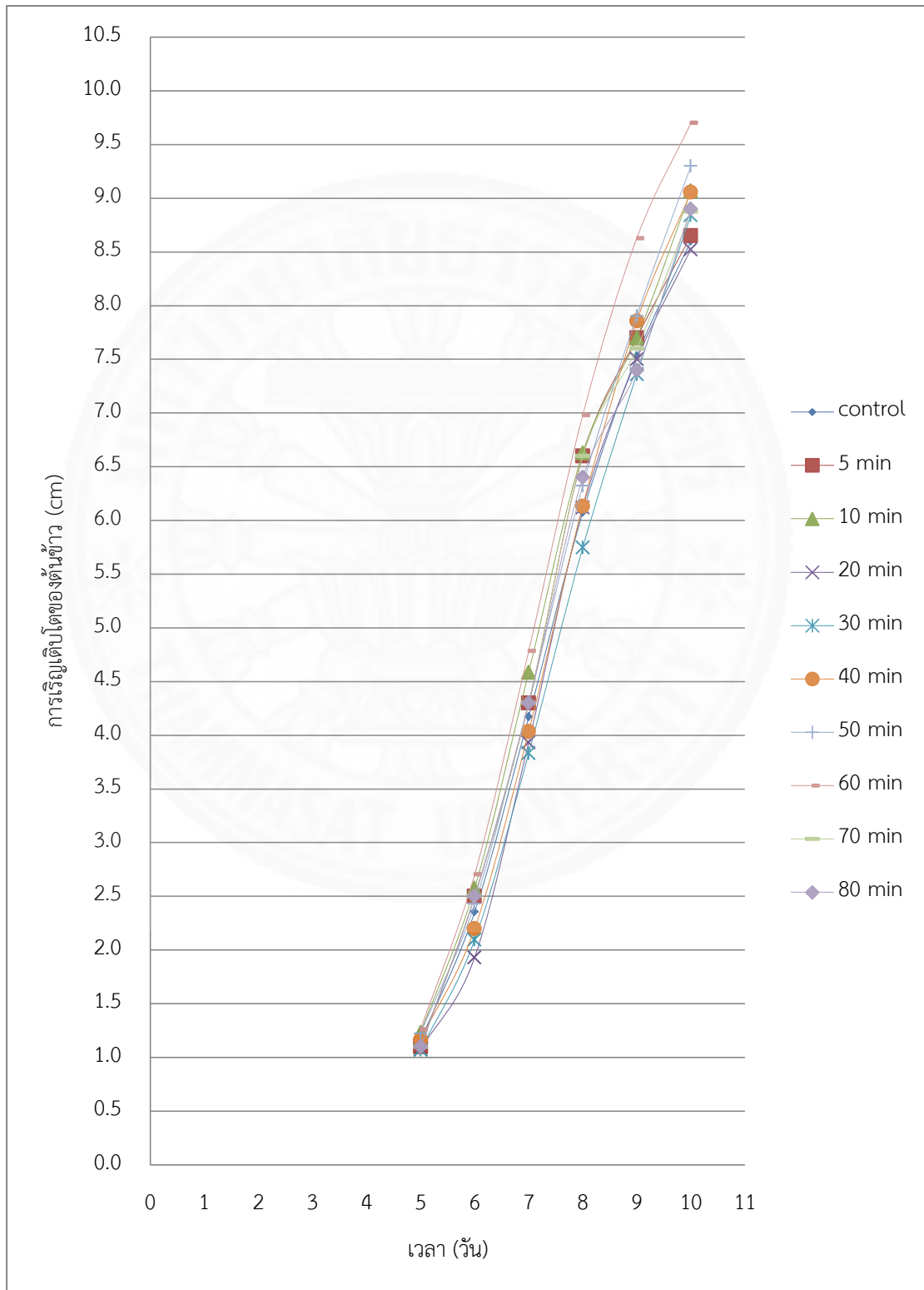
ภาคผนวก ก

กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ 10 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ



