การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ ให้สามารถใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่หลากหลาย

STUDY AND IMPROVEMENT OF AN AUTOMATIC PLUG TRAY SEEDER FOR SOWING VARIETY OF SEED

ธนาพร ฤทธิวาจา
THANAPORN RIDHTHIVAJA

ภัทรธร ภูมิบัลลังก์
PHATTARATHORN PHUMBALLANG

สุภัทรชัย พ่วงรอด
SUPHATTARACHAI PAUNGROD

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ ให้สามารถใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่หลากหลาย

ธนาพร ฤทธิวาจา
ภัทรธร ภูมิบัลลังก์
สุภัทรชัย พ่วงรอด

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND IMPROVEMENT OF AN AUTOMATIC PLUG TRAY SEEDER FOR SOWING VARIETY OF SEED

THANAPORN RIDHTHIVAJA

PHATTARATHORN PHUMBALLANG

SUPHATTARACHAI PAUNGROD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติให้สามารถใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่หลากหลาย

ชื่อนักศึกษา

1.นายธนาพร	ฤทธิวาจา	รหัสนักศึกษา 62010393
2.นายภัทรธร	ภูมิบัลลังก์	รหัสนักศึกษา 62010682
3.สุภัทรชัย	พ่วงรอด	รหัสนักศึกษา 62010974

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.จรัสชัย เย็นพยับ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติให้สามารถใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่หลากหลาย

ชื่อนักศึกษา 1.นายธนาพร ฤทธิวาจา รหัสนักศึกษา 62010393
2.นายภัทรธร ภูมิบัลลังก์ รหัสนักศึกษา 62010682
3.สุภัทรชัย พ่วงรอด รหัสนักศึกษา 62010974

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผศ.จรัสชัย เย็นพยับ

บทคัดย่อ

เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติถูกออกแบบมาให้ใช้หยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะแบบ 200 หลุม ทำการหยอดเมล็ดพร้อมกัน 200 หลุมในคราวเดียวโดยใช้เครื่องดูดฝุ่นสร้างลมดูดในกลไกการหยอดและควบคุมจังหวะ การทำงานแบบอัตโนมัติด้วยระบบควบคุมแบบพีแอลซี โครงงานนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาความสามารถของเครื่องต้นแบบใน การหยอดกับเมล็ดพันธุ์ที่มีสมบัติทางกายภาพที่ความแตกต่างกันได้แก่ คะน้า, ต้นหอม ผักชีล้อมและหญ้าแอลแฟลฟา โดย เมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันได้แก่ รูปร่าง, น้ำหนัก, ขนาด, ความหนาแน่น, พื้นที่ภาพฉาย และ ความเป็นทรงกลม เพื่อหาว่าความแตกต่างดังกล่าวส่งผลต่อดัชนีความแม่นยำในการทำงานของเครื่องต้นแบบอย่างไร โดยการเปรียบเทียบค่าดัชนีความแม่นยำในการหยอดเมื่อกำหนดให้ใช้แรงดันลมในการดูดเมล็ดแต่ละชนิดคงที่และทดสอบโดยใช้หัวดูด สองแบบคือหัวดูดแบบเข็มขนาดใหญ่ และหัวดูดแบบเข็มขนาดกลาง ทำการหยอดเมล็ดอย่างต่อเนื่องจำนวน 5 ถาดเพื่อเก็บ ผลดัชนีความแม่นยำโดยทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละเมล็ด จดบันทึกจำนวนเมล็ดในแต่ละหลุมเพาะกล้า และนำค่าที่ได้มาคำนวนหาดัชนีความแม่นยำในการหยอด จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดเมล็ด พบว่ามีสมบัติทางกายภาพของเมล็ดที่มีความสัมพันธ์ต่อ Single index คือ ความหนาแน่น, พื้นที่ภาพฉาย และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความหนาแน่นมีผลต่อ Single index โดยเมื่อความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ Single index มีค่าที่เพิ่มขึ้น พื้นที่ภายฉายมีผลต่อ Single index โดยเมื่อพื้นที่ภายฉายมีค่าที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Single index มีค่าที่ลดลง เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิตมีผลต่อ Single index โดยเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิตมีค่าที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Single index มีค่าที่ลดลง จากข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำมาใช้พัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดต่อไปในภายภาคหน้าได้

คำสำคัญ: เครื่องหยอดเมล็ด, สมบัติทางกายภาพ, ดัชนีความเที่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title Study and Improvement of Automatic Plug Tray Seeder for different vegetable seed varieties

Student Mr. Thanaporn Ridhthivaja Student ID 62010393
Mr. Phattarathorn Phumballang Student ID 62010682
Mr. Suphattarachai Paungrod Student ID 62010974

Degree Bachelor of Engineering
Program Agricultural Engineering
Project Advisor Asst Prof. Charatchai Yenphayab

Abstract

The automatic plug tray seeder has been designed to drill vegetable seeds into 200 seedling trays simultaneously. The machine utilizes a vacuum system to create suction in the seeding mechanism and controls mechanism by the PLC (Programmable Logic Controller) control system. The aim of this project is to study the capabilities of the prototype when drilling the different types of seeds which have the differ physical characteristics the vegetable seed include Chinese kale, spring onion, Oenanthe javanica, and alfalfa grass. The physical properties of seed such as on the different seed varieties. shape, weight, size, density, projection area, and roundness were studied. The prototype was test to determine the accuracy of the machine when sowing. To assess the accuracy of the sowing process, a constant vacuum pressure applied to differ seed type each seed type while testing. There are Two types of suction heads are used: a large-sized suction head and a medium-sized suction head. Each test the seeder sown into 5 trays continuously then collect data for calculating the precision index. The test repeated three Replication for each seed type. Lastly recording the number of seeds in each seed hole. These data are used to calculate the accuracy index by examining factors influencing seed suction. The experimental results presented the significant correlations between some physical properties and the single index, which included particle density, projection area, and average diameter. These correlations present a statistical significance at a 0.05 level. Specifically, density affects the single index, with an increase in density leading to an increase in the single index value. Projection area affects the single index, with an increase in projection area resulting in a decrease in the single index value. Additionally, the average diameter of seeds affects the single index, with an increase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

in the average diameter causing a decrease in the single index value. These findings provide valuable insights for the future development of seedling tray seeding machines.

Keywords: The automatic plug tray seeder, physical properties, precision planting index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เพราะความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสชัย เย็นพยับ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเสมอมา ขอขอบคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนเพื่อนๆ ต่างกลุ่มที่ให้ความช่วยเหลือ

และต้องขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่ให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือบิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และกำลังใจ เอาใจใส่ในทุกๆด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณและกราบขอบคุณมา ณ ที่นี้

ธนาพร ฤทธิวาจา
ภัทรธร ภูมิบัลลังก์
สุภัทรชัย พ่วงรอด
2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I
Abstract II
กิตติกรรมประกาศ IV
สารบัญ V
สารบัญรูป VI
สารบัญตาราง X

บทที่1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 สมมติฐาน 2
1.4 ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา 2
1.5 ขอบเขตงาน 2
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงงาน 3

บทที่2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของการเพาะกล้าลงถาดหลุม 4
2.2 เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า 13
2.3 หลักการทั่วไปของอุปกรณ์ประกอบเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าต้นแบบ 16
2.4 การประเมินสมบัติทางกายภาพของวัสดุทางการเกษตรและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ผัก 4 ชนิด 21
2.5 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า 30
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32

บทที่3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 หลักแนวคิด 36
3.2 อุปกรณ์ 36
3.3 การปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ 38
3.4 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดเมื่อเปลี่ยนชนิดเมล็ดที่ใช้ 40
3.5 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดเมื่อเปลี่ยนชนิดเมล็ดที่ใช้ (ครั้งที่ 2) 41
3.6 การคำนวณหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่าง 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การคำนวณหาดัชนีการดูดติดและดัชนีความแม่นยำ 44

บทที่4 ผลการทดลอง

4.1 การตรวจสอบเครื่องหลังเปลี่ยนท่อลม 45

4.2 ดัชนีความแม่นยำของผลการทดลองแบบแรก 45

4.3 สมบัติทางกายภาพของเมล็ดของกลุ่มตัวอย่าง 46

4.4 การศึกษาดัชนีความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า 46

4.5 หาความสัมพันธ์ของผลการทดลองกับสมบัติทางภาพของเมล็ด 47

บทที่5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 50

5.2 ปัญหาที่พบ 51

5.3 ข้อเสนอแนะ 51

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก ก 57

ภาคผนวก ข 62

ภาคผนวก ค 66

ภาคผนวก ง 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่2.1 การปลูกแบบ NFT 4
รูปที่2.2 การปลูกแบบ DFT 4
รูปที่2.3 การปลูกแบบ DRFT 5
รูปที่ 2.4 ภาดเพาะกล้า 35 หลุม 6
รูปที่ 2.5 ถาดเพาะกล้า 105 หลุม 6
รูปที่ 2.6 ถาดเพาะกล้า 200 หลุม 6
รูปที่ 2.7 เตรียมส่วนผสมสำหรับเริ่มต้นปลูกเมล็ดพันธุ์ 7
รูปที่ 2.8 เติมถาดเพาะ 7
รูปที่ 2.9 หยอดเมล็ด 8
รูปที่ 2.10 รดน้ำเมล็ด 8
รูปที่ 2.11 ย้ายต้นกล้าออกจากถาดเพาะกล้า 9
รูปที่ 2.12 เมล็ดพริก 9
รูปที่ 2.13 ต้นพริก 10
รูปที่ 2.14 เมล็ดมิ้นต์ 11
รูปที่ 2.15 ต้นมิ้นต์ 11
รูปที่ 2.16 เมล็ดดาวเรือง 11
รูปที่ 2.17 ต้นกล้าดาวเรือง 12
รูปที่ 2.18 เมล็ดต้นเมเปิล 12
รูปที่ 2.19 ต้นกล้าเมเปิล 12
รูปที่ 2.20 เครื่องหยอดเมล็ดแบบ low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays 13
รูปที่ 2.21 เครื่องหยอดเมล็ดแบบ Drum tray seeder SEMLAMBDA65 14
รูปที่ 2.22 แบบ solid work model 1 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ ปี2558 14
รูปที่ 2.23 แบบ solid work model 2 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ ปี2559 14
รูปที่ 2.24 แบบ solid work model 3 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ ปี2560-2564 15
รูปที่ 2.25 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่อง 15
รูปที่ 2.26 เซ็นเซอร์ความดัน 17
รูปที่ 2.27 ลิมิตสวิตช์ 18
รูปที่ 2.28 เครื่องดูดฝุ่นที่ใช้ในเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า 20
รูปที่ 2.29 PLC 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.30 เมล็ดคะน้า 21
รูปที่ 2.31 ต้นคะน้า 21
รูปที่ 2.32 เมล็ดต้นหอม 22
รูปที่ 2.33 ต้นหอม 22
รูปที่ 2.34 เมล็ดแอลแฟลฟา 23
รูปที่ 2.35 ต้นแอลแฟลฟา 23
รูปที่ 2.36 เมล็ดผักชีล้อม 24
รูปที่ 2.37 ต้นผักชีล้อม 24
รูปที่ 2.38 เตรียมภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ด 25
รูปที่ 2.39 การรูปเข้าโปรแกรม ImageJ 25
รูปที่ 2.40 การสร้างเส้นและกำหนดระยะที่รู้ 26
รูปที่ 2.41 การให้โปรแกรมกำหนดพื้นที่สีดำของเมล็ด 26
รูปที่ 2.42 การให้โปรแกรมคำนวนพื้นที่ภาพฉาย 26
รูปที่ 2.43 ด้านของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทางเรขาคณิต(a,b,c) 27
รูปที่ 2.44 ชั่งน้ำหนักขวดเปล่าของ Pycnometer 28
รูปที่ 2.45 นับจำนวนเมล็ดและบรรจุลงใน Pycnometer 28
รูปที่ 2.46 ชั่งน้ำหนัก Pycnometer ที่บรรจุเมล็ด 28
รูปที่ 2.47 ชั่งน้ำหนัก Pycnometer ที่บรรจุเมล็ดและ Toluene 29
รูปที่ 2.48 ตัวอย่างการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ 31
รูปที่ 2.49 ตัวอย่างถาดเพาะหลังยอดเมล็ด 31
รูปที่ 2.50 ตัวอย่างเมล็ดในถาดเพาะ 31
รูปที่ 2.51 ตัวอย่างตารางบันทึกผล 32
รูปที่ 3.1 ถาดเพาะกล้า 36
รูปที่ 3.2 ถาดใส่เมล็ดพันธุ์ 37
รูปที่ 3.3 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า 37
รูปที่ 3.4 ฐานวางถาดเพาะกล้าก่อนการปรับปรุง 38
รูปที่ 3.5 ฐานวางถาดเพาะกล้าหลังการปรับปรุง 39
รูปที่ 3.6 ท่อก่อนการปรับปรุง 39
รูปที่ 3.7 ท่อหลังการปรับปรุง 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างตารางบันทึกผล 41
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับSingle index
ของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม 48
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ภาพฉายกับSingle index
ของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม 48
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง GMD กับSingle index
ของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1.1 ตารางแสดงค่าดัชนีการดูดติดของก่อนและหลังเปลี่ยนท่อลม 45
ตารางที่ 4.2.1 ตารางแสดงดัชนีความแม่นยำในการหยอดของเมล็ดแต่ละชนิดตารางที่ 45
ตารางที่ 4.3.1 สมบัติทางกายภาพของเมล็ดคะน้า,เมล็ดต้นหอม และเมล็ดแอลแฟลฟา 46
ตารางที่ 4.4.1 ตารางแสดงดัชนีความแม่นยำในการหยอดของเมล็ดแต่ละชนิด 47
ตารางที่ 4.5.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพของเมล็ด
กับดัชนีความแม่นยำของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันคนไทยส่วนใหญ่เริ่มหันมาสนใจใส่ใจเรื่องสุขภาพกันมากยิ่งขึ้นหลังจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด19 จากผลสำรวจพบว่า 95% ของกลุ่มตัวอย่างในของคนในประเทศไทย เข้าใจถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน ซึ่งหมายถึงการใส่ใจกับพฤติกรรมการดำเนินชีวิตประจำวันที่ส่งผลต่อสุขภาพและการป้องกันการเจ็บป่วยในอนาคต รวมถึงเฮลท์ตี้ไลฟ์สไตล์ เช่น การเลือกกินอาหารที่มีประโยชน์ (POSTTODAY, 2023) หมายความว่าผู้คนเริ่มสนใจในด้านการรับประทานผักที่สะอาดและปลอดสารเคมีกันมากยิ่งขึ้น

ทำให้การปลูกผักที่สะอาดและไร้สารเคมีอย่างการปลูกในแปลงไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมในหมู่คนที่ทำเกษตรสมัยใหม่ เพราะการปลูกพืชแบบนี้จะสามาถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ในกระบวนการปลูกก่อนจะนำต้นกล้าผักลงในแปลงไฮโดรโปนิกส์ได้นั้น จำเป็นต้องทำการเพาะกล้าให้พืชมีรากออกมาก่อน

การปลูกพืชให้งอกได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรหยอดเมล็ดแค่ 1-2 เมล็ดต่อ 1 หลุมของถาดเพาะ เพื่อให้ต้นกล้าผักได้โตอย่างมีประสิทธิภาพ และหลีกเลี่ยงปัญหาไม่มีต้นกล้าในบางหลุม การหยอดเมล็ดทีละเมล็ดลงในถาดเพาะทีละหลุมด้วยแรงงานคนเป็นเรื่องที่ยุ่งยากใช้แรงงานและเวลาอย่างมาก จึงมีการคิดค้นเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะเพื่อลดเวลาในการทำงานลง โดยออกแบบให้หยอดเมล็ดได้ถึง 200 หลุมใน 1 ครั้งต่อการทำงาน 1 รอบ จากการศึกษพบว่าถ้าใช้แรงงานคนหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ 200 หลุมจะสามารถทำได้เพียง 8 ถาดต่อชั่วโมง (ธนิก มีแสงและคณะ, 2564) ในขณะที่เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะสามารถทำได้ 60 ถาดต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นการประหยัดทั้งแรงงานและเวลาในการทำงาน

เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้ามีหลักการของเครื่องคือการใช้ลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่นมาใช้ในการดูดเมล็ดให้มาติดที่หัวดูดและนำเมล็ดมาปล่อยลงในถาดหลุมเพาะกล้า กลไกการทำงานถูกควบคุมด้วยระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์(PLC) จากการพัฒนาต่อยอดของเครื่องต้นแบบจากรุ่นก่อนตั้งแต่ปี2558-ปัจจุบัน ในปัจจุบันต้นแบบเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้านี้ได้มีการใช้ pressure sensor ควบคุมการดูดของเมล็ด ซึ่งทำให้เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้ามีดัชนีความเที่ยงเฉลี่ยที่ 96% กับการดูดเมล็ดที่มีลักษณะเป็นทรงกลม (ธนิก มีแสงและคณะ, 2564) เมื่อเทียบกับท้องตลาดที่มีดัชนีความเที่ยงอยู่ที่ <97% ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่การศึกษาที่ผ่านมาเครื่องหยอดเมล็ดถูกทดสอบกับเมล็ดที่มีสัณฐานเป็นทรงกลมอย่างเดียวได้แก่ เมล็ดคะน้า, เมล็ดผักชี และเมล็ดผักกาดขาว ซึ่งยังไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงพอสำหรับการทำงานจริงของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ต่างๆไม่ได้มีเพียงแค่เมล็ดที่เป็นทรงกลมเพียงอย่างเดียว

ดังนั้นในโครงงานวิศวกรรมนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะเมื่อทำการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักที่ไม่เป็นสัณฐานทรงกลมโดยมีสมบัติทางกายภาพที่หลากหลายแล้ววิเคราะห์ตัวแปรว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 เพื่อศึกษาดัชนีความเที่ยงของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าต้นแบบเมื่อทำการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักที่มีสมบัติทางกายภาพหลากหลาย

1.2.3 เพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดที่มีผลต่อดัชนีความเที่ยงในการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะต้นแบบ

1.3 สมมติฐาน

เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าเมื่อใช้กับเมล็ดที่มีรูปร่างทรงกลมแล้วสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันของเมล็ดจะส่งผลให้เครื่องมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน แสดงว่าสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมีผลต่อดัชนีความแม่นยำของเครื่อง ซึ่งหากมีการพัฒนาเครื่องในอนาคตที่เหมาะสมกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดแล้วเครื่องจะสามารถหยอดเมล็ดต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาโครงงานเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้ารุ่นก่อน(ปี2558-2564)พบว่าเครื่องสามารถใช้ได้ดีแค่กับเมล็ดที่เป็นทรงกลม จึงต้องการที่จะหาว่าสมบัติทางกายภาพของเมล็ดใดบ้างที่ส่งผลกับดัชนีความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า เพื่อที่จะได้นำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาเครื่องต่อในอนาคต

1.5 ขอบเขตงาน

1.5.1 ใช้เครื่องดูดฝุ่นยี่ห้อ TOPMAN รุ่น KM130

สร้างลมดูด ความดันเกจ -19.62 kPa อัตราการไหล 191 m^3 /min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ถาดเพาะเมล็ด 200 หลุม ขนาด 28cm*54cm*4.5cm

