โครงงานที่ 817/2562 (วศบ.อุตสาหการ)

การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับการกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน

นายคงศักดิ์ ดุลยพิพัฒน์ **รหัสนักศึกษา 590612043**

นายปฏิภาณ ไชยลังกา **รหัสนักศึกษา 590612067**

โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีการศึกษา 2562

หัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับการกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน
โดย	นายคงศักดิ์ ดุลยพิพัฒน์ รหัสนักศึกษา 590612043
	นายปฏิภาณ ไชยลังกา รหัสนักศึกษา 590612067
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชนม์เจริญ แสวงรัตน์
ปีการศึกษา	2562

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อนุมัติให้นับโครงการนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

กรรมการสอบโครงงาน

..... ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ชนม์เจริญ แสวงรัตน์)

..... กรรมการ

(รศ.ดร.อภิชาต โสภาแดง)

..... กรรมการ

(อ.ดร.วาปี มโนภินิเวศ)

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับการกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคคลต่าง ๆดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชนม์เจริญ แสวงรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งแนะนำในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดทำงานวิจัยที่ถูกต้องและตรงจุด และทำการตรวจสอบแก้ไขอย่างครบถ้วนจนกระทั่งโครงงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เสริมเกียรติ จอมจันทร์ยอง รศ.ดร.อภิชาต โสภาแดง อ.ดร.สาลินี สันติธีรากุล และ อ.ดร.วาปี มโนภินิเวศ กรรมการสอบโครงงานวิจัยนี้ที่ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการปรับปรุง แนะนำแนวทางที่ดี แลแนวคิดด้านต่าง ๆ เพื่อให้การค้นคว้าวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ อ.ดร. อรอุมา เรืองวงษ์ และบุคลากรห้องปฏิบัติการห้องพืช สาขาวิชาโรคพืช ภาควิชากีฏและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ ที่สอนให้ความรู้เกี่ยวกับเชื้อรา Didymella Bryoniae เพื่อให้ได้มาซึ่งผลการทดลองที่ถูกต้องและสมบูรณ์ และให้คำแนะนำที่ดี สามารถนำไปปรับปรุงได้อย่างถูกต้อง และทำให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับการกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน จะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ที่มีความสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปจนทำให้การทดลองมีการปรับปรุงได้อย่างต่อเนื่องในการดำเนินงาน และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายคงศักดิ์ ดุลยพิพัฒน์

นายปฏิภาณ ไชยลังกา

หัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับการกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน
โดย	นายคงศักดิ์ ดุลยพิพัฒน์ รหัส 590612043
	นายปฏิภาณ ไชยลังกา รหัส 590612067
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชนม์เจริญ แสวงรัตน์
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีพลาสมา (Plasma) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากยิ่งขึ้น และไม่ใช่แค่ในอุตสาหกรรมเท่านั้น เทคโนโลยีพลาสมายังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์เราเพิ่มขึ้นอีกด้วยทั้งทางด้านการแพทย์ ได้แก่ การแพทย์สุขภาพทางด้านคลินิกเพื่อความสวยความงาม, ฯลฯ ไปจนถึงทางด้านเกษตรกรรมเองก็สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีพลาสมาได้ โดยอธิบายหลักการพลาสมา ได้ดังนี้ พลาสมา (Plasma) คือ อนุภาคที่มีทั้งประจุบวกและประจุลบสามารถเกิดได้โดยการให้สนามไฟฟ้าในปริมาณที่มากแก่แก๊สที่เป็นกลางจนทำให้อิเล็กตรอน (Electron) ของแก๊สหลุดออกกระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการไอออนไนเซชั่น (Ionization) เป็นกระบวนการการแตกตัวเป็นไอออน (Ion) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมากจนทำให้แก๊สแตกตัวเป็นพลาสมา เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อันเป็นสาเหตุของโรคต่างๆโดยไม่ทำลายโครงสร้างสำคัญต่างๆของวัตถุที่ผ่านพลาสมา

เครื่องกำเนิดพลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จ Dielectric Barrier Discharge (DBD) หลักการสะสม (Charge) และคายประจุ (Discharge) บนไดอิเล็กทริคด้วยไฟฟ้ากระแสสลับที่ความต่างศักย์สูงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพลาสมาอุณหภูมิต่ำ (Non-equilibrium Plasma) มีประสิทธิภาพสูงที่ความดันบรรยากาศ ปราศจากเครื่องระบายความร้อน และยังมีจุดเด่นที่มีต้นทุนในการสร้างไม่สูงมาก อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ง่าย จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง Design of Experiment (DOE)

ในการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน 2^k (Full Factorial Design at Two Levels) ซึ่งในการควบคุมปัจจัยของเครื่องผลิตพลาสมา DBD ที่ส่งผลต่อการลดจำนวนเชื้อรา Didymella Bryoniae และช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดเมล่อนพันธุ์โซฟี ที่เหมาะสมคือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ ระยะเวลา 15 วินาที จำนวนของเชื้อรา Didymella Bryoniae มีจำนวนลดลง และอัตราการงอกของเมล็ดเมล่อนมีเพิ่มขึ้น ซึ่งโครงงานนี้เป็นวิธีขั้นต้นเท่านั้น

Project Title	Adaption of Dielectric Barrier Discharge Plasma to Eliminate Didymella Bryoniae in Melon Seeds
Name	Kongsak Dunyapipat Code 590612043
	Padiphan Chailangka Code 590612067
Department	Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
Project Advisor	Assistant Professor Choncharoen Sawangrat, D.Eng.
Academic	2019

ABSTRACT

Plasma Technology is more commonly used in many industries nowadays. It is not only adapted in the industries areas, but also in the human daily life and the medical field, as the medicine of beauty. In addition, the agriculture field also used plasma technology. Plasma which is an electrically neutral medium of unbound positive and negative particles, can be artificially generated by heating or subjecting a neutral gas to a strong electromagnetic field to the point where an ionized gaseous substance, which is called Ionization. It is the quick process in which one or more electrons are removed from an atom or molecule, thereby creating an ion, in order to eliminate the microbes that cause various diseases without destroying the important structures of the object that passes through the plasma.

Dielectric barrier discharges (DBDs) are self-sustaining electrical discharges in electrode configurations containing an insulating material in the discharge path, with the dielectric in a high continuous voltage alternating current, which is the source of Non-equilibrium Plasma. It is highly effective at atmospheric pressure and without cooling device. Since the use of dielectric barrier discharge is low cost and easy to be adapted, it thus is applied in many fields.

The Design of experiments (DOE) is a method of this study. The Full Factorial Design at Two Levels was applied, it showed that the appropriate controlling factors of the DBD plasma machine that affect Didymella Bryoniae and increasing the germination rate of the Sophie's Melon seeds, are 160 volts with 15 seconds, the Didymella Bryoniae decreases and the germination rate of the Sophie's Melon seeds increases. Only a preliminary methodology is presented here.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)	6
2.2 พลาสมา (Plasma)	10
2.3 เชื้อรา DIdymella Bryoniae	15
2.4 อาหารวุ้นสูตร PDA (Potato Dextrose Agar)	16
บทที่ 3 ระเบียบการทำวิจัย	
3.1 ศึกษา DOE การฉายพลาสมา DBD และการปลูกเมล่อน	18
3.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มจำนวน 2^k	20
3.3 ฉายพลาสมาจากเครื่อง DBD ใส่เมล็ดเมล่อน	20
3.4 การปลูกเมล็ดบนจานเพาะเชื้อ	27
3.5 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการงอกของเมล็ด	31
3.6 ทำซ้ำการทดลอง อีก 2 ครั้ง	31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

วิเคราะห์ เปรียบเทียบ สรุปผล จัดทำรายงานและการนำเสนอ 31

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงานวิจัย

4.1 การหาค่าปัจจัยเริ่มต้น 32

4.2 ผลการทดลอง 33

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง 36

4.4 การวิเคราะห์เชื้อราบนเมล็ดเมล่อน 41

4.5 การเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนทั้งก่อนและหลังการถูกฉายด้วยพลาสมา 47

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนการงอกของเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน และเพิ่มอัตราการงอกให้แก่เมล็ดพันธุ์ 48

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 49

5.3 ข้อเสนอแนะ 49

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลบันทึกการทดลอง 51

ประวัติผู้เขียน 100

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง	10
4.1 แสดงปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง	33
4.2 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง (2^k)	33
4.3 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง (3^k)	33
4.4 การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 2^k	34
4.5 การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 3^k	34
4.6 แสดงอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังการฉายพลาสมา (การทดลองละ 45 เมล็ด)	36
4.7 Analysis of Variance	37
4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราบนรากและใบของเมล็ดพันธุ์เมล่อน	47

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1.1 สัดส่วนรายได้ของภาคการเกษตร 1

1.2 ข้อมูลด้านการเกษตรของไทย 2

1.3 พลาสมาเย็นมีศักยภาพที่จะเป็นเทคโนโลยีเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย 3

2.1 Design of Experiment 8

2.2 สภาวะของแก๊สและพลาสมา 11

2.3 แสดงสถานะทั้ง 4 สถานะของสสาร 11

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 17

3.2 ขวดผสมอาหาร PDA 21

3.3 ผง PDA 21

3.4 กระดาษตวงสาร 22

3.5 ผงวุ้นตรานางเงือก 22

3.6 ตวงผงวุ้น 22

3.7 ตวงน้ำสะอาด 23

3.8 นำผง PDA, ผงวุ้น และน้ำสะอาดมาผสมกันโดยการเขย่าขวด 23

3.9 ตู้ทดลองสาร 24

3.10 เทอาหาร PDA ใส่ในจานเพาะเชื้อ 24

3.11 ตวงถั่วแดงใส่ขวดรูปชมพู่ 24

3.12 นำอาหาร PDA ที่เตรียมไว้มารอใส่เชื้อ 25

3.13 ทำการ Crop เชื้อเพื่อเตรียมย้ายเชื้อไปวางบนอาหาร PDA 25

3.14 นำเชื้อมาวางบนอาหาร PDA และนำพาราฟิล์มมาพันรอบ ๆ เพื่อกันการปนเปื้อน 25

3.15 นำเชื้อราไปวางบนถั่วแดง และนำเชื้อราวางบนอาหาร PDA 26

3.16 เชื้อราที่เจริญบนเมล็ดถั่วแดง 26

3.17 เมล็ดพันธุ์ชุกควบคุม 27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

3.18 นำเมล็ดมาวางในถาดหลุมอลูมิเนียม 27
3.19 นำถาดหลุมอลูมิเนียมไปวางในเครื่อง DBD 28
3.20 การตั้งค่าเครื่อง DBD 28
3.21 กระบวนการฉายพลาสมา 29
3.22 การตัดกระดาษเพาะเมล็ดเป็นวงกลมขนาดเท่าจานเพาะเชื้อ 29
3.23 การใช้ปิเปตดูดน้ำสะอาด 30
3.24 ใช้ปิเปตฉีดน้ำสะอาดลงบนกระดาษเพาะเมล็ด 30
3.25 การวางเมล็ดบนจานเพาะเชื้อ 31
3.26 นำเมล็ดที่ทำการเพาะแล้วทั้งหมดไปวางไว้บนชั้น และจดบันทึกทุก ๆ 2 วัน 31
4.1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนในการหาปัจจัยเริ่มต้น 32
4.2 แสดง Main Effects ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน 38
4.3 แสดง Interaction Plot ของอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน 39
4.4 แสดง Residual Plots ที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน 39
4.5 แสดง Response Optimization ที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน 40
4.6 แสดง Response Optimization : Melon Seed Germination 41
4.7 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 1 42
4.8 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 2 42
4.9 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 3 43
4.10 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 4 43
4.11 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 5 44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

4.12 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 6 44
4.13 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 7 45
4.14 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 8 45
4.15 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 9 46
4.16 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 10 46

บทที่ 1

บทนำ

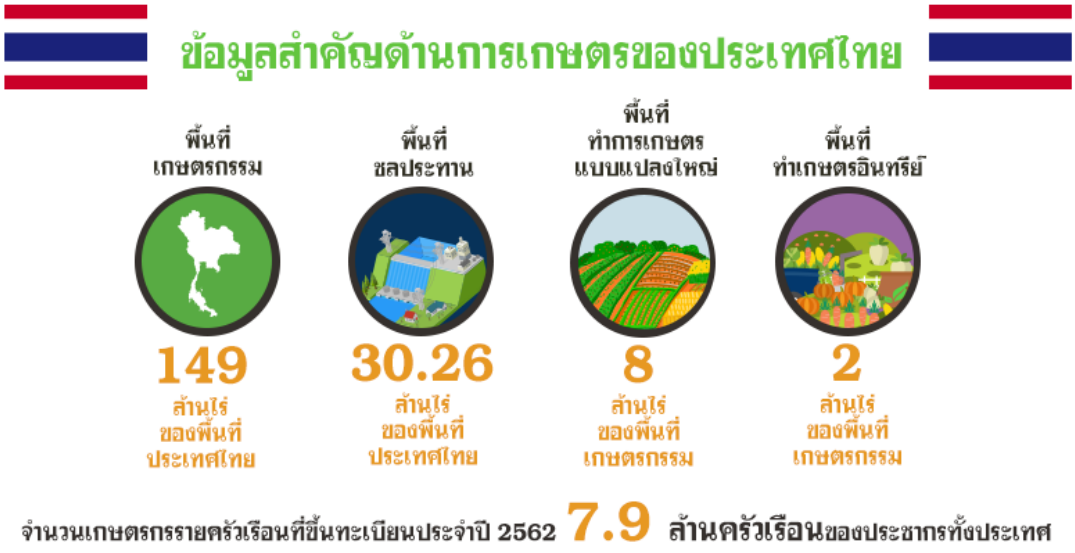
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาในการทำโครงงาน

ในปัจจุบันการทำเกษตรกรรมในประเทศไทยนั้น ถือเป็นรายได้หลักอย่างหนึ่งของประเทศ ประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 321 ล้านไร่ หรือประมาณ 513,000 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่สำหรับการเกษตรประมาณ 43 เปอร์เซ็นต์ (138 ล้านไร่) และรายได้ของภาคเกษตรคิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของ GDP ซึ่งการปลูกพืชและผลไม้คิดเป็น 68 เปอร์เซ็นต์ ของการทำเกษตรกรรมดังภาพ 1.1 จึงทำให้ประเทศไทยมีการปรับปรุงพันธุ์พืชอยู่เรื่อยๆไป เพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่ดี แข็งแรง และทนต่อสภาวะอากาศหรือโรคพืชต่างๆ รวมถึงการเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด แต่ถึงแม้มีการปรับปรุงพืชแล้วพืชบางชนิดก็ยังคงมีปัญหาเรื่องอัตราการงอกของเมล็ดอยู่ดี จากการตรวจสอบแล้วจะได้ข้อมูลว่าโดยส่วนมากพืชที่ถูกปรับปรุงมาแล้วจะมีอัตราการงอกของเมล็ดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (60-80 เปอร์เซ็นต์) แต่ยังไม่สามารถทำให้เมล็ดมีอัตราการงอกถึง 99-100 เปอร์เซ็นต์ได้ โดยเมล็ดพืชพันธุ์ที่ถูกปรับปรุงพันธุกรรมมาแล้วจะมีการเคลือบสารบางอย่างไว้ด้วย (ขึ้นอยู่กับว่าเป็นเมล็ดพืชอะไร) ซึ่งจะส่งผลให้เพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพืชด้วย

ภาพ 1.1 สัดส่วนรายได้ของภาคการเกษตร

ที่มา : https://marketeeronline.co/archives/7375

ปัจจุบันปริมาณของพื้นที่เพาะปลูกได้ลดลงอย่างมากดังภาพ 1.2 สภาวะขาดแคลนอาหารสำหรับการบริโภค และการเลี้ยงสัตว์ก็เริ่มส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืชจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหานี้ นอกจากเทคโนโลยีการคัดสรรสายพันธุ์จากธรรมชาติ การใช้สารเคมีและการใช้รังสีในการปรับปรุงและพัฒนาสายพันธุ์แล้วเมื่อไม่นานมานี้มีการพัฒนาเทคนิคใหม่อีกเทคนิคหนึ่งมาใช้ในการพัฒนาพันธุ์พืช ได้แก่เทคนิคการใช้ลำไอออนในการทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช เข้ามามีบทบาทในการพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืชมากขึ้น ถึงแม้ว่าเทคนิคนี้จะมีข้อดีอยู่มาก แต่เนื่องจากเทคนิคนี้มีราคาสูงและอีกทั้งยังต้องทำในระบบสุญญากาศนั้นทำให้เกิดข้อจำกัดมากมายตามมาเช่นกัน เช่น พืชที่นำมาใช้ส่วนใหญ่จะต้องเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ขณะทำการทดลองต้องอยู่ในสภาวะสุญญากาศได้ หรือต้องผ่านกระบวนการทำให้แห้งก่อน หากนำเทคนิคพลาสมาเข้ามาใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช เทคนิคพลาสมานั้นเป็นเทคนิคที่มีราคาไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ อีกทั้งยังสามารถใช้ได้ในสภาวะบรรยากาศได้ ไม่ยุ่งยากในการเตรียมชิ้นงาน ชิ้นงานไม่จำเป็นต้องแห้ง ดังนั้นจึงสามารถลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเตรียมชิ้นงานได้ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มอัตราการงอกหรืออัตราการรอดของพืชได้อีกด้วย



ภาพ 1.2 ข้อมูลด้านการเกษตรของไทย

และปัจจุบันเทคโนโลยีพลาสมานั้นได้เข้ามาสู่การประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางและหลากหลาย มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมากับอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เนื่องจากพลาสมาเป็นเทคโนโลยีที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดการใช้สารเคมีในปริมาณมาก ไม่เป็นอันตรายในทางอุตสาหกรรม อีกทั้งยังลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย เราสามารถพบเทคโนโลยี

พลาสมาได้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ มีการนำพลาสมามาใช้ในการทำความสะอาดชิ้นงาน เคลือบผิวด้วยฟิล์มบาง การปรับปรุงพื้นผิวชิ้นงาน ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ นั้นมีการประยุกต์ใช้ในการทำเสื้อนาโนที่สามารถทำความสะอาดได้ง่าย การป้องกันการซึมของน้ำ การหน่วงไฟ หรือเพื่อเพิ่มการซึมของน้ำ หรือเพื่อเพิ่มการซึมและการยึดเกาะของหมึกสีดังภาพ 1.3 นอกจากนั้นการอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ก็มีการนำไปประยุกต์ใช้งานกับทั้งกระดาษ พลาสติก พอลิเมอร์ และฟิล์มชนิดต่าง ๆ เป็นต้น แม้แต่ในทางการแพทย์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาก็เริ่มมีบทบาทมากขึ้น จะพบว่ามีการนำเอาพลาสมามามาใช้ในระบบฆ่าเชื้อ การใช้เพื่อการรักษา การปรับปรุงและการเคลือบผิววัสดุทางการแพทย์ เทคโนโลยีพลาสมานั้นยังสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันเช่น การตัดเหล็กด้วยพลาสมา การใช้พลาสมาในการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วเทคโนโลยีพลาสมานั้นยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางเกษตรกรรมได้อีกด้วย

ภาพ 1.3 พลาสมาเย็นมีศักยภาพที่จะเป็นเทคโนโลยีเกษตรสีเขียวและอาหารปลอดภัย

เทคโนโลยีพลาสมาเป็นเทคโนโลยีปลอดภัยและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในทางการแพทย์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งการเกษตร พลาสมาประกอบไปด้วยไอออนบวก ไอออนลบ และอนุมูลอิสระต่างๆ ที่อยู่ในสถานะเป็นกลางทางไฟฟ้า พลาสมาแบบไดอิเล็กทริคแบบริเออร์ดิสชาร์จ (DBD พลาสมา) เป็นพลาสมาแบบไม่อยู่ในสภาวะสมดุลความร้อนหรือพลาสมาเย็น ที่สร้างจากเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ DBD อาศัยหลักการสะสมและคายประจุไอออนบนวัสดุไดอิเล็กทริคด้วยไฟฟ้าสลับที่ความศักย์ไฟฟ้าสูง ณ ความดันอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของกำลังไฟฟ้า ระยะเวลา และอัตราส่วนของแก๊ส ในการประยุกต์ใช้พลาสมาจากเครื่องไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับการกำจัดเชื้อรา Didymella bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน