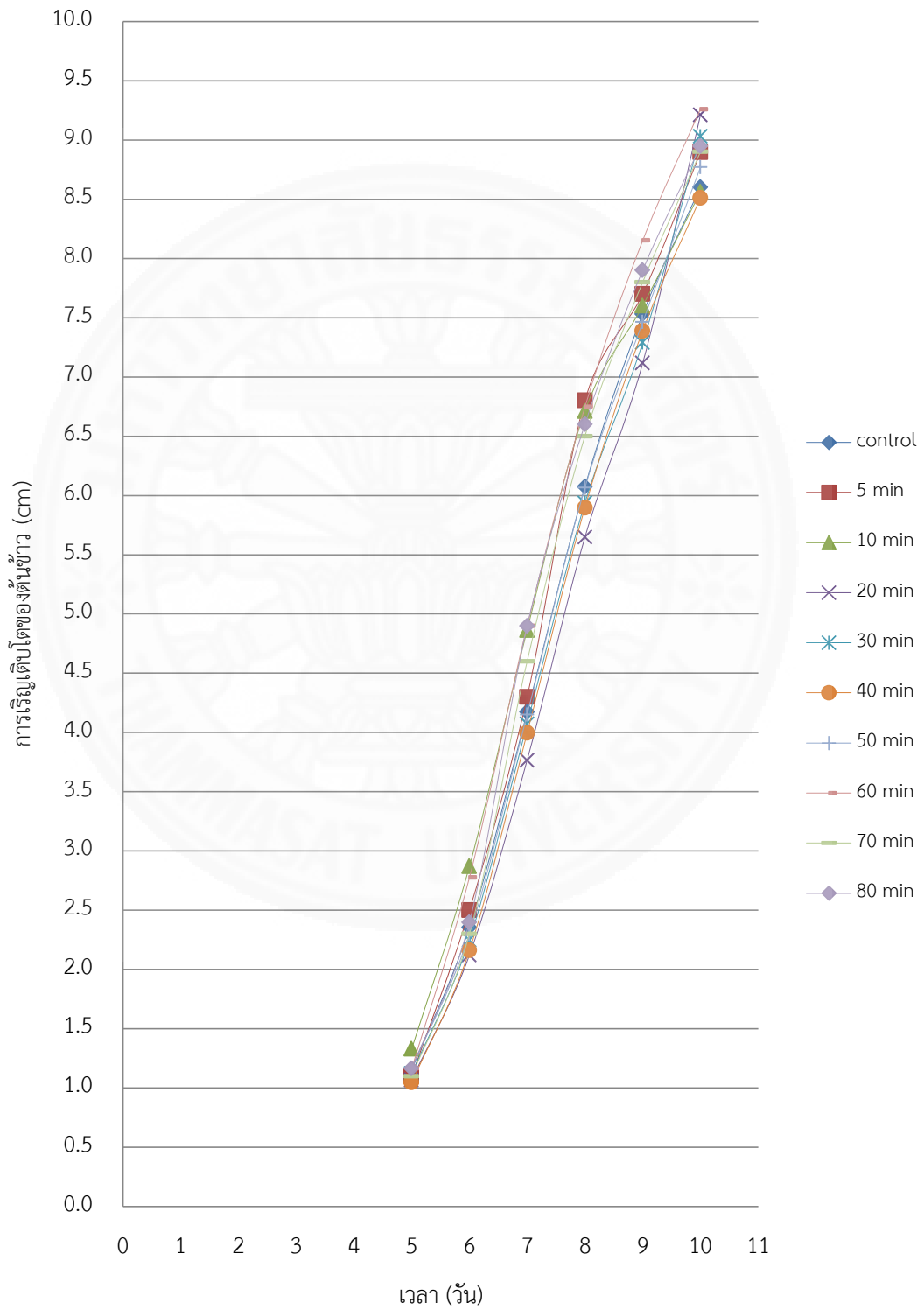
ภาคผนวก ก

กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ 20 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ



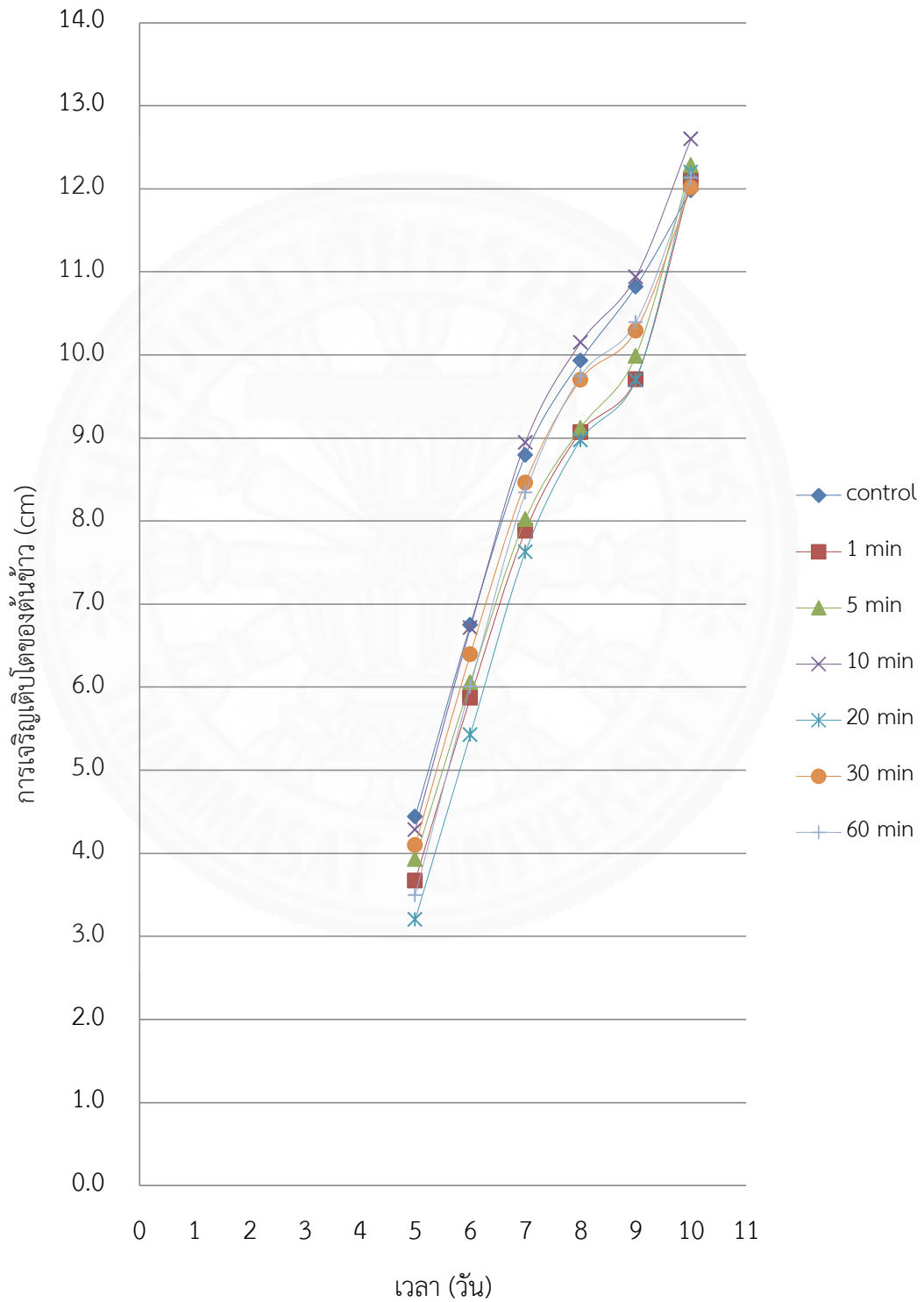
ภาคผนวก ฐ

กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กที่ 40 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ



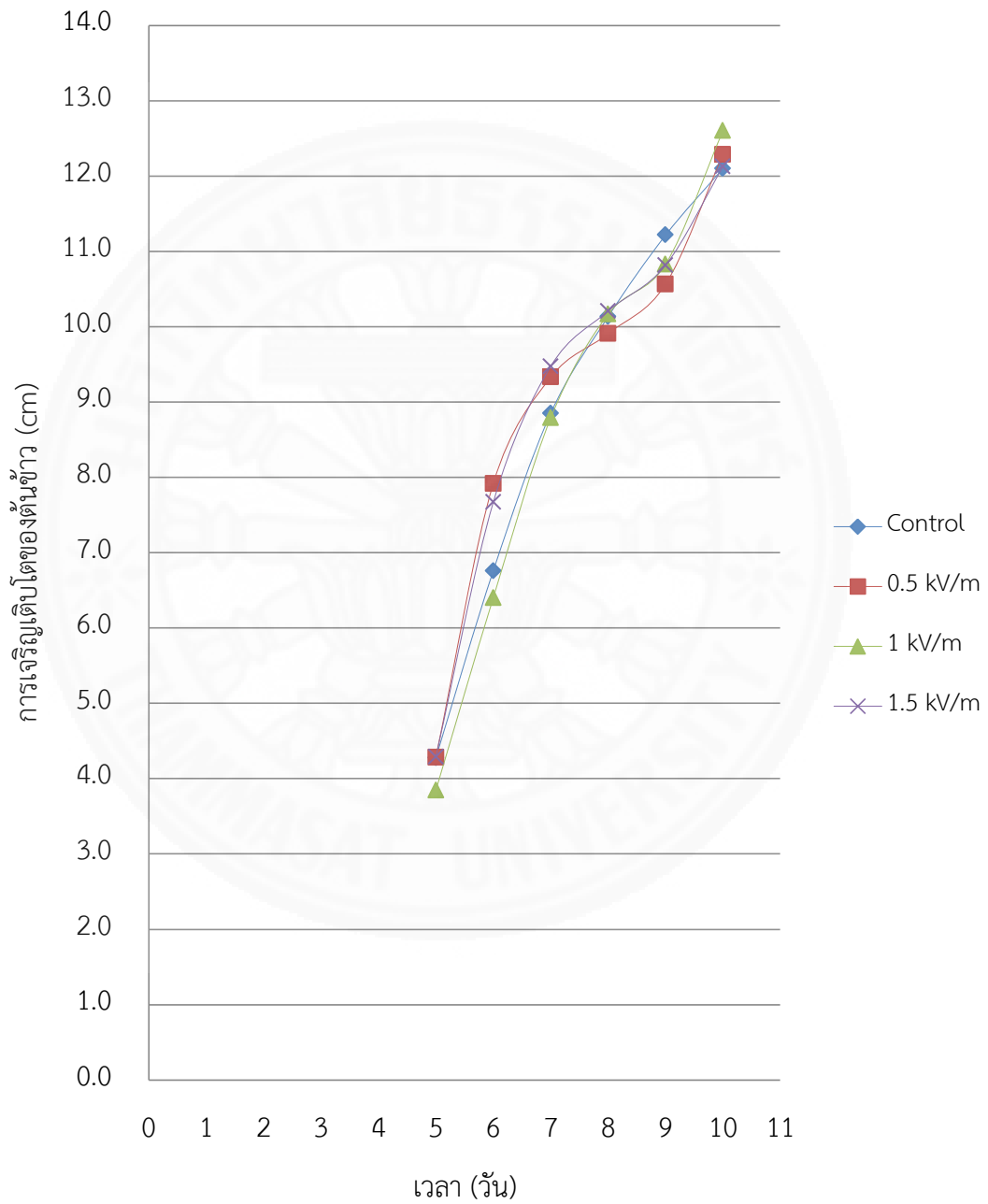
ภาคผนวก ๓

กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่คงที่ ที่ 1 kV/m และ 20 mT ในช่วงเวลาต่าง ๆ