1.5.3 เมล็ดพันธุ์พืชที่นำมาศึกษามี 4 ชนิด คือ

1) เมล็ดพันธุ์ ผักคะน้า

2) เมล็ดพันธุ์ ต้นหอม

3) เมล็ดพันธุ์ แอลแฟลฟา

4) เมล็ดพันธุ์ ผักชีล้อม

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงงาน

1.6.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องหยอดเมล็ด

1.6.2 ตรวจสอบและศึกษาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ

1.6.3 จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงซ่อมแซมเครื่องและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.6.4 ทำการทดลองและเก็บผลการทดลอง

1.6.5 ทำการหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ด

1.6.6 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของการเพาะกล้าลงถาดหลุม

2.1.1 การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

เริ่มจากการเพาะเมล็ดลงถาดเพาะหรือวัสดุปลูก จากนั้นจึงเลือกปลูกตามวิธีการปลูกที่เข้ากับพืชนั้น โดยจะจำแนกได้ 3 วิธีดังนี้

1) Nutrient Film Technique (NFT)

เป็นวิธีปลูกพืชโดยการให้สารละลายที่มีธาตุอาหาร ผ่านรากพืชที่ปลูกบนรางปลูก ไหลผ่านตามความลาดชันของรางปลูกอย่างช้าๆ นิยมปลูกในพืชจำพวกพืชกินใบ

รูปที่ 2.1 การปลูกแบบ NFT

2) Deep Flow Technique (DFT)

เป็นวิธีการปลูกแบบระบบน้ำลึก รากแช่อยู่สารละลายที่มีแร่ธาตุมีความลึกประมาณ 15-20 cm พืชที่นิยมปลูกได้แก่ ผักคะน้า ผักบุ้ง ผักโขม เป็นต้น

รูปที่ 2.2 การปลูกแบบ DFT

3) Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

เป็นวิธีการปลูกพืชแบบน้ำลึกแต่ปรับระดับได้ โดยใช้แผ่นโฟมเจาะรู แล้วรองด้วยแผ่นพลาสติกใส่น้ำ วิธีการนี้ไม่เหมาะกับการปลูกพืชทรงพุ่มแบบผักสลัด เนื่องจากแผ่นโฟมทำความสะอาดยาก อาจทำให้เกิดเชื้อโรคและทำให้รากและใบพืชเน่าเสียได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 การปลูกแบบ DRFT

2.1.2 ถาดเพาะกล้า

ถาดเพาะกล้าเป็นเครื่องมือหรือภาชนะสำหรับทำสวนที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับเริ่มเพาะเมล็ดและขยายพันธุ์พืช เป็นถาดทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสตื้นๆ มีช่องเล็กๆ หลายช่อง โดยปกติเรียกว่าหลุมหรือช่องสำหรับปลูกแต่ละช่อง ซึ่งเป็นที่ที่เมล็ดถูกหว่านและงอก

ถาดเพาะมีหลายขนาดและหลายวัสดุ มักทำจากพลาสติกหรือวัสดุที่ทนทานและย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ถาดมีรูระบายน้ำที่ด้านล่างเพื่อให้น้ำส่วนเกินระบายออก ป้องกันน้ำขังและส่งเสริมการพัฒนาของรากที่แข็งแรง

หลุมหรือช่องแยกแต่ละช่องภายในถาดเพาะเมล็ดจะมีพื้นที่แยกสำหรับแต่ละเมล็ดที่จะเติบโต ช่วยให้จัดระเบียบและย้ายปลูกได้ง่ายเมื่อต้นกล้าพร้อมที่จะย้ายไปยังภาชนะขนาดใหญ่หรือลงดิน หลุมเหล่านี้มักมีขนาดเล็กและอาจมีขนาดแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับประเภทของถาดเพาะ โดยทั่วไปถาดเพาะจะมีหลุม 35, 105, 200 หรือมากกว่านั้น

การใช้ถาดเพาะเมล็ดมีประโยชน์หลายประการสำหรับการเริ่มเพาะเมล็ด ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมควบคุมสำหรับการงอกของเมล็ด ให้การปกป้องและสนับสนุนต้นอ่อน และช่วยให้ใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลุมแต่ละหลุมช่วยป้องกันการพันกันของรากและช่วยให้ย้ายปลูกได้ง่ายขึ้นโดยไม่รบกวนรากที่บอบบาง

ถาดเพาะเมล็ดมักใช้ในเรือนกระจก การทำสวนในร่ม หรือใช้โดยชาวสวนสำหรับเพาะต้นกล้าเพื่อเริ่มปลูกพืชจากเมล็ดก่อนที่จะย้ายออกไปกลางแจ้ง สามารถเติมด้วยส่วนผสมเริ่มต้นของเมล็ดที่เหมาะสมหรือดินสำหรับปลูก และเมล็ดจะถูกหว่านลงในแต่ละหลุม ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตในระยะแรก

เมื่อต้นกล้าโตและพร้อมย้ายปลูกแล้ว ก็สามารถนำต้นกล้าออกจากถาดเพาะได้ง่ายๆ โดยค่อยๆ แงะหรือแหย่ออกจากหลุมแต่ละหลุม จากนั้นนำไปปลูกในกระถางขนาดใหญ่หรือนำไปปลูกในสวนโดยตรงก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาดเพาะเมล็ดเป็นเครื่องมือที่มีค่าสำหรับชาวสวน ช่วยให้เริ่มต้นและจัดการต้นกล้าจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่กะทัดรัดและช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างพืชที่มีสุขภาพดีจากเมล็ดที่มีคุณภาพมีมาตรฐานและนำไปสู่ความสำเร็จโดยรวมของการทำสวนและการขยายพันธุ์พืช

รูปที่ 2.4 ภาดเพาะกล้า 35 หลุม

รูปที่ 2.5 ถาดเพาะกล้า 105 หลุม

รูปที่ 2.6 ถาดเพาะกล้า 200 หลุม

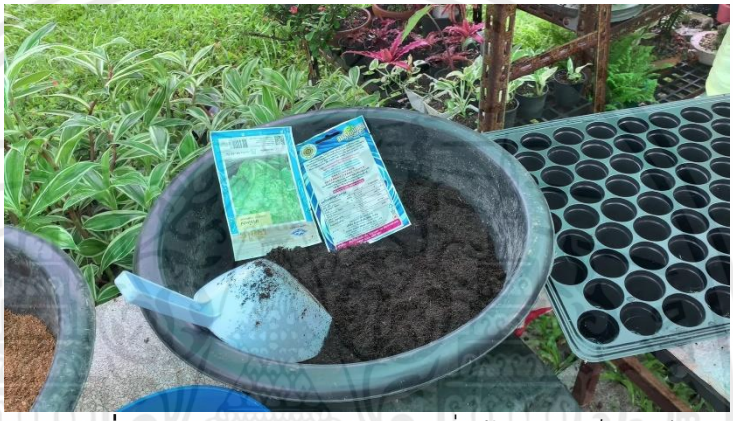
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การเพาะกล้าในถาดเพาะ

การปลูกพืชโดยใช้ถาดเพาะเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพในการเริ่มเพาะเมล็ดและขยายพันธุ์พืช โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกถาดเพาะที่เหมาะสม เลือกถาดเพาะที่เหมาะสมกับความต้องการทั้งในด้านขนาด วัสดุ จำนวนหลุมหรือช่อง และตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีรูระบายน้ำที่ด้านล่าง

2) เตรียมส่วนผสมสำหรับเริ่มต้นปลูกเมล็ดพันธุ์ ใช้ส่วนผสมสำหรับปลูกเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูงหรือดินปลูกที่รวนซุย ปลอดเชื้อ และระบายน้ำได้ดี หลีกเลี่ยงการใช้ดินในสวน เนื่องจากดินแข็งเกินไปและอาจมีเมล็ดวัชพืชหรือเชื้อโรคติดมาด้วย



รูปที่ 2.7 เตรียมส่วนผสมสำหรับเริ่มต้นปลูกเมล็ดพันธุ์

3) เติมถาดเพาะ เติมแต่ละหลุมหรือช่องของถาดเพาะด้วยส่วนผสมเริ่มต้นปลูกของเมล็ดโดยเว้นช่องว่างเล็กน้อยที่ด้านบนเพื่อรดน้ำ

รูปที่ 2.8 เติมถาดเพาะ

4) หยอดเมล็ด ทำตามคำแนะนำเฉพาะบนห่อเมล็ดเพื่อความลึกและระยะห่างที่เหมาะสมของเมล็ด โดยทั่วไปแล้ว เมล็ดขนาดเล็กจะถูกโรยลงบนพื้นผิวและกดเบาๆ ลงในดิน ในขณะที่เมล็ดขนาดใหญ่จะฝังลึกลงไป หลีกเลี่ยงการทำให้ช่องแน่นเกินไปเพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 หยอดเมล็ด

5) รดน้ำเมล็ด ใช้เครื่องพ่นละอองฝอยละเอียดหรือบัวรดน้ำเพื่อทำให้ส่วนผสมเริ่มต้นสำหรับปลูกหรือดินเพาะเมล็ดเปียกชื้น ตรวจสอบให้แน่ใจว่าน้ำกระจายอย่างสม่ำเสมอ หลีกเลี่ยงการรดน้ำมากเกินไป เป้าหมายคือเพื่อให้ความชื้นเพียงพอสำหรับการงอกโดยไม่ทำให้ดินอิ่มตัว

รูปที่ 2.10 รดน้ำเมล็ด

6) จัดเตรียมสภาพการเจริญเติบโตที่เหมาะสม วางถาดเพาะเมล็ดไว้ในที่ที่อุณหภูมิเหมาะสม มีอากาศถ่ายเทสะดวกและมีแสงแดดส่องถึง หากจำเป็น สามารถปิดถาดด้วยฝาพลาสติกใสหรือแรปพลาสติกเพื่อช่วยกักเก็บความชื้น,ความร้อน และนำออกเมื่อเมล็ดงอกแล้ว

7) ตรวจสอบและรักษาความชื้น ตรวจสอบระดับความชื้นของส่วนผสมเริ่มต้นของเมล็ดอย่างสม่ำเสมอ รดน้ำเท่าที่จำเป็นเพื่อให้ความชื้นสม่ำเสมอ แต่ไม่แฉะเกินไป หลีกเลี่ยงการปล่อยให้ดินแห้งสนิทหรือมีน้ำขัง

8) ให้แสงสว่างเพียงพอ เมื่อต้นกล้างอกออกมาแล้ว ตรวจสอบให้แน่ใจว่าต้นกล้าได้รับแสงเพียงพอ หากปลูกในร่ม ให้วางถาดเพาะไว้ใต้ไฟหรือใกล้หน้าต่างที่มีแสงสว่าง

9) เลือกต้นกล้าที่แข็งแรงเมื่อต้นกล้าโตขึ้นอาจจะแออัดกันในช่องแต่ละช่องกำจัดต้นกล้าที่อ่อนแอหรือส่วนเกินออกเหลือไว้แต่ต้นที่แข็งแรงที่สุดในแต่ละช่องหรือคุณสามารถปลูกต้นกล้าลงในภาชนะขนาดใหญ่หรือแยกช่องอย่างระมัดระวังเพื่อให้มีพื้นที่มากขึ้นสำหรับการพัฒนาของราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ย้ายปลูก ก่อนย้ายกล้าไม้ไปไว้กลางแจ้ง ให้ค่อยๆ ปรับสภาพแวดล้อมให้ต้นกล้าชินกับสภาพกลางแจ้งโดยให้สัมผัสกับแสงแดด ลม และความผันผวนของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เมื่อพร้อมแล้ว ให้ย้ายกล้าไม้ไปปลูกในสวนหรือในกระถางขนาดใหญ่ตามแนวทางระยะห่างที่แนะนำสำหรับพืชแต่ละชนิด

รูปที่ 2.11 ย้ายต้นกล้าออกจากถาดเพาะกล้า

2.1.4 การปลูกพืชในถาดเพาะ

ถาดเพาะสามารถใช้ปลูกพืชได้หลากหลายชนิดตั้งแต่ ผัก สมุนไพร ดอกไม้ หรือแม้แต่ไม้ยืนต้นบางชนิด

1) ผัก

- พริก การปลูกโดยใช้เมล็ด มีขั้นตอนคือ เตรียมเมล็ดพริกที่ต้องการปลูกให้พร้อม นำเมล็ดหยอดลงถาดหลุมเพาะเมล็ดหลุมละ 1 เมล็ดนำเข้าโรงเรือนและใช้ผ้าคลุมไว้ 2 วัน หลังครบ2วันแล้วเปิดผ้าออกรดน้ำอีก 2-3 วันเมล็ดพันธุ์จะงอก และอีกประมาณ 1 เดือนจะพร้อมย้ายไปปลูกในแปลงปลูก

รูปที่ 2.12 เมล็ดพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 ต้นพริก

- ต้นหอม การปลูกโดยใช้เมล็ด มีขั้นตอนคือ เตรียมเมล็ดพันธ์และดินเพาะเมล็ด หยอดเมล็ดในถาดหลุมเพาะเมล็ด หลุมละ1หรือ2เมล็ด โดยจะใช้เวลาเพาะกล้าประมาณ 45-60 วัน จึงย้ายไปปลูกในแปลงปลูกและใช้เวลาปลูกถึงเก็บเกี่ยวอีกประมาณ50-60 วัน

- ผักใบเขียว (ผักกาดหอม ผักโขม คะน้า) หว่านเมล็ดอย่างสม่ำเสมอในหลุมถาดเพาะ กลบดินเบา ๆ และทำให้ดินชุ่มชื้นอย่างสม่ำเสมอ เก็บเกี่ยวต้นกล้าอ่อนสำหรับผักใบอ่อนหรือปลูกลงในสวนหรือภาชนะขนาดใหญ่สำหรับพืชที่โตเต็มที่

- การปลูกแตงกวาโดยวิธีเพาะกล้า มีขั้นตอนคือ เตรียมดินและเมล็ดที่ต้องการเพาะ หยอดเมล็ดลงในถาดหลุมเพาะเมล็ดหลุมละ 1-2 เมล็ด จากนั้นดูแลให้น้ำและปุ๋ยทุกวันเก็บไว้ในที่แดดอ่อน เมื่อต้นกล้ามีใบจริงประมาณ 4-5 ใบแล้วจึงย้ายไปปลูกในแปลงปลูกได้ใช้เวลาถึงช่วงเก็บเกี่ยวอีกประมาณ 30 วันขึ้นไป

2) สมุนไพร

- ผักชี, ผักชีฝรั่ง หว่านเมล็ดสมุนไพรในถาดเพาะและรักษาอุณหภูมิให้อุ่นเพื่อการงอกที่ประสบความสำเร็จ ให้แสงสว่างเพียงพอและมีความชื้นเพียงพอ ย้ายต้นกล้าลงในภาชนะขนาดใหญ่หรือสวนสมุนไพรเมื่อพวกมันเติบโตสูงไม่กี่นิ้ว

- มิ้นต์ โหระพา สมุนไพรยืนต้นเหล่านี้สามารถเริ่มจากเมล็ดในถาดเพาะได้เช่นกัน ย้ายพวกมันลงในกระถางหรือแปลงสวนเมื่อพวกมันพัฒนาระบบรากที่ดีแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 เมล็ดมิ้นต์

รูปที่ 2.15 ต้นมิ้นต์

3) ดอกไม้

- ดอกดาวเรือง ดอกบานชื่น พิทูเนีย เริ่มปลูกดอกไม้เหล่านี้ในถาดเพาะเมล็ดในร่ม เพื่อให้มั่นใจว่ามีสภาพแวดล้อมที่อบอุ่นและมีแสงเพียงพอ ย้ายต้นกล้ากลางแจ้งหลังจากแน่ใจว่าต้นกล้าพร้อมสำหรับการย้ายปลูก

รูปที่ 2.16 เมล็ดดาวเรือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

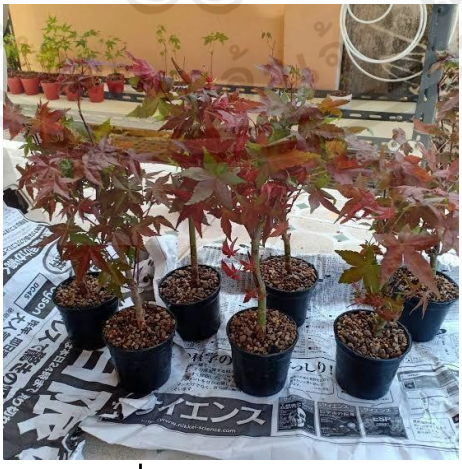
รูปที่ 2.17 ต้นกล้าดาวเรือง

- แพนซี วิโอลา ดอกไม้ฤดูหนาวเหล่านี้สามารถเริ่มเพาะในถาดเพาะเมล็ดในช่วงที่มีอุณหภูมิเหมาะสมหรือเพาะในที่ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ และย้ายพวกมันเข้าไปในสวนหรือในภาชนะในที่ร่มและเย็น

4) ต้นไม้และพุ่มไม้

- ต้นไม้และพุ่มไม้บางชนิดสามารถเริ่มต้นปลูกจากเมล็ดในถาดเพาะ แต่มักต้องการเงื่อนไขเฉพาะเพื่อให้การงอกประสบความสำเร็จ เช่น การรักษาความเย็น ตัวอย่างเช่น ต้นเมเปิล และไม้ผลบางชนิด

รูปที่ 2.18 เมล็ดต้นเมเปิล



รูปที่ 2.19 ต้นกล้าเมเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

2.2.1 เครื่องหยอดเมล็ดอื่นๆ

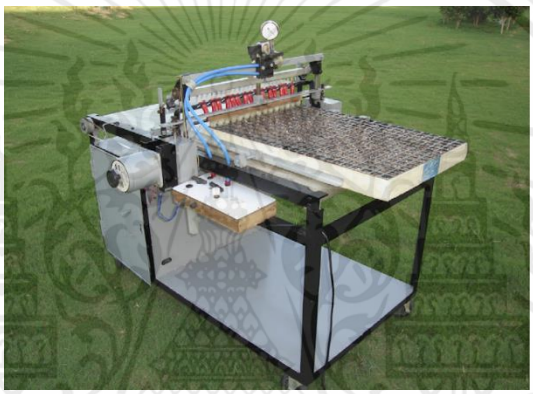
1) เครื่องหยอดเมล็ดแบบ low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays

หลักการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดตัวนี้คือ ถาดใส่เมล็ดจะเคลื่อนที่บนสายพาน เมื่อถึงจุดใส่เมล็ดแล้ว ที่บรรจุเมล็ดจะเกิดการสั่นทำให้เมล็ดลอยขึ้น จากนั้นหัวดูดจะดูเมล็ดแล้วเอียงประมาณ 45 องศาแล้วปล่อยให้เมล็ดไหลตามท่อไปลงถาดเพาะกล้า

ความเร็วในการหยอด : 38,880 หลุม/ชั่วโมง

ความแม่นยำ : >90% ในกรณีที่ใช้กับเมล็ดพริกและมะเขือเทศ

ราคา : ต้นทุนประมาณ 16,610.97 บาท



รูปที่ 2.20 เครื่องหยอดเมล็ดแบบ low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays

2) เครื่องหยอดเมล็ดแบบ Drum tray seeder SEMLAMBDA65

หลักการทำงานเครื่องหยอดเมล็ดใช้ลมจะดูดเมล็ดพืชผ่านรูเล็กๆ ในถังหว่านเมล็ด ดรัมจะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้ามกับสายพานหว่านและปล่อยเมล็ดลงในถาดเพาะหรือกระถาง และมีฟังก์ชันเป่าเพื่อทำความสะอาดรูเล็กๆ ดรัมจะถูกปรับให้เข้ากับขนาดของถาดและขนาดของเมล็ดพืช เครื่องหยอดเมล็ดแบบดรัมเหมาะสำหรับเมล็ดปริมาณมาก นอกจากนี้ยังสามารถหว่านเมล็ดพันธุ์ที่หนักกว่าได้