1.2.2 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนทั้งก่อนและหลังการถูกฉายด้วยพลาสมาเพื่อกำจัดเชื้อรา Didymella bryoniae

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง Design of Experiment (DOE)

1.3.2 เปรียบเทียบอัตราการงอกและปริมาณเชื้อรา Didymella bryoniae ในเมล่อนก่อนและหลังจากการฉายพลาสมา โดยให้ปัจจัยที่ต้องควบคุมการฉายพลาสมาจากเครื่อง Dielectric Barrier Discharge คือ กำลังไฟฟ้า ระยะเวลา และอัตราส่วนของแก๊สที่ใช้เป็นตัวแปร X และให้อัตราการงอกกับปริมาณเชื้อรา Didymella bryoniae เป็นตัวแปร Y

1.3.3 ศึกษาการเพาะเชื้อรา Didymella bryoniae ในสูตรอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

1.3.4 เมล็ดพันธุ์เมล่อนญี่ปุ่น โซฟี จากร้าน เพื่อนเกษตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD)

1.4.2 สามารถเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดเมล่อนได้สูงขึ้นจากปัจจุบันซึ่งมีอัตราการงอกอยู่ที่ 80%

1.4.3 ทราบถึงเทคโนโลยีที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ได้

1.4.4 ทราบถึงเงื่อนไขและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์ด้วยระบบพลาสมาโดยใช้เครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD)

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

2.1.1. ความหมายของการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) คือการดำเนินการทดลองอย่างเป็นระบบและมีการควบคุม มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาว่าวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิต (Input : Xs)หรืออิทธิพลระหว่างกันของวัตถุดิบ (Interaction) มีความสัมพันธ์ต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต (Output : Ys) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

2.1.2 ประโยชน์ของการออกแบบการทดลอง

คือเป็นเครื่องมือที่ช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ในขณะที่ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือสูง สามารถนำไปใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการ เพื่อให้กระบวนการสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิผล (Optimal Process Setting)

เป็นเครื่องมือที่มีมีความน่าเชื่อถือสูง สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการ เพื่อให้กระบวนการสามารถทำงานได้อย่างมี ประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล (Optimal Process Setting) ในเรื่องของการประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย สร้างผลประโยชน์ให้กับองค์กรได้เป็นอย่างดี

2.1.3 ส่วนประกอบในการออกแบบการทดลอง

ทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่ต้องกระทำกับสิ่งทดลองเพื่อวัดผลและทำการเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

หน่วยทดลอง (Experiment Unit) เป็นหน่วยที่ใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment) หน่วยทดลอง คือ สิ่งหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งของการทดลอง ซึ่งได้รับจากทรีทเมนต์เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่ง หน่วยทดลองมีขนาดไม่จำกัดสามารถผันแปรได้จากการทดลองหนึ่งไปสู่อีกการทดลองหนึ่งถึงแม้จะใช้สิ่งทดลองที่เหมือนกันก็ตาม ในการทดลองแต่ละครั้งจึงต้องให้คำจำกัดความของหน่วยทดลองให้ชัดเจน

ปัจจัย (Factor) คือ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหมดที่มีความเกี่ยวข้องกัน เรียกว่าตัวแปรอิสระก็ได้ ซึ่งปัจจัยนั้นอาจเป็นไปได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณสามารถแบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) คือ ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยได้

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) คือ ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยได้ เช่นข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยี ต้นทุน ซึ่งปัจจัย ที่ไม่สามารถควบคุมได้ แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

- ตัวแปรรบกวน (Noise Variable) คือ ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปร ตอบสอบ (Response Variable) ในการทดลอง แต่ไม่ใช่ปัจจัยที่กำลังทำการศึกษา ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมหรือสิ่งที่ไม่สามารถควบคุม ได้ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายนอก เวลา อุปกรณ์ หรือระบบที่ไม่สามารถควบคุมได้

- ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Nuisance Variable) คือ ตัวแปรที่ไม่รู้จักมาก่อนและมีผลต่อตัวแปรตอบสนอง โดยจะกำจัดอิทธิพล ของ Nuisance Variable ได้โดยการสุ่ม

2.1.4 หลักพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

การสุ่ม (Randomization) การดำเนินการใด ๆ กับปัจจัยจะต้องมีความอิสระเพื่อให้ข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันและจะต้องคำนึงถึงหลักการกระจายอย่างทั่วถึงและมีความสมดุล (Balance out) ต่อปัจจัยอื่น ๆ ที่เราไม่สามารถควบคุมได้

การทำซ้ำ (Replication) หมายถึง การดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้งสามารถอธิบายจุดประสงค์ในการทำซ้ำ คือ

- เพื่อให้สามารถมองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง ได้ การดำเนินการวิเคราะห์จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปประเมินว่า ปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการบ้าง

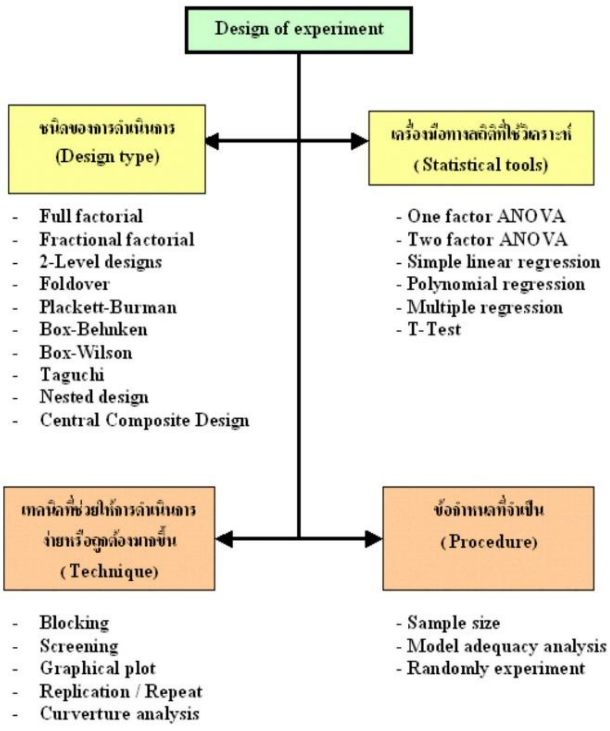
- เพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนทิ้ง (Average out) โดยอิทธิพลที่ไม่สามารถ ควบคุมได้ที่มีผลต่อปัจจัยเหมือนการหาค่าเฉลี่ยเป็นวิธีการในการประเมินค่าอิทธิพล ของปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง

การบล็อค (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มความแม่นยำ (Precision) ของการทดลองเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

2.1.5 หลักการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล

รูปแบบการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล

1. การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย มี 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัย A และปัจจัย B โดยปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับส่วน ปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งในแต่ละการทำซ้ำของการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ a x b การทดลอง และโดยปกติจะมีจำนวนเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 Design of experiment

ที่มา : https://techno56.wordpress.com/

2. การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k เป็นการออกแบบการทดลองที่ใช้ใน กรณีที่มี k ปัจจัยซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับสูงแสดงเครื่องหมาย “+” และระดับต่ำแสดงเครื่องหมาย “-” ซึ่งระดับจะเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร คนงาน และใน 2 ระดับจะแทนด้วยระดับสูง และค่าต่อของปัจจัยหนึ่งๆใน 1 รอบการทำซ้ำที่บริบูรณ์ของการออกแบบ จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2^k ซึ่งข้อมูลการออกแบบการทดลองแบบนี้มีประโยชน์มากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรกเมื่อมีปัจจัยจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ

3. การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับ หรือการออกแบบเชิง แฟคทอเรียล 2^k แบบเต็มรูปแบบเป็นการออกแบบการทดลองที่ผู้ทดลองสามารถมองข้าม อันตรกิริยาขั้นสูงบางตัวได้ โดยการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k แบบเต็มรูปแบบจะมี จำนวนปัจจัยมากและมีจำนวนการทดลองที่เพิ่มขึ้น การออกแบบการทดลองแบบนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่จะสามารถทำได้เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัย k ชนิดได้ทุกกรณีและถูกนำมาใช้ในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนองในการทดลองหนึ่งอาจจะมีปัจจัยมากมายที่กำลังอยู่ในความสนใจของผู้ทดลองเพื่อค้นหาว่ามี ปัจจัยใดบ้างเป็นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบสนองการทดลองเพื่อกรองปัจจัยนี้จะใช้ในตอนเริ่มต้นการทดลองเพราะในเริ่มแรกจะมีปัจจัยที่ถูกสงสัยและดูมีแนวโน้มว่าเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยหรือไม่มีผลต่อผลตอบสนองที่กำลังพิจารณาอยู่หลังจากทำการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเสร็จสิ้นแล้ว จะนำปัจจัยที่มีผลไปทำการทดลองอย่างละเอียดในการทดลองต่อไป

4. การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ หรือการออกแบบเชิงแฟคทรอเรียล 3^k เป็นการออกแบบเชิงแฟคทรอเรียลที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ และระดับทั้งสามของแต่ละปัจจัยจะมีค่าเป็นระดับสูง ระดับกลางและระดับต่ำสูง สัญญาลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้งสามเป็นตัวเลข -1, 0 และ1 ตามลำดับในการออกแบบการทดลอง แบบนี้จะมีระดับที่สามของปัจจัยเพิ่มเข้ามาในแบบการทดลอง ซึ่งจะทำให้สามารถแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนองที่สนใจ และปัจจัยที่สนใจในลักษณะที่เป็นสมการแบบ ควอตราติกได้การออกแบบการทดลองแบบ 3^k จะเหมาะสม ในกรณีที่ผู้ทดลองกำลังสนใจกับผลตอบสนองที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้งแต่การออกแบบนี้ไม่ได้เป็นการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์แบบพหุนามกำลังสอง

5. การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วนแบบ 2 ระดับ หรือการออกแบบแฟกทอเรียลแบบ 2^{k-p} เป็นการออกแบบการทดลองที่ผู้ทดลองสามารถละเลยอันตรกิริยาขั้นสูงบางตัวได้ เนื่องจากถ้าออกแบบแฟกทอเรียลแบบ 2^k แบบเต็มจำนวน มีจำนวนปัจจัยมาก การทดลองอาจจะเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่จะรองรับได้ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้การทดลองมีจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างครบถ้วนทุกกรณี

การออกแบบแฟกทอเรียลเชิงเศษส่วน จึงถูกนำมาใช้ในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบ กล่าวคือ ในการทดลองหนึ่งอาจจะมีปัจจัยมากมายที่กำลังอยู่ในความสนใจของผู้ทดลอง จึงใช้การออกแบบทดลองเช่นนี้ เพื่อค้นหาว่ามีปัจจัยใดบ้างเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างเป็นนัยสำคัญต่อผลการทดลอง เพื่อกรองปัจจัยนี้ ส่วนมากจะใช้ตอนเริ่มการทดลอง เนื่องจากโดยมากแล้วในขณะนั้นจะมีปัจจัยจำนวนมากที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยหรือไม่มีผลตอบที่กำลังพิจารณาอยู่ หลังจากทำการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเสร็จสิ้นแล้วปัจจัยที่มีผลจะถูกนำไปทำการทดลองอย่างละเอียดในการทดลองต่อ ๆ ไป ดังตาราง 2.1

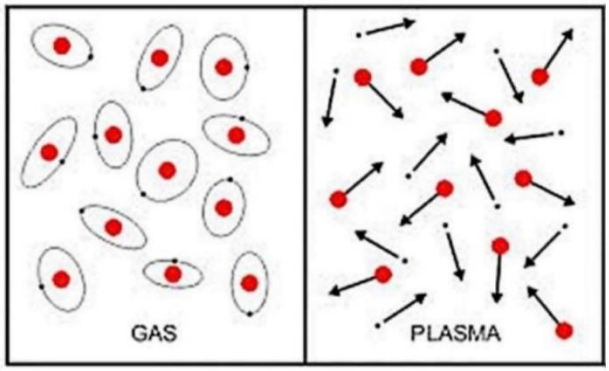
ตาราง 2.1 การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง

การพัฒนากระบวนการผลิต	**การออกแบบทางวิศวกรรม**
- ปรับปรุงผลที่ได้จากกระบวนการผลิต - ลดการเปลี่ยนแปลงความแปรปรวนของผลลัพธ์ทำให้ ผลลัพธ์ได้ค่าที่ใกล้เคียงเป้าหมายหรือตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด ซึ่งจะเป็นผลดีในการแข่งขันทางการผลิต - ลดเวลาในการพัฒนากระบวนการหรือระบบนั้น ๆ (ยกเลิกการทดลองแบบลองถูกลองผิด) - ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม	- นำไปช่วยในการประเมินผลและเปรียบเทียบในการเลือกโครงร่างตัวแบบพื้นฐาน - นำไปประเมินการเลือกหรือเปลี่ยนวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ - นำไปช่วยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการให้มีประสิทธิภาพภายใต้สภาวะต่าง ๆ

2.2 พลาสมา (Plasma)

2.2.1 ความหมายของพลาสมา

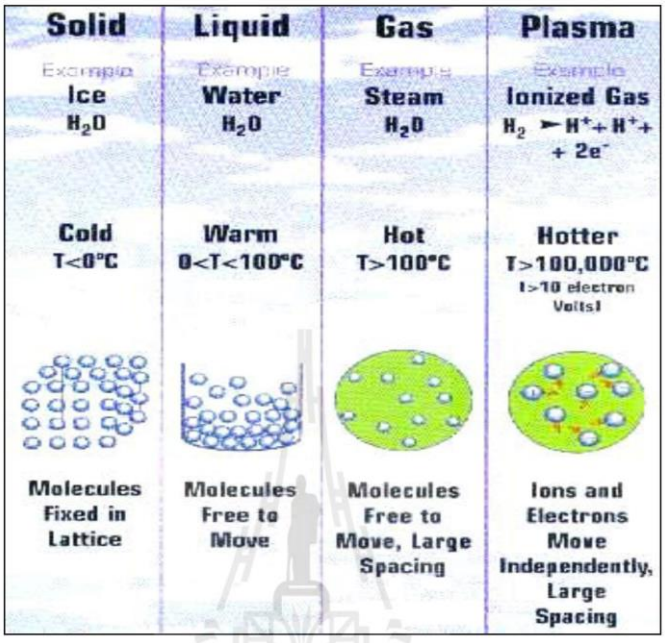
พลาสมา คือ สภาวะที่ก๊าซเกิดการแตกตัว (Ionized) ประกอบด้วยอิเล็กตรอนไอออน และอนุภาคของก๊าซดังภาพ 2.2 ในสัดส่วนที่ทำให้ประจุสุทธิเป็นศูนย์ทำให้โดยรวมแล้วพลาสมายังคงสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า ซึ่งคำนี้ถูกบัญญัติโดย แลงมัวร์ (Irving Langmuir) ในปี 1928 ใช้เพื่อบรรยายสภาพก๊าซที่ถูกทำเป็นไอออนในการดิสชาร์จด้วยไฟฟ้า



ภาพ 2.2 สภาวะของแก๊สและพลาสมา

ที่มา : http://ie.eng.cmu.ac.th/IE2014/downloads/

ดังนั้นจึงถือได้วาพลาสมาเป็นสถานะที่ 4 ของสสาร เนื่องจากมีลักษณะที่แตกต่างไปจากสถานะอื่นอย่างชัดเจน หากพิจารณาช่วงเปลี่ยนสถานะ ของแข็ง- ของเหลว - ก๊าซ (Solid – Liquid - Gas) ถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิ (หรือคือการให้พลังงานจลน์แก่อนุภาคของก๊าซ) ให้แก่ก๊าซต่อไปเรื่อย ๆ เช่น ถึง 20,000 องศาเคลวิน (K) เราจะได้พลาสมาของก๊าซนั้น ดังแสดงในภาพ 2.3 (อุณหภูมิอาจต่ำกว่าก็ได้แล้วแต่กลไกการทำให้เป็นไอออนของก๊าซ)



ภาพ 2.3 แสดงสถานะทั้ง 4 สถานะของสสาร

ที่มา : http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/

พลาสมามีลักษณะพิเศษที่น่าสนใจเพราะว่าแรงไฟฟ้าถือเป็นแรงชนิดไกล (Long Range Force) และอนุภาคของพลาสมาทุกตัวกระทำต่ออนุภาคข้างเคียงกันและกัน เรียกว่าเป็นพฤติกรรมร่วม (Collective Behavior) พฤติกรรมรวมนี้หมายถึง การเคลื่อนที่ของอนุภาคในพลาสมา ซึ่งไม่เพียงจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในบริเวณนั้น ๆ เท่านั้น แต่เป็นผลโดยรวมจากพลาสมาส่วนใหญ่มากกว่าจะเป็นผลมาจากการชนกันของอนุภาคที่อยู่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากอนุภาคในพลาสมาที่สถานะสมดุลจะมีการสั่นด้วยความถี่สูงกว่าความถี่ในการชนกันของอนุภาค 2 ตัว ที่อยู่ใกล้กัน ดังนั้น อาจจะกล่าวได้ว่าพฤติกรรมนี้เป็นพฤติกรรมที่กลุ่ม**พลาสมา**แสดงออกมาร่วมกัน พลาสมาสามารถเกิดได้โดยการใช้สนามไฟฟ้าปริมาณมากแก่ก๊าซที่เป็นกลาง เมื่อพลังงานส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนอิสระมากพอจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอม และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากอะตอม กระบวนการนี้ เรียกว่ากระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากซึ่งจะทำให้ก๊าซแตกตัว และกลายเป็นพลาสมาในที่สุด

2.2.2 ประเภทของพลาสมา

พลาสมาสามารถแบ่งออกเป็นพลาสมาที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (Nature Plasma) เช่น ดาวหรือ interstellar matter และ พลาสมาที่สามารถสร้างขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Plasma) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ พลาสมาอุณหภูมิสูงหรือพลาสมาฟิวชัน (Fusion Plasma) และพลาสมาอุณหภูมิต่ำหรือก๊าซดิสชาร์จ (Gas Discharge) โดยทั่วไปจะนิยมแบ่งก๊าซดิสชาร์จออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ พลาสมาอุณหภูมิสูงหรือ พลาสมาร้อน (Hot Plasma) และ พลาสมาอุณหภูมิต่ำหรือพลาสมาเย็น (Cold Plasma) ดังนี้

พลาสมาร้อน (Hot Plasma) พลาสมาร้อน คือ ก๊าซดิสชาร์จแบบพลาสมา LTE มีลักษณะการปล่อยประจุ แบบอาร์คดิสชาร์จ (Arc Discharge) ซึ่งจากการเกิดกระบวนการดิสชาร์จนั้นเมื่อให้กระแสไฟฟ้าแก่ขั้วอิเล็กโทรด ทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วบวกและขั้วลบที่สูงจนกระตุ้นให้ก๊าซบางส่วน เกิดการแตกตัวอย่างรุนแรงกลายเป็นประจุบวกและอิเล็กตรอนที่มีความหนาแน่นสูง อิเล็กตรอนจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าที่อยู่ข้างหน้าขั้วลบ และเคลื่อนที่ไปชนกับอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซด้วย ความถี่สูงและรุนแรง เกิดการปล่อยประจุในลักษณะของ สปาร์ค (Spark) ของประจุเป็นเส้นเล็ก ๆ จำนวนมาก (Filament) ทำให้เกิดสถานะของพลาสมาที่มีความดันและพลังงานสูง โดยพลาสมาร้อน นี้จะถูกสร้างที่ความดันใกล้ความดันบรรยากาศหรือมากกวานั้นใช้ในการผลิตพลาสมาสเปรย์ หรือ ให้ในการหลอม เชื่อม และตัดโลหะ

พลาสมาเย็น (Cold Plasma) พลาสมาเย็น คือ ก๊าซดิสชาร์จแบบพลาสมา Non – LTE มีลักษณะการปล่อย ประจุแบบโกล์วดิสชาร์จ (Glow Discharges) เป็นการสร้างพลาสมาที่