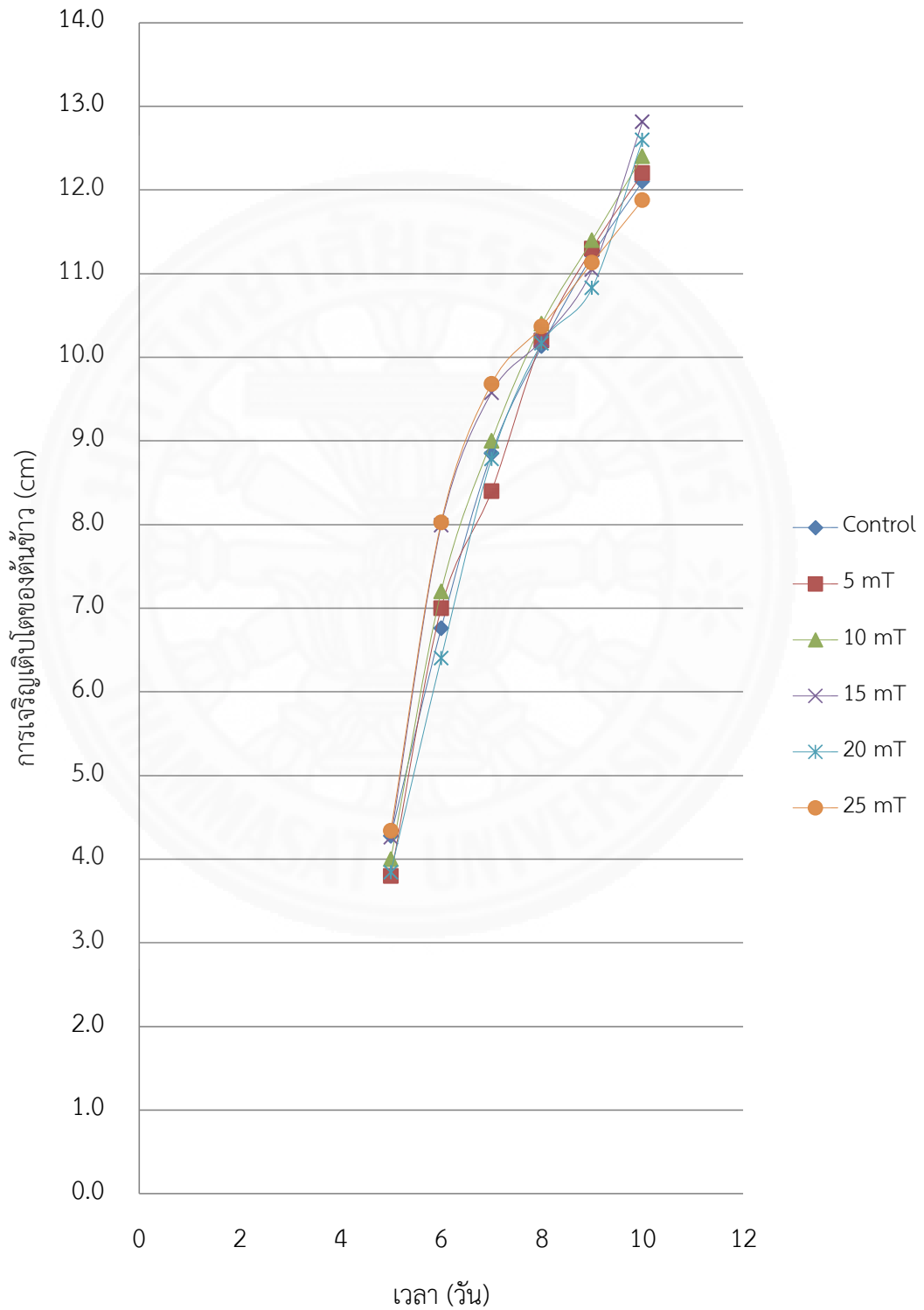
ภาคผนวก ฅ

กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT ในช่วงเวลาอบ 10 นาที ในความเข้มสนามไฟฟ้าต่าง ๆ



ภาคผนวก ฅ

กราฟการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผ่านการอบสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m ในช่วงเวลาอบ 10 นาที ในความเข้มสนามแม่เหล็กต่าง ๆ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายคำหล้า แสงรัมย์
วันเดือนปีเกิด	27 เมษายน พ.ศ. 2531
ทุนการศึกษา	ปี พ.ศ. 2557: ทุนพระราชทานของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในการศึกษาในระดับปริญญาโท

ผลงานทางวิชาการ

Conference

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 26 ประจำปี 2559 ณ โรงแรม บุรีศรีภูมิ บูติก อำเภอบางใหญ่ จังหวัดสงขลา ในวันที่ 26-29 พฤษภาคม 2559 คำหล้า แสงรัมย์ ทวี ฉิมอ้อย มนุเพ็ญฟูง: ศึกษาผลกระทบของการอบสนามไฟฟ้าคงที่ต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว

4th International Society for Mathematics and Science Education at Dongkhamxang Teacher Training College, Laos on December 2015. Khamla SENGLATHSAMY, Kittipong NAMJAN, Insong LASASAN, Tawee CHIM-OYE and Manu FUANGFOONG: Determination of Calcium in Flour by Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry Analysis by the Standard Addition Method

Proceeding of the Universal Academic Cluster Autumn Conference in Osaka, Japan on November, 25 – 27, 2015. Khamla SENGLATHSAMY, Tawee CHIM-OYE and Manu FUANGFOONG: Influence of Treatment by Magnetic Field on Germination and Growth Rate of Rice Seed

ประสบการณ์ทำงาน

ปี พ.ศ. 2554 - 2557 เป็นครูสอนและหัวหน้าหน่วยงาน
วัดผลและประเมินผลการเรียนของนักศึกษา ที่วิทยาลัย
ครู สุวรรณเขต สปป ลาว