ความเร็วในการหยอด : 650 ถาด/ชั่วโมง

ความแม่นยำ : N/A

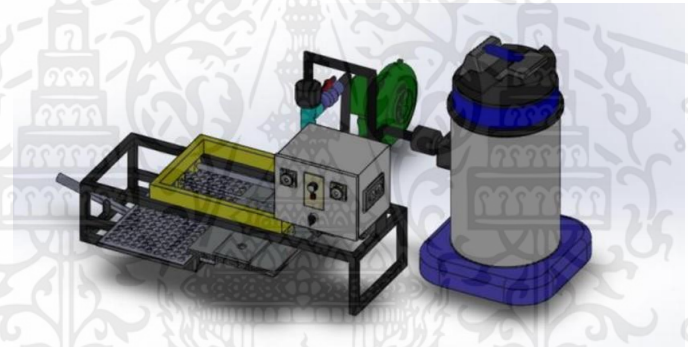
ราคา : ประมาณ 140,000บาท (โดยประจากเครื่องรุ่นใกล้เคียงกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 เครื่องหยอดเมล็ดแบบ Drum tray seeder SEMLAMBDA65

2.2.2 การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะในช่วงที่ผ่านมา 2558-2564

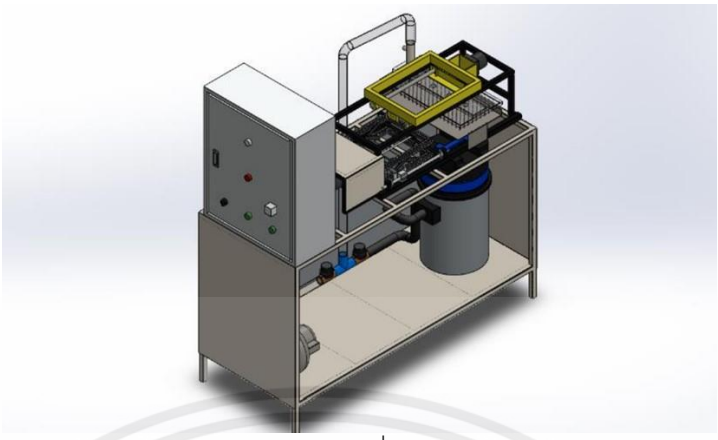
เครื่องมีการพัฒนามาในหลายรุ่นในช่วงเวลา2558-2564ซึ่งในรุ่นล่าสุดมีการพัฒนาโดยการนำ Pressure sensor มาใช้ในการควบคุมการดูดเมล็ด ซึ่งเครื่องในปัจจุบันมีรูปร่างดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.22 แบบ solid work model 1 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ ปี2558

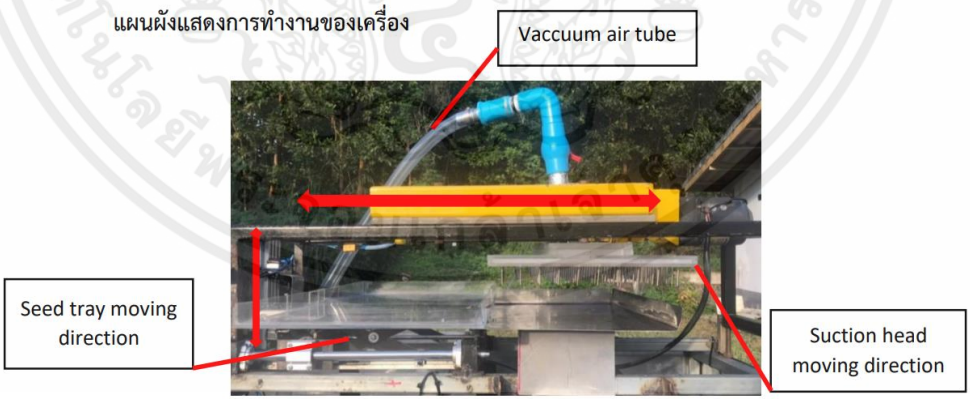
รูปที่ 2.23 แบบ solid work model 2 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ ปี2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แบบ solid work model 3 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ ปี2560-2564

เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติล่าสุดมีการทำงานโดยใช้เครื่องดูดฝุ่นในการเป็นตัวต้นกำลังในการสร้างลมดูดเพื่อดูดเมล็ดที่มีควบคุมด้วย PLC controller ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการทำงานต่างๆของเครื่อง มีการใช้มอเตอร์ในการเคลื่อนที่ของชุดหัวดูดและฐานของถาดใส่เมล็ด มีการใช้ limit switch และ pressure sensor ในการเป็นตัวกำหนดจังหวะการทำงานของเครื่อง ในส่วนของ limit switch ใช้ในด้านของการเคลื่อนที่ของชุดหัวดูดและฐานของถาดใส่เมล็ด เมื่อชุดหัวดูดหรือฐานของถาดใส่เมล็ดเคลื่อนที่มาถึง limit switch ก็จะเป็นการส่งสัญญาณให้ plc ทำงานในจังหวะต่อไป ในส่วนของ pressure sensor ใช้ในการเป็นตัวกำหนดจังหวะในช่วงของการดูดเมล็ดมาติดที่หัวดูด เมื่อมีเมล็ดมาติดที่หัวดูดความดันในท่อลมก็จะมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเมื่อเมล็ดติดที่หัวดูดครบแล้วจะมีค่าความดันที่ค่าหนึ่ง โดยจะมีการกำหนดค่าไว้ที่ pressure sensor เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงเป็นค่าที่กำหนดไว้ ก็จะเป็นการส่งสัญญาณให้ plc ทำงานในจังหวะต่อไปเหมือนกับ limit switch โดยเครื่องมีการทำงานดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการทั่วไปของอุปกรณ์ประกอบเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าต้นแบบ

2.3.1 ความดัน

ความดันคือปริมาณทางกายภาพที่วัดแรงที่ใช้ต่อหน่วยพื้นที่ หมายถึงแรงที่กระทำในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุหารด้วยพื้นที่ที่แรงนั้นกระจายไป หรือความดันคือปริมาณของแรงที่กระทำต่อวัตถุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันมีหน่วย SI คือ ปาสกาล (Pascal: Pa) ซึ่งเท่ากับ1นิวตันต่อตารางเมตร(N/m^2) มีสมการดังนี้

$$P= F/A \qquad \text{(สมการที่ 2.1)}$$

โดยที่ P = ความดัน (Pa)

F = แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่ (N)

A = พื้นที่ (m^2)

ความดันติดลบ (negative pressure) หมายถึงสภาวะที่มีความดันในระบบน้อยกว่าความดันสภาพแวดล้อมหรือความดันบรรยากาศที่เป็นที่ในสภาวะปกติ อีกนัยหนึ่งคือความดันที่มีค่าติดลบเมื่อเทียบกับความดันที่ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) ความดันติดลบในระบบดูดอากาศ (air suction system) มีหลักการทำงานของระบบดูดอากาศคือใช้ปั๊มหรืออุปกรณ์ที่สร้างความดันติดลบ เช่น ปั๊มดูดอากาศ (vacuum pump) หรือเครื่องดูดอากาศ (air aspirator) เพื่อลดความดันในระบบดูดอากาศให้ต่ำกว่าความดันในสภาวะแวดล้อม โดยปั๊มจะสร้างการสูญเสียแรงดึงดูดในระบบ และท่อหรือช่องเปิดในระบบดูดอากาศจะถูกเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือระบบที่ต้องการดูดอากาศ เมื่อระบบดูดอากาศสร้างความดันติดลบในระบบ จะเกิดความแตกต่างในความดันระหว่างสภาวะแวดล้อมและระบบดูดอากาศ ทำให้มีแรงดันตามท่อหรือช่องที่ต่ำกว่าความดันสภาวะแวดล้อม และอากาศจะถูกดูดเข้าสู่ระบบหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางช่องทางที่เปิดอยู่ในระบบ

2.3.2 เซ็นเซอร์ความดัน

เซ็นเซอร์ความดัน หรือที่เรียกว่าตัวแปลงความดันหรือตัวส่งสัญญาณความดัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันของก๊าซหรือของเหลวและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เพื่อตรวจสอบและควบคุมระดับความดันในระบบและกระบวนการ เซ็นเซอร์วัดแรงดันทำงานบนหลักการตรวจจับแรงหรือแรงดันที่กระทำต่อพื้นที่เฉพาะ และแปลงเป็นเอาต์พุตทางไฟฟ้า โดยทั่วไปจะประกอบด้วยชิ้นส่วนตรวจจับหรือไดอะแฟรมที่เปลี่ยนรูปภายใต้อิทธิพลของแรงกด และกลไกที่จะแปลงการเปลี่ยนรูปเชิงกลนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ค่าที่ได้ของเซ็นเซอร์ความดันจะเป็นความดันเกจ ซึ่งสามารถแปลงเป็นค่าความดันสมบูรณ์จาก ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันเกจ (หากความดันเกจที่อ่านค่าได้มีค่าเป็นลบ ให้ใช้ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ - ความดันเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 เซ็นเซอร์ความดัน

2.3.3 ลิมิตสวิตช์

ลิมิตสวิตช์คืออุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าประเภทหนึ่งที่ใช้ตรวจจับว่ามีหรือไม่มีวัตถุหรือตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ประกอบด้วยแอคทูเอเตอร์หรือกลไกคันโยกและชุดหน้าสัมผัส

เมื่อแอกทูเอเตอร์หรือคันโยกถูกกระตุ้นทางกายภาพหรือเคลื่อนที่โดยวัตถุหรือชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว จะทำให้หน้าสัมผัสของสวิตช์เปลี่ยนสถานะ จากเปิดเป็นปิดหรือจากปิดเป็นเปิด สถานะการสัมผัสเหล่านี้ใช้เพื่อส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมหรืออุปกรณ์ ระบุเงื่อนไขหรือตำแหน่งเฉพาะ

ลิมิตสวิตช์มักใช้ในงานอุตสาหกรรมและเครื่องจักรที่ต้องการตำแหน่งหรือการตรวจจับที่แม่นยำ แอปพลิเคชันทั่วไปบางอย่าง ได้แก่ :

1. การวางตำแหน่งเครื่องมือกล: ลิมิตสวิตช์จะใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งสิ้นสุดของเครื่องมือกล เช่น เครื่องกัด เครื่องกลึง และเครื่องอัด เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือหรือชิ้นงานจะไม่เกินระยะการเคลื่อนที่ที่กำหนด

2. ระบบสายพานลำเลียง: ลิมิตสวิตช์ใช้เพื่อตรวจจับว่ามีหรือไม่มีวัตถุบนสายพาน ทำให้สามารถควบคุมกระบวนการขนถ่ายวัสดุได้โดยอัตโนมัติ

3. ระบบความปลอดภัย: ใช้ลิมิตสวิตช์เป็นส่วนหนึ่งของระบบความปลอดภัยเพื่อตรวจสอบตำแหน่งของการ์ดนิรภัย ประตู หรือสิ่งกีดขวาง หากมีการเปิดการ์ดป้องกันหรือสิ่งกีดขวาง สวิตช์จะส่งสัญญาณให้หยุดหรือขัดขวางการทำงานของเครื่องจักรเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

4. ประตูและประตูอัตโนมัติ: ลิมิตสวิตช์ใช้เพื่อตรวจจับตำแหน่งเปิดหรือปิดของประตูหรือประตูรั้ว ทำให้สามารถควบคุมอัตโนมัติและมาตรการด้านความปลอดภัยได้

5. ลิฟต์และลิฟต์: ลิมิตสวิตช์ใช้เพื่อระบุขีดจำกัดบนและล่างของการเคลื่อนที่ของลิฟต์ เพื่อให้แน่ใจว่าได้ระดับที่แม่นยำและป้องกันการเคลื่อนที่เกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิมิตสวิตช์มีหลายรูปแบบ ได้แก่ สวิตช์แขนก้านโยก สวิตช์ลูกสูบแบบลูกกลิ้ง สวิตช์ลูกสูบแบบสปริง และสวิตช์ระยะใกล้ การเลือกชนิดของลิมิตสวิตช์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดการใช้งาน เช่น ขนาดและรูปร่างของวัตถุที่จะตรวจจับ แรงกระตุ้นที่จำเป็น และสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้น

โดยในเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติได้มีการประยุกต์ใช้ในการกำหนดตำแหน่งการทำงานของเครื่องคือ เมื่อชุดหัวดูดเคลื่อนที่มายังตำแหน่งที่ต้องการ ก็จะสัมผัสกับลิมิตสวิตช์ทำให้ PLC สั่งการให้มอเตอร์ตัวที่เคลื่อนที่ชุดหัวดูดเมล็ดหยุดทำงานและสั่งให้มอเตอร์ตัวควบคุมฐานลองถาดใส่เมล็ดทำงานต่อ ในการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติจะมีลิมิตสวิตช์

รูปที่ 2.27 ลิมิตสวิตช์

2.3.4 มอเตอร์

มอเตอร์คือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุนหรือเชิงเส้น ใช้เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวและจ่ายพลังงานให้กับระบบและการทำงานแบบต่างๆ มอเตอร์มีอยู่ในอุปกรณ์และอุปกรณ์ต่างๆมากมาย ตั้งแต่เครื่องใช้ในครัวเรือนขนาดเล็กไปจนถึงยานพาหนะและเครื่องจักรอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นมอเตอร์ประเภทที่พบมากที่สุดทำงานโดยใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ที่เรียกว่าสเตเตอร์ ซึ่งมีชุดของแม่เหล็กไฟฟ้า และส่วนที่หมุนได้เรียกว่าโรเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่อกับเพลาและเป็นที่ตั้งของชุดแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ จะสร้างสนามแม่เหล็กที่มีปฏิสัมพันธ์กับสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ การโต้ตอบนี้สร้างแรงทำให้โรเตอร์หมุน ด้วยการควบคุมอินพุตไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ ซึ่งสามารถปรับความเร็วและทิศทางการหมุนได้ตามต้องการ โดยมีการควบคุมความเร็วรอบได้โดยใช้ Speed control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 เครื่องดูดฝุ่น

เครื่องดูดฝุ่นหรือที่เรียกว่าเครื่องดูดเป็นเครื่องใช้ในครัวเรือนที่ใช้สำหรับทำความสะอาดพื้น พรม เบาะ และพื้นผิวอื่นๆ เครื่องจะสร้างสุญญากาศบางส่วนโดยการสร้างแรงดูด ซึ่งช่วยให้สามารถขจัดฝุ่น สิ่งสกปรก เศษเล็กเศษน้อย และอนุภาคอื่นๆ ออกจากพื้นผิวได้

ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องดูดฝุ่นประกอบด้วย:

1) มอเตอร์: มอเตอร์สร้างแรงดูดโดยการสร้างสุญญากาศบางส่วน ให้กำลังแก่พัดลมหรือใบพัดที่ดูดอากาศและเศษขยะเข้าไปในถุงเก็บฝุ่นของเครื่อง

2) ระบบดูดและไหลเวียนของอากาศ: ระบบดูดและไหลเวียนของอากาศประกอบด้วยชุดท่อ สายยาง และตัวกรองที่ควบคุมการไหลของอากาศและดักจับเศษขยะที่เก็บรวบรวมไว้

3) ภาชนะหรือถุงเก็บฝุ่น: ภาชนะหรือถุงเก็บฝุ่นเป็นที่เก็บสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง และเศษต่างๆ ที่รวบรวมไว้ เครื่องดูดฝุ่นแบบไร้ถุงมีภาชนะที่ถอดออกได้ซึ่งสามารถเทออกได้ ในขณะที่เครื่องดูดฝุ่นแบบถุงจำเป็นต้องเปลี่ยนถุงแบบใช้แล้วทิ้ง

4) แปรงและหัวดูด: เครื่องดูดฝุ่นมีแปรงและหัวดูดหลายประเภทที่ช่วยอำนวยความสะดวกในกระบวนการทำความสะอาดบนพื้นผิวต่างๆอย่างเหมาะสม ตัวอย่างเช่น มีแปรงหมุนสำหรับพรม เครื่องมือซอกซอนสำหรับพื้นที่จำกัด และแปรงเบาะสำหรับเฟอร์นิเจอร์

5) ที่จับและส่วนควบคุม: เครื่องดูดฝุ่นมีที่จับเพื่อความคล่องตัวและส่วนควบคุมเพื่อเปิด/ปิดอุปกรณ์ ปรับแรงดูด และใช้งานคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น การหมุนของแปรงหรือการดึงสายไฟ

เครื่องดูดฝุ่นมีให้เลือกหลายประเภท ได้แก่ :

- เครื่องดูดฝุ่นแบบตั้งตรง: เครื่องดูดฝุ่นแบบตั้งตรงเป็นประเภทที่พบมากที่สุดและได้รับการออกแบบมาสำหรับการทำความสะอาดพื้นทั่วไป มีการออกแบบแนวตั้งพร้อมที่จับ ถุงเก็บฝุ่นหรือภาชนะ และแปรงหมุนหรือหัวตีสำหรับทำความสะอาดพรม
- เครื่องดูดฝุ่นกระป๋อง: เครื่องดูดฝุ่นกระป๋องประกอบด้วยหน่วยกระป๋องที่เชื่อมต่อกับก้านแยกและหัวทำความสะอาดด้วยท่ออ่อน มีความคล่องแคล่วมากขึ้นและเหมาะสำหรับพื้นผิวที่หลากหลาย
- เครื่องดูดฝุ่นแบบแท่ง: เครื่องดูดฝุ่นแบบแท่งมีน้ำหนักเบาและเรียว ทำให้เหมาะสำหรับการทำความสะอาดอย่างรวดเร็วและการเข้าถึงพื้นที่จำกัด พวกเขามักจะมีการออกแบบไร้สายและใช้พลังงานจากแบตเตอรี่
- เครื่องดูดฝุ่นแบบมือถือ: เครื่องดูดฝุ่นแบบมือถือมีขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวก และใช้สำหรับทำความสะอาดพื้นที่ขนาดเล็กหรือทำความสะอาดเฉพาะจุดอย่างรวดเร็วเหมาะสำหรับงานทำความสะอาดเบาะ บันได หรือภายในรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หุ่นยนต์ดูดฝุ่น: หุ่นยนต์ดูดฝุ่นเป็นอุปกรณ์อัตโนมัติที่นำทางและทำความสะอาดพื้นโดยอัตโนมัติ พวกเขาใช้เซ็นเซอร์และอัลกอริทึมเพื่อสร้างแผนที่ห้องและหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง

เครื่องดูดฝุ่นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและสะดวกในการรักษาความสะอาดในบ้าน สำนักงาน และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ช่วยกำจัดสารก่อภูมิแพ้ ไรฝุ่น ขนสัตว์เลี้ยง และอนุภาคอื่นๆ ออกจากพื้นผิว ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้น

การประยุกต์ใช้เครื่องดูดฝุ่นในเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า คือการนำเครื่องดูดฝุ่นมาใช้ในการสร้างลมดูดแทน vacuum pump เพราะในการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะเครื่องดูดฝุ่นมีกำลังมากเพียงพอในการดูดเมล็ดให้ขึ้นมาติดที่ชุดหัวดูด โดยมีการใช้เครื่องดูดฝุ่นดังรูปที่2.28

รูปที่ 2.28 เครื่องดูดฝุ่นที่ใช้ในเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