พัฒนามาจากพลาสมาร้อน เป็นการลดความดันในการเกิดพลาสมาให้ต่ำลง โดยเกิดที่ประมาณ 10^{-3} – 10 ทอร์ โดยอุณหภูมิของ อนุภาคหนักจะมีค่าต่ำและมักจะไม่สูงกวาอุณหภูมิห้อง แต่สำหรับอิเล็กตรอนจะมีอุณหภูมิสูงมาก เพราะมีอุณหภูมิน้อยจึงถูกเร่งในสนามแม่ เหล็กไฟฟ้าได้ง่ายการที่อิเล็กตรอนมีอุณหภูมิสูงทำให้ เกิดการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น ซึ่งจากกระบวนการดิสชาร์จเมื่อให้กระแสไฟฟ้าแก่ขั้วอิเล็กโทรดทำให้เกิดความต่างศักดิ์ขึ้นระหว่างขั้วบวกและขั้วลบที่สูงพอจนกระตุ้นให้ก๊าซบางส่วนแตกตัวและ กลายเป็นประจุบวก และอิเล็กตรอนจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าที่อยู่ข้างหน้าขั้วลบและเคลื่อนที่ไปชนกับอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซ ทำให้เกิดการกระตุ้นและแตกตัวเป็นประจุ อนุภาคที่อยู่ในสภาวะกระตุ้นจะปลดปล่อยรังสีออกมาและลงมาอยู่ในสถานะที่ต่ำลงมาทำให้เกิดแสงสว่าง นิยมใช้ ในงานที่ไม่ต้องการความร้อน เช่น การกัด (Etching) หรือการทำฟิล์มบาง (Thin Film) เป็นต้น

2.2.3 กระบวนการเกิดพลาสมา

การแตกตัวเป็นไอออน (Ionization)

ในการเกิดปฏิกิริยาของพลาสมาในห้องสุญญากาศซึ่งมีก๊าซไหลผ่านในระดับคงที่และความดันต่ำมาก ๆ โมเลกุลหรืออะตอมของก๊าซในสุญญากาศอาศัยการชนกันของอิเล็กตรอนอิสระกับโมเลกุลหรืออะตอมเป็นสำคัญ โดยคลื่นวิทยุหรือคลื่นไมโครเวฟทำหน้าที่เร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานจลน์ไปชนกับโมเลกุลหรืออะตอม ทำให้อะตอมกลายเป็นไอออนและเกิดการรุ่งแสง (Glow Discharge) เปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมาจะได้ชนิดของก๊าซที่มีการเปล่งแสง แสงเหนือม่วง (Ultraviolet) ที่เกิดขึ้น ความถี่ในช่วงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ตัวอย่างเช่น การรุ่งแสงของก๊าซอาร์กอนให้แสงสีขาวอมน้ำเงิน ดังสมการการแตกตัว และพลังงานมีค่าดังแสดงในสมการ 2.1 2.2 และ 2.3

Ionization energy of Argon

$$e^- + Ar \longrightarrow Ar^+ + e^- \qquad \text{First ionization energy 15.7 eV} \qquad (2.1)$$

$$e^- + Ar^+ \longrightarrow Ar^{2+} + e^- \qquad \text{Second ionization energy 27.6 eV} \qquad (2.2)$$

$$e^- + Ar^{2+} \longrightarrow Ar^{3+} + e^- \qquad \text{Third ionization energy 40.7 eV} \qquad (2.3)$$

การถูกกระตุ้น (Excitation) พลังงานที่ส่งผ่านเมื่ออิเล็กตรอนกระโดดไปอยู่ ในระดับพลังงานที่สูงกว่าทำให้อะตอมนั้น กระบวนการนี้คือกระบวนการกระตุ้นสถานะของอะตอม ซึ่งแสดงว่าพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยกวาพลังงานในการแตกตัวเป็นไอออนดังแสดงในสมการ 2.4

$$e^- + Ar \longrightarrow Ar^* + e^- \qquad (2.4)$$

การแยกตัวออก (Dissociation) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่ก๊าซถูกกระทำโดยศักย์ของคลื่นความถี่วิทยุ เช่น กระบวนการแยกตัวออกของก๊าซออกซิเจน ซึ่งสามารถแยกตัวออกได้เป็นออกซิเจน 2 อะตอม ดังสมการ 2.5

$$O_2 + e^- \longrightarrow O + O + e^- \qquad (2.5)$$

ผลของการแยกตัวจะเพิ่มประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี คือ ผลผลิตที่ ได้จะมีปฏิกิริยาความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่เร็วกวาตอนที่อะตอมยังไม่แยกตัว การแยกตัว (Dissociation) อาจเกิดคู่กบการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) หรือไม่ก็ได้ ถ้าเกิดคู่กนจะเรียกว่า Dissociative Ionization ตัวอย่างดังแสดงในสมการ 2.6 และ 2.7

$$e^- + CF_4 \longrightarrow e^- + CF_3 + F \qquad \text{(Dissociation)} \qquad (2.6)$$

$$e^- + CF_4 \longrightarrow 2e^- + CF^+_3 + F \text{ (Dissociation Ionization)} \qquad (2.7)$$

ผลของการรุ่งแสงของก๊าซที่ลดความดันและศักย์ของคลื่นวิทยุที่ถูกกระตุ้น จะสังเกตเห็นพลาสมาที่เปล่งแสงที่เรียกวา Glow Discharge ซึ่งหมายถึงแสงของพลาสมาที่เปล่งออกมา เนื่องจากพลังงานภายนอกที่ทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นจากสถานะพื้นเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในสถานะถูกกระตุ้น โดยปกติอิเล็กตรอนสามารถอยู่ในสถานะกระตุ้นในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ ประมาณ 10-18 วินาที จากนั้นเวเลนซ์อิเล็กตรอนจะกลับสู่สภาวะพื้น และปลดปล่อยพลังงาน ออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและความถี่ของแสงในช่วงที่มองเห็น (Visible Light)

การแลกเปลี่ยนประจุ (Charge Exchange) เป็นการถ่ายเทประจุกับอะตอมจะเกิดขึ้นได้ง่ายมากหากเป็นการแลกเปลี่ยนไอออนกับอะตอมของธาตุเดียวกัน ดังแสดงในสมการ 2.8 และ 2.9

$$e^- + CF_4 \longrightarrow e^- + CF_3 + F \qquad (2.8)$$

$$Ar^+ + Ar \longrightarrow Ar + Ar^+ \qquad (2.9)$$

ในทำนองเดียวกันจะยากขึ้น แต่ก็มีโอกาสเกิดขึ้นได้ กรณีเป็นธาตุต่างชนิดกันดังแสดงในสมการ 2.10

$$Cu^{+} + Ar \longrightarrow Cu + Ar^{+} \quad (2.10)$$

การถ่ายเทโมเมนตัม (Momentum Transfer) เป็นกลไกเบื้องต้นสำหรับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของแรงจากการชนของอะตอม กรณีก๊าซที่เป็นกลางการถ่ายเทโมเมนตัม ของอิเล็กตรอนไม่ได้มีความสำคัญมากนักในการรุ่งแสง (Glow Discharge) แต่ เป็นกระบวนการที่สามารถเกิดพลาสมาได้ เช่น ก๊าซไนโตรเจน ดัง แสดงในสมการ 2.11 และ 2.12

$$N^{+}_{2} + N_{2} \longrightarrow N_{2} + N^{+}_{2} \quad (2.11)$$

$$e^{-} + N_{2} \longrightarrow N_{2} + e^{-} \quad (2.12)$$

2.3 เชื้อรา Didymella bryoniae

โรคยางไหล (Gummy Stem Blight) เกิดจากเชื้อสาเหตุ Didymella bryoniae (Auersw Rehm.) เป็นโรคสำคัญที่พบมีการระบาดและเข้าทำลายในพืชตระกูลแตง ประเทศไทย พบมีการระบาดในพืชตระกูลแตง ในพื้นที่ปลูกทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือลักษณะ อาการของโรคเริ่มแรกจะพบแผลฉ่ำน้ำที่บริเวณลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ โดยเฉพาะบริเวณข้อต่อของลำต้นกับกิ่ง ลักษณะสำคัญของโรคคือ ที่แผลจะมียางเหนียวสีแดง (Gummy Ooze) ไหลเยิ้มออกมา จากแผลและเกาะแห้งอยู่ที่บริเวณแผล ซึ่งด้วยลักษณะอาการของโรคเช่นนี้ จึงได้มีการตั้งชื่อโรค ตามอาการโรคที่พบ คือ โรคยางไหล ถ้าโรคมีการระบาดในระยะที่ติดผล จะทำให้ต้นแตงมีการเจริญเติบโตช้า ผลโตไม่เต็มที่ และในต้นที่อาการรุนแรงมาก

ลักษณะอาการของโรคยางไหลเริ่มแรกจะพบแผลฉ่ำน้ำที่บริเวณลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ โดยเฉพาะบริเวณข้อต่อของลำต้นกับกิ่ง หลังจากนั้นส่วนทีเป็นแผลจะบุ๋มลึก และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแดง ลักษณะสำคัญของโรคคือ ที่แผลจะมียางเหนียวสีแดง (Gummy Ooze) ไหลเยิ้มออกมาจากแผล และเกาะแห้งอยู่ที่บริเวณแผล ส่วนอาการที่ใบก็จะพบใบเป็นแผลฉ่ำน้ำก่อน จากนั้นแผลที่ใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ลุกลามไปตามเส้นกลางใบทำให้ใบไหม้วงจรการเกิดโรคของ เชื้อรา D. Bryoniae สามารถอาศัยและติดไปได้ทั้งในเมล็ดพันธุ์และดิน (Seed Borne, Soil Borne) และอยู่ข้ามฤดูได้เป็นเวลานานในเศษซากพืชที่เป็นโรคโดยอาศัยอยู่ใน Perithecium เมื่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ

เหมาะสมคือ มีความชื้นสูง Perithecium ที่อยู่บนเศษซากพืชก็จะเจริญแล้วสร้าง และปล่อย Conidia ออกมา และ Conidia นี้สามารถแพร่กระจายไปกับน้ำฝน หรือระบบการให้น้ำ

เนื่องจากเชื้อรา D. Bryoniae เป็นเชื้อราที่สามารถอาศัยและติดไปได้ทั้งในเมล็ดพันธุ์และดิน (Seed Borne , Soil Borne) และอยู่ข้ามฤดูได้เป็นเวลานานในเศษซากพืชเพื่อแพร่กระจายโรคได้ในฤดูปลูกถัดไป ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดโรคในแปลง เกษตรกรจึงต้องมีการย้ายพื้นที่ปลูกไป เรื่อย ๆ เพราะถ้าปลูกซ้ำที่ติดต่อกัน 2-3 ปี โรคในแปลงจะมีการระบาดที่รุนแรงขึ้น การแก้ปัญหานี้ ด้วยการจัดการโรคทั้งระบบการปลูกจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะถ้ามีการจัดการโรคที่ถูกต้องเหมาะสม เกษตรกรสามารถควบคุมการเกิดโรคในแปลงได้ และลดการสะสมเชื้อสาเหตุโรคในแปลงปลูกได้

2.4 อาหารวุ้นสูตร PDA (Potato Dextrose Agar)

ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์นั้นจำเป็นต้องผสมวุ้นลงไปด้วย เพื่อทำหน้าที่พยุงเส้นใยให้เจริญบนผิว และให้ความชื้นระหว่างการเจริญเติบโต สูตรอาหารวุ้นสูตรนี้นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป คือ สูตรพีดีเอ (PDA, Potato Dextrose Agar)เพราะสูตรดังกล่าวเตรียมง่าย

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเห็ดบริสุทธิ์ :

ส่วนผสม

- มันฝรั่ง จำนวน 200 - 300 กรัม หรือ 10 ส่วน โดยปริมาตร
- น้ำตาลเด็กซ์โทรสหรือกลูโคส จำนวน 20 กรัม หรือ 1 ส่วน
- วุ้นทำขนม จำนวน 15 -20 กรัม หรือ 1 ส่วน
- น้ำกลั่นหรือน้ำสะอาด จำนวน 1,000 มิลลิลิตร หรือ 50 ส่วน

** สำหรับมันฝรั่งอาจใช้ เมล็ดข้าว ผักต่าง ๆ ถั่วฝักยาว น้ำต้มผักฯลฯ แทน ข้อสำคัญวัสดุที่นำมาใช้เมื่อต้มไฟอ่อนๆ จะต้องไม่ขุ่นหรือเปื่อยและก่อน

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการทำวิจัย

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาจากเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD) ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าวิธีการดังกล่าวมีประโยชน์ในการนำมาประยุกต์กับการทำอุตสาหกรรมเกษตรในปัจจุบันได้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาจากเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD) มีขั้นตอนดังภาพ 3.1

ภาพ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment (DOE)), การฉายพลาสมาจากเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD) และ กระบวนการเพาะเมล็ดพันธุ์เมล่อน

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment (DOE))

การออกแบบการทดลองนั้นมีชนิดของการออกแบบการทดลองอยู่หลายชนิดของการดำเนินการ ซึ่งมีวิธีการเลือกชนิดของการดำเนินการ (Design type) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) จะต้องชัดเจน เข้าใจได้ง่ายและเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไรขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)

2. การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) จำเป็นที่จะต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถเลือกจากกรรมวิธีคัดกรองโดยเครื่องมือทางสถิติ จำพวก Univariate เช่น T-Test เป็นต้น ผู้ที่มีความรู้หรือเชี่ยวชาญในกระบวนการนั้น ๆ ก็เป็นผู้ที่สามารถให้คำแนะนำที่ดีในการเลือกปัจจัย และการกำหนดระดับของปัจจัยด้วย

3.การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) จะต้องเน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดและวัดด้วยกระบวนการวัดอื่น ๆ เช่น การนับ และจะต้องเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการที่เราต้องการศึกษานั้นได้ดีด้วย

4. เลือกแบบทดลอง (Experiment design) เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น

5. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนการ ทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ไม่ใช่แค่การ Run computer program เพื่อให้ได้ผลออกมาเท่านั้น แต่รวมถึงการตรวจสอบ ลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การพิสูจน์ทราบความถูกต้องของ Model ที่ได้ (Model adequacy checking) หาค่าระดับนัยสำคัญของอิทธิพลของแต่ละปัจจัย โดยปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7. สรุปผลการทดลองและให้คำแนะนำผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจที่ไปที่มาของข้อมูลดี และมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร การดำเนินการมีข้อบกพร่องตรงไหน มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะได้รับรู้ เผื่อในอนาคตได้ดำเนินการทดลองบ้างก็จะเอาไปเป็น

บรรทัดฐานได้ ผู้บริหารหน่วยงานอาจจะสนใจข้อวิเคราะห์ ความคิดเห็น ของผู้ดำเนินการมากกว่าผลที่ปรากฏก็เป็นได้

3.1.2 สิ่งสำคัญที่จะทำให้ข้อมูลที่เรานำมาวิเคราะห์มีความแม่นยำมากขึ้น มีสิ่งที่ต้องยึดถือและต้องทำให้ได้ 3 ประการ

การสุ่ม (Randomization) การดำเนินการใด ๆกับปัจจัยจะต้องอิสระ เพื่อให้ข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึง หลักการกระจายอย่างทั่วถึงสมดุล (Balance out) สำหรับปัจจัยอื่นที่เราไม่อาจควบคุมได้

การทำซ้ำ (Replication) หมายถึงการดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่างที่สำคัญคือ

- เพื่อให้สามารถมองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ การดำเนินการวิเคราะห์จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปประเมินว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการบ้าง

- เพื่อกำจัดทิ้งความคลาดเคลื่อน (Average out) อิทธิพลที่ไม่สามารถควบคุมได้ ที่มีต่อปัจจัย เปรียบดังเช่นการหาค่าเฉลี่ยนั่นเอง เป็นวิธีการในการประเมินค่าอิทธิพลของปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง

การบล็อค (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มความแม่นยำ (Precision) ของการทดลอง หรือคือเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

3.1.3 การฉายพลาสมาจากเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD)

การฉายพลาสมาใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ DBD มีขั้วอิเล็กโทรดแผ่นทองแดงคู่ขนาน 2 แผ่น ถูกคั่นกลางด้วยแก้ว ซึ่งเป็นวัสดุไดอิเล็กทริค มีระยะห่างระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริค 3 มิลลิเมตร ก๊าซตัวกลางระหว่างแผ่นคู่ขนาน คือ อากาศ ที่ความดันบรรยากาศ นำเมล็ดมาวางบนถาดหลุมอลูมิเนียมสำหรับวางเมล็ดพืชแล้วนำไปวางในเครื่องกำเนิดพลาสมา DBD เพื่อให้ได้รับ DBD พลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160, 180 และ 200 โวลต์ นาน 15, 30, 45 วินาที

3.1.4 กระบวนการเพาะเมล็ดพันธุ์เมล่อน

1. นำเมล็ดเมล่อนพันธุ์ โซฟี มาแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง สำหรับฤดูหนาวควรแช่ด้วยน้ำอุ่น (ไม่เกิน 40 องศา) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยแช่น้ำให้ท่วมทุกส่วนของเมล็ด

2. เมื่อแช่เมล็ดครบตามเวลาให้เตรียมผ้าขนหนูหรือผ้าขาวบาง ชุบน้ำและบิดให้แห้งพอหมาดๆ เตรียมไว้

3. นำเมล็ดที่แช่น้ำจนครบเวลาแล้ววางลงในผ้าขนหนู และห่อผ้าไว้ให้มิดชิด

4. นำห่อผ้าไปวางไว้ในกล่องแบบมีฝาปิด นำกล่องไปวางในอุณหภูมิห้องปกติ ภายใน 24 – 48 ชม. เมล็ดเมล่อนจะงอกรากออกมาประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถนำลงดินเพื่อปลูกได้แล้ว

3.2 ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มจำนวน 2^k

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มจำนวน 2 ระดับ หรือการออกแบบแฟกทอเรียลแบบ 2^{k-p} เป็นการออกแบบการทดลองที่ผู้ทดลองสามารถละเลยอันตรกิริยาขั้นสูงบางตัวได้ เนื่องจากถ้าการออกแบบแฟกทอเรียลแบบ 2^k แบบเต็มจำนวนมีจำนวนปัจจัยมาก การทดลองอาจจะเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่จะรองรับได้ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างครบกรณี

3.3 ฉายพลาสมาจากเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD) ใส่เมล็ดพันธุ์เมล่อน

3.3.1 ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. ทำการเพาะเชื้อรา

2. นำเชื้อราที่ได้ไปใส่บนถั่วแดง

3. นำเชื้อราที่ได้จากการเลี้ยงบนถั่วแดงไปใส่ในเมล็ดพืช

4. ทำการฉายพลาสมาผ่านเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD)

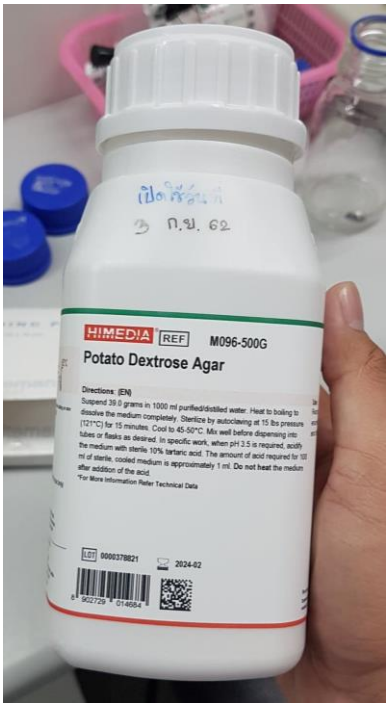
5. ทำการเพาะเมล็ดบนจานเพาะเชื้อ เพาะทั้งเมล็ดที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา และผ่านการฉายพลาสมาแล้ว

6. บันทึกผลทุก ๆ 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – 14 วัน

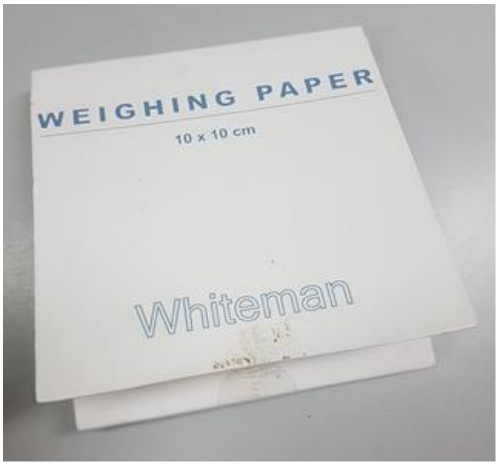
3.3.2 ขั้นตอนในการเตรียมเชื้อรา

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา Potato Dextose Agar โดยมีส่วนผสม PDA 7.8 กรัม ผสมกับผงวุ้นตรานางเงือก (Agar Powder) 1.4 กรัม และน้ำ 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ดังภาพ 3.2 – 3.8

ภาพ 3.2 ขวดผสมอาหาร PDA



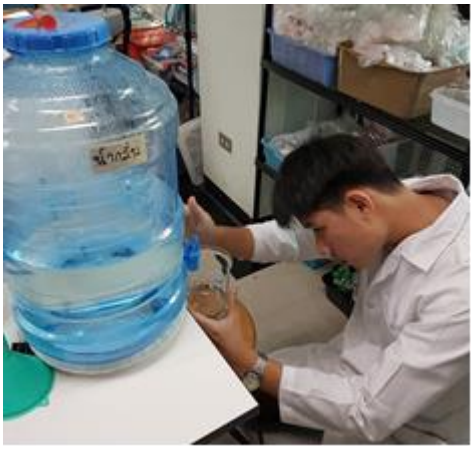
ภาพ 3.3 ผง PDA



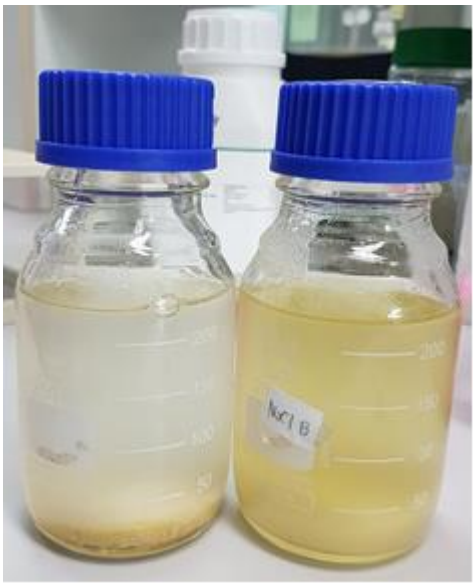
ภาพ 3.4 กระดาษตวงสาร

ภาพ 3.5 ผงวุ้น ตรานางเงือก

ภาพ 3.6 ตวงผงวุ้น



ภาพ 3.7 ตวงน้ำสะอาด



ภาพ 3.8 นำผง PDA, ผงวุ้น และ น้ำสะอาด มาผสมกันโดยการเขย่าขวด

2. นำเอาอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ไปฆ่าเชื้อโดยการนำไปใส่หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 15 นาที

3. อุ่นอาหารเลี้ยงเชื้อ และนำไปนึ่งฆ่าเชื้ออีกครั้งหนึ่ง จากนั้นรอให้อาหารเลี้ยงเชื้อเย็นลงจนพอขวดด้วยมือเปล่าได้

4. นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เทลงในจานเพาะเชื้อพลาสติกภายในตู้ทดลองสาร โดยก่อนที่จะนำสิ่งของต่าง ๆ เข้าไปภายในตู้ จะมีการเช็ดทำความสะอาดด้วย แอลกอฮอล์ 75 เปอร์เซ็นต์ ก่อนเพื่อเป็นการป้องกันการทำให้เกิดการปนเปื้อน ก่อนการใช้งานต้องมีการทำการฆ่าเชื้อ อย่างละเอียด ในขั้นตอนการเทอาหาร PDA ลงในจานเพาะเชื้อพลาสติก ก็จะมีการรนไฟรอบ ๆ ปากขวดอาหาร PDA ก่อน และการเปิดฝาจานเพาะเชื้อ เราก็จะเปิดออกนิดเดียวเพื่อป้องกัน

การเกิดการปนเปื้อน หลังจากเทอาหารลงจากเพาะเชื้อแล้ว ควรเปิดฝาจานเพาะเชื้อไว้ สักพักเพื่อกันการเกิดไอน้ำในจานเพาะเชื้อดังภาพ 3.9 และภาพ 3.10

ภาพ 3.9 ตู้ทดลองสาร

ภาพ 3.10 เทอาหาร PDA ใส่จานเพาะเชื้อ

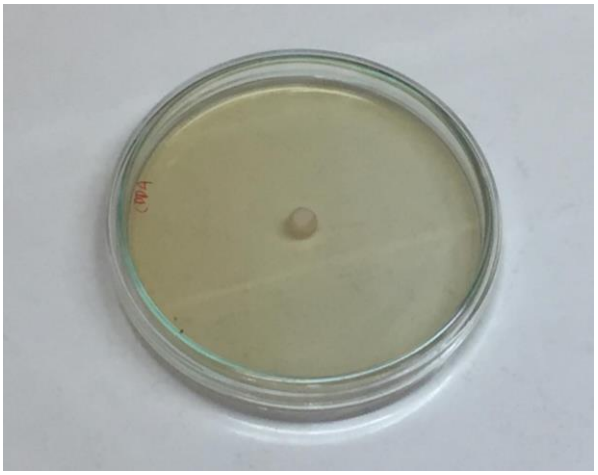
5. นำถั่วแดงใส่ขวดรูปชมพู่ ขวดละ 50 กรัม ดังภาพ 3.11

ภาพ 3.11 ตวงถั่วแดงใส่ขวดรูปชมพู่

6. ทำการเพาะเชื้อเพิ่ม จากหัวเชื้อที่มีอยู่ โดยนำเชื้อไปวางบนอาหาร PDA อีก 10 จานดังภาพ 3.12 – 3.14

ภาพ 3.12 นำอาหาร PDA ที่เตรียมไว้มารอใส่เชื้อ

ภาพ 3.13 ทำการ crop เชื้อ เพื่อเตรียมนำเชื้อไปใส่บนอาหาร



ภาพ 3.14 นำเชื้อมาวางบนอาหาร PDA และนำพาราฟิล์มมาพันรอบ ๆ เพื่อกันการปนเปื้อน

7. นำเชื้อบางส่วนไปวางไว้บนถั่วแดงที่เตรียมไว้ ขวดละ 10 ชิ้น จำนวน 8 ขวด จากนั้นปิดปากขวดด้วยสำลีและกระดาษดังภาพ 3.15

ภาพ 3.15 นำเชื้อราไปวางบนถั่วแดง และนำเชื้อราวางบนอาหาร PDA

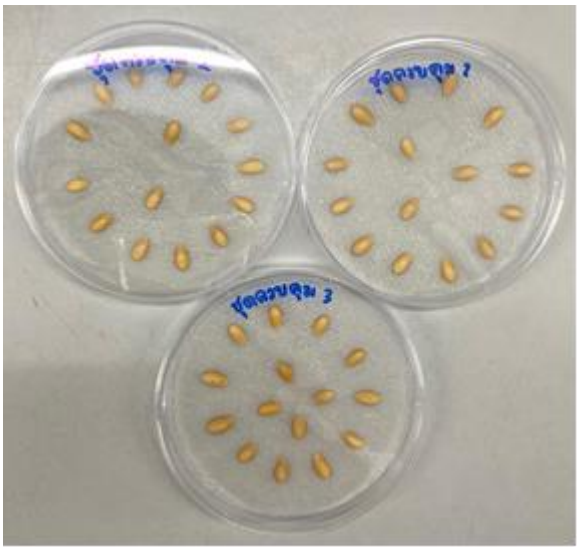
8. เมื่อเพาะเชื้อบนถั่วแดงครบ 14 วัน ก็ทำการย้ายถั่วแดงที่มีเชื้อมาใส่ในจานเพาะเชื้อ จำนวน 5 จานดังภาพ 3.16

ภาพ 3.16 เชื้อราที่เจริญบนเมล็ดถั่วแดง

9. ทำการเพาะเชื้อบนถั่วแดงเพิ่มอีก 10 จาน

3.4 นำเมล็ดที่ผ่านการฉายพลาสมาและเมล็ดที่ไม่ได้ฉายพลาสมามาปลูกในจานเพาะเชื้อ

3.4.1 ทำการเพาะเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุมดังภาพ 3.17



ภาพ 3.17 เมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม

3.4.2 เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีเชื้อราผ่านพลาสมา

1. นำเมล็ดพันธุ์ใส่ในถาดหลุมอลูมิเนียมสำหรับใส่เมล็ดพืช จำนวน 45 เมล็ด โดยใส่ในถาดหลุมอลูมิเนียมหลุมละ 1 เมล็ด ทำทั้งหมด 9 ถาดดังภาพ 3.18

ภาพ 3.18 นำเมล็ดมาวางในถาดหลุมอลูมิเนียม

2. นำถาดหลุมอลูมิเนียมที่ใส่เมล็ดไว้แล้วไปวางไว้ในเครื่องพลาสมาแบบ DBD ดังภาพ 3.19

ภาพ 3.19 นำถาดหลุมอลูมิเนียมไปวางในเครื่อง DBD

3. ทำการตั้งค่าเครื่อง Dielectric Barrier Discharge (DBD) โดยตั้งค่า แก๊สอาร์กอน 10 เปอร์เซ็นต์ และ แก๊สไนโตรเจน 5 เปอร์เซ็นต์ และทำการปรับฐานความสูงให้ระยะของพลาสมากับถาดหลุมมีระยะห่างประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ดังภาพ 3.20

ภาพ 3.20 การตั้งค่าเครื่อง DBD

4. ทำการจุดพลาสมา โดยควรเริ่มเปิดพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 180 โวลต์ ก่อน จากนั้นค่อยปรับค่าเป็น 160, 180 และ 200 โวลต์ โดยเข้าไปตั้งค่าที่ RF SET จากนั้นกดปุ่ม ON เพื่อเป็นการจุดพลาสมา

5. หลังจากทำการจุดพลาสมาติดแล้ว ให้ทำการกดปุ่ม START แล้วทำการจับเวลา 15, 30 และ 45 วินาที เมื่อถึงเวลาแล้วให้ทำการปิดพลาสมาก่อน โดยกดปุ่ม OFF หลังจากนั้นค่อยทำการกดปุ่ม STOP เพื่อเป็นการหยุดกระบวนการเลื่อนเข้าเลื่อนออก ดังภาพ 3.21

ภาพ 3.21 กระบวนการฉายพลาสมา

6. จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านพลาสมาแล้วใส่ในถุงซิปล็อค จากนั้นนำเมล็ดไปยังห้องแลป

7. เตรียมจานเพาะเชื้อพลาสติกแล้วนำกระดาษเพาะเมล็ดมาตัดเป็นวงกลมแล้วใส่ไว้ในจานเพาะเชื้อดังภาพ 3.22

ภาพ 3.22 การตัดกระดาษเพาะเมล็ดเป็นวงกลมขนาดเท่าจานเพาะเชื้อ

8. ใช้ปิเปตในการดูดน้ำสะอาดมาฉีดลงบนกระดาษเพาะเมล็ด โดยปิเปตสามารถดูดน้ำได้ครั้งละ 1 มิลลิลิตร และ ฉีดลงบนกระดาษเพาะเมล็ดเป็นจำนวน 3 ครั้งดังภาพ 3.23 และ 3.24

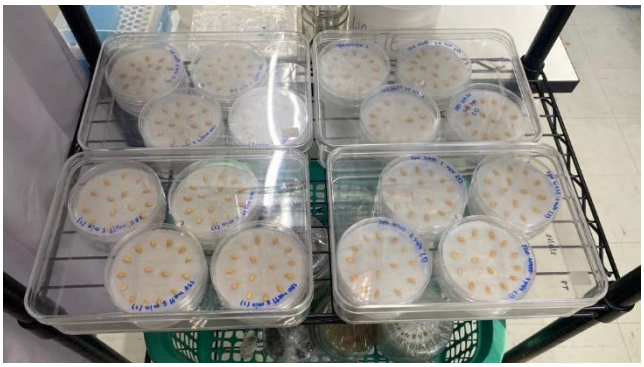
ภาพ 3.23 การใช้ปิเปตดูดน้ำสะอาด

ภาพ 3.24 ใช้ปิเปตฉีดน้ำสะอาดลงบนกระดาษเพาะเมล็ด

9. ใช้ที่คีบค่อย ๆ คีบเมล็ดเมล่อนมาวางไว้ในจานเพาะเชื้อ จานละ 15 เมล็ด จากนั้นปิดฝาจานเพาะเชื้อให้สนิทดังภาพ 3.25

ภาพ 3.25 การวางเมล็ดบนจานเพาะเชื้อ

10. นำไปวางไว้บนชั้นวาง เพื่อที่จะรอรากงอก โดยมีการเก็บผลทุก ๆ 2 วันดังภาพ 3.26



ภาพ 3.26 นำเมล็ดที่ทำการเพาะแล้วทั้งหมดไปวางไว้บนชั้น และ จดบันทึกทุก ๆ 2 วัน

3.4.3 เมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อราผ่านพลาสมา

มีวิธีการทดลองที่เหมือนกันกับชุดที่ไม่มีเชื้อรา

3.5 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการงอกของเมล็ด

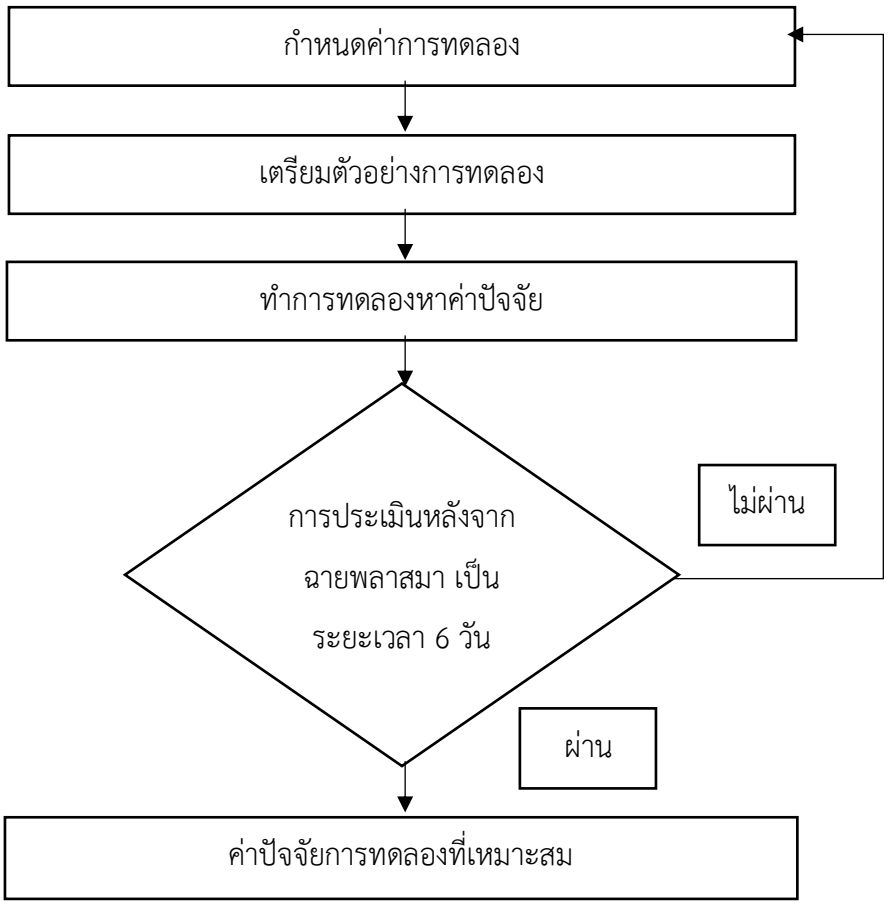
3.6 ทำซ้ำการทดลอง อีก 1-2 ครั้ง

3.7 วิเคราะห์ เปรียบเทียบ สรุปผล จัดทำรายงานและการนำเสนอ

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงงานวิจัย

4.1 การหาค่าปัจจัยเริ่มต้น



ภาพ 4.1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนในการหาปัจจัยเริ่มต้น

จากภาพ 4.1 แสดงลำดับขั้นตอนในการหาปัจจัยเริ่มต้น โดยเริ่มจากกำหนดค่าการทดลองเพื่อที่จะสามารถนำไปหาค่าที่เหมาะสมได้ จากนั้นเตรียมตัวอย่างการทดลองและนำไปทดลองจริง หลังจากนั้นสังเกตและบันทึกผล 6 วันสามารถสามารถแสดงค่าปัจจัยที่ใช้ในการทดลองที่ผ่านการหาค่าปัจจัยมาได้ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งที่	ปัจจัย					
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)		ระยะเวลา (วินาที)		อัตราส่วนของแก๊ส (ลิตร/นาที)	
	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับต่ำ	ระดับสูง
1	180	220	15	45	7	9
2	160	220	15	45	7	9
3	180	200	15	45	7	9
4	160	200	15	45	7	9
5	160	200	15	45	7	9

หลังจากหาค่าปัจจัยที่ใช้ในการทดลองดังตารางดังกล่าว ซึ่งแต่ละการทดลองจะทำการประเมินผลหลังจากการฉายพลาสมาเป็นเวลา 5 วัน จึงได้ผลสรุปจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านโรคพืช โดยแสดงได้ดังตาราง 4.2 และได้นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์และสรุปผลดังนี้

4.2 ผลการทดลอง

หลังจากการออกแบบผลการทดลองโดยใช้ปัจจัยทั้งหมด 2 และ 3 ปัจจัย เพื่อหาว่าการทดลองโดยใช้ 2 ปัจจัย หรือ 3 ปัจจัย จะให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด ดังตาราง 4.2 และ 4.3

ตาราง 4.2 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง (2^k)

ปัจจัย	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
ความต่างศักย์ไฟฟ้า	160	180	200
ระยะเวลา	15	30	45

ที่มา: จากการทดลองการหาค่าปัจจัย

ตาราง 4.3 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง (3^k)

ปัจจัย	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
ความต่างศักย์ไฟฟ้า	160	180	200
ระยะเวลา	15	30	45
อัตราส่วนของแก๊ส	7	8	9

ที่มา: จากการทดลองการหาค่าปัจจัย

ตารางปัจจัยทั้ง 2 ตารางนี้ได้ถูกนำไปออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 2^k และ 3^k โดยการใช้โปรแกรมมินิแทบ (MINITAB) เพื่อนำไปคัดกรองหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา Didymella Bryoniae และอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อนโดยได้ออกแบบการทดลองดังตาราง 4.4 และ 4.5

ตาราง 4.4 การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 2^k

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยในการทดลอง		ผลตอบ
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า	เวลา	
1	160	15	1
2	160	15	2
3	160	15	3
4	180	30	4
5	180	30	5
6	180	30	6
7	200	45	7
8	200	45	8
9	200	45	9

ตาราง 4.5 การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 3^k

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยในการทดลอง			ผลตอบ
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า	ระยะเวลา	ปริมาณแก๊ส	
1	160	15	7	1
2	160	15	7	2
3	160	15	7	3
4	160	30	8	4
5	160	30	8	5
6	160	30	8	6
7	160	45	9	7
8	160	45	9	8
9	160	45	9	9
10	180	15	7	10

ตาราง 4.5 การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 3^k (ต่อ)

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยในการทดลอง			ผลตอบ
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า	ระยะเวลา	ปริมาณแก๊ส	
11	180	15	7	11
12	180	15	7	12
13	180	30	8	13
14	180	30	8	14
15	180	30	8	15
16	180	45	9	16
17	180	45	9	17
18	180	45	9	18
19	200	15	7	19
20	200	15	7	20
21	200	15	7	21
22	200	30	8	22
23	200	30	8	23
24	200	30	8	24
25	200	45	9	25
26	200	45	9	26
27	200	45	9	27

ซึ่งหลังจากทำทดลองการหาค่าปัจจัยแล้วพบว่าไม่สามารถทำแบบ 3 ปัจจัยได้ จึงเลือกใช้การออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design แบบ 2^k แทนเนื่องจากเครื่องพลาสมา DBD ที่ได้ทำการทดลองไม่สามารถทำการทดลองโดยปรับค่าอัตราส่วนของแก๊สได้เพราะเป็นเครื่องต้นแบบที่สร้างมานานแล้ว และถ้าปรับค่าอัตราส่วนของแก๊สอาร์กอนให้มากกว่าหรือน้อยกว่า 7 ลิตรต่อนาทีจะทำให้เกิดพลาสมาที่ไม่มีความเสถียรทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นยังมีข้อสงสัยว่าหลังจากการฉายพลาสมาแล้วนั้นจะมีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อนหรือไม่จึงได้ทำการทดลองและสรุปผลการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างการทดลองและประเมินผลเป็นเวลาทุก ๆ 2 วัน และผลการทดลองที่ได้แสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 แสดงอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังการฉายพลาสมา (การทดลองละ 45 เมล็ด)