2.3.6 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและกระบวนการทำงานต่างๆ เป็นส่วนประมวลผลและสั่งการที่สำคัญเปรียบเหมือนสมองของเครื่องจักร ซึ่งทำให้ PLC กลายเป็นจุดสำคัญของการพัฒนาโรงงานสู่อุตสาหกรรม PLC ถือเป็นตัวควบคุมที่เป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีความยืดหยุ่นและเสถียรภาพสูง สามารถปรับให้เหมาะสมกับการใช้งานและขนาดระบบได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะสำหรับการทำงานในไลน์การผลิตที่ไม่ซับซ้อน หรือการเชื่อมต่อ PLC หลายๆตัวเข้าด้วยกันเป็นรูปแบบ Network หรือเครือข่ายเพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเรียกการควบคุมอัตโนมัติแบบนี้ว่า Automation

รูปที่ 2.29 PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประเมินสมบัติทางกายภาพของวัสดุทางการเกษตรและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ผัก 4 ชนิด

2.4.1 เมล็ดพันธุ์ที่เลือกมาทดลอง

1) เมล็ดพันธุ์ ผักคะน้า

คะน้าหรือที่เรียกว่าบรอกโคลีจีนหรือไกลัน (หรือไคลัน) เป็นผักใบเขียวที่อยู่ในสายพันธุ์ Brassica oleracea ซึ่งรวมถึงผักอื่นๆ เช่น กะหล่ำปลี บรอกโคลี และกระหล่ำปลี เป็นผักที่นิยมในอาหารจีนและยังนิยมรับประทานในอาหารเอเชียอื่นๆ

ผักคะน้ามีลำต้นที่ยาวและหนา ใบสีเขียวเข้ม เรียบและเป็นมัน ส่วนลำต้นกรอบ และมีรสหวานเล็กน้อย รสชาติขมเล็กน้อย คล้ายกับบรอคโคลี แต่อ่อนกว่า มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเต็มไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร เป็นแหล่งวิตามินซี วิตามินเค วิตามินเอ และโฟเลตที่ดี คะน้ายังมีแคลเซียม เหล็ก และโพแทสเซียม

รูปที่ 2.30 เมล็ดคะน้า

รูปที่ 2.31 ต้นคะน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เมล็ดพันธุ์ ต้นหอม

ต้นหอม เป็นผักที่อยู่ในสกุล Allium ซึ่งรวมถึงหัวหอม กระเทียม และหอมแดง ลักษณะเด่นคือมีก้านสีเขียวเรียวยาวและรากเป็นกระเปาะสีขาวขนาดเล็ก ต้นหอมทั้งต้น รวมทั้งหัว ใบสีเขียว และลำต้นรับประทานได้และใช้ในการปรุงอาหาร ต้นหอมจะเก็บเกี่ยวเมื่อต้นยังอ่อนและอ่อนก่อนที่หัวจะโตเต็มที่ พวกมันมีรสชาติที่อ่อนกว่าเมื่อเทียบกับต้นหอมโตเต็มที่แล้ว และมักใช้เป็นเครื่องปรุงหรือส่วนผสมเพื่อเพิ่มรสชาติต้นหอมที่สดชื่นให้กับอาหารต่างๆ ก้านสีเขียวของต้นหอมมักใช้เป็นเครื่องปรุงหรือเครื่องปรุงในสลัด ผัด ซุป และอาหารประเภทก๋วยเตี๋ยว สามารถหั่นเป็นชิ้นแล้วโรยบนจานหรือปรุงพร้อมกับส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มกลิ่นของต้นหอม

ต้นหอมขึ้นชื่อเรื่องคุณประโยชน์ทางโภชนาการ มีแคลอรีและไขมันต่ำ ทั้งยังเป็นแหล่งวิตามินซี วิตามินเค วิตามินเอที่ดี ตลอดจนแร่ธาตุต่างๆ เช่น โพแทสเซียมและโฟเลต

รูปที่ 2.32 เมล็ดต้นหอม

รูปที่ 2.33 ต้นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมล็ดพันธุ์ แอลแฟลฟา

Alfalfa (Medicago sativa) เป็นไม้ดอกยืนต้นที่อยู่ในตระกูลถั่ว มันถูกปลูกกันอย่างแพร่หลายในฐานะพืชอาหารสัตว์และมนุษย์ยังบริโภคเป็นถั่วงอกหรือไมโครกรีน หญ้าชนิดนี้เป็นที่รู้จักในด้านคุณค่าทางโภชนาการสูง และถูกนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์และสมุนไพรมานานหลายศตวรรษ Alfalfa มีระบบรากที่ลึกซึ่งช่วยให้สามารถดูดซับสารอาหารจากดินได้ เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และไฟโตเคมิคอล มีวิตามินเค วิตามินซี และโฟเลตสูงเป็นพิเศษ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม แอลแฟลฟามีแคลอรีและไขมันต่ำและเป็นแหล่งใยอาหารที่ดี ต้นอ่อนแอลแฟลฟาซึ่งเป็นยอดอ่อนของต้นแอลแฟลฟา นิยมบริโภคเป็นส่วนผสมของสลัดหรือใส่ในแซนวิช มีรสอ่อนและมีกลิ่นเล็กน้อย ถั่วงอกแอลแฟลฟาขึ้นชื่อเรื่องเนื้อสัมผัสที่กรอบและมักใช้ในอาหารที่ไม่ปรุงสุก นอกเหนือจากการใช้เป็นแหล่งอาหารแล้ว แอลแฟลฟายังใช้ในยาแผนโบราณเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพ เชื่อกันว่ามีคุณสมบัติขับปัสสาวะ ต้านการอักเสบ และต้านอนุมูลอิสระ บางคนใช้อาหารเสริมหรือชาแอลแฟลฟาเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น ส่งเสริมการย่อยอาหาร บรรเทาอาการข้ออักเสบ และส่งเสริมสุขภาพที่ดีโดยรวม ในฐานะที่เป็นพืชอาหารสัตว์ หญ้าชนิดนี้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการเลี้ยงสัตว์ โดยเป็นอาหารสัตว์ที่อุดมด้วยสารอาหารสำหรับปศุสัตว์ เช่น วัวและม้า

รูปที่ 2.34 เมล็ดแอลแฟลฟา

รูปที่ 2.35 ต้นแอลแฟลฟา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เมล็ดพันธุ์ ผักชีล้อม

Oenanthe javanica หรือที่เรียกกันว่า "ผักชีล้อม" (Water Dropwort) เป็นพืชสมุนไพรที่มีลักษณะคล้ายผักชี มีลำต้นเลื้อยออกไปด้านบน ใบมีลักษณะแบน มีดอกสีขาวหรือสีเหลือง และผลเป็นผลแคปซูลรูปรี เรียกว่า "ล้อมซอง" ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่นำมาใช้ในอาหารและสมุนไพรในหลายประเทศเช่น ประเทศจีน ญี่ปุ่น และประเทศเกาหลี ซึ่งมีสารอาหารและสารสกัดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

ในประเทศไทย ผักชีล้อมมักจะถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารต่าง ๆ เช่น สลัดผัก ยำ ส้มตำ และต้ม มีการใช้ผักชีล้อมสวนเป็นสมุนไพรเพื่อใช้ในการรักษาโรคหลายชนิด เช่น รักษาอาการปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อลดอาการอักเสบและช่วยในการขับถ่ายของระบบทางเดินอาหาร

รูปที่ 2.36 เมล็ดผักชีล้อม

รูปที่ 2.37 ต้นผักชีล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

เนื่องจากต้องการทดลองกับเมล็ดที่มีความต่างจากเมล็ดคะน้าที่เป็นเมล็ดที่มีความเป็นทรงกลมสูงจึงต้องหาเมล็ดที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างจากเมล็ดคะน้า โดยคุณสมบัติทางกายภาพที่หามีดังนี้

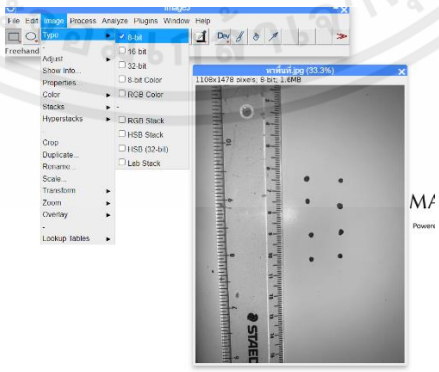
1) พื้นที่ภาพฉาย (projected area)

พื้นที่ภาพฉายหมายถึงพื้นที่ปรากฏของวัตถุเมื่อมองจากทิศทางหรือมุมมองเฉพาะ เป็นการแสดงสองมิติของพื้นที่หน้าตัดของวัตถุตามที่ปรากฏเมื่อฉายไปยังระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางการมอง โดยพื้นที่ฉายของวัตถุขึ้นอยู่กับรูปร่าง การวางแนว และมุมที่มองวัตถุนั้น ตัวอย่างเช่น หากมีวัตถุสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมองจากด้านหน้าโดยตรง พื้นที่ที่คาดการณ์จะเท่ากับพื้นที่จริงของส่วนหน้าของสี่เหลี่ยมผืนผ้า พื้นที่ภาพฉายนั้นเป็นสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ของวัสดุ ที่นำมาใช้ประโยชน์เพื่อการคัดแยกขนาด การคัดคุณภาพของวัสดุโดยวิธีการวิเคราห์ด้วยภาพถ่าย (image processing)
หาพื้นที่ภาพฉายด้วยวิธีการวิเคราห์ด้วยภาพถ่ายจากโปรแกรม ImageJ โดยนำภาพถ่ายของเมล็ดมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่ภาพฉายและนำมาหาค่าเฉลี่ย โดย

1.ถ่ายรูปเมล็ดตัวอย่างที่ต้องการหาพื้นที่ภาพฉายพร้อมกับไม้บรรทัด ดังรูปที่

รูปที่ 2.38 เตรียมภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ด

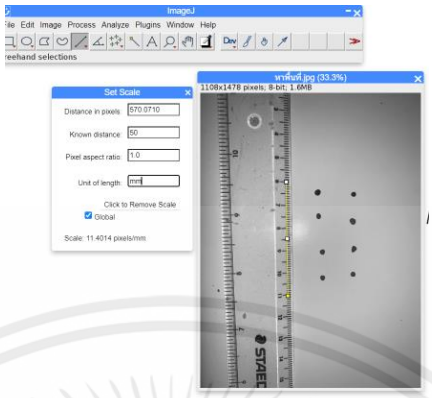
2.นำรูปเข้าโปรแกรม ImageJ แล้วทำให้รูปเป็น 8 bit โดย **Image → Type → 8-bit**



รูปที่ 2.39 การรูปเข้าโปรแกรม ImageJ

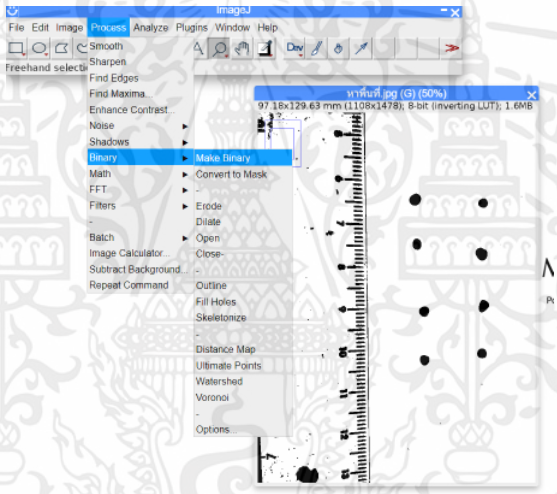
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ทำการสร้างเส้นและกำหนดระยะที่รู้ โดย Analyze → Set Scale



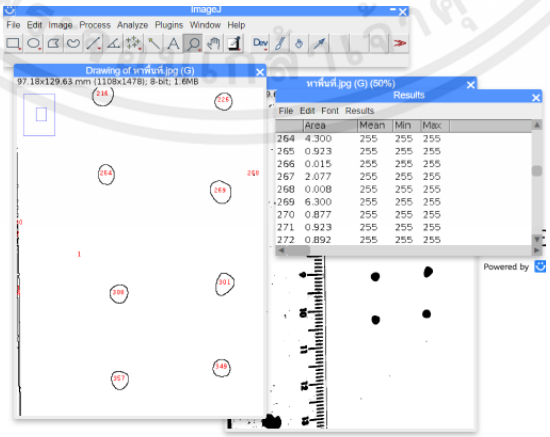
รูปที่ 2.40 การสร้างเส้นและกำหนดระยะที่รู้

4.ทำการให้โปรแกรมกำหนดพื้นที่สีดำของเมล็ด โดย Process → Binary → Make Binary



รูปที่ 2.41 การให้โปรแกรมกำหนดพื้นที่สีดำของเมล็ด

5.ทำการให้โปรแกรมคำนวนพื้นที่ภาพฉาย โดย Analyze → Analyze Particles



รูปที่ 2.42 การให้โปรแกรมคำนวนพื้นที่ภาพฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Geometric mean diameter (GMD)

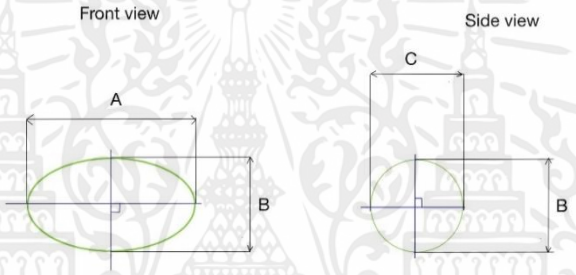
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทางเรขาคณิต (GMD)เป็นค่าที่ใช้อธิบายขนาดอนุภาคเฉลี่ยหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของการกระจายตัวของขนาดอนุภาค โดยคำนึงถึงทั้งด้านที่ใหญ่กว่าและด้านที่เล็กกว่าจึงมักใช้เมื่อขนาดอนุภาคแตกต่างกันในช่วงกว้างและต้องการสรุปค่าการกระจายของขนาดอนุภาค เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทางเรขาคณิตคำนวณโดยทำการวัดขนาดของตัวอย่างเมล็ดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และคำนวนหาค่าจากสูตร

$$GMD = (abc)^{1/3} \qquad \text{(สมการที่2.2)}$$

โดยกำหนดให้ a = ความยาวด้านยาวสุดของเมล็ด(มม.)

b = ความยาวด้านยาวสุดตั้งฉากกับด้าน a ของเมล็ด(มม.)

c = ความยาวด้านยาวสุดที่ตั้งฉากกับด้าน a และb ของเมล็ด(มม.)



รูปที่ 2.43 ด้านของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทางเรขาคณิต(a,b,c)

3) ความเป็นทรงกลม

ความเป็นทรงกลม คือค่าที่อธิบายระดับของความกลมหรือความคล้ายคลึงกับทรงกลมที่สมบูรณ์แบบของวัตถุหรืออนุภาค ซึ่งจะวัดว่าวัตถุนั้นมีลักษณะคล้ายทรงกลมมากน้อยเพียงใดในแง่ของรูปร่าง โดยการเปรียบเทียบปริมาตรของวัตถุจริงกับปริมาตรของทรงกลมที่มีขนาดสูงสุดเท่ากัน จะได้ค่าความเป็นทรงกลม ยิ่งค่าความเป็นทรงกลมเข้าใกล้ 1 มากเท่าไร วัตถุก็ยิ่งมีความเป็นทรงกลมหรือกลมมากขึ้นเท่านั้น หากวัตถุเบี่ยงเบนไปจากทรงกลมมาก ค่าความเป็นทรงกลมจะลดลงจนเข้าใกล้ 0

ความเป็นทรงกลมสามารถคำนวนจากสูตร

$$\text{Sphericity} = (abc)^{1/3}/a \text{ หรือ } GMD/a \qquad \text{(สมการที่2.3)}$$

$$\text{Sphericity} = d_v/d_c \qquad \text{(สมการที่2.4)}$$

$$\text{Sphericity} = d_i/d_c \qquad \text{(สมการที่2.5)}$$

$$\text{Sphericity} = S_{\text{sphere equivalent}}/S_{\text{material}} \qquad \text{(สมการที่2.6)}$$

$$\text{Sphericity} = V_{\text{material}}/V \qquad \text{(สมการที่2.7)}$$

โดยในการศึกษานี้จะเลือกคำนวณความเป็นทรงกลมจากสูตร

$$\text{Sphericity} = (abc)^{1/3}/a \text{ หรือ } GMD/a \qquad \text{(สมการที่2.8)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

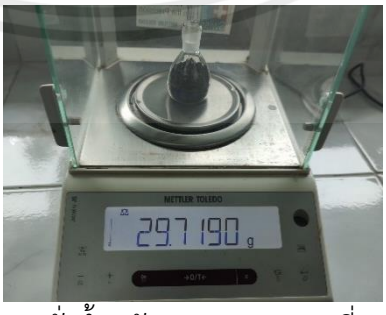
เนื่องจากในการศึกษาเมล็ดมีการวัดค่า GMD แล้วจึงทำให้สามารถนำมาวิเคราะห์ต่อได้

4) การหาปริมาตรด้วย Pycnometer

หาปริมาตรโดยทำการชั่งมวลของ Pycnometer นับจำนวนเมล็ดและบรรจุลงในขวด Pycnometer ประมาณ 3 ใน 4 ของขวด แล้วใส่สารละลาย Toluene ช้าๆ โดยพยายามไล่อากาศออกให้หมด จนกระทั้งเต็มขวดปิดฝาและเช็ดให้สะอาดแล้วทำการชั่งอีกครั้ง หลังการได้ค่ามาแล้วนำค่ามาคำนวนเพื่อหาปริมาตร

รูปที่ 2.44 ชั่งน้ำหนักขวดเปล่าของ Pycnometer

รูปที่ 2.45 นับจำนวนเมล็ดและบรรจุลงใน Pycnometer



รูปที่ 2.46 ชั่งน้ำหนัก Pycnometer ที่บรรจุเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.47 ชั่งน้ำหนัก Pycnometer ที่บรรจุเมล็ดและ Toluene

หลังจากการทำการชั่งแล้วจะทำให้เราทราบค่าต่างดังนี้

1) น้ำหนักขวดเปล่าของ Pycnometer
2) ปริมาตรขวดเปล่าของ Pycnometer
3) จำนวนเมล็ดทั้งหมด
4) น้ำหนักขวด Pycnometer ที่บรรจุเมล็ด
5) น้ำหนักขวด Pycnometer ที่บรรจุเมล็ดและ Toluene

เมื่อได้ข้อมูลต่างนี้ นำมาคำนวณหาปริมาตรของเมล็ดได้จาก

1) นำน้ำหนักขวด Pycnometer ที่บรรจุเมล็ดและ Toluene ลบด้วยน้ำหนักขวด Pycnometer ที่บรรจุเมล็ด จะได้น้ำหนักของ Toluene ที่แทรกอยู่
2) นำน้ำหนักของ Toluene ที่แทรกอยู่หารด้วยความหนาแน่นของ Toluene จะได้ปริมาตรของ Toluene ที่แทรกอยู่
3) นำปริมาตร Pycnometer ทั้งหมดลบกับปริมาตร Toluene ที่แทรกอยู่ จะได้ปริมตรของเมล็ดที่อยู่ใน Pycnometer ทั้งหมด
4) นำน้ำหนักขวด Pycnometer ที่บรรจุเมล็ดลบด้วยขวดเปล่าของ Pycnometer จะได้น้ำหนักของเมล็ดทั้งหมดใน Pycnometer
5) นำน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดหารด้วยปริมาตรเมล็ดทั้งหมด จะได้ความหนาแน่นเมล็ดทั้งหมด
6) นำความหนาแน่นของเมล็ดทั้งหมดหารด้วยจำนวนเมล็ดทั้งหมดจะได้ความหนาแน่นโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

เป็นการประเมินความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ด โดยพิจารณาจากจำนวนเมล็ดที่ถูกปล่อยลงสู่หลุมแต่ละหลุมของถาดเพาะ และบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผล เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว จะนำมาคนวณเป็นดัชนีต่างๆดังนี้

2.5.1 Miss index หมายถึง ไม่มีเมล็ดอยู่ในหลุมเพาะกล้า

Miss index = (จำนวนหลุมที่มี 0 เมล็ดทั้งหมดที่อยู่ในถาดเพาะกล้า/จำนวนหลุมของถาดเพาะ) *100 (สมการที่ 2.9)

2.5.2 Single index หมายถึง มีเมล็ดพันธุ์ 1 เมล็ดอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

Single index = (จำนวนหลุมที่มี 1 เมล็ดทั้งหมดที่อยู่ในถาดเพาะกล้า/จำนวนหลุมของถาดเพาะ) *100 (สมการที่ 2.10)

2.5.3 Double index หมายถึง มีเมล็ดพันธุ์ 2 เมล็ดอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

Double index = (จำนวนหลุมที่มี 2 เมล็ดทั้งหมดที่อยู่ในถาดเพาะกล้า/จำนวนหลุมของถาดเพาะ) *100 (สมการที่ 2.4)

2.5.4 Multiple index หมายถึง มีเมล็ดตั้งแต่ 3 เมล็ดขึ้นไปอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

Multiple index = (จำนวนหลุมที่มี >2 เมล็ดทั้งหมดที่อยู่ในถาดเพาะกล้า/จำนวนหลุมของถาดเพาะ) *100 (สมการที่ 2.12)

2.5.5 ดัชนีการดูดติด (Planting index)

หมายถึงดัชนีที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดติดเมล็ดของหัวดูด โดยค่าดัชนีการดูดติดสามารถคำนวนจากสูตร

ดัชนีการดูดติด = ((จำนวนหลุมทั้งหมดของถาดเพาะเมล็ด - miss index)/จำนวนหลุมทั้งหมดของถาดเพาะเมล็ด)*100 (สมการที่ 2.13)

2.5.6 ดัชนีความเที่ยง (Precision Planting index)

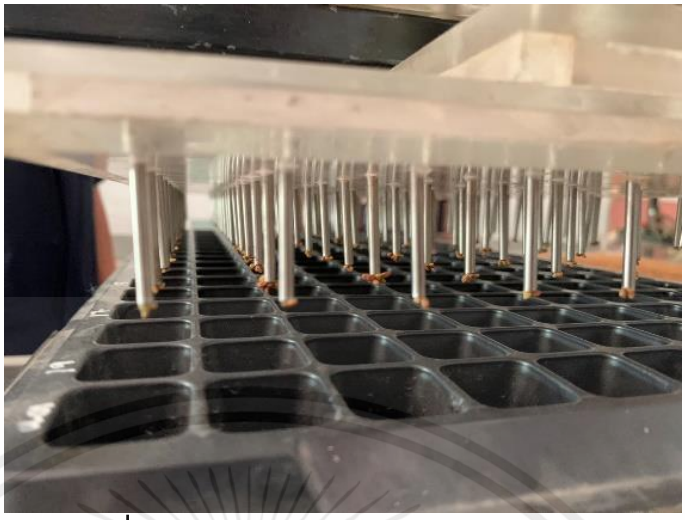
หมายถึงดัชนีที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดติดเมล็ดของหัวดูดเพียงหลุมละ 1-2 เมล็ด โดยค่าดัชนีการดูดติดสามารถคำนวนจากสูตร

ดัชนีความเที่ยง = ((single seed index+ double seed index)/จำนวนหลุมทั้งหมดของถาดเพาะเมล็ด)*100 (สมการที่ 2.14)

2.5.7 สมถรรนะของเครื่องจักร

เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติมีสมถรรนะอยู่ที่ 60 ถาด/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

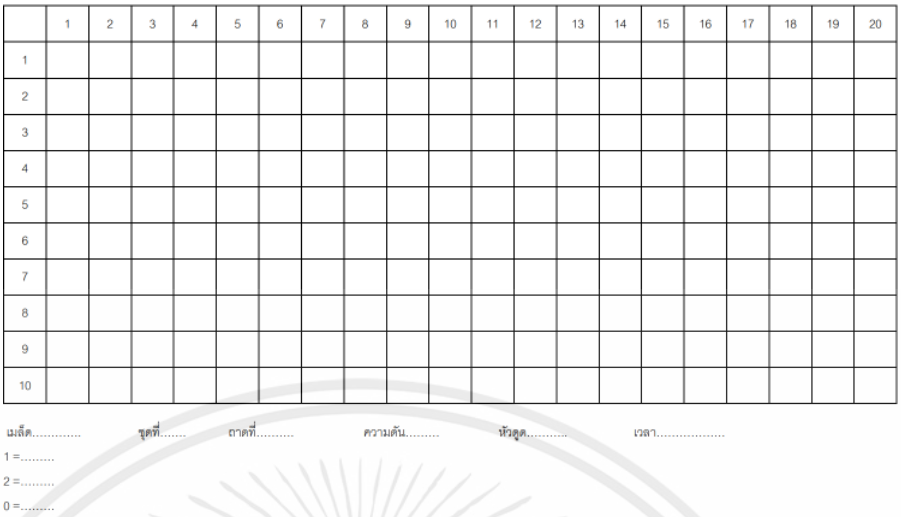


รูปที่ 2.48 ตัวอย่างการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ

รูปที่ 2.49 ตัวอย่างถาดเพาะหลังยอดเมล็ด

รูปที่ 2.50 ตัวอย่างเมล็ดในถาดเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				

รูปที่ 2.51 ตัวอย่างตารางบันทึกผล

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรมัตถ์ จันทรโคตร,ปัญญาสัมปทา จันทวิสา,ณัฐพงษ์ หมูนดี et al. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดอัตโนมัติ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ้ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ มีการควบคุมโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิก(PLC)ในการควบคุมการทำงาน ถาดปลูกจะเลื่อนมาตามสายพาน จะมีการปล่อยดินรอบแรก หลังจากนั้นหยอดเมล็ด 3-4 เมล็ดต่อหลุม และปล่อยดินกลบหน้าเมล็ดพันธุ์ และเป็นอันจบการทำงาน ประสิทธิภาพอยู่ที่ 94.87%

El-Ghocashy et al. จากการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพความแม่นยำของเครื่องได้มีการทดลองภายใต้เงื่อนไข 3 ตัวแปร คือ แรงดันลม ขนาดรูดูดเมล็ดและชนิดของเมล็ด ทีมวิจัยได้ทำการทดลองกับเมล็ดแตงกวาและกะหล่ำปี ได้ผลการทดลองดังนี้ เมล็ดแตงกวาได้ความแม่นยำที่ 90.5% ที่ขนาดรูดูด 1.6 mm ความดัน 1.5 KPa กะหล่ำปลีได้ความแม่นยำที่ 70.4 % ที่ขนาดรูดูด 0.8 mm ความดัน 0.9 KPa

Gaikwad and Sirohi et al. จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ด คือ ความดันที่ใช้ชนิดเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ และขนาดของรูดูดเมล็ด ทำการทดลองเครื่องดูดเมล็ดนี้โดยมีการทดลองกับเมล็ดพริกขี้หนูและเมล็ดมะเขือเทศ ได้ผลการทดลองดังนี้เมล็ดพริกขี้หนูได้ความแม่นยำสูงสุดที่ 92.46% ที่ความดัน 4.9 KPa รูหัวดูดที่ 0.49 mm เมล็ดมะเขือเทศได้ความแม่นยำสูงสุดที่ 90.12% ที่ความดัน 3.92 KPa รูหัวดูดที่ 0.46 mm

Mr. Dhairyashil Ashok Naik and Prof. Harshad Madhav Thakur จากการศึกษาพบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตด้วยการใช้เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะแบบใช้ลมได้ 20.23 รูปี ต่อ 1,000 เมล็ดที่หว่าน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 66.08 ของต้นทุนการหว่านด้วยตนเอง โดยระยะเวลาคืนทุนของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยอดเมล็ดลงถาดเพาะชำแบบใช้ลมอยู่ที่ประมาณ 27.87 ชั่วโมงของการทำงาน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.39 ของอายุการใช้งานที่คาดไว้

R. KARUPPAIAH and M. VIGNESH การออกแบบสร้างเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะชำพืชจากศึกษาพบว่าเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะชำพืชมีความเป็นไปได้ที่จะลดต้นทุนการผลิตลง ลดการใช้แรงงานได้เป็นอย่างมาก สามารถหยอดเมล็ดได้มีความแม่นยำและรวดเร็ว

Caiqi Liao, Jin Chen, Fanzhao Geng, Xueming Tang การวิเคราะห์การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงตัวเลขโครงสร้างอ่างอากาศและหัวฉีดดูดลักษณะการศึกษาทดลองความแม่นยำของถาดสุญญากาศสั่นสะเทือนของเครื่องหยอดเมล็ดพบว่าหัวดูด แบบเข็มต้องการความสูง ในการดูด เมล็ดที่ต่ำกว่า และความถี่ใน การสั่นสะเทือนที่ต่ำกว่า หัวดูดแบบจาน เหตุผลหนึ่งอาจเป็นเพราะเข็มมีพื้นที่สัมผัสเล็กน้อยกับเมล็ดพืชและความสูง ในการดูดที่ต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มโอกาสที่เข็มจะดูดติดเมล็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกเหตุผลหนึ่งคือหัวเข็มสร้างแรงกระทำต่อเมล็ดพืชมาก ทำให้ต้องการการกระจายตัวของเมล็ดพืชน้อยลงแต่ลักษณะการทำงานของหัวดูดแบบแผ่นจานจะส่งผลตรงข้าม พื้นที่สัมผัสระหว่างหัวดูดกับเมล็ดมีขนาดใหญ่กว่ามากและแรงดูดค่อนข้างกระจาย จึงจำเป็นต้องเพิ่มความถี่การสั่นสะเทือนเพื่อลดแรงยึดเกาะระหว่างระหว่างเมล็ด เมื่อความถี่การสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นการเคลื่อนตัวของเมล็ดพืชในแนวดิ่งก็เพิ่มขึ้นและความสูงในการดูดก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

İsmet ÖNAL, Adnan DEĞİRMENCİOĞLU, Arzu YAZGI การประเมินความแม่นยำของระยะห่างเมล็ดของการจ่ายวัสดุความแม่นยำชนิดสุญญากาศตามการพิจารณาและการทดลองทางทฤษฎีจากการศึกษาพบว่าในการเพาะเมล็ดที่แม่นยำโดยใช้สุญญากาศ กระบวนการดักจับของ เมล็ดที่ความดันสุญญากาศและเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่สันนิษฐานไว้ว่าอาจเกิดขึ้นได้เมื่อ ความเร็วอากาศที่บริเวณดูด กึ่งทรงกลมมีค่ามากกว่า ค่า ความเร็วปลายทางของเมล็ดที่พิจารณาสำหรับ การเพาะที่แม่นยำเมื่อตรวจสอบผลลัพธ์ระบุในตารางที่ 3 โดยสมมติความเร็วปลายทางที่ 7.8 และ 11.6 m s^{-1} สำหรับฝ้ายและข้าวโพดตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการดูดสามารถทำได้ที่ระยะประมาณ 4 มม. หรือน้อยกว่าจาก ตรงกลางของรู เงื่อนไงที่จำเป็นสำหรับการกำหนดจำนวนรูสูงสุดบนแผ่นสุญญากาศ คือการวางแนวของเมล็ดตามยาวภายในช่องสุญญากาศบนรูและแถบ สุญญากาศที่ไม่ต่อเนื่องในวิถีการเคลื่อนที่ ที่จำนวนเมล็ดฝ้ายยาว 10 มม. สามารถเรียงตามยาวได้ประมาณเส้นผ่านศูนย์กลางช่องสุญญากาศ 190 มม. คือ 60 รู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PR Jayan*, VJF Kumar การออกแบบเครื่องปลูกพืชให้สัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืชจากการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของเมล็ดพืชที่ไม่ใช่ทรงกลมมักจะช้าลงภายใต้แรงโน้มถ่วง ความทรงกลมของเมล็ดข้าวโพด ถั่วเรดแกรม และฝ้ายในตำแหน่ง พักตามธรรมชาติเท่ากับ 0.621±0.065,0.750±0.016 และ 0.550±0.016 ในขณะที่แนวตั้งมีค่า0.551±0.015,0.721±0.032 และ 0.455±0.032 ตามลำดับ เนื่องจากเมล็ดที่ตรวจวัดแล้วจะต้องถูกถ่ายโอนไปยังหน่วยวางเมล็ด (ไดเบอร์) อย่างรวดเร็วจึงนำค่าความเป็นทรงกลมที่ต่ำกว่า ของฝ้าย มาพิจารณาในการออกแบบความลาดเอียงของถ้วยถ่ายเทเมล็ด อีก ครั้งน้ำหนักเมล็ดส่งผลต่อการไหลของเมล็ดจากอุปกรณ์วัดเมล็ดไปยังไดเบอร์และในทางกลับกัน มีอิทธิพลต่อการออกแบบถังพัก เมล็ด ความหนาแน่นที่แท้จริงของเมล็ดข้าวโพด (1691.56±0.06 กก.ม.$^{-3}$)รองลงมาคือถั่วเรดแกรม (1301.00±0.04กก.ม$^{-3}$) และฝ้าย (1251.43±0.03 กก.ม.$^{-3}$)มุมเฉลี่ยในการนอนของ ข้าวโพด ถั่วเรดแกรม และฝ้าย เท่ากับ 22.1 28.48 และ 21.48องศา ตามลำดับการถ่ายโอนระหว่างการกระแทกระหว่างเมล็ดที่ร่วงและถ้วยถ่ายโอนเมล็ดนั้นสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การชดเชย ดังนั้นความชันของกรวยเพาะเมล็ดจึงถูกเลือกไว้ที่ 30 องศา เพื่อให้แน่ใจว่า เมล็ดพืชไหลอย่างอิสระซึ่งสูงกว่ามุมเฉลี่ยของการวางเมล็ดพอสมควร นอกจากนี้เมล็ดพืชที่หล่นบนแผ่นยางมีค่าสัมประสิทธิ์การ คืนตัวต่ำสุดเมื่อเทียบกับบนแผ่นเหล็กอ่อน ดังนั้นจึงมีการฝังแผ่นยางหนา 3 มม. ไว้บนพื้นผิวด้านในของถ้วยย้ายเมล็ดเพื่อลดการกระดอนของเมล็ด

Rajesh U Modi*,GS Manes ,J S Mahal ,AK Dixit and Manjeet Singh การออกแบบนวัตกรรมเครื่องหว่านเมล็ดด้วยรถแทรกเตอร์สำหรับเรือนเพาะชำแบบเสื่อจากการศึกษาพบว่า การวิจัยเครื่องหยอดเมล็ดเพาะชำแบบเดินตามด้วยรถแทรกเตอร์ได้รับการออกแบบพัฒนา ประดิษฐ์และดำเนินการเครื่องจักรได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ช่องเปิดตะแกรงสี่เหลี่ยม (ขนาด 25 × 20 มม.)การสั่นของตะแกรง 398 osc*min^{-1} และความลึกของการตัดดิน 80 มม. ที่ 1.7 km*h^{-1} ความเร็วเดินหน้าเครื่องจักรที่พารามิเตอร์การปฏิบัติงานเหล่านี้ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของเมล็ดคือ 7.33%ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของการแพร่กระจายของดิน 5.67% ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 39.6 L/hr และความจุของสนามจริง 0.11 ha*h^{-1} พบว่าประหยัดแรงงาน 86.4% โดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดที่ออกแบบไว้สำหรับเรือนเพาะชำแบบเสื่อ เมื่อเทียบกับวิธีการหว่านแบบใช้มือโดยตรงในแปลงปลูก

Pavol Findura, Urszula Malaga-Toboła* , Dariusz Kwaśniewski , Mateusz Stasiak , Marek Gugała , Anna Sikorska , and Marek Gancarz* อิทธิพลของคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดชูการ์บีทต่อคุณภาพการทำงานของกลไกการเพาะ การจากศึกษาพบว่าค่าที่วัดได้ของการทดสอบเทียบเมล็ดพันธุ์สอดคล้องกับส่วนแบ่งที่แนะนำในแต่ละขนาด และเมล็ดพันธุ์ยังเหมาะสำหรับหลักการทางกลของเครื่องเพาะเมล็ดพันธุ์ เมื่อประเมินคุณสมบัติความแข็งแรงของเมล็ดเป็นเกณฑ์การประเมินความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งแรงของสารเคลือบเมล็ดในแง่ของภาระคงที่ในทิศทางของความหนาของเมล็ด เช่น ขนาด ที่เล็ก ที่สุดของเมล็ดถูกนำมาเป็นเกณฑ์ในการประเมิน อาจสรุปได้ว่า แนวโน้มความแข็งแรงของเมล็ด พืช จะลดลงเมื่อความชื้น ของวัสดุเคลือบเพิ่มขึ้นได้ รับแรงสูงสุด 38.4 N ที่ความชื้น ที่วัดได้ต่ำสุดที่ 5% ความเรียบของกระบวนการเก็บเมล็ดมีอิทธิพลเหนือคุณสมบัติการเสียดทานของเมล็ด สำหรับเมล็ดที่ตรวจสอบมุมปรากฏของเมล็ดอยู่ระหว่าง 21.33 ถึง 25.16° ซึ่งอาจมีอิทธิพล รองลงมาเหนือค่าของการละเว้นเมื่อประเมินคุณภาพของการเพาะเมล็ด และบนพื้นฐานของผลที่ได้รับอาจขัดแย่งกัน สรุปว่า เครื่องปลูกซึ่งเป็นตัวแทนของระบบปลูกสุญญากาศแบบนิวแมติกทำให้เมล็ดเสียหายจำนวนมากที่ความเร็วการทำงานไปข้างหน้าที่สูง ขึ้นในการทดสอบเทียบทั้ง สองแบบ ในทางตรงกันข้าม กลไกการปลูก เชิงกลที่มีการอุดรูภายในบนจานปลูก ทำให้เมล็ดเสียหายมากขึ้นที่ ความเร็วการทำงานไปข้างหน้า 1.0-1.5 ms^{-1} ซึ่งอาจอธิบายได้จากการออกแบบ ในพื้นที่ความแปรปรวนของการกระจายเมล็ดพันธุ์ของเมล็ดพันธุ์หรือพืชในแถว เครื่องปลูกที่มีการรวบรวมเมล็ดพันธุ์ทางกลได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าซึ่งแสดงโดยส่วนวนเบียงเบนมาตรฐานที่ความเร็วการทำงานไปข้างหน้าที่สูงขึ้น (1.65-2.35 ms^{-1})สาเหตุหลักมาจากอัตราส่วนความเร็วที่เหมาะสมกว่าที่ใช้กับเมล็ดเมื่อออกจากจานปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 หลักแนวคิด

จากการศึกษาโครงงานเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติรุ่นก่อน(ปี2558-2564)พบว่าเครื่องสามารถใช้ได้ดีแค่กับเมล็ดที่เป็นทรงกลม จึงต้องการที่จะศึกษาว่าสมบัติทางกายภาพของเมล็ดใดบ้างที่ส่งผลกับดัชนีความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า ตามแนวคิดนี้ถ้าสมบัติทางกายภาพมีผลต่อหัวดูดจะสามารถนำข้อมูลไปใช้ออกแบบเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้ได้เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าที่มีความแม่นยำในการทำงานกับเมล็ดอื่นๆได้