ชุดการทดลอง	อัตราการงอกของเมล็ด		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ชุดควบคุม	45.00	39.50	40.75
160 V 15s. 7l/min.	41.75	42.25	43.75
160 V 30s. 7l/min.	39.25	29.50	37.50
160 V 45s. 7l/min.	33.00	23.75	37.00
180 V 15s. 7l/min.	38.25	35.25	42.00
180 V 30s. 7l/min.	33.00	34.50	33.50
180 V 45s. 7l/min.	14.25	28.00	33.00
200 V 15s. 7l/min.	35.75	41.00	43.75
200 V 30s. 7l/min.	26.50	29.50	34.25
200 V 45s. 7l/min.	19.25	12.75	24.00

จากตาราง 4.6 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาใช้แค่ครั้งที่ 2 และ 3 เนื่องจากผู้ทำการทองลองได้ทำครั้งที่ 1 เป็นครั้งที่ไม่มีเชื้อรา Didymella Bryoniae แต่ครั้งที่ 2 และ 3 เป็นครั้งที่มีเชื้อรา Didymella Bryoniae ซึ่งไม่สามารถนำมาคิดรวมกับชุดที่มีเชื้อราได้ ดังนั้นจะนำไปคิดในโปรแกรมมินิแทบได้แค่ 2 ครั้ง หรือ 2 ซ้ำเท่านั้น

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง

หลังจากออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลอง โดยทำการทดลองตามขั้นตอนและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการการนับจำนวนการงอกของเมล็ดพืช โดยขั้นตอนต่อไปจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดูว่าปัจจัยของเครื่องผลิตพลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จใดที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการงอกของเมล็ดและช่วยกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อนมากที่สุด

ในการค้นหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลนั้น สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้นั้นจะแดงถึงปัจจัยที่ป้อนเข้าสู่การทดลอง โดยมีอิทธิพลจากทั้งสองปัจจัยหลัก (Main Effect) และจะใช้ค่า P-Value ที่น้อยกว่า 0.05 จากตาราง Estimated Effect และ Coefficients เพื่อทำการเลือกปัจจัยทั้งสาม ได้แก่ กำลังไฟฟ้า ระยะเวลา อัตราส่วนของแก๊สที่ใช้ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลที่ส่งผลต่อจำนวนการงอกของเมล็ดและกำจัดเชื้อรา แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง ดังตาราง 4.7

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดเมล่อน

General Factorial Regression: Melon seed germination versus voltage, time

ตาราง 4.7 Analysis of Variance

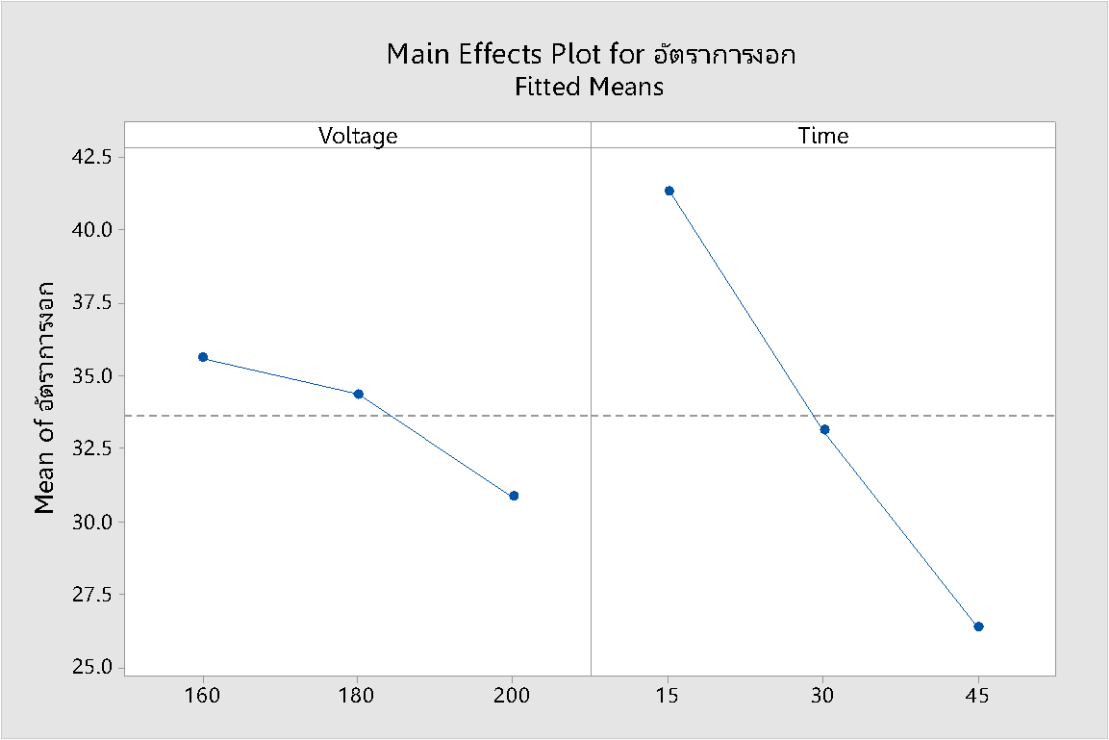
Source	DF	Adj. SS	Adj. MS	F-Value	P-Value
Model	8	891.13	111.39	4.27	0.022
Linear	4	742.52	185.63	7.11	0.007
Voltage	2	72.75	36.37	1.39	0.297
Time	2	699.77	334.89	12.82	0.002
2-Way Interactions	4	148.60	37.15	1.42	0.302
Voltage*Time	4	148.60	37.15	1.42	0.302
Error	9	235.03	26.11		
Total	17	1126.16			

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม MINITAB สามารถอธิบายได้ว่า จากค่า P-Value ที่น้อยกว่า 0.05 ของแต่ละปัจจัยส่งผลให้ปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลต่ออัตราการงอกของเมล็ดเมล่อน ได้แก่ Time ปัจจัยนัยสำคัญที่มีต่อผลกระทบแบบ 2-Way Interactions ได้แก่ Voltage*Time และจากการวิเคราะห์ ข้อมูลด้วยโปรแกรม MINITAB จะได้สมการจากค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) ในการหาปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดเมล่อนได้ดังสมการ Regression ด้านล่าง

ReGression Equation

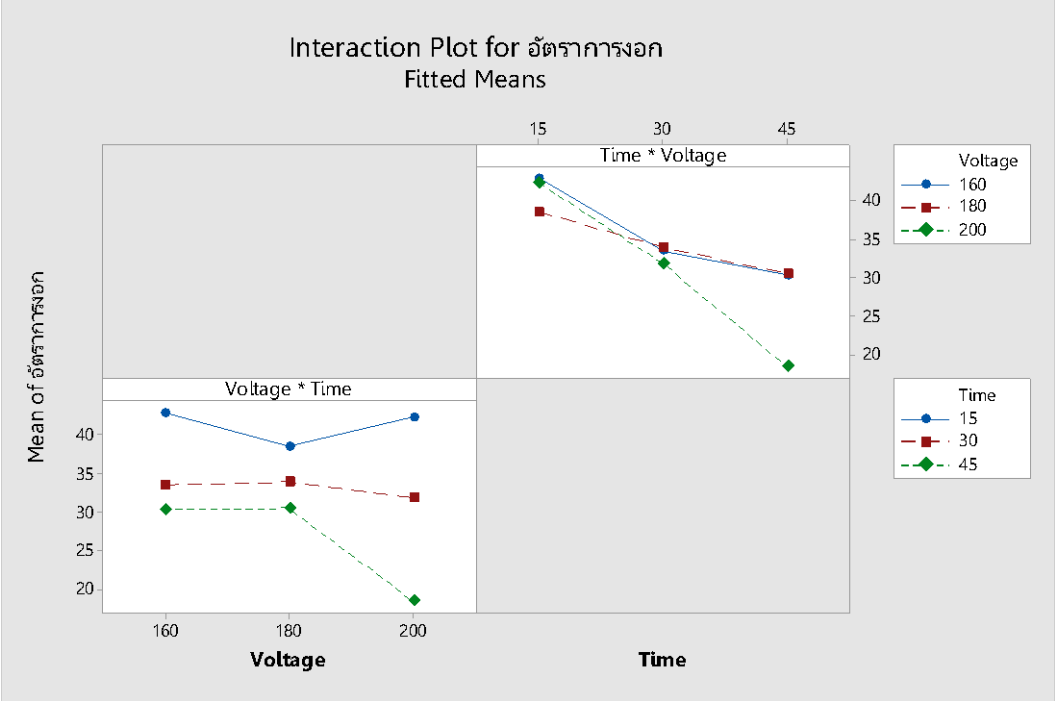
Germination = 33.63 + 2.00 Voltage_160 + 0.75 Voltage_180 - 2.75 Voltage_200
+ 7.71 Time_15 - 0.50 Time_30 - 7.21 Time_45
- 0.33 Voltage*Time_160 15 - 1.63 Voltage*Time_160 30
+ 1.96 Voltage*Time_160 45 - 3.46 Voltage*Time_180 15
+ 0.13 Voltage*Time_180 30 + 3.33 Voltage*Time_180 45
+ 3.79 Voltage*Time_200 15 + 1.50 Voltage*Time_200 30
- 5.29 Voltage*Time_200 45 จากการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่าในส่วนของเทอมที่มีค่า Voltage แสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการให้ค่าตัวแปรผลตอบที่จะส่งผลทำให้เกิดจำนวนการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อนมากที่สุดนั้น จะต้องเลือกใช้ Voltage (ความต่างศักย์ไฟฟ้า) ที่ได้ใส่ค่าตามแบบการทดลอง คือ 160 180 และ

200 โวลต์ ในส่วนของเทอมที่มีค่า Time (เวลา) แสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการให้ตัวแปรผลตอบที่จะส่งผลทำให้เกิดจำนวนการงอกของเมล็ดพันธุ์มากที่สุดนั้น จะต้องเลือกใช้ค่า Time (เวลา) ที่ได้ใส่ค่าตามแบบการทดลอง คือ 15, 30, 45 วินาที และทำการเลือกหาค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากสมการ Regression และจะได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพ 4.2 4.3 และ 4.4



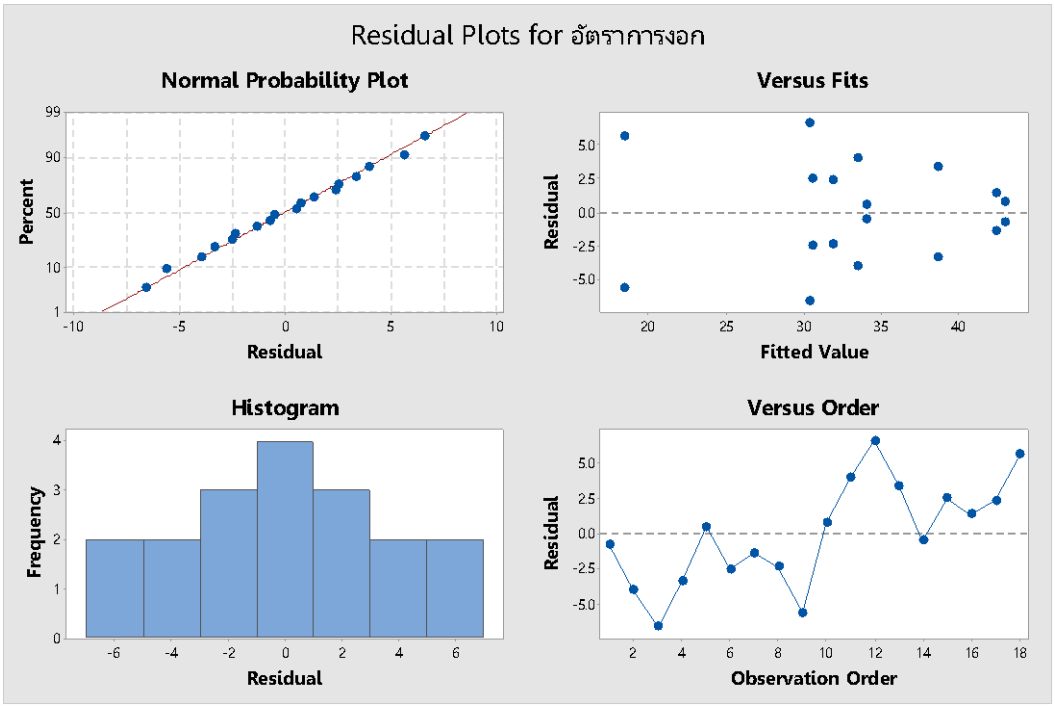
ภาพ 4.2 แสดง Main Effects ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน

จากภาพ 4.2 Main Effect ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ กำลังไฟฟ้า และระยะเวลา จะแสดงผลกระทบต่อจำนวนการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน นั่นคือลักษณะของเส้นเชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ทั้งสองปัจจัยจะมีความชันที่คล้ายกัน เมื่อเพิ่มระดับของปัจจัยที่ใช้สูงขึ้น ความชันของเส้นเชื่อมก็จะลดลงและจะเห็นได้ว่าปัจจัยทั้งสอง ได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) และระยะเวลา (Time) จะส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน และเมื่อทำการเพิ่มระดับของปัจจัยแต่ละปัจจัยจะทำให้ได้ค่าค่ามากที่สุดและทำการลดระดับปัจจัยก็จะทำให้ได้จำนวนอัตราการงอกของเมล็ดพันธ์เมล่อนน้อยที่สุดเช่นกัน



ภาพ 4.3 แสดง Interaction Plot ของอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน

จากภาพ 4.3 Interaction Plot ของปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน ได้แก่ กำลังไฟฟ้า และระยะเวลา จะเห็นได้ว่าไม่มีปัจจัยใดเลยที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ เมื่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นและมีกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เมล็ดพันธุ์มีอัตราการงอกที่ลดลง



ภาพ 4.4 แสดง Residual Plots ที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อ

ภาพ 4.4 สามารถอธิบายได้ว่ากราฟ Normal Probability Plot เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวที่ไม่เป็นปกติ จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลไม่เป็นปกติเนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจไม่เพียงพอ จึงควรมีการทดลองซ้ำและเก็บข้อมูลให้มากขึ้นเพื่อที่จะวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

กราฟ Histogram of the Residual เพื่อตรวจดูจุดโด่งของข้อมูลว่ามีความผิดปกติจากการกระจายตัวหรือไม่ จากกราฟจะแสดงได้ว่าข้อมูลที่ได้นั้น มีการกระจายตัวไม่ปกติ ซึ่งอาจจะเกิดจากการตรวจสอบ หรืออุปกรณ์ควบคุม ที่ผิดพลาดซึ่งจำเป็นต้องการตรวจสอบการวัด ทดสอบ และคิดค่าใหม่อีกครั้ง

Residual versus the Fitted Value เพื่อตรวจดูค่าความแปรปรวนของข้อมูล จากกราฟลักษณะกราฟมีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงควรมีการทำการทดลองซ้ำและเก็บข้อมูลให้มากขึ้นเพื่อนำมาวิเคราะห์

Residual versus Order เพื่อดูลักษณะของกราฟว่ามีแนวโน้มหรือรูปแบบใด ของข้อมูลที่สามารถทำการคาดเดาได้หรือไม่ จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่ากราฟไม่มีแนวโน้มที่สามารถทำการคาดเดาได้

Response Optimization: Melon Seed germination

Response Optimization: อตราการงอก

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
อตราการงอก	Maximum	12.75	43.75		1	1

Solution

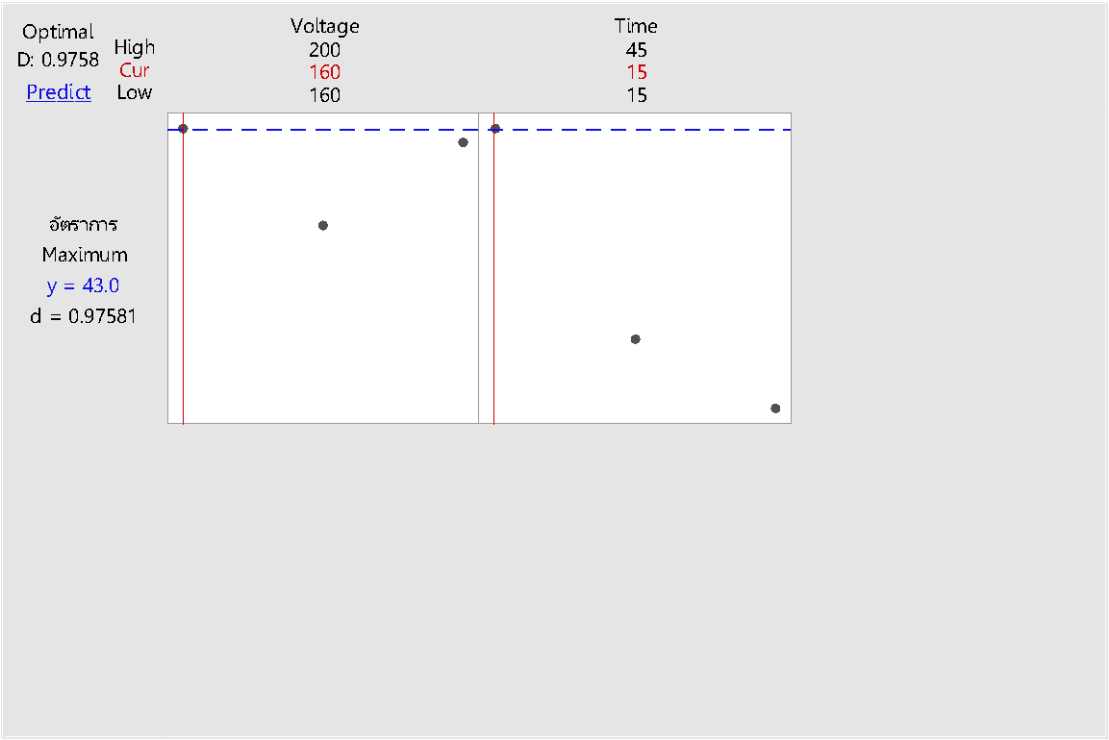
Solution	Voltage	Time	อตราการงอก Fit	Composite Desirability
1	160	15	43	0.975806

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
Voltage	160
Time	15

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
อตราการงอก	43.00	3.61	(34.83, 51.17)	(28.84, 57.16)

ภาพ 4.5 แสดง Response Optimization ที่ส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน



ภาพ 4.6 แสดง Response Optimization : Melon Seed Germination

จากภาพ 4.5 และ 4.6 สามารถวิเคราะห์หาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีการกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ในส่วนของจำนวนการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน ให้มีค่ามากที่สุด จากกราฟสามารถวิเคราะห์ได้ว่าผลการทดลองที่ดีที่สุดคือร้อยละ 100 ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้ได้ค่าที่ดีที่สุดคือความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ และใช้ระยะเวลา 15 วินาที

4.4 การวิเคราะห์เชื้อราบนเมล็ดเมล่อน

ทำการวิเคราะห์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตของเชื้อรา Didymella Bryoniae ที่เกาะบนใบและรากของเมล็ดเมล่อนที่ผ่านการฉายพลาสมา 7 วัน โดยเครื่องผลิตพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จ

ปริมาณเชื้อราก่อนฉายด้วยพลาสมาจะมีเท่ากันทุกชุดการทดลองเนื่องจากผู้ทดลองได้นำเมล็ดพันธุ์และเชื้อราปั่นรวมกันไว้เป็นเวลา 1 คืน

ผลของเชื้อราที่วิเคราะห์โดยกล้องจุลทรรศน์

กลุ่มที่ 1 ชุดควบคุมของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ฉายพลาสมา ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่ามีปริมาณเชื้อรา เกาะอยู่ที่รากและใบเป็นจำนวนมาก ดังภาพ 4.7

ภาพ 4.7 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 2 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ 15 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังมีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบเล็กน้อย ดังภาพ 4.8

ภาพ 4.8 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 3 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ 30 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.9

ภาพ 4.9 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 4 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ 45 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.10

ภาพ 4.10 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 4

กลุ่มที่ 5 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 180 โวลต์ 15 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังมีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบเล็กน้อย ดังภาพ 4.11