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เมล็ดพันธุ์

1.เมล็ดพันธุ์ ผักคะน้า

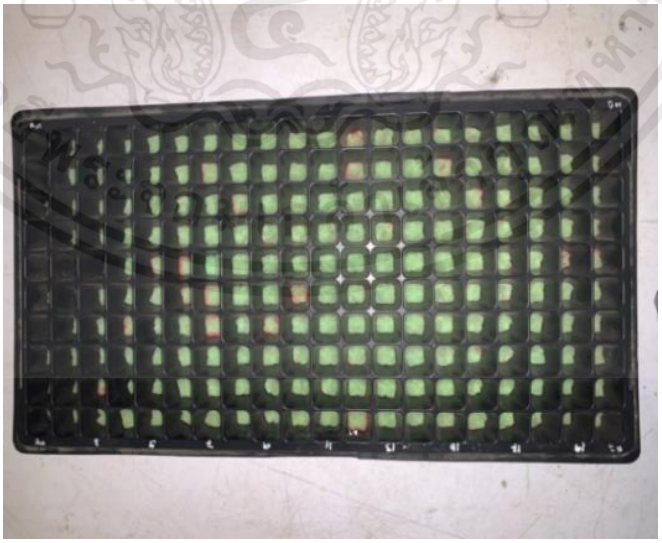
2.เมล็ดพันธุ์ ต้นหอม

3.เมล็ดพันธุ์ แอลแฟลฟา

4.เมล็ดพันธุ์ ผักชีล้อม

3.2.2 ถาดเพาะกล้า

ถาดเพาะกล้าชนิด 200 หลุม ขนาด 28cm*54cm*4.5cm



รูปที่ 3.1 ถาดเพาะกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ถาดใส่เมล็ดพันธุ์

รูปที่ 3.2 ถาดใส่เมล็ดพันธุ์

3.2.4 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

รูปที่ 3.3 เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

องค์ประกอบของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

1. เครื่องดูดฝุ่น

   ยี่ห้อ TOPMAN รุ่น KM130

   สร้างลมดูด ความดันเกจ -19.62 kPa หรือความดันสมบูรณ์ 81.705 kPa

   อัตราการไหล 191 m3 /min

2. ชุดหัวดูด
3. ฐานวางถาดเพาะกล้า
4. ฐานยกถาดใส่เมล็ดพันธุ์
5. มอเตอร์ 1 เคลื่อนที่แกน Y และ มอเตอร์ 2 เคลื่อนที่แกน X
6. เครื่องเป่าลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.โซลินอยด์วาล์ว

8. ตู้ควบคุม

9. ลิมิตสวิทช์

3.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ด

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

2. พิโคโนมิเตอร์

3. กล้องถ่ายรูป

4. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดสูง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

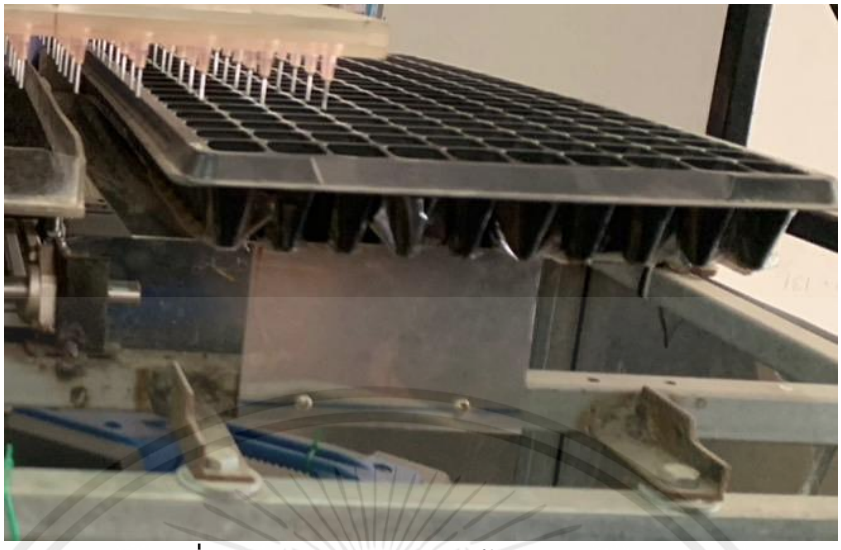
3.3 การปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ

3.3.1 การปรับปรุงฐานวางถาดเพาะกล้า

ฐานวางถาดเพาะกล้าของเครื่องมีการติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐานทำให้การหยอดเมล็ดลงมาในถาดมีความคลาดเคลื่อน จึงได้ทำการปรับปรุงและทำการยึดฐานเข้ากับตัวโครงของเครื่อง เพื่อให้เมล็ดที่ทำการหยอดลงในหลุมอย่างถูกต้องและแม่นยำ

รูปที่ 3.4 ฐานวางถาดเพาะกล้าก่อนการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

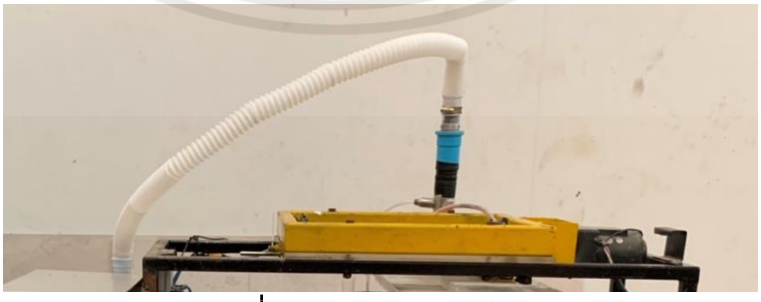


รูปที่ 3.5 ฐานวางถาดเพาะกล้าหลังการปรับปรุง

3.3.2 การปรับปรุงท่อลม

ท่อลมเดิมมีการชำรุดเสียหายเนื่องจากกาลเวลา ทำให้ท่อมีการพับงอและทำให้แรงลมดูดของเครื่องมีการเปลี่ยนแปลง จึงมีการปรับปรุงเปลี่ยนท่อของเครื่องหยอดเป็นท่อที่มีลักษณะเบากว่าท่อแบบเดิม

รูปที่ 3.6 ท่อก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 3.7 ท่อหลังการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดเมื่อเปลี่ยนชนิดเมล็ดที่ใช้

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาดัชนีความเที่ยงของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะเมื่อทดลองกับเมล็ดที่มีรูปร่างแตกต่างไปจากเมล็ดคะน้า นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดติดของเมล็ด และเก็บข้อมูลเพื่อใช้พัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะให้สามารถใช้งานได้กับเมล็ดที่หลากหลายในอนาคต

1.ตัวแปรต้น

1.1 ขนาดของหัวดูดเมล็ด

1.1.1 หัวดูดใหญ่ พื้นที่หน้าตัดขนาด 3.94 mm^2

เส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 0.95 mm^2

1.1.2 หัวดูดกลาง พื้นที่หน้าตัดขนาด 3.26 mm^2

เส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 0.70 mm^2

1.2 เมล็ดพันธุ์

1.เมล็ดพันธุ์ ผักคะน้า

2.เมล็ดพันธุ์ ต้นหอม

3.เมล็ดพันธุ์ แอลแฟลฟา

4.เมล็ดพันธุ์ ผักชีล้อม

2.ตัวแปรตาม

2.1 ผลความแม่นยำของการหยอดเมล็ด

2.1.1 miss index

2.1.2 single seed index

2.1.3 double seed index

2.1.4 multiple seed index

3.ตัวแปรควบคุม

3.1 ถาดหลุม200หลุม ขนาด28cm*54cm*4.5cm

3.2 เครื่องดูดฝุ่น TOPMAN รุ่น km130 ความดันเกจ -19.62 kPa หรือความดันสมบูรณ์ 81.75 kPa

ขั้นตอนการทดลอง

1.เตรียมเมล็ดพันธุ์ลงในถาดใส่เมล็ด

2.นำถาดใส่เมล็ดวางลงบนฐานยกถาดใส่เมล็ด ติดตั้งหัวดูดที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ตั้งค่าความดันที่จะใช้ในการทดลองโดยความดันที่ใช้ทดลองจะเป็นค่าความดันสูงสุดที่เมล็ดแต่ละชนิดสามารถทำให้เครื่องหยอดเมล็ดสามารถทำงานครบวงจรแบบอัตโนมัติ

4.กดปุ่มเริ่มการทำงานของเครื่อง โดยเดินเครื่องต่อเนื่อง 5 ถาด ทำการจับเวลา

5.รอจนเสร็จสิ้นการทำงานของเครื่อง กดปุ่มปิดการทำงานของเครื่อง

6.นำถาดทั้ง 5 ถาด มานับจำนวนเมล็ดที่อยู่ในแต่ละหลุมของถาด

7.บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองตามรูปที่ 3.8

8.ทำการทดลองซ้ำ 3 การทดลองและทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 7 กับเมล็ดทุกชนิดที่เลือกมาทดลอง

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				

เมล็ด..... ชุดที่..... ถาดที่..... ความดัน..... หัวสุด..... เวลา.....

1 =.....

2 =.....

0 =.....

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างตารางบันทึกผล

3.5 การศึกษาความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดเมื่อเปลี่ยนชนิดเมล็ดที่ใช้ (ครั้งที่ 2)

จุดประสงค์การทดลอง

เนื่องจากการทดลองในข้อ 3.4 เป็นการใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพของเมล็ดตัวแทนในการเปรียบเทียบกับดัชนีความแม่นยำ ทำให้ไม่สามารถใช้วิธีทางสถิติในการสรุปผลได้ อีกทั้งตัวเมล็ดของผักชีล้อมมีการแตกหักเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง ทำให้ข้อมูลมีความผิดพลาดสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบและทำให้เครื่องมีปัญหาติดขัด จึงไม่นำผักชีล้อมมาทำการทดลอง และทำการทดลองโดยหลังจากที่เครื่องหยอดเมล็ดลงในถาดเพาะกล้าแล้วจะทำการเก็บตัวอย่างของเมล็ดแต่ละถาดเพื่อนำมาหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อดัชนีความแม่นยำของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ตัวแปรต้น

1.1 ขนาดของหัวดูดเมล็ด

1.1.1 หัวดูดใหญ่ พื้นที่หน้าตัดขนาด 3.94 mm^2

เส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 0.95 mm^2

1.1.2 หัวดูดกลาง พื้นที่หน้าตัดขนาด 3.26 mm^2

เส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 0.70 mm^2

1.2 เมล็ดพันธุ์

1.เมล็ดพันธุ์ ผักคะน้า

2.เมล็ดพันธุ์ ต้นหอม

3.เมล็ดพันธุ์ แอลแฟลฟา

2.ตัวแปรตาม

2.1 ผลวามแม่นยำของการหยอดเมล็ด

2.1.1 miss index

2.1.2 single seed index

2.1.3 double seed index

2.1.4 multiple seed index

3.ตัวแปรควบคุม

3.1 ถาดหลุม200หลุม ขนาด28cm*54cm*4.5cm

3.2 เครื่องดูดฝุ่น TOPMAN รุ่น km130 ความดันเกจ -19.62 kPa หรือความดันสมบูรณ์ 81.75 kPa

ขั้นตอนการทดลอง

1.เตรียมเมล็ดพันธุ์ลงในถาดใส่เมล็ด

2.นำถาดใส่เมล็ดวางลงบนฐานยกถาดใส่เมล็ด ติดตั้งหัวดูดที่ใช้ทดลอง

3.ตั้งค่าความดันที่จะใช้ในการทดลอง

โดยความดันที่ใช้ทดลองจะเป็นค่าความดันสูงสุดที่เมล็ดแต่ละชนิดสามารถทำให้เครื่องหยอดเมล็ดสามารถทำงานครบวงจรแบบอัตโนมัติได้

4.กดปุ่มเริ่มการทำงานของเครื่อง โดยเดินเครื่องต่อเนื่อง 3 ถาด

5.รอจนเสร็จสิ้นการทำงานของเครื่อง กดปุ่มปิดการทำงานของเครื่อง

6.นำถาดทั้ง 3 ถาด มานับจำนวนเมล็ดที่อยู่ในแต่ละหลุมของถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.เก็บตัวอย่างเมล็ดในแต่ละถาด ถาดละ 10 เมล็ด เพื่อนำมาหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ด

8.บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองตามรูปที่ 3.8

9.ทำการทดลองซ้ำ 3 การทดลองและทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 8กับเมล็ดทุกชนิดที่เลือกมาทดลอง

3.6 การคำนวณหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่าง

เก็บเมล็ดตัวอย่างจากถาดทดลองแล้วนำมาทำการหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ด โดยหาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดดังนี้

3.6.1 มวล

นำเมล็ดกลุ่มตัวอย่างมาหามวลโดยการชั่งบนเครื่องชั่งดิจิตอล

3.6.2 ปริมาตร

หาปริมาตรโดยทำการชั่งมวลของ Pycnometer นับจำนวนเมล็ดและบรรจุลงในขวด Pycnometer ประมาณ 3 ใน 4 ของขวด แล้วใส่สารละลาย Toluene ช้าๆ โดยพยายามไล่อากาศออกให้หมด จนกระทั้งเต็มขวดปิดฝาและเช็ดให้สะอาดแล้วทำการชั่งอีกครั้ง หลังการได้ค่ามาแล้วนำค่ามาคำนวนเพื่อหาปริมาตร ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.4.2 (4.การหาปริมาตรด้วย Pycnometer

3.6.3 ความหนาแน่น

หาค่าความหนาแน่นโดยการคำนวณจาก

ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร (สมการที่ 3.1)

3.6.4 ความยาวด้าน (a, b, c)

นำเมล็ดจากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บมาทำการวัดขนาดทั้งสามด้านของเมล็ดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์

โดยกำหนดให้

a = ความยาวด้านยาวสุดของเมล็ด(มม.)

b = ความยาวด้านยาวสุดตั้งฉากกับด้าน a ของเมล็ด(มม.)

c = ความยาวด้านยาวสุดที่ตั้งฉากกับด้าน a และb ของเมล็ด(มม.)

3.6.5 เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต (GMD)

นำค่าความยาวทั้งสามด้านของเมล็ด (a, b, และ c) ที่ได้จากการวัดมาคำนวณ โดยคำนวณจากสูตร

$$GMD = (abc)^{1/3} \quad \text{(สมการที่ 3.2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.6 ความเป็นทรงกลม

หาความเป็นทรงกลมโดยคำนวนจากสูตร

$$\text{Sphericity} = (abc)^{1/3}/a \qquad \text{(สมการที่ 3.3)}$$

3.6.7 พื้นที่ภาพฉาย

นำตัวอย่างของเมล็ดมาหาพื้นที่ภาพฉายโดยวิธีการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายจากโปรแกรม ImageJ ด้วยการนำภาพถ่ายของเมล็ดมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่ภาพฉายของเมล็ดแต่ละชนิด ดังที่อธิบายไว้ที่หัวข้อ 2.4.2 การประเมินสมบัติทางกายภาพของเมล็ดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

3.7 การคำนวณหาความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

จากการทดลองจะทำให้ได้ผลจำนวนเมล็ดที่อยู่ในแต่ละหลุม ซึ่งจะกำหนดดัชนีต่างๆดังนี้

3.7.1 Miss index

หมายถึง ไม่มีเมล็ดอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

3.7.2 Single seed index

หมายถึง มีเมล็ดพันธุ์ 1 เมล็ดอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

3.7.3 Double index

หมายถึง มีเมล็ดพันธุ์ 2 เมล็ดอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

3.7.4 Multiple index

หมายถึง หมายถึง มีเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่ 2 เมล็ดขึ้นไปอยู่ในหลุมของถาดเพาะกล้า

3.7.5 ดัชนีการดูดติด (Planting index)

หมายถึงดัชนีที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดติดเมล็ดของหัวดูด โดยค่าดัชนีการดูดติดสามารถคำนวนจากสูตร

ดัชนีการดูดติด = ((จำนวนหลุมทั้งหมดของถาดเพาะเมล็ด - miss index)/จำนวนหลุมทั้งหมดของถาดเพาะเมล็ด)*100 (สมการที่ 3.4)

3.7.6 ดัชนีความเที่ยง (Precision Planting index)

หมายถึงดัชนีที่บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดติดเมล็ดของหัวดูดเพียงหลุมละ 1-2 เมล็ด โดยค่าดัชนีการดูดติดสามารถคำนวนจากสูตร

ดัชนีความเที่ยง = ((single seed index+ double seed index)/จำนวนหลุมทั้งหมดของถาดเพาะเมล็ด)*100 (สมการที่ 3.54)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การตรวจสอบเครื่องหลังเปลี่ยนท่อลม

เนื่องจากท่อเดิมมีการชำรุดทำให้ความดันมีการเปลี่ยนแปลงจึงมีการเปลี่ยนท่อลมเพื่อให้สามารถทำการทดลองได้ ซึ่งหลังจากเปลี่ยนท่อลมแล้วจึงทำการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติสามารถดูดเมล็ดคะน้าที่ความดันสูงสุด 87.325 kPa (ความดันสมบูรณ์) หรือ -14 kPa (ความดันเกจ) ซึ่งมีค่าเท่ากับความดันของเครื่องหยอดเมล็ดก่อนท่อเสียหาย หมายความว่าการเปลี่ยนท่อลมไม่มีผลความดันที่เครื่องสามารถทำได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีการดูดติดของเครื่องก่อนท่อลมเกิดการเสียหายพบว่า ค่าดัชนีการดูดติดมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.1 ตารางแสดงค่าดัชนีการดูดติดของก่อนท่อลมเสียหายและหลังเปลี่ยนท่อลม

	ก่อนท่อลมเสียหาย	หลังเปลี่ยนท่อลม
ดัชนีการดูดติด	96.95±0.60	96.12±1.24

4.2 ดัชนีความแม่นยำของผลการทดลองแบบแรก

ตารางที่ 4.2.1 ตารางแสดงดัชนีความแม่นยำในการหยอดของเมล็ดแต่ละชนิด

เมล็ด	ขนาดหัวดูดเมล็ด (mm)	Percent (%)					
		Single index	Double index	Multiple index	Miss index	Planting index	Precision Planting index
คะน้า	0.95	82.80±6.60	2.30±1.23	5.60±4.52	8.11±6.44	90.70±6.96	85.1±6.69
	0.70	77.70±6.16	21.10±2.02	4.60±3.10	15.70±4.87	84.30±4.87	79.70±5.53
ต้นหอม	0.95	7.20±4.58	15.00±2.68	73.01±9.03	4.90±4.61	95.20±4.61	22.20±4.52
	0.70	11.10±3.02	11.80±2.38	75.50±3.97	16.0±0.57	98.4±0.57	22.90±3.91
แอลแฟลฟา	0.95	12.00±1.99	11.40±1.06	71.30±4.04	5.20±3.11	94.70±3.06	23.40±2.01
	0.70	14.30±5.05	17.30±5.25	63.30±8.59	4.90±3.29	94.80±3.33	31.60±7.26
ผักชีล้อม	0.95	6.50±2.90	1.00±0.96	53.40±10.76	39.20±8.62	60.90±8.62	7.50±3.20
	0.70	5.00±1.21	1.70±1.03	49.10±7.64	45.30±7.63	55.70±7.15	6.60±1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สมบัติทางกายภาพของเมล็ดของกลุ่มตัวอย่าง

ค่าสมบัติทางกายภาพต่างๆของเมล็ดทั้งสามชนิดได้แก่ คะน้า, ต้นหอม และหญ้าแอลแฟลฟา จำนวนชนิดละ 180 เมล็ด (สุ่มตัวอย่างเมล็ดจากถาดเพาะจำนวนถาดละ 10 เมล็ด ทั้งหมด 18 ถาด) ได้ค่าดังตารางที่ 4.3.1

ตารางที่ 4.3.1 สมบัติทางกายภาพของเมล็ดคะน้า,เมล็ดต้นหอม และเมล็ดแอลแฟลฟา

Physical properties	Unit of measurement	Sample number, N	Seeds		
			Chinese Kale	Spring onion	Alfalfa
Mass	g/1,000Seeds	180	5.65±0.70	2.40±0.11	2.00±0.11
Volume	mm^3	180	4.53±0.58	2.03±0.01	2.00±0.13
Density (ρ)	kg m^{-3}	180	1,240±98.10	913.48±45.62	1,012.70±73.87
Length (a)	mm	180	2.21±0.11	2.97±0.07	2.35±0.08
Width (b)	mm	180	2.05±0.09	2.12±0.04	1.56±0.06
Thickness (c)	mm	180	1.88±0.08	1.23±0.06	1.04±0.04
Geometric mean diameter (GMD)	mm	180	2.05±0.08	1.97±0.05	1.56±0.03
Sphericity	%	180	92.40±1.36	65.51±1.48	61.46±2.28
Projected area (A)	mm^2	180	4.63±0.57	4.61±0.43	2.73±0.27

4.4 การศึกษาดัชนีความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

เดินเครื่องให้ทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้เมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดโดยทดลองชนิดละ 3 ถาดเป็นจำนวน 3 ซ้ำแล้วเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ของแต่ละถาดมาหาสมบัติทางกายภาพต่อไป ซึ่งได้ดัชนีความแม่นยำดังตารางที่ 4.4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.1 ตารางแสดงดัชนีความแม่นยำในการหยอดของเมล็ดแต่ละชนิด

เมล็ด	ขนาดหัวดูดเมล็ด (mm)	Percent (%)					
		Single index	Double index	Multiple index	Miss index	Planting index	Precision Planting index
คะน้า	0.95	88.00±2.29	2.56±0.73	5.06±2.43	4.39±2.06	95.61±2.06	90.56±2.64
	0.70	79.61±5.75	9.33±3.42	7.39±2.68	4.22±1.25	95.78±4.28	88.94±5.14
ต้นหอม	0.95	9.78±2.32	15.22±2.87	67.50±8.77	7.50±6.06	92.50±6.06	25.00±4.42
	0.70	11.06±2.35	20.06±4.53	66.44±7.43	2.44±1.10	97.56±2.10	31.11±6.07
แอลแฟลฟา	0.95	15.28±2.99	15.89±2.93	62.72±9.81	6.44±5.93	93.56±5.93	30.83±5.00
	0.70	11.06±2.27	17.78±3.78	69.28±5.23	1.89±1.69	98.11±1.69	28.83±4.72

4.5 หาความสัมพันธ์ของผลการทดลองกับสมบัติทางภาพของเมล็ด

เนื่องจากผลการทดลองที่ออกมาเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพแล้ว ผลของความสัมพันธ์ไม่มีความน่าเชื่อถือทางสถิติ ทางผู้วิจัยจึงดูความสัมพันธ์โดยการดูกลุ่มของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม(ต้นหอมและแอลแฟลฟา)เพื่อหาสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อดัชนีความแม่นยำของเครื่อง โดยการใช้สถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson’s Correlation: r)

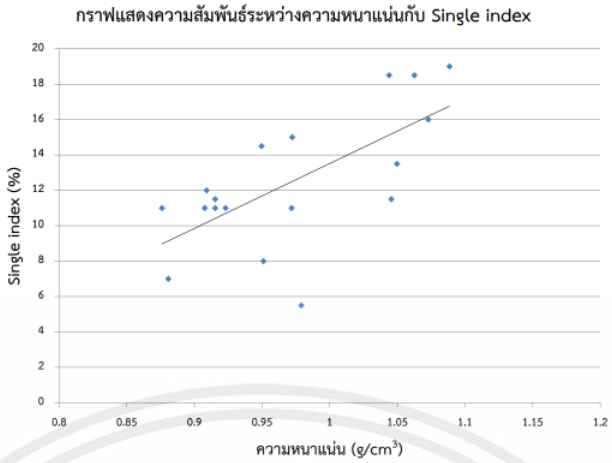
ตารางที่ 4.5.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกับดัชนีความแม่นยำของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม

ความสัมพันธ์	r	P-value	ระดับความสัมพันธ์
Geometric mean diameter (GMD) กับ Single index	-0.73*	0.00	สูง
พื้นที่ภาพฉายกับ Single index	-0.75*	0.00	สูง
ความหนาแน่นกับ Single index	0.67*	0.00	สูง

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

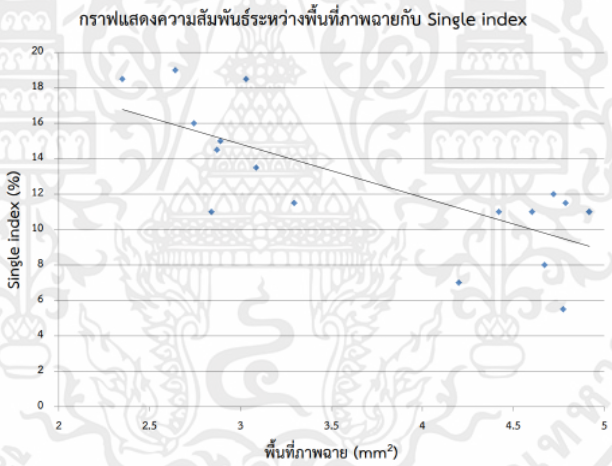
จากตารางที่ 4.5.1 พบว่ามีสมบัติทางกายภาพของเมล็ดที่มีผลต่อSingle indexของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าโดยสมบัติทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต, พื้นที่ภาพฉาย และความหนาแน่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับSingle index ของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม

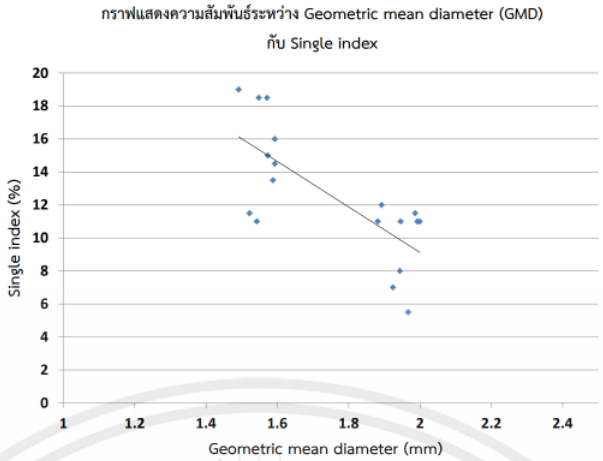
จากกราฟพบว่าเมื่อเมล็ดมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า Single index มีค่าที่เพิ่มขึ้นในช่วงความหนาแน่นตั้งแต่ 0.8-1.2 (g/cm^3)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ภาพฉายกับSingle index ของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม

จากกราฟพบว่าเมื่อเมล็ดมีค่าพื้นที่ภาพฉายเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า Single index มีค่าที่ลดลงในช่วงของพื้นภาพฉายตั้งแต่ 2.5-5 mm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง GMD กับSingle index ของเมล็ดที่ไม่เป็นทรงกลม

จากกราฟพบว่าเมื่อเมล็ดมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า Single index มีค่าที่ลดลงในช่วงของค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตตั้งแต่1.4-2.2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในก่อนการเริ่มการศึกษาได้มีการปรับปรุงตัวเครื่องส่วนของฐานลองถาดเพาะพบว่าสามารถทำให้ทดลองได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากตำแหน่งของถาดเพาะจะตรงกับตำแหน่งของชุดหัวดูดทุกครั้ง ในส่วนของท่อลมที่เสียหาย ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองได้ เมื่อเปลี่ยนพบว่าไม่มีผลต่อความดันที่ตัวเครื่องสามารถทำได้โดยทั้งตัวเครื่องก่อนท่อลมเสียหายกับหลังเปลี่ยนท่อสามารถทำความดันได้ 87.325 kPa (ความดันสมบูรณ์) หรือ -14 kPa (ความดันเกจ) เมื่อทดลองกับเมล็ดคะน้า และเมื่อเปรียบเทียบดัชนีการดูดติดพบว่า ในการทดลองกับเมล็ดคะน้า ก่อนท่อลมเสียหายมีดัชนีการดูดติดที่ 96.95 ส่วนหลังเปลี่ยนท่อลมมีดัชนีการดูดติดที่ 96.12 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองพบว่ามีการแบ่งช่วงของสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างบางกลุ่มที่เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ทำให้มีความไม่น่าเชื่อถือในทางสถิติของข้อมูล ทางผู้วิจัยจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกับดัชนีความเที่ยงของเมล็ดพันธ์กลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งก็คือกลุ่มชนิดเมล็ดที่มีลักษณะไม่เป็นทรงกลมได้แก่เมล็ดแอลแฟลฟาและเมล็ดต้นหอม โดยที่เมล็ดแอลแฟลฟาเมื่อนำมาทดลองกับเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ เครื่องมีดัชนีความเที่ยงเฉลี่ยอยู่ที่ 30.83% มีดัชนีการดูดติดเฉลี่ยอยู่ที่ 93.56% สำหรับหัวดูดใหญ่ มีดัชนีความเที่ยงเฉลี่ยอยู่ที่ 31.11% มีดัชนีการดูดติดเฉลี่ยอยู่ที่ 98.11% สำหรับหัวดูดกลาง และเมล็ดต้นหอมเมื่อนำมาทดลองกับเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติ เครื่องมีดัชนีความเที่ยงอยู่เฉลี่ยที่ 25.00% มีดัชนีการดูดติดที่ 92.50% สำหรับหัวดูดใหญ่ มีดัชนีความเที่ยงอยู่ที่ 31.11% มีดัชนีการดูดติดเฉลี่ยที่ 97.56% สำหรับหัวดูดกลาง

เมื่อนำผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพมาหาความสัมพันธ์ พบว่ามีสมบัติทางกายภาพของเมล็ดที่มีความสัมพันธ์ต่อ Single index คือ ความหนาแน่น, พื้นที่ภาพฉาย และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความหนาแน่นมีผลต่อ Single index โดยเมื่อความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ Single index มีค่าที่เพิ่มขึ้น พื้นที่ภายฉายมีผลต่อ Single index โดยเมื่อพื้นที่ภายฉายมีค่าที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Single index มีค่าที่ลดลง เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่อ Single index โดยเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเลขาคณิตมีค่าที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ Single index มีค่าที่ลดลง จากข้อมูลทั้งหมดนี้กล่าวได้ว่าสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมีผลต่อดัชนีความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปพัฒนาชุดหัวดูดแบบต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการหยอดเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ อีกทั้งยังช่วยในการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมให้สามารถนำมาใช้กับเครื่องหยอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อนำมาทดลองพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดต่อไปในภายภาคหน้า

5.2 ปัญหาที่พบ

- เมล็ดพันธุ์มีราคาที่สูงและจำเป็นต้องใช้ในการทดลองเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถเลือกเมล็ดพันธุ์ที่หลากหลายมากเพียงพอที่จะมาทดลองได้ตามความต้องการ

- ฐานยกของถาดใส่เมล็ดในจังหวะการยกขึ้นไม่ตรง ทำให้หัวดูดไม่ได้สามารถดูดเมล็ดอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ดัชนีความแม่นยำในการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

- เพิ่มการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดอื่นๆที่อาจจะมีผลกับการดูดติด

- เพิ่มการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆที่อาจจะมีผลกับการดูดติด

- ปรับถาดใส่เมล็ดให้ใช้เมล็ดน้อยลง เนื่องจากเมล็ดหลายๆชนิดมีราคาที่สูง ถาดใส่เมล็ดปัจจุบันต้องใช้เมล็ดเป็นจำนวนมากจึงจะสามารถใช้งานเครื่องได้

- ปรับให้ถาดใส่เมล็ดมีการสั่น เพื่อให้เมล็ดลอยมาติดกับหัวดูด คาดว่าจะสามารถช่วยป้องกันการดูดเมล็ดที่เป็นกระจุกได้

- เพิ่มระบบที่สามารถเปลี่ยนถาดเพาะแบบอัตโนมัติ เพิ่มความต่อเนื่องในการทำงานอัตโนมัติของเครื่องและลดแรงงานการเปลี่ยนถาดได้

- เพิ่มอุปกรณ์ให้การเติมวัสดุปลูกลงในถาดเพาะ เนื่องจากต้องทำการเตรียมวัสดุปลูกลงถาดก่อนการหยอดเมล็ด ถ้าเครื่องสามารถเติมวัสดุปลูกลงถาดก่อนหยอดได้ จะเพิ่มความต่อเนื่องของการทำงานและลดแรงงานการเตรียมถาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธนิก มีแสง, สุภาวดี มีแก้ว, อาทิตย์ พรมวัน, (2565). **การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ด้วยระบบPLC**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปรมัตถ์ จันทรโคตร, ปัญญาสัมปทา จันทวิสา, ณัฐพงษ์ หมูนดี, (2563). **การออกแบบและสร้างเครื่องเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

Abdulkadir, T. D., M. R. Mahadi, A. Wayayok, and M. S. M. Kassim. (2019). **Operational parameters affecting pneumatic paddy seeds handling using vacuum pressure**. Department of Biological and Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, 43400, UPM Serdang, Selangor, Malaysia. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 21(2): (pp. 59–69)

Caiqi Liao, Jin Chen, Fanzhao Geng, Xueming Tang. (2022) **Airflow basin structure numerical optimisation analysis and suction nozzle characteristics experimental study of vacuum-vibration tray precision seeder**. College of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu, China. Journal of Agricultural Engineering 2022; volume LIII:1294

Dhairyashil A.N., Harshad M.T., (2017). **Design And Analysis of An Automated Seeder for Small Scale Sowing Applications for Tray Plantation Method**. Department of Production Engineering, KIT's College of Engineering, Gokul Shirgaon, Kolhapur, Maharashtra, India. International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154 Volume 10, Number 1 (pp.716-723)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dhanesh D. Patil & Dr. Mangesh R. Phate (2016). **Design & Development of Rice Planter Machine**. Department of Mechanical Engineering Sinhgad Institute of Technology & Science, Nahre, Pune. 411041. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol-2, Issue-8, 2016 ISSN: 2454-1362

Elebaid Jabir Ibrahim, Qingxi Liao, Lei Wang, Yitao Liao, Lu Yao (2018). **Design and experiment of multi-row pneumatic precision metering device for rapeseed**. College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China. Int J Agric & Biol Eng Vol. 11 No.5 (pp. 116-123)

Gaikwad B.B., Sirohi N.P.S. (2008). **Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays**. Division of Agricultural Engineering, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi 110 012, India, (pp. 322-329)

Gaikwad B.B., Sirohi N.P.S. and KumarJ Adarsh (2007). **Studies on Vacuum Singulatioll of Seeds for Sowing Nursery Plug Trays** Division of Agricultural Engineering, Journal ofAgricultural Engineering Vol. 44(4)

Ghobashy EL., M. H., Mohamed T.H.A., Ashker A.M. EL., Shabaan Y.A. (2016). **Development of a Locally Vacuum Vegetable Seeder for Nursery Trays.** Science and Agriculture Engineering. Faculty of Engineering Mansoura University, Mit Khamis WA Kafr Al Mougi, Mansoura, Dakahlia Governorate, (pp. 595-602)

M.L. Jadhav1, Pramod Mohnot and P.S. Shelake. (2017). **Investigation of Engineering Properties of Vegetable Seeds Required for the Design of Pneumatic Seeder**. ICAR-CIAE, Nabi Bagh, Bhopal-462038, M.P., India International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Volume 6 No.10 (pp. 1163-1171)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mohammad Reza Bakhtiari1, Desa Ahmad. (2017). **Design of a vacuum seed metering system for kenaf planting**. Agricultural Engineering Research Department; Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. AgricEngInt: CIGR Journal.Vol. 19, No. 3 (pp. 23-31)

ÖNAL, İSMET; DEĞİRMENCİOĞLU, ADNAN; and YAZGI, ARZU (2012). "**An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type of precision metering unit based on theoretical considerations and experiments**," Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Ege University, 35100, İzmir. Turkish. Turkish Journal of Agriculture and Forestry: Vol. 36: No. 2, Article 1. (pp.133-144)

Pavol Findura., Urszula Malaga-Toboła., Dariusz Kwaśniewski, Mateusz Stasiak, Marek Gugała, Anna Sikorska, and Marek Gancarz, (2023). **Influence of the physical properties of sugar beet seeds over the work quality of the seeding mechanism**Department of Machines and Production Biosystems, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Int. Agrophys., 37, (pp.171-178)

P.R. Jayan* and V.J.F. Kumar (2004). **Planter design in relation to the physical properties of seeds**. Department of Farm Machinery, AEC&RI, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641 003, Tamil Nadu Journal of Tropical Agriculture 42 (1-2), (pp.69-71)

Rajesh U Modi, G S Manes, J S Mahal, A K Dixit and Manjeet Singh (2022). **Design of an Innovative Tractor-Operated Seeder for Mat Type Paddy Nursery**. ICAR-Indian Institute of Sugarcane. Research, Lucknow 226 002, Uttar Pradesh, India. Journal of Scientific & Industrial Research Vol. 81, (pp. 683-694)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SRIWONGRAS PIYAPONG, DOSTÁL PETR. (2014). **Efficiency Test and Economic Analysis of Seeder for Papaya-sowing Tray**. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 62(1): (pp. 239–243)

Sriwongras P., Dostal P. (2013). **DEVELOPMENT OF SEEDER FOR PLUG TRAY**. Department of Technology and Automobile Transport, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemedelska 1, 613 00 Brno, Czech Republic. MENDELNET, (pp. 867-871)

Tarek H. A. Mohamed, Hossam M. T. EL-Ghobashy, Adel A. M. EL-Ashker, Ahmed R. Hamed. (2017). **AN ENNOVATING PRECISION SOWING UNIT FOR TRAY NURSERY** Researcher, Agric. Eng. Research Institute (AEnRI), Dokki, Giza, Egypt. 34 (2) (pp.725-750)

เกษตร นานา. วิธีการปลูกหอมแบ่ง 35 วัน เก็บเกี่ยวได้ [ออนไลน์]. 2022, แหล่งที่มา:https://www.kasetnana.com/2022/5261/ [20 สิงหาคม 2565]

เกษตรก้าวไกล. วิธีปลูกแตงกวา ฉบับจับมือทำ ! “ร้านเกษตรสมบูรณ์” แนะนำ ปลูกยังไงให้ดี? [ออนไลน์]. 2020, แหล่งที่มา : https://www.kasetkaoklai.com/home/2020/04/วิธีปลูกแตงกวา-ฉบับจับม/ [20 สิงหาคม 2565]

ดวงตะวันเพชร. **การปลูกพืชในระบบน้ำ Hydroponoics**[ออนไลน์]. 2018, แหล่งที่มา: https://www.dtwp.co.th/blog/ [20 สิงหาคม 2565]

บริษัท รักบ้านเกิด จำกัด. การปลูกพริกเพิ่มผลผลิต[ออนไลน์]. 2012, แหล่งที่มา: https://www.rakbankerd.com/agriculture/print.php?id=4087&s=tblplant [20 สิงหาคม 2565]