ภาพ 4.11 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 5

กลุ่มที่ 6 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 180 โวลต์ 30 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.12

ภาพ 4.12 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 6

กลุ่มที่ 7 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 180 โวลต์ 45 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.13

ภาพ 4.13 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 7

กลุ่มที่ 8 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 200 โวลต์ 15 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.14

ภาพ 4.14 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 8

กลุ่มที่ 9 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 200 โวลต์ 30 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.15

กลุ่มที่ 9 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 200 โวลต์ 30 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีปริมาณเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.17

ภาพ 4.15 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 9

กลุ่มที่ 10 ชุดของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการฉายพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 200 โวลต์ 45 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีเชื้อราเกาะอยู่ที่รากและใบของเมล็ดพันธุ์ ดังภาพ 4.16

ภาพ 4.16 แสดงปริมาณเชื้อราที่เกาะบนเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มที่ 10

หลังจากนำเมล็ดเมล่อนทั้งหมดมาส่องกล้องจุลทรรศน์แล้ววิเคราะห์สามารถสรุปผลได้ตังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราบนรากและใบของเมล็ดพันธุ์เมล่อน

รายการ	ปริมาณเชื้อรา
ชุดควบคุม	มีปริมาณเชื้อรามากกินเนื้อที่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของรากและใบทั้งหมด
160 V 15 S	มีปริมาณเชื้อราน้อยกินเนื้อที่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของรากและใบทั้งหมด
160 V 30 S	ไม่มีเชื้อรา
160 V 45 S	ไม่มีเชื้อรา
180 V 15 S	มีปริมาณเชื้อราน้อยกินเนื้อที่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของรากและใบทั้งหมด
180 V 30 S	ไม่มีเชื้อรา
180 V 45 S	ไม่มีเชื้อรา
200 V 15 S	ไม่มีเชื้อรา
200 V 30 S	ไม่มีเชื้อรา
200 V 45 S	ไม่มีเชื้อรา

4.5 การเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนทั้งก่อนและหลังการถูกฉายด้วยพลาสมา

เมล็ดแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อการใช้เทคโนโลยีพลาสมาแตกต่างกันไป โดยการฉายพลาสมาที่ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า และระยะเวลาที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดได้ดี เนื่องจากพลาสมาจะทำการกัดกร่อนเปลือกเมล็ดทำให้เมล็ดสามารถดูดน้ำได้ดียิ่งขึ้น (ทิพวิมล, 2557; Ji et al., 2016) จากการศึกษาและทดลองการนำเมล็ดเมล่อนพันธุ์โซฟีไปผ่านพลาสมาจากเครื่องไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จพบว่าที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ และระยะเวลา 15 วินาที สามารถทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น นอกจากนี้การฉายพลาสมายังสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับเปลือกของเมล็ด (Filatova et al., 2011) ในที่นี้จะกล่าวถึงเชื้อรา Didymella Bryoniae และนอกจากนี้พลาสมาจะช่วยกระตุ้นกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดที่จำเป็นสำหรับการงอก โดยเร่งการสร้างฮอร์โมนต่างๆ เช่น Auxin Cytokinin และ GA_3 (gibberellin) รวมทั้งสร้างเอนไซม์ต่าง ๆ เพื่อเผาผลาญสารอาหารที่เก็บไว้ในเมล็ด (Bußler et al., 2015; Ji et al., 2015; Iranbakhsh et al., 2017)

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะทำการสรุปผลที่ได้จากการศึกษาและทำการทดลอง โดยจะกล่าวถึงการลดจำนวนของเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน ด้วยเครื่องผลิตพลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จ ซึ่งประกอบด้วย สรุปผล ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข ตลอดถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการลดจำนวนของเชื้อ Didymella Bryoniae และเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน ต่อไป

5.1 สรุปผลปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนการงอกเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน และการเพิ่มอัตราการงอกให้แก่เมล็ดพันธุ์เมล่อน

จากการศึกษาและทำการทดลอง พบว่าเมื่อนำเมล็ดพันธุ์เมล่อน ไปผ่านการฉายพลาสมาแล้วไอออนและอนุภาค จากกระบวนการไอออนไนเซชั่นที่มีประจุลบอยู่ภายในพลาสมาจะเข้าทำปฏิกิริยากับเชื้อราบนเปลือกเมล็ดพันธุ์เมล่อนโดยจะทำลายผนังเซลล์และเข้าทำลายเซลล์เชื้อรา ส่งผลให้เซลล์เชื้อราแตกและเซลล์สูญเสียคุณสมบัติสร้างตัวเชื้อรา ทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อน และทำให้เปลือกเมล็ดพันธุ์เมล่อนมีความบางมากขึ้น โดยหากยิ่งเพิ่มกำลังไฟฟ้า ระยะเวลา ที่ใช้สูงขึ้น จะทำให้เมล็ดนั้นมีความเสียหายมากขึ้น โดยเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์เมล่อนที่ไม่ผ่านการฉายพลาสมา แต่จากการทดลองจะเห็นได้ว่าข้อมูลบางชุดอาจไม่เป็นไปตามข้อสรุป เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเครื่องไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จที่ใช้ในการทดลอง

ผลการวิเคราะห์การทดลองวัดปริมาณการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อนพบว่าปัจจัยทั้งสองส่งผลต่อจำนวนการงอกของเมล็ดพืช จากกราฟ Main Effect Plot พบว่าเส้นความชันของกราฟความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) ที่จุดที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 180 และ 200 โวลต์ส่งผลต่อจำนวนการงอกของเมล็ดพันธุ์เมล่อน น้อยกว่าจุดที่กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 160 โวลต์ และที่ความชันของกราฟระยะเวลา

(Time) ที่จุดระยะเวลาเท่ากับ 30 และ 45 วินาที ส่งผลต่อการงอกของเมล็ดน้อยกว่าที่จุด 15 วินาที จะเห็นได้ว่าปัจจัยทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันโดยปัจจัยทั้งสองนี้ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม จึงจะทำให้เกิดพลาสมาที่ให้ผลดีที่สุดและจากการวิเคราะห์หาระดับปัจจัยที่ดีที่สุดในการใช้พลาสมาเพื่อลดจำนวนของเชื้อรา Didymella Bryoniae ของเมล็ดพันธุ์เมล่อนด้วย Response Optimization พบว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดคือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 160 โวลต์ 15 วินาที

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

- เครื่องพลาสมาเกินความร้อนสะสมมากจนเกินไป ทำให้ไม่สามารถใช้งานต่อเนื่องได้ จึงได้แก้ปัญหาโดยการหยุดพักเครื่องและนำพัดลมมาเป่าช่วยระบายความร้อนออกจากตัวพลาสมา

- เครื่องพลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จที่ได้นำมาทำการทดลองใหม่ในครั้งที่สองนี้เป็นเครื่องต้นแบบ จึงมีความไม่เสถียรสูงทำให้ผลที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนสูง และค่าอัตราส่วนของแก๊สไม่สามารถปรับได้มากกว่าหรือน้อยกว่า 7 ลิตรต่อนาที. จึงได้แก้ไขโดยการทำซ้ำหลายๆ ครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนให้ได้มากที่สุด และทำการตัดอัตราส่วนของแก๊สออกจากปัจจัยหลัก

- ทำการปลูกเชื้อราในครั้งแรกไม่สำเร็จเนื่องจากการแช่เมล็ดในน้ำเชื้อราอาจจะมีสปอร์เชื้อราน้อยเกินไป จึงได้แก้ไขในการทดลองครั้งที่สองโดยนำเนื้อเยื่อเชื้อรามาผสมใส่ในน้ำสปอร์เชื้อราด้วย จึงทำให้เมล็ดติดเชื้อราเพิ่มมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การทำโครงงานวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดเชื้อรา Didymella Bryoniae ในเมล็ดพันธุ์เมล่อนครั้งนี้ เป็นเพียงการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมของวิธีการทางพลาสมาที่มีผลต่อจำนวนของเชื้อราและจำนวนการงอกของเมล็ดเท่านั้นวิธีนี้เป็นเพียงทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ได้จริง แต่ก็ยังมีวิธีอื่นๆอีกมากมายในการลดจำนวนเชื้อราโดยจะขึ้นอยู่กับผู้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอีกมากมายที่จะทำให้ได้เมล็ดที่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ถือเป็นแนวคิดเริ่มต้นที่นำเอาเมล็ดเมล่อนมาผ่านเครื่องพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จเท่านั้น รวมไปถึงควรศึกษาเอกสาร คู่มือการใช้งานของเครื่องให้ละเอียดครบถ้วน เพื่อการใช้งานที่ง่ายต่อการเรียนรู้สำหรับผู้ที่สนใจทั่วไปในอนาคต

บรรณานุกรม

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก : https://piu.ftpi.or.th/productivity-tools/doe/ (วันที่ค้นข้อมูล : 29 ตุลาคม 2562)

ณัฐธิญาณ์ โสธนไฟศาล และธนสิทธิ์ ดีโหมด.(2559), “ การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จในการกำจัด Aecidium mori ในใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ” , ภาควิชาวิศวอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลของพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จที่มีต่อเมล็ดพันธุ์ [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก : http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_5909032582_7738_10321.pdf (วันที่ค้นข้อมูล 11 มีนาคม 2563)

พงศธร พิมพ์ชู และสุเมธ วรวัลย์.(2560), “ การประยุกต์ใช้พลาสมาไดอิเล็กทริกส์แบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับกำจัดเชื้อรา Peronospora Parasitica ในผักคะน้าฮ่องกง ” , ภาควิชาวิศวอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Design of Experiment - GEOCITIES.ws [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก : http://www.geocities.ws/chalong_sri/why_DOE.htm (วันที่ค้นข้อมูล : 30 ตุลาคม 2562)

Plasma การประยุกต์ใช้พลาสมาในอุตสาหกรรมต่าง ๆ [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก : https://ienergyguru.com/2015/10/plasma/ (วันที่ค้นข้อมูล : 29 มกราคม 2563)

ภาคผนวก ก

ข้อมูลบันทึกการทดลอง

ข้อมูลบันทึกการทดลอง

ตาราง ก-1 แสดงค่าปัจจัยและระดับใช้ในการทดลองครั้งที่1

ปัจจัย	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับสูง
ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	160	180	200
ระยะเวลา (วินาที)	15	30	45

ตาราง ก-2 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุดควบคุม ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.4	4.1	4.3	4.7	2.9	4.2	4.5	4.9	2.8	3.9	4.5	4.8
2	2.7	4.2	4.5	4.8	3.0	3.8	4.2	4.6	2.7	3.8	4.4	4.9
3	1.4	3.3	3.8	4.3	2.7	3.4	3.8	4.2	2.7	4.2	4.8	5.1
4	2.6	3.5	3.8	4.2	3.0	3.6	3.9	4.4	2.5	3.8	4.2	4.6
5	2.9	4.2	4.5	4.9	2.6	4.1	4.4	4.8	3.0	3.3	4.0	4.5
6	2.0	3.1	3.5	3.9	3.0	4.3	4.7	5.1	2.9	4.1	4.5	4.9
7	2.3	2.9	3.3	3.7	2.9	3.7	4.1	4.4	1.9	4.2	4.6	4.9
8	2.6	4.3	4.8	5.2	0.5	3.3	3.8	4.3	3.0	3.7	4.2	4.7
9	1.4	3.3	3.9	4.3	2.5	2.7	3.6	4.1	2.5	4.0	4.6	5.1
10	2.3	3.6	3.9	4.2	2.4	3.4	3.9	4.4	2.6	4.1	4.6	5.2
11	2.5	3.4	3.8	4.3	2.0	2.9	3.5	4.1	2.4	3.9	4.4	4.9
12	2.2	3.7	4.0	4.5	0.0	0.0	2.1	3.7	2.3	3.5	4.1	4.7
13	2.3	3.3	3.5	4.0	2.9	3.2	3.8	4.2	2.7	3.2	3.9	4.4
14	2.3	3.8	4.2	4.6	2.9	2.9	3.5	4	2.1	3.4	3.9	4.6
15	2.1	3.2	3.6	4.1	0.8	3.6	4.1	4.6	3.0	3.4	4.1	4.6

ตาราง ก-3 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 15 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.0	1.9	3.1	3.8	0.0	2.2	2.8	3.7	0.0	1.0	2.0	3.6
2	2.2	3.8	4.3	4.7	2.4	3.9	4.4	4.9	3.0	4.2	4.5	4.8
3	2.0	2.7	3.8	4.4	0.0	0.2	2.0	3.4	2.2	3.8	4.4	4.7
4	1.9	3.1	3.7	4.1	0.2	1.8	2.9	3.6	2.8	3.7	4.2	4.7
5	2.3	3.4	3.9	4.5	0.1	1.0	2.8	3.6	1.3	2.9	3.8	4.3
6	2.3	4.2	4.6	4.9	0.6	2.3	3.3	3.9	1.8	2.8	3.5	3.9
7	2.5	3.8	4.4	4.8	0.9	2.7	3.5	3.9	2.5	3.2	3.9	4.3
8	0.0	1.5	2.7	3.8	1.5	2.9	3.5	4.0	2.7	4.3	5.0	5.3
9	2.0	3.4	4.1	4.3	2.2	3.9	4.8	5.2	2.7	1.2	2.4	3.8
10	2.3	3.4	4.0	4.7	3.1	4.0	4.8	5.1	0.2	4.4	5.0	5.3
11	2.0	3.2	3.9	4.3	2.4	3.2	4.0	4.7	3.0	3.9	4.6	4.9
12	2.6	4.1	4.6	4.9	2.4	3.2	3.8	4.3	2.5	3.7	4.4	4.8
13	1.8	3.2	3.8	4.4	1.2	2.9	3.6	4.2	0.5	3.8	4.6	5.0
14	2.3	3.8	4.4	4.9	2.9	4.6	5.1	5.4	2.7	3.7	4.5	4.8
15	2.3	3.4	4.0	4.6	2.5	3.8	4.4	4.8	3.1	3.4	4.5	4.9

ตาราง ก-4 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 30 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.1	1.9	3.1	3.8	0.0	1.8	2.6	3.7	0.1	4.4	5.2	5.5
2	2.1	3.8	4.3	4.7	0.0	0.2	1.9	2.9	0.0	2.1	3.1	3.7
3	2.0	2.7	3.8	4.4	1.3	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.2	2.1
4	1.7	3.1	3.7	4.1	0.0	3.3	3.7	4.1	0.2	2.8	3.3	3.9
5	1.8	3.4	3.9	4.5	0.0	2.9	3.8	4.1	0.0	1.2	2.3	2.9
6	2.0	4.2	4.6	4.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.2	3.1	3.9	4.2
7	0.0	3.8	4.4	4.8	1.0	1.9	2.9	3.6	0.0	0.0	0.4	1.7
8	0.2	1.5	2.7	3.8	0.0	3.8	4.5	4.9	2.7	3.0	3.9	4.4
9	0.0	3.4	4.1	4.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	3.5	4.0
10	1.7	3.4	4.0	4.7	2.9	3.4	4.0	4.4	0.9	0.1	1.8	2.7
11	2.6	3.2	3.9	4.3	0.0	0.3	2.1	3.7	2.1	0.9	2.3	3.6
12	0.8	4.1	4.6	4.9	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.1	3.4
13	2.0	3.2	3.8	4.4	1.6	2.9	3.6	4.1	1.9	3.8	4.5	4.8
14	0.0	3.8	4.4	4.9	2.0	2.7	3.6	4.1	2.5	3.4	3.9	4.5
15	0.0	3.4	4.0	4.6	0.2	1.1	2.8	3.8	2.3	3.5	3.9	4.4

ตาราง ก-5 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 45 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.0	2.9	3.3	3.9	2.9	3.8	4.1	4.5	0.0	3.2	3.5	3.9
2	0.5	2.1	2.6	3.4	0.0	0.1	1.2	2.8	0.0	1.6	2.2	3.1
3	0.0	1.5	2.0	2.9	0.0	0.4	1.6	2.8	1.8	1.1	1.9	2.9
4	0.0	1.7	2.3	3.4	0.4	2.1	3.0	3.7	0.1	3.2	3.9	4.3
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.4	3.3	3.9	0.0	3.4	3.9	4.5
6	0.0	1.5	2.3	3.1	2.4	3.4	4.0	4.5	2.0	1.8	2.4	3.7
7	0.0	0.9	2.1	3.5	0.0	0.0	0.7	2.1	2.1	3.3	3.7	4.2
8	0.1	1.2	2.2	3.5	0.0	0.3	1.5	2.6	0.1	1.3	2.5	3.6
9	0.0	0.6	1.8	2.7	0.4	1.2	2.3	3.1	3.0	2.1	2.9	3.8
10	0.0	1.4	2.8	3.7	2.8	3.4	3.6	4.2	0.1	0.6	1.9	2.7
11	0.1	1.6	2.6	3.4	0.0	0.6	1.5	2.9	2.6	0.8	1.7	2.4
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.6	2.8	0.0	0.5	1.5	2.9
13	0.0	0.1	0.6	2.4	0.0	0.7	1.6	2.6	0.0	0.6	1.5	2.7
14	0.0	0.1	1.2	3.9	0.0	0.5	1.7	2.6	0.4	1.0	2.3	2.9
15	1.6	2.1	3.3	3.9	0.0	0.6	1.6	2.7	0.0	2.1	3.1	3.7

ตาราง ก-6 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 15 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	1.9	3.2	3.6	4.1	2.9	2.7	3.3	3.9	0.1	1.2	2.2	3.1
2	0.0	0.2	1.2	3.1	2.6	3.8	4.4	4.8	0.3	1.7	2.3	3.2
3	2.5	3.1	3.5	4.2	0.0	3.7	4.3	4.8	1.2	2.4	3.5	3.8
4	0.0	0.6	1.8	3.6	1.8	0.6	1.5	3.1	2.3	2.9	3.6	3.9
5	0.1	1.0	2.1	3.4	0.0	2.9	3.3	3.9	2.2	3.3	3.9	4.3
6	2.8	4.2	4.4	4.9	2.2	0.1	1.2	2.9	0.0	1.2	2.5	3.4
7	2.2	3.8	4.2	4.7	2.1	3.4	3.9	4.3	0.2	1.3	2.2	3.6
8	2.2	3.3	3.9	4.4	0.0	3.6	4.1	4.4	0.0	0.1	1.9	2.8
9	2.7	3.1	3.5	4.1	0.0	1.2	2.3	3.6	0.0	0.6	1.8	2.8
10	0.0	1.0	2.1	3.4	1.4	1.2	2.6	3.4	0.0	1.2	2.2	2.9
11	2.0	3.1	3.7	4.1	1.9	2.6	3.1	3.8	2.0	2.9	3.6	4.2
12	2.7	3.4	3.9	4.3	0.7	3.3	3.9	4.4	2.1	3.3	3.7	4.2
13	1.5	3.0	3.5	4.1	2.2	1.9	2.6	3.7	1.9	3.3	3.9	4.1
14	2.5	3.1	3.6	4.0	1.0	2.4	3.4	4.0	2.1	3.2	4.0	4.4
15	0.0	0.1	1.2	2.9	2.2	2.9	3.5	4.0	2.1	3.3	4.0	4.3

ตาราง ก-7 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 30 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.4	1.8	2.2	2.9	0.4	2.1	2.6	3.3	1.0	2.7	2.9	3.1
2	0.0	0.0	0.1	1.8	0.1	0.0	0.1	1.4	0.0	1.2	2.2	2.9
3	0.0	0.2	1.1	2.1	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.9	1.4	1.9
4	2.1	3.8	4.1	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.4	2.9	3.4
5	0.0	0.2	0.9	2.1	0.0	0.0	0.2	1.9	0.0	1.2	2.7	3.5
6	0.0	0.7	1.2	2.1	0.0	0.6	1.1	3.1	0.6	1.8	2.4	3.4
7	0.4	2.3	2.8	3.6	0.0	0.4	1.0	2.7	0.0	0.7	1.8	2.9
8	0.0	0.6	1.2	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	3.8	4.0	4.2
9	0.0	1.2	1.8	2.6	0.0	3.3	3.9	4.3	2.2	3.0	3.4	3.7
10	2.3	3.9	4.1	4.5	2.7	0.0	0.2	2.1	2.2	3.6	3.9	4.1
11	0.0	1.8	2.5	3.5	0.0	2.0	2.5	3.6	0.0	0.7	2.1	2.7
12	0.0	0.3	1.1	2.7	0.4	2.9	3.5	4.2	0.0	0.7	2.1	2.1
13	1.2	2.9	3.6	3.9	0.0	0.0	0.6	2.9	0.0	0.8	3.3	3.9
14	0.0	0.1	1.2	2.4	0.6	2.9	2.9	3.7	0.0	0.2	1.6	2.0
15	2.4	3.1	3.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ตาราง ก-8 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 45 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.7	2.4	3.1	3.6	0.0	0.0	0.4	2.1	0.1	1.2	2.3	3.1
2	0.0	0.2	1.3	2.7	0.0	3.3	3.6	4.1	0.0	0.0	0.6	2.4
3	0.0	0.3	0.9	2.1	2.7	1.8	2.3	3.1	0.1	0.0	0.6	2.6
4	0.0	0.6	0.6	2.1	0.4	1.2	1.8	2.7	0.0	0.2	1.2	2.9
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.1
6	0.0	0.6	1.3	2.4	0.0	1.1	2.0	2.8	0.0	2.1	2.8	3.6
7	0.1	1.8	2.5	3.4	0.1	0.9	1.8	2.7	0.0	2.2	2.7	3.7
8	0.0	0.1	1.5	3.1	0.0	3.4	3.9	4.3	0.6	1.3	1.9	2.9
9	2.5	3.3	3.9	4.2	2.8	1.2	2.1	2.8	0.4	3.3	4	4.4
10	0.0	0.1	1.2	2.4	0.0	1.0	1.8	2.4	0.3	0.9	1.9	3.1
11	0.0	00	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	2.6	1.9	1.0	1.8	3.3
12	0.4	2.7	3.3	3.7	0.0	0.2	0.8	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.1	1.2	2.3	0.0	0.0	0.2	1.7	0.1	0.9	1.6	3.1
14	0.0	0.0	0.5	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.9
15	1.5	2.8	3.4	3.9	0.1	1.0	2.3	3.4	0.0	1.5	2.8	3.7

ตาราง ก-9 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 15 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.2	1.7	2.1	2.9	2.7	2.0	2.9	3.6	2.2	2.1	2.5	3.2
2	1.6	2.6	3.1	3.5	0.3	4.5	5.0	5.3	2.6	3.1	3.6	3.9
3	2.4	2.8	3.3	3.6	0.0	3.9	4.2	4.6	2.4	3.0	3.4	4.0
4	2.4	3.1	3.6	3.9	2.4	1.8	2.6	3.1	2.2	3.0	3.7	4.2
5	1.6	2.7	3.3	3.7	2.1	1.0	2.1	3.0	2.7	2.8	3.5	4.0
6	2.1	3.1	3.8	4.1	0.8	2.9	3.6	4.2	2.5	3.4	3.9	4.3
7	0.0	0.9	2.1	3.2	2.5	3.4	4.1	4.5	2.0	3.1	3.4	3.9
8	2.2	3.3	3.9	4.3	0.2	2.9	3.6	4.0	2.3	3.5	3.9	4.3
9	0.3	0.7	1.8	2.9	0.6	2.8	3.5	4.0	2.1	3.0	3.6	3.9
10	0.0	0.8	1.6	2.7	2.9	1.2	2.8	3.7	0.0	3.3	4.0	4.5
11	1.8	2.9	3.7	4.3	0.2	2.7	3.7	4.3	0.7	3.6	4.1	4.6
12	0.2	1.8	2.6	3.4	2.7	4.3	4.8	5.1	2.2	1.2	2.5	3.7
13	1.5	3.3	4.0	4.4	1.8	3.3	3.9	4.3	0.0	1.3	1.9	2.9
14	2.3	3.7	4.2	4.5	1.6	3.6	4.2	4.7	2.5	3.6	4.1	4.4
15	2.3	3.8	4.4	4.8	2.6	3.6	4.3	4.7	0.1	2.7	3.6	4.1

ตาราง ก-10 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 30 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	1.2	2.1	2.8	3.4	2.4	3.5	3.9	4.3	2.5	3.3	3.9	4.2
2	0.1	1.3	1.9	2.7	0.0	0.2	0.9	2.4	0.1	1.8	2.5	3.1
3	0.0	0.0	0.6	2.1	0.0	0.3	1.2	2.7	2.5	3.5	4.0	4.4
4	0.0	0.0	0.5	2.1	0.0	0.0	0.6	2.1	0.0	0.0	0.4	1.8
5	0.0	0.2	1.2	2.4	0.0	0.9	1.8	2.9	0.0	0.0	0.4	1.8
6	0.0	0.1	0.9	2.3	0.1	2.0	2.8	3.6	0.0	0.6	1.2	2.3
7	0.0	1.2	2.0	2.9	2.6	3.8	4.0	4.6	0.0	0.1	0.9	2.1
8	0.7	2.3	2.6	3.4	0.0	0.2	0.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.9	1.6	2.7	0.0	0.5	1.2	2.9	0.5	1.9	2.6	3.6
10	0.0	1.1	2.0	3.3	0.0	0.5	1.3	3.1	0.0	0.0	0.6	2.0
11	0.0	0.8	1.7	3.1	0.0	0.7	1.5	3.2	0.0	0.0	0.7	1.8
12	0.0	0.0	0.5	2.8	0.0	0.4	1.2	2.9	0.0	0.1	0.8	1.9
13	0.0	0.0	0.7	2.9	0.4	0.6	1.3	3.2	0.2	1.2	2.6	3.4
14	0.1	1.2	1.9	2.7	0.0	1.9	2.6	3.4	0.0	0.7	1.8	3.1
15	0.3	2.3	2.3	3.3	0.0	0.5	1.3	3.7	0.0	0.7	1.9	3.2

ตาราง ก-11 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 45 วินาที ไม่มีเชื้อรา

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.2	3.0	3.5	3.9	0.1	0.1	0.1	2.1	2.1	2.1	3	3.6
2	0.0	0.0	0.1	1.8	0.0	0.3	0.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	2.9	0.7	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	2.7
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	2.9	0.0	0.6	1.2	2.9
6	0.0	1.2	1.8	2.9	0.0	0.0	0.2	2.1	0.0	0.8	1.5	2.9
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	1.9	0.0	0.8	1.7	2.8
8	0.0	0.2	1.0	2.7	0.0	0.1	0.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.2	0.8	2.6	0.3	0.1	0.5	2.0	0.0	1.3	2.3	3.7
10	0.7	1.3	2.1	3.1	0.0	0.0	0.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.9	1.5	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.0	3.4
12	0.0	1.1	2.2	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.8	2.3
13	0.0	1.2	2.1	3.4	0.1	0.0	0.6	2.3	0.0	0.0	0.5	2.7
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	1.8	0.0	1.5	2.3	3.4
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0

ตาราง ก-12 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุดควบคุม มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.4	3.4	3.9	4.3	2.3	3.9	4.3	4.7	2.3	3.6	3.9	4.2
2	1.9	3.3	3.9	4.4	2.1	3.6	4.0	4.4	2.3	3.2	3.7	4.1
3	2.6	3.6	4.1	4.4	2.7	3.6	4.1	4.5	0.0	3.7	4.1	4.5
4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	3.2	3.7	4.2	2.0	3.0	3.4	3.8
5	2.7	3.8	4.4	4.8	2.2	3.4	3.7	4.1	0.0	3.2	3.6	3.9
6	2.3	3.2	3.8	4.2	2.0	2.9	3.3	3.8	2.0	2.8	3.3	3.7
7	2.6	3.9	4.6	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.0	3.4	3.9
8	0.0	3.3	3.7	3.7	2.6	3.2	3.7	4.0	2.1	2.9	3.4	3.8
9	2.0	3.2	3.5	3.8	0.0	0.0	3.6	3.9	2.2	3.1	3.5	3.9
10	2.0	4.1	4.7	5.0	2.9	4.1	4.5	4.8	2.7	3.4	3.7	4.2
11	2.2	2.9	3.6	3.9	2.0	3.6	4.1	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	3.4	3.9	4.3	2.8	4.2	4.6	4.8	2.9	1.2	2.2	2.9
13	2.1	3.8	4.2	4.6	2.1	3.3	3.8	4.2	2.5	3.0	3.4	3.7
14	2.9	3.1	3.7	4.1	2.1	3.2	3.7	4.1	2.5	3.4	3.8	4.2
15	0.0	0.0	3.8	4.3	2.1	3.3	3.7	4.1	0.0	0.0	3.3	3.8

ตาราง ก-13 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 15 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.2	3.5	3.9	4.2	2.9	3.9	4.2	4.5	1.4	2.8	3.4	3.8
2	3.0	3.9	4.2	4.5	2.0	3.0	3.6	3.9	2.7	3.2	3.8	4.2
3	2.4	3.7	4.1	4.5	2.4	3.4	3.9	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.5	2.4	3.1	3.9	0.0	1.2	2.4	3.1	2.7	3.8	4.4	4.7
5	1.1	2.6	3.4	3.7	2.7	3.8	4.2	4.6	2.5	3.6	4.0	4.3
6	0.4	2.5	3.2	3.8	2.5	3.7	4.1	4.5	1.9	3.2	3.9	4.3
7	2.7	3.6	4.0	4.4	0.6	2.6	3.3	3.8	0.5	2.4	3.6	4.1
8	1.6	3.0	3.6	3.9	0.0	0.9	2.1	2.7	2.6	3.0	3.7	4.2
9	0.0	1.8	2.7	3.4	2.5	2.2	2.9	3.5	2.6	3.4	3.9	4.4
10	2.0	2.9	3.4	3.9	1.7	2.0	2.8	3.6	1.2	2.8	3.4	3.8
11	1.8	2.6	3.3	3.8	0.0	1.5	2.6	3.3	2.7	3.3	3.8	4.2
12	0.0	2.2	3.0	3.6	0.1	1.8	2.6	3.4	0.0	0.6	2.3	2.9
13	2.0	3.7	4.2	4.6	0.8	3.9	4.4	4.8	0.0	2.9	3.6	4.0
14	1.5	3.0	3.6	4.1	1.8	3.6	4.5	4.9	0.7	0.2	2.0	3.1
15	2.1	3.0	3.4	3.9	2.9	3.2	3.9	4.4	2.0	1.8	2.5	3.4

ตาราง ก-14 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 30 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.2	1.5	1.8	2.4	1.8	3.2	3.5	3.9	2.3	3.0	3.2	3.7
2	1.9	2.9	3.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2.1	3.8	4.1	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	2.1
4	2.3	3.3	3.6	4.0	0.2	1.5	1.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	3.3	3.6	4.0	0.0	0.2	0.4	1.7
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.1	3.5	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	1.1	1.4	2.3	0.0	0.8	1.2	2.3	0.7	1.8	2.2	2.8
8	1.2	2.4	2.7	3.4	0.0	0.2	0.4	1.8	2.2	3.2	3.5	3.9
9	0.0	1.0	1.4	2.1	2.3	3.2	3.5	3.9	2.4	3.6	3.9	4.4
10	2.5	3.2	3.5	4.1	2.0	3.3	3.7	4.2	1.8	2.1	2.5	3.1
11	0.6	1.8	2.2	3.0	1.2	3.0	3.3	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.4	3.2
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.5	2.7
14	0.0	0.8	1.2	2.7	0.0	0.4	0.6	1.8	2.3	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.2	0.4	1.9	0.0	0.2	0.4	1.9	0.1	2.8	3.2	3.8

ตาราง ก-15 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 45 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.0	3.6	3.9	4.3	2.5	3.5	3.9	4.3	2.5	3.9	4.2	4.5
2	0.0	0.2	0.5	2.2	1.5	2.0	2.4	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.3	0.7	2.3	2.1	2.5	2.9	3.4	0.1	1.1	1.5	2.3
4	1.9	3.1	0.4	2.1	0.0	0.0	0.2	1.6	0.1	1.3	17	2.3
5	0.0	0.2	0.4	2.1	0.0	0.0	0.5	1.9	3.0	3.5	3.9	4.3
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.8	0.0	0.2	1.0	2.7
7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.2	3.6	4.0	0.0	0.0	0.2	1.8
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.0	0.2	1.6
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.9
10	0.0	0.1	0.2	1.7	0.0	0.0	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7
12	0.0	0.1	0.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.2	2.6
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	2.1	0.0	0.0	0.1	1.2
14	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.5	3.9	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	3.5	3.3	3.9	0.0	0.7	2.0	3.4

ตาราง ก-16 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 15 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	1.7	3.0	3.3	3.7	1.8	3.1	3.5	3.9	2.7	4.0	4.5	4.8
2	1.6	2.8	3.2	3.6	0.0	0.2	0.4	1.9	2.8	3.9	4.4	4.8
3	2.3	3.0	3.4	3.9	1.7	3.0	3.6	4.0	0.0	0.0	0.8	2.1
4	2.0	3.3	3.7	4.1	0.0	1.2	1.7	2.9	0.0	0.0	0.7	2.1
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5	2.7	0.0	0.8	2.1	2.9
6	0.2	2.0	2.6	3.6	2.3	3.7	4.2	4.6	0.0	0.9	2.1	2.8
7	0.0	0.9	1.4	2.7	1.9	3.0	3.6	3.9	2.3	3.8	4.1	4.4
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.2	2.6	3.9
9	0.0	0.9	1.3	2.4	0.0	2.2	2.6	3.4	2.4	2.9	3.3	3.7
10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.3	1.6	2.9	0.4	2.5	3.1	3.8
11	0.0	0.5	1.0	2.1	0.0	0.2	0.5	1.6	0.0	0.0	0.9	2.1
12	0.0	0.5	0.9	1.9	0.0	0.2	0.8	1.8	0.0	0.0	0.8	2.4
13	0.0	0.2	1.1	2.3	2.1	3.2	3.6	4.0	2.3	3.0	3.5	3.9
14	0.0	0.7	1.8	2.4	0.0	0.8	1.5	2.7	0.0	0.2	1.2	2.1
15	2.1	2.9	3.6	4.2	2.1	2.9	3.6	4.1	0.0	0.7	2.1	2.9

ตาราง ก-17 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 30 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.0	3.1	3.9	4.3	3.0	4.2	4.6	4.8	0.5	2.2	2.6	3.1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	1.9	2.8	4.0	4.5	4.8
3	0.0	0.1	0.6	1.7	0.2	1.9	2.6	3.1	0.0	0.1	1.0	2.1
4	0.0	0.1	0.9	1.9	0.1	0.9	1.6	2.6	0.0	00	0.0	0.0
5	1.7	2.9	3.3	3.7	0.0	1.0	1.6	2.4	0.2	1.2	1.9	2.7
6	0.7	2.1	2.6	3.2	2.4	2.8	3.4	3.9	0.0	0.0	0.2	1.9
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	2.1	3.4
8	2.7	3.2	3.9	4.4	0.1	1.2	2.0	2.9	0.0	0.6	1.6	2.7
9	0.0	0.9	2.1	3.6	2.1	2.8	3.5	4.0	2.2	2.2	2.8	3.6
10	2.5	2.0	2.5	3.4	1.0	2.0	2.9	3.6	0.0	0.2	1.0	2.5
11	0.0	1.1	1.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.2	2.6
12	0.3	1.9	2.5	3.1	0.0	0.2	0.9	2.4	0.0	0.3	0.9	1.9
13	0.0	0.1	0.9	2.2	2.5	3.5	4.1	4.5	1.5	3.2	3.9	4.6
14	0.0	0.0	1.2	2.4	0.1	1.2	1.8	2.7	0.0	3.0	3.6	4.1
15	0.5	0.9	1.5	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.1	0.9	2.4

ตาราง ก-18 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 45 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.0	0.1	1.8	2.8	0.0	0.0	0.3	1.7	1.6	2.9	3.6	4.1
2	0.0	0.0	0.3	1.8	0.0	0.0	0.2	1.7	0.0	0.5	1.9	2.7
3	0.0	0.0	0.5	1.9	0.0	0.6	2.2	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.3	1.7	0.0	0.4	2.1	2.7	0.0	0.2	1.0	2.3
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.6	2.6	3.4	0.0	0.3	1.2	2.3
6	0.0	3.1	3.6	4.2	0.0	0.1	0.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.8	3.4	3.9	4.5	0.0	0.0	0.4	1.9	0.2	0.2	1.3	2.7
8	2.4	0.0	0.2	2.1	1.8	1.5	2.8	3.4	0.0	0.1	0.9	1.8
9	0.0	0.2	1.2	2.3	0.0	0.0	3.4	3.9	0.0	0.0	0.2	1.6
10	0.0	0.2	0.4	1.7	2.4	2.4	3.3	3.9	1.3	2.5	2.5	3.4
11	0.0	0.0	0.7	2.1	0.0	0.0	0.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.1	1.2	2.3	0.0	0.1	1.1	2.3	0.0	0.2	0.2	1.6
13	0.0	0.2	1.2	2.4	0.0	0.9	2.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.5	1.8	0.0	0.0	0.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.7	2.2	3.1	0.0	0.1	1.2	2.4	0.0	0.8	1.9	2.8

ตาราง ก-19 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 15 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.7	2.2	2.6	3.3	2.2	0.9	2.1	2.8	2.6	4.0	4.5	4.8
2	0.0	1.5	2.0	2.9	2.8	3.5	4.1	4.6	0.7	2.8	3.9	4.2
3	0.5	2.1	2.5	3.4	0.0	3.0	3.7	4.2	0.0	0.0	0.2	1.9
4	2.8	2.8	3.3	3.7	0.8	2.1	2.8	3.6	1.1	3.3	3.9	4.2
5	2.3	3.4	3.7	4.2	0.1	2.5	3.0	3.7	0.5	3.1	3.7	4.2
6	2.8	3.3	3.9	4.3	2.5	2.0	2.8	3.4	2.4	3.4	3.8	4.4
7	0.0	1.5	2.3	3.1	2.1	3.2	3.7	4.1	1.3	2.9	3.5	4.2
8	0.0	0.4	1.9	2.7	0.0	3.4	3.9	4.3	0.0	0.9	1.9	2.9
9	2.7	4.2	4.9	5.3	2.2	3.3	3.9	4.4	2.1	2.8	3.5	3.9
10	2.1	3.8	4.4	5.0	0.5	2.5	3.3	3.9	1.9	2.9	3.6	4.1
11	0.3	2.0	2.8	3.6	0.0	0.4	1.8	2.7	0.0	0.9	18	2.7
12	0.5	0.9	1.8	2.6	0.0	0.4	1.6	2.4	0.0	0.2	1.2	2.7
13	2.7	3.4	3.9	4.6	0.0	0.9	2.0	2.9	0.0	0.6	1.5	2.4
14	2.4	3.3	3.9	4.7	0.0	0.3	1.2	2.7	0.0	0.5	1.5	3.0
15	2.5	3.6	4.1	4.7	2.8	3.5	4.1	4.6	2.3	3.4	4.2	4.6

ตาราง ก-20 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 30 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.6	3.5	3.9	4.3	2.6	4.3	4.5	4.8	2.4	3.8	4.2	4.6
2	2.3	4.3	4.5	4.8	0.0	1.4	1.8	2.7	0.0	0.0	0.6	1.9
3	0.0	1.1	1.5	2.7	2.5	2.8	3.4	3.9	0.0	0.0	0.6	1.7
4	0.1	1.2	1.8	2.6	1.5	2.4	2.9	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.0	2.8	3.6	0.0	0.0	0.6	1.6
6	0.0	0.2	0.9	1.9	0.6	3.2	3.6	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.9	2.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.1	0.8	1.7	0.8	1.6	2.2	3.1	1.8	2.3	3.3	3.9
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.6	2.1	2.5	3.8	3.9	4.3
10	1.5	2.1	2.9	3.6	0.0	1.9	2.3	2.9	0.0	0.0	1.2	2.7
11	0.3	1.8	2.8	3.4	1.7	0.0	0.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.1	1.2	2.9	0.0	0.0	0.9	1.8	0.0	0.0	0.9	2.1
13	0.0	2.9	3.5	3.9	0.0	0.1	1.2	2.3	0.0	3.7	4.1	4.6
14	0.0	0.0	0.9	2.1	0.0	0.9	2.1	2.9	0.0	0.0	1.2	2.7
15	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.2	3.1	2.5	0.0	0.0	0.0

ตาราง ก-21 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 45 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 1

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.0	0.6	1.8	2.3	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.3
2	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6
3	0.0	0.0	0.1	1.4	0.0	0.4	1.8	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.3	2.1
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
6	0.0	0.0	0.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	00
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.4
8	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	00
9	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.2	2.2	2.9	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0	0.3	1.9
11	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.4	2.5	2.9	3.6	0.0	0.0	0.2	2.1	0.0	0.0	0.3	1.7
13	0.0	0.0	0.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.2	1.9
15	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.3	0.3	1.7

ตาราง ก-22 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุดควบคุม มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.4	3.3	3.6	3.8	2.3	3.1	3.3	3.5	2.3	3.3	3.6	3.9
2	2.3	3.4	3.8	4	2.7	3.2	3.5	3.7	2.3	3.2	3.7	4
3	2.0	2.9	3.5	3.7	2.1	3.1	3.6	3.7	2.3	3.1	3.5	3.8
4	0	3.3	3.9	4.3	2.5	3.4	3.6	3.8	2.2	3.4	3.8	4.1
5	1.9	3.1	3.6	4	2.1	3.3	3.7	4.1	2.3	3.2	3.6	3.8
6	2.3	3.6	3.9	4.4	2.3	3.1	3.5	3.8	0	3.1	3.7	4
7	2.5	3.4	3.7	3.9	0	0	0	0	2.2	3.1	3.6	3.9
8	2.3	3.3	3.5	3.8	2.8	3.2	3.6	4	2.1	3.3	3.8	4.1
9	1.8	3.2	3.8	4.1	2.5	3.1	3.9	4.4	0	3.5	4	4.4
10	0	0	0	0	2.0	3.8	4.2	4.5	2.1	3	3.6	3.9
11	2.7	3.2	3.6	4	0	3.3	3.7	4	2.2	3.6	3.9	4.1
12	2.2	3	3.5	3.7	2.4	3.9	4.4	4.7	2.3	3.2	3.6	3.9
13	2.0	3.1	3.4	3.8	2.2	3.1	3.7	4	2.0	3.1	3.6	3.9
14	2.1	3.1	3.6	4.2	2.2	3.2	3.7	3.8	0	0	0	0
15	2.6	3.2	3.8	4.5	0	3.5	3.9	4.1	2.0	3.4	3.9	4.2

ตาราง ก-23 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 15 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.1	3.3	3.6	3.9	0.4	0.3	2.1	3.0	2.5	0.7	3.1	3.6
2	0.0	0.0	1.2	1.4	1.0	3.3	3.6	3.9	2.5	3.1	3.9	4.2
3	0.0	0.0	1.4	1.8	0.0	3.4	4.0	4.3	1.0	3.4	4.0	4.5
4	1.9	2.9	3.9	4.1	2.1	3.3	3.8	4.2	2.3	3.2	3.6	4.1
5	0.6	2.2	3.3	3.6	2.3	0.0	0.0	0.0	2.7	3.5	4.0	4.4
6	0.2	0.6	2.5	3.0	2.7	3.6	3.9	4.2	2.3	2.9	3.7	4.2
7	0.1	0.9	2.7	3.2	0.0	2.9	3.6	3.9	1.0	3.1	3.8	4.3
8	0.3	0.9	2.2	2.8	2.7	2.8	3.5	3.9	2.6	33	3.9	4.6
9	0.6	1.8	2.9	3.2	2.1	0.9	2.5	2.9	1.5	3.6	4.2	4.6
10	1.9	2.2	3.1	3.4	2.5	2.1	2.8	3.3	0.1	3.7	4.4	4.8
11	0.0	0.1	2.4	2.9	0.1	0.8	1.8	2.5	1.7	3.3	3.9	4.3
12	0.0	0.1	2.2	2.8	2.0	1.8	3.0	3.6	2.1	2.9	3.8	4.3
13	2.5	3.5	4.1	4.4	1.8	3.3	3.7	4.2	2.0	3.3	4.1	4.6
14	0.0	0.6	2.5	3.0	2.7	3.1	3.9	4.3	2.0	3.4	3.9	4.5
15	2.3	3.3	4.0	4.3	0.0	0.7	2.3	3.1	2.4	3.1	3.7	4.4

ตาราง ก-24 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 30 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.5	0.1	1.8	3.1	2.3	0.1	1.8	2.9	2.9	3.1	3.8	4.1
2	2.4	3.3	4.1	4.5	1.3	0.1	2.1	3.1	0.0	0.0	0.6	2.2
3	2.5	3.1	3.7	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	2.7
4	2.1	3.2	3.9	4.4	2.1	2.5	3.4	3.8	1.5	0.7	1.2	3.0
5	2.2	3.6	4.0	4.5	1.5	2.1	3.1	3.5	3.0	0.7	1.4	2.8
6	2.6	3.3	3.8	4.3	2.0	3.0	3.9	4.2	0.4	2.9	3.3	4.1
7	0.0	2.9	3.6	4.1	0.0	0.1	2.1	3.0	0.2	2.1	2.8	3.3
8	0.0	0.1	2.5	3.3	0.0	2.3	3.4	3.9	0.0	0.6	1.6	3.4
9	1.0	0.6	2.9	3.6	0.0	2.9	3.6	4.0	0.0	0.3	1.4	2.8
10	0.1	1.2	3.1	3.9	0.0	0.6	2.7	3.5	2.2	3.2	3.9	4.4
11	0.7	1.0	2.8	3.7	0.3	0.5	2.4	3.1	0.0	0.1	0.9	2.1
12	0.0	1.5	2.7	3.5	0.1	0.2	2.6	3.2	0.0	0.0	0.3	2.2
13	0.0	0.6	2.1	3.6	2.8	0.2	2.1	2.9	2.7	2.9	3.6	4.1
14	0.0	0.7	2.6	3.3	0.0	0.2	2.4	2.8	0.1	0.6	1.9	2.8
15	1.9	2.1	3.4	4.2	0.0	2.1	3.3	3.7	0.9	3.1	3.8	4.2

ตาราง ก-25 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 160 โวลต์ 45 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	1.9	0.1	0.6	2.9	0.0	0.6	0.6	2.1	3.0	2.1	2.6	3.2
2	1.2	0.3	0.9	2.8	0.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1	0.6	2.1
3	1.5	0.0	0.0	1.8	0.0	0.1	0.4	2.2	0.0	0.1	0.9	2.2
4	2.2	0.1	0.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.9	2.0	2.3	3.1	3.7
5	2.3	0.0	0.6	2.9	0.0	0.2	1.2	2.4	0.0	0.0	0.6	2.2
6	0.0	0.0	0.3	2.7	0.0	0.1	0.6	2.9	0.0	0.3	1.2	2.6
7	0.0	0.0	0.3	2.9	0.0	0.2	0.6	2.1	0.0	0.2	0.6	2.1
8	0.0	2.1	2.9	4.1	0.1	3.1	3.5	4.2	1.5	2.1	2.6	3.4
9	0.0	1.9	3.1	3.9	1.9	0.0	0.0	0.8	1.8	2.3	2.7	3.5
10	0.0	2.2	2.9	3.8	0.0	0.0	0.1	1.9	2.1	2.3	2.9	3.7
11	0.0	2.5	3.4	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.2	2.8
12	0.0	2.9	3.6	4.3	0.0	0.0	0.2	2.8	0.0	0.1	0.6	1.9
13	0.1	0.2	1.6	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	2.4	3.0	3.9
14	0.0	0.6	2.1	3.5	0.1	0.2	0.6	1.9	0.0	0.6	1.1	2.2
15	0.0	0.7	1.8	3.4	0.0	0.3	0.9	2.1	0.1	0.1	1.3	2.4

ตาราง ก-26 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 15 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.1	0.0	0.6	3.3	2.0	0.1	0.7	2.8	1.6	0.1	0.6	2.2
2	1.4	0.9	1.1	3.5	0.4	0.1	0.7	2.9	1.2	0.6	0.9	2.4
3	3.1	0.0	0.6	2.9	1.4	1.2	2.1	3.3	0.0	0.6	1.1	2.6
4	2.3	3.3	3.5	4.2	0.7	1.3	2.0	2.8	2.3	2.4	3.0	3.7
5	0.0	1.2	2.1	3.3	2.4	0.1	0.9	2.6	2.6	2.6	3.3	3.8
6	2.8	3.3	3.9	4.5	0.2	1.3	2.1	2.9	0.1	0.6	1.6	3.1
7	0.5	2.9	3.5	4.2	0.0	2.4	3.1	3.7	0.2	1.8	2.4	3.0
8	0.0	0.2	1.2	2.8	0.6	1.9	2.8	3.4	0.0	2.4	3.1	3.7
9	0.0	2.9	3.3	3.8	0.7	2.1	2.8	3.6	1.3	0.1	1.0	2.4
10	0.0	0.9	2.0	2.8	0.0	1.2	1.9	3.4	0.6	2.3	2.9	3.6
11	0.2	0.3	1.6	2.6	0.0	2.3	2.6	3.5	2.4	19	2.4	3.2
12	0.0	0.3	1.3	2.7	0.0	0.6	1.5	3.4	0.0	2.6	3.1	3.8
13	1.4	2.1	2.7	3.4	0.1	0.1	1.8	3.2	2.5	0.0	0.0	0.0
14	1.8	2.6	3.4	3.9	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.2	1.2	2.9
15	2.6	2.2	2.8	3.7	0.0	0.4	0.9	2.9	0.0	3.1	3.8	4.3

ตาราง ก-27 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 30 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.1	0.0	0.0	0.0	1.2	0.1	1.1	2.1	2.3	3.1	4.0	4.4
2	0.7	1.2	2.1	2.9	0.0	0.3	0.5	2.3	0.0	0.2	0.4	4.6
3	0.0	0.6	1.5	2.6	0.0	2.0	2.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.3	0.9	2.1	0.0	2.4	2.6	3.6	2.9	0.0	0.0	0.0
5	0.0	2.4	3.1	3.7	2.4	0.2	0.9	1.9	0.0	0.3	0.4	3
6	2.8	0.1	1.1	2.6	0.0	2.1	2.6	3.3	0.0	0.1	0.7	2.9
7	0.0	0.2	1.4	2.4	2.1	0.6	0.9	2.1	0.0	0.2	1.1	2.3
8	0.0	0.2	1.6	2.7	0.0	2.2	3.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.9
9	0.4	1.8	2.4	3.3	1.9	0.0	0.6	2.3	0.0	0.0	0.0	1.2
10	0.0	3.1	3.6	4.3	0.8	0.0	0.2	2.1	0.0	3.3	4.1	4.5
11	3.0	0.2	0.9	2.7	0.0	0.6	2.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	3.3	3.9	4.3	0.0	1.8	2.3	2.9	0.0	0.6	1.1	3.1
13	2.5	0.1	1.4	2.9	2.4	2.1	2.8	3.4	0.0	0.2	0.6	2.1
14	0.0	0.3	1.6	3.1	0.1	2.4	2.9	3.6	0.0	0.2	0.7	1.9
15	0.0	2.1	2.5	3.4	1.3	0.9	1.9	2.9	0.0	0.0	0.1	2.3

ตาราง ก-28 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 180 โวลต์ 45 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.2	0.9	2.1	2.9	0.2	0.0	0.0	0.0	1.9	2.2	2.9	3.3
2	0.0	0.6	2.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.2	1.2	2.9	2.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.1
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
8	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.0	0.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.1	1.8	0.0	0.0	0.3	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.3	1.9	0.0	0.2	0.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.8	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
14	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	2.1
15	0.0	0.2	0.6	2.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

ตาราง ก-29 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 15 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	2.4	2.1	2.4	3.1	0.7	2.5	2.9	3.3	0.2	0.0	0.3	2.0
2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.7	2.1	2.4	3.1	0.0	0.3	1.2	1.8
3	0.0	0.2	0.8	2.2	2.2	0.6	1.2	2.8	0.0	0.3	1.1	2.1
4	2.2	0.0	0.0	0.6	2.3	1.8	2.4	3.3	0.0	1.8	2.4	2.9
5	0.0	0.2	0.9	2.3	0.0	2.4	3.0	3.8	1.6	1.7	2.6	3.2
6	0.0	1.8	2.2	3.1	0.0	0.6	1.8	2.7	1.7	0.0	0.0	1.7
7	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	2.1	2.9	3.4	0.0	0.3	1.8	2.4
8	0.0	2.3	3.0	3.9	2.6	0.6	1.2	2.4	0.0	2.4	3.0	3.6
9	2.3	2.3	3.1	3.7	0.0	0.6	1.4	2.1	2.5	2.3	3.1	3.6
10	0.3	0.0	0.0	0.0	1.7	0.6	1.3	1.9	2.8	2.0	2.8	3.2
11	2.2	2.8	3.4	4.1	0.3	1.9	2.6	3.2	1.7	0.0	0.0	0.0
12	0.0	1.2	2.1	3.1	0.0	2.4	3.0	3.7	0.0	0.7	2.1	3.1
13	2.2	1.3	2.3	3.2	2.1	0.0	0.0	0.0	1.8	1.5	2.4	3.4
14	2.5	2.0	2.8	3.5	0.0	0.6	1.8	2.4	1.8	1.6	2.3	3.3
15	0.5	2.9	3.5	3.9	0.0	1.9	2.7	3.5	1.8	1.8	2.5	3.4

ตาราง ก-30 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 30 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.1	0.4	0.6	2.2	0.3	1.2	2.1	3.0	0.2	0.0	0.0	1.9
2	0.0	0.0	0.1	1.9	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.6	2.2
3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.4	0.6	2.8	0.0	0.0	0.6	2.3
4	0.0	0.2	0.5	0.5	0.0	0.1	0.4	2.9	0.0	0.6	1.8	2.4
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	0.0	0.3	2.4
6	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	1.3	1.8	3.1	0.0	0.1	0.2	1.9
7	0.0	0.2	1.1	2.3	0.0	0.1	0.8	2.9	0.0	0.2	0.2	1.7
8	0.0	0.3	0.9	3.1	0.7	0.9	1.3	2.8	0.0	0.6	2.0	3.1
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	2.4	0.2	0.0	0.2	2.1
10	0.1	0.6	1.8	2.4	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.1	1.8
11	0.0	0.0	0.2	2.1	0.0	0.2	0.7	2.1	0.0	0.0	0.0	2.2
12	0.0	0.0	0.3	1.8	0.0	0.3	0.9	2.3	0.0	0.9	2.5	3.4
13	0.0	0.0	0.1	1.5	0.0	0.2	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.1	1.2	0.0	0.1	0.6	2.7	0.0	0.2	1.2	2.8
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	2.8	0.0	0.2	1.8	2.6

ตาราง ก-31 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์เมล่อนชุด 200 โวลต์ 45 วินาที มีเชื้อรา รอบที่ 2

ลำดับที่	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
1	0.0	0.4	2.9	3.4	0.0	0.3	0.4	1.7	0.0	2.3	3.4	3.9
2	0.0	0.0	0.1	2.2	0.0	0.0	0.2	1.5	0.0	2.2	3.5	4.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	2.3	2.9	3.6	2.0	0.0	0.2	2.1	3.0	0.0	0.2	2.2
5	0.0	0.1	0.6	2.9	0.0	0.2	0.3	1.9	3.0	0.0	0.1	1.4
6	0.0	0.0	0.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4
8	0.0	0.0	0.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8
9	2.2	0.0	0.2	2.2	0.0	2.3	2.9	3.4	0.0	0.0	0.1	1.6
10	0.0	0.0	0.1	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.3	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
13	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1
14	0.2	0.1	0.6	2.6	0.0	0.1	0.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.3
15	0.0	0.5	1.1	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	1.7

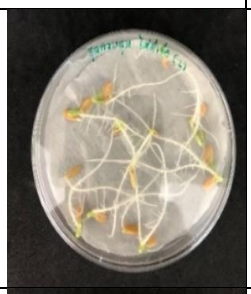
ตาราง ก-32 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน ไม่มีเชื้อรา ซ้ำที่ 1

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

ตาราง ก-32 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน ไม่มีเชื้อรา ซ้ำที่ 1 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ตาราง ก-33 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน ไม่มีเชื้อรา ซ้ำที่ 2

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

ตาราง ก-33 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน ไม่มีเชื้อรา ซ้ำที่ 2 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ตาราง ก-34 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน ไม่มีเชื้อรา ซ้ำที่ 3

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

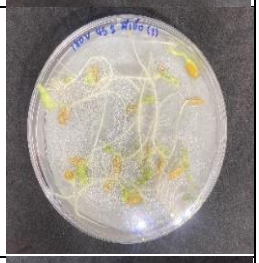
ตาราง ก-34 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน ไม่มีเชื้อรา ซ้ำที่ 3 (ต่อ)

180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ตาราง ก-35 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 1 รอบที่ 1

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

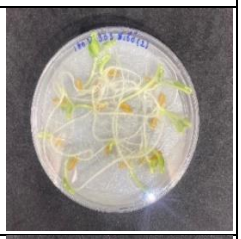
ตาราง ก-35 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 1 รอบที่ 1 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

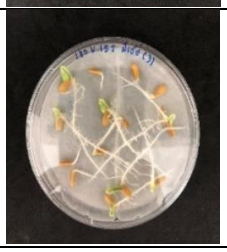
ตาราง ก-36 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 2 รอบที่ 1

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

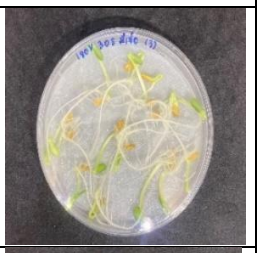
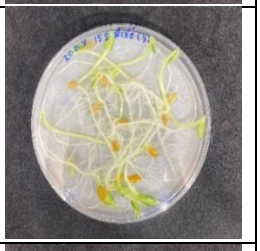
ตาราง ก-36 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 2 รอบที่ 1 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ตาราง ก-37 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 3 รอบที่ 1

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

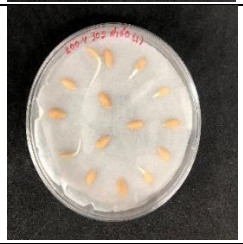
ตาราง ก-37 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 3 รอบที่ 1 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ตาราง ก-38 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 1 รอบที่ 2

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

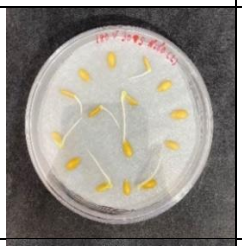
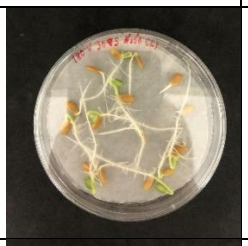
ตาราง ก-38 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 1 รอบที่ 2 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

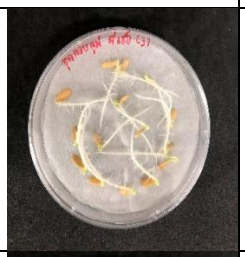
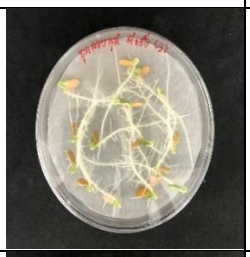
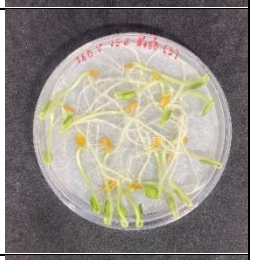
ตาราง ก-39 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 2 รอบที่ 2

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

ตาราง ก-39 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 2 รอบที่ 2 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ตาราง ก-40 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 3 รอบที่ 2

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
ชุดควบคุม				
160 V 15 S				
160 V 30 S				
160 V 45 S				
180 V 15 S				

ตาราง ก-40 แสดงความยาวรากของเมล็ดเมล่อน มีเชื้อรา ซ้ำที่ 3 รอบที่ 2 (ต่อ)

รายการ	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8
180 V 30 S				
180 V 45 S				
200 V 15 S				
200 V 30 S				
200 V 45 S				

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายคงศักดิ์ ดุลยพิพัฒน์

รหัสนักศึกษา 590612043

การศึกษา กำลังศึกษาระดับอุดมศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย

ที่อยู่ปัจจุบัน 14 หมู่ 8 ต.แม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง 52220

ชื่อ-นามสกุล นายปฏิภาณ ไชยลังกา

รหัสนักศึกษา 590612067

การศึกษา กำลังศึกษาระดับอุดมศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนงำเมืองวิทยาคม

ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพะเยาพิทยาคม

ที่อยู่ปัจจุบัน 110 ม.8 ต.ดงสุวรรณ อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา 56120