บริษัท สปริงกรีนอีโวลูชั่น จำกัด. **ปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์ ไร้สารพิษ**[ออนไลน์]. 2021, แหล่งที่มา:

https://www.sgethai.com/article/ [20 สิงหาคม 2565]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. Projected area/พื้นที่ภาพฉาย [ออนไลน์]. 2010-2022, แหล่งที่มา: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0191/projected [15 ตุลาคม 2565]

Agri Expo. Drum tray seeder SEMLAMBDA65 [ออนไลน์]. 2022, แหล่งที่มา https://www.agriexpo.online/prod/urbinati-srl/product-170506-138942.html [20 สิงหาคม 2565]

Mitsubishi Electric Factory Automation. **PLC คืออะไร และมีความสำคัญอย่างไรในยุคอุตสาหกรรม4.0** [ออนไลน์]. 2020, แหล่งที่มา: https://www.mitsubishifa.co.th/en/NewsDetails.php?id=OTY= [19 สิงหาคม 2565]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองความแม่นยำครั้งที่ 1

คะน้า, ต้นหอม, แอลแฟลฟา และผักชีล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ผลการทดลองความแม่นยำของคะน้าด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	153	6	7	34	76.5	3	3.5	17	83.00	79.50
2	161	2	34	3	80.5	1	17	1.5	98.50	81.50
3	178	4	13	5	89.0	2	6.5	2.5	97.50	91.00
4	176	6	7	11	88.0	3	3.5	5.5	94.50	91.00
5	162	5	12	21	81.0	2.5	6	10.5	89.50	83.50
6	179	5	12	4	89.5	2.5	6	2	98.00	92.00
7	150	2	13	10	75.0	1	6.5	5	82.50	76.00
8	157	2	10	31	78.5	1	5	15.5	84.50	79.50
9	152	10	3	35	76.0	5	1.5	17.5	82.50	81.00
10	187	4	1	8	93.5	2	0.5	4	96.00	95.50

ตารางที่ ก2 ผลการทดลองความแม่นยำของคะน้าด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	153	6	7	34	76.5	3	3.5	17	83.00	79.50
2	161	2	34	3	80.5	1	17	1.5	98.50	81.50
3	178	4	13	5	89.0	2	6.5	2.5	97.50	91.00
4	176	6	7	11	88.0	3	3.5	5.5	94.50	91.00
5	162	5	12	21	81.0	2.5	6	10.5	89.50	83.50
6	179	5	12	4	89.5	2.5	6	2	98.00	92.00
7	150	2	13	10	75.0	1	6.5	5	82.50	76.00
8	157	2	10	31	78.5	1	5	15.5	84.50	79.50
9	152	10	3	35	76.0	5	1.5	17.5	82.50	81.00
10	187	4	1	8	93.5	2	0.5	4	96.00	95.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก3 ผลการทดลองความแม่นยำของต้นหอมด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	8	27	163	2	4	13.5	81.5	1	99.00	17.50
2	10	29	159	2	5	14.5	79.5	1	99.00	19.50
3	28	26	124	22	14	13	62	11	89.00	27.00
4	28	35	110	27	14	17.5	55	13.5	86.50	31.50
5	7	36	153	4	3.5	18	76.5	2	98.00	21.50
6	7	27	163	3	3.5	13.5	81.5	1.5	98.50	17.00
7	26	21	140	13	13	10.5	70	6.5	93.50	23.50
8	14	30	148	8	7	15	74	4	96.00	22.00
9	8	29	162	1	4	14.5	81	0.5	99.50	18.50
10	8	39	138	15	4	19.5	69	7.5	92.50	23.50

ตารางที่ ก4 ผลการทดลองความแม่นยำของต้นหอมด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	8	27	163	2	4	13.5	81.5	1	99.00	17.50
2	10	29	159	2	5	14.5	79.5	1	99.00	19.50
3	28	26	124	22	14	13	62	11	89.00	27.00
4	28	35	110	27	14	17.5	55	13.5	86.50	31.50
5	7	36	153	4	3.5	18	76.5	2	98.00	21.50
6	7	27	163	3	3.5	13.5	81.5	1.5	98.50	17.00
7	26	21	140	13	13	10.5	70	6.5	93.50	23.50
8	14	30	148	8	7	15	74	4	96.00	22.00
9	8	29	162	1	4	14.5	81	0.5	99.50	18.50
10	8	39	138	15	4	19.5	69	7.5	92.50	23.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5 ผลการทดลองความแม่นยำของแอลแฟลฟาด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	24	22	143	11	12	11	71.5	5.5	94.50	23.00
2	18	26	136	20	9	13	68	10	90.00	22.00
3	25	23	136	16	12.5	11.5	68	8	92.00	24.00
4	29	23	139	9	14.5	11.5	69.5	4.5	95.50	26.00
5	27	21	147	5	13.5	10.5	73.5	2.5	97.50	24.00
6	20	22	147	7	10	11	73.5	3.5	94.50	21.00
7	18	23	154	5	9	11.5	77	2.5	97.50	20.50
8	27	22	147	4	13.5	11	73.5	2	98.00	24.50
9	25	19	150	6	12.5	9.5	75	3	97.00	22.00
10	27	26	127	20	13.5	13	63.5	10	90.00	26.50

ตารางที่ ก6 ผลการทดลองความแม่นยำของแอลแฟลฟาด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	31	26	134	9	15.5	13	67	4.5	95.50	28.50
2	33	31	111	25	16.5	15.5	55.5	12.5	87.50	32.00
3	20	29	147	4	10	14.5	73.5	2	98.00	24.50
4	48	51	88	13	24	25.5	44	6.5	93.50	49.50
5	19	39	137	5	9.5	19.5	68.5	2.5	97.50	29.00
6	41	28	117	14	20.5	14	58.5	7	93.00	34.50
7	21	32	140	7	10.5	16	70	3.5	96.50	26.50
8	29	26	134	11	14.5	13	67	5.5	94.50	27.50
9	27	28	131	8	13.5	14	65.5	4	93.00	27.50
10	17	55	126	2	8.5	27.5	63	1	99.00	36.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก7 ผลการทดลองความแม่นยำของผักชีล้อมด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	8	0	105	87	4	0	52.5	43.5	56.50	4.00
2	18	1	105	76	9	0.5	52.5	38	62.00	9.50
3	16	0	113	71	8	0	56.5	35.5	64.50	8.00
4	9	0	141	50	4.5	0	70.5	25	75.00	4.50
5	6	0	147	47	3	0	73.5	23.5	76.50	3.00
6	21	3	87	89	10.5	1.5	43.5	44.5	55.50	12.00
7	22	3	87	88	11	1.5	43.5	44	56.00	12.50
8	11	4	91	94	5.5	2	45.5	47	53.00	7.50
9	8	5	95	92	4	2.5	47.5	46	54.00	6.50
10	11	3	97	89	5.5	1.5	48.5	44.5	55.50	7.00

ตารางที่ ก8 ผลการทดลองความแม่นยำของผักชีล้อมด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	11	3	107	79	5.5	1.5	53.5	39.5	60.50	7.00
2	8	3	118	71	4	1.5	59	35.5	64.50	5.50
3	13	0	80	107	6.5	0	40	53.5	46.50	6.50
4	6	7	96	91	3	3.5	48	45.5	54.50	6.50
5	10	3	78	109	5	1.5	39	54.5	45.50	6.50
6	12	4	93	91	6	2	46.5	45.5	54.50	8.00
7	13	3	111	73	6.5	1.5	55.5	36.5	63.50	8.00
8	7	1	117	75	3.5	0.5	58.5	37.5	62.50	4.00
9	10	6	80	104	5	3	40	52	48.00	8.00
10	9	3	102	106	4.5	1.5	51	53	57.00	6.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดลองความแม่นยำครั้งที่ 2

คะน้า, ต้นหอม และแอลแฟลฟา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 ผลการทดลองความแม่นยำของคะน้าด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	178	5	4	13	89	2.5	2	6.5	98	91.5
2	179	5	7	9	89.5	2.5	3.5	4.5	96.5	92
3	172	2	8	18	86	1	4	9	96	87
4	173	6	5	16	86.5	3	2.5	8	97.5	89.5
5	175	7	10	8	87.5	3.5	5	4	95	91
6	180	6	11	3	90	3	5.5	1.5	94.5	93
7	168	4	18	10	84	2	9	5	91	86
8	176	6	9	9	88	3	4.5	4.5	95.5	91
9	183	5	7	5	91.5	2.5	3.5	2.5	96.5	94

ตารางที่ ข2 ผลการทดลองความแม่นยำของคะน้าด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	142	13	31	14	71	6.5	15.5	7	84.5	77.5
2	159	17	5	19	79.5	8.5	2.5	9.5	97.5	88
3	158	15	8	19	79	7.5	4	9.5	96	86.5
4	159	26	4	11	79.5	13	2	5.5	98	92.5
5	173	14	4	9	86.5	7	2	4.5	98	93.5
6	176	12	5	7	88	6	2.5	3.5	97.5	94
7	148	25	6	21	74	12.5	3	10.5	97	86.5
8	168	15	6	11	84	7.5	3	10.5	97	91.5
9	150	31	7	12	75	15.5	3.5	6	96.5	90.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข3 ผลการทดลองความแม่นยำของต้นหอมด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	23	34	43	100	11.5	17	21.5	50	78.5	28.5
2	11	26	10	153	5.5	13	5	76.5	95	18.5
3	22	42	9	127	11	21	4.5	63.5	95.5	32
4	22	26	8	144	11	13	4	72	96	24
5	24	36	16	124	12	18	8	62	92	30
6	22	28	24	126	11	14	12	63	88	25
7	14	27	5	154	7	13.5	2.5	77	97.5	20.5
8	16	30	5	149	8	15	2.5	74.5	97.5	23
9	22	25	15	138	11	12.5	7.5	69	92.5	23.5

ตารางที่ ข4 ผลการทดลองความแม่นยำของต้นหอมด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	18	40	4	138	9	20	2	69	98	29
2	19	46	8	127	9.5	23	4	63.5	96	32.5
3	16	26	3	155	8	13	1.5	77.5	98.5	21
4	27	49	4	120	13.5	24.5	2	60	98	38
5	23	48	2	127	11.5	24	1	63.5	99	35.5
6	31	48	15	106	15.5	24	7.5	53	92.5	39.5
7	20	44	3	133	10	22	1.5	66.5	98.5	32
8	21	30	3	146	10.5	15	1.5	73	98.5	25.5
9	24	30	2	144	12	15	1	72	99	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข5 ผลการทดลองความแม่นยำของแอลแฟลฟาด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	30	31	8	131	15	15.5	4	65.5	96	30.5
2	29	23	7	141	14.5	14.5	3.5	70.5	96.5	26
3	22	28	7	143	11	11	3.5	71.5	96.5	25
4	37	31	6	126	18.5	18.5	3	63	97	34
5	32	33	4	131	16	16.5	2	65.5	98	32.5
6	23	24	10	143	11.5	12	5	71.5	95	23.5
7	37	34	31	98	18.5	17	15.5	49	84.5	35.5
8	27	38	7	128	13.5	19	3.5	64	96.5	32.5
9	38	38	36	88	19	19	18	44	82	38

ตารางที่ ข6 ผลการทดลองความแม่นยำของแอลแฟลฟาด้วยหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	ผลการทดสอบ 200 หลุม				ร้อยละ					
	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Single index	Double index	Miss index	Multiple index	Planting index	Precision Planting index
1	17	35	6	142	8.5	17.5	3	71	97	26
2	23	31	11	135	11.5	15.5	5.5	67.5	94.5	27
3	27	46	6	121	13.5	23	3	60.5	97	36.5
4	15	25	1	159	7.5	12.5	0.5	79.5	99.5	20
5	20	37	0	143	10	18.5	0	71.5	100	28.5
6	20	42	3	135	10	21	1.5	67.5	98.5	31
7	29	24	2	145	14.5	12	1	72.5	99	26.5
8	24	40	2	134	12	20	1	67	99	32
9	24	40	3	133	12	20	1.5	66.5	98.5	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

สมบัติทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างจากการวัด
คะน้า, ต้นหอม และแอลแฟลฟา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 1 ผลการวัดสมบัติทางกายภาพของคะน้าที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)
1	1	0.19	0.18	0.17	3.503
1	2	0.20	0.18	0.17	2.835
1	3	0.20	0.18	0.16	4.881
1	4	0.18	0.17	0.16	4.172
1	5	0.26	0.26	0.24	2.894
1	6	0.24	0.23	0.22	5.100
1	7	0.19	0.19	0.17	4.661
1	8	0.18	0.18	0.17	3.314
1	9	0.20	0.17	0.12	3.543
1	10	0.22	0.19	0.19	2.974
2	1	0.23	0.21	0.20	5.535
2	2	0.29	0.23	0.18	4.274
2	3	0.29	0.25	0.17	5.215
2	4	0.21	0.20	0.19	3.462
2	5	0.20	0.19	0.18	4.464
2	6	0.25	0.21	0.20	3.307
2	7	0.20	0.18	0.17	4.680
2	8	0.23	0.22	0.19	3.229
2	9	0.20	0.19	0.18	4.058
2	10	0.21	0.21	0.18	4.084
3	1	0.23	0.22	0.18	6.509
3	2	0.24	0.22	0.16	4.549
3	3	0.22	0.19	0.18	4.699

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	4	0.24	0.23	0.20	4.205
3	5	0.21	0.20	0.19	2.918
3	6	0.30	0.25	0.22	4.212
3	7	0.20	0.18	0.17	4.773
3	8	0.22	0.20	0.18	4.489
3	9	0.23	0.22	0.21	5.312
3	10	0.26	0.24	0.22	4.564
4	1	0.22	0.20	0.16	4.323
4	2	0.21	0.19	0.19	4.239
4	3	0.23	0.22	0.19	3.420
4	4	0.24	0.22	0.21	4.965
4	5	0.24	0.23	0.22	4.605
4	6	0.21	0.20	0.18	4.224
4	7	0.23	0.22	0.21	4.558
4	8	0.25	0.24	0.18	4.508
4	9	0.21	0.19	0.18	4.688
4	10	0.24	0.22	0.19	3.634
5	1	0.22	0.21	0.18	5.094
5	2	0.22	0.21	0.18	4.146
5	3	0.22	0.22	0.20	5.694
5	4	0.24	0.21	0.18	5.033
5	5	0.22	0.21	0.17	4.257
5	6	0.24	0.17	0.13	5.387
5	7	0.24	0.23	0.22	5.977
5	8	0.21	0.20	0.18	6.057
5	9	0.23	0.20	0.18	4.428

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	10	0.25	0.24	0.22	6.592
6	1	0.16	0.15	0.14	4.808
6	2	0.19	0.19	0.18	5.293
6	3	0.20	0.19	0.18	5.007
6	4	0.20	0.19	0.18	4.878
6	5	0.21	0.20	0.17	3.521
6	6	0.20	0.18	0.17	4.328
6	7	0.21	0.20	0.19	4.702
6	8	0.20	0.18	0.17	4.342
6	9	0.21	0.20	0.18	2.621
6	10	0.20	0.19	0.19	3.729
7	1	0.24	0.22	0.21	5.257
7	2	0.26	0.23	0.18	5.220
7	3	0.20	0.19	0.18	6.833
7	4	0.23	0.22	0.21	6.658
7	5	0.24	0.20	0.16	6.424
7	6	0.25	0.24	0.21	5.517
7	7	0.24	0.22	0.21	5.777
7	8	0.21	0.20	0.19	4.148
7	9	0.23	0.22	0.20	5.406
7	10	0.24	0.22	0.21	5.756
8	1	0.24	0.22	0.21	5.855
8	2	0.20	0.19	0.18	4.199
8	3	0.20	0.18	0.17	4.199
8	4	0.21	0.19	0.19	4.222
8	5	0.18	0.17	0.16	4.930

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	6	0.25	0.22	0.19	3.410
8	7	0.21	0.20	0.12	4.475
8	8	0.20	0.19	0.18	4.363
8	9	0.18	0.17	0.16	3.748
8	10	0.23	0.19	0.18	3.640
9	1	0.24	0.22	0.21	6.297
9	2	0.27	0.22	0.20	4.830
9	3	0.19	0.18	0.17	4.864
9	4	0.17	0.16	0.15	4.878
9	5	0.24	0.23	0.23	5.713
9	6	0.24	0.22	0.21	6.448
9	7	0.19	0.17	0.17	7.305
9	8	0.22	0.21	0.20	5.176
9	9	0.19	0.18	0.17	4.280
9	10	0.22	0.19	0.18	4.012

ตารางที่ค2 ผลการวัดสมบัติทางกายภาพของคะน้าที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)
1	1	0.21	0.21	0.20	4.539
1	2	0.24	0.22	0.22	4.073
1	3	0.20	0.18	0.17	4.136
1	4	0.28	0.24	0.23	5.256
1	5	0.21	0.20	0.18	5.339
1	6	0.20	0.18	0.18	5.310
1	7	0.24	0.22	0.19	5.552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	8	0.18	0.18	0.16	4.946
1	9	0.28	0.25	0.24	6.100
1	10	0.21	0.21	0.19	6.517
2	1	0.20	0.19	0.18	4.331
2	2	0.24	0.24	0.23	4.656
2	3	0.22	0.20	0.18	3.771
2	4	0.21	0.20	0.19	3.148
2	5	0.20	0.18	0.18	4.765
2	6	0.24	0.23	0.22	5.033
2	7	0.17	0.17	0.14	5.025
2	8	0.24	0.22	0.21	3.390
2	9	0.24	0.23	0.16	4.514
2	10	0.22	0.21	0.20	5.926
3	1	0.22	0.18	0.17	4.327
3	2	0.20	0.19	0.17	3.842
3	3	0.24	0.22	0.21	5.146
3	4	0.18	0.17	0.17	6.546
3	5	0.19	0.18	0.16	4.157
3	6	0.26	0.22	0.18	5.215
3	7	0.22	0.24	0.24	5.338
3	8	0.26	0.24	0.22	3.677
3	9	0.24	0.23	0.22	4.581
3	10	0.19	0.19	0.18	4.315
4	1	0.22	0.21	0.20	5.222
4	2	0.21	0.20	0.20	6.058
4	3	0.22	0.22	0.21	5.884

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	4	0.18	0.18	0.17	7.235
4	5	0.22	0.21	0.21	4.528
4	6	0.19	0.18	0.18	6.108
4	7	0.20	0.18	0.18	5.072
4	8	0.22	0.19	0.18	4.382
4	9	0.28	0.26	0.24	4.113
4	10	0.21	0.18	0.17	5.286
5	1	0.22	0.21	0.20	5.421
5	2	0.24	0.24	0.20	4.809
5	3	0.26	0.25	0.21	4.309
5	4	0.19	0.18	0.17	5.365
5	5	0.21	0.20	0.19	4.118
5	6	0.21	0.19	0.16	4.276
5	7	0.20	0.19	0.18	3.354
5	8	0.25	0.18	0.18	3.799
5	9	0.21	0.20	0.20	3.457
5	10	0.20	0.19	0.17	3.111
6	1	0.20	0.17	0.17	3.028
6	2	0.20	0.19	0.18	3.726
6	3	0.19	0.19	0.18	3.782
6	4	0.21	0.20	0.19	3.773
6	5	0.18	0.16	0.15	3.707
6	6	0.24	0.23	0.22	4.122
6	7	0.24	0.22	0.21	3.900
6	8	0.20	0.19	0.18	4.938
6	9	0.21	0.20	0.20	4.561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	10	0.21	0.20	0.14	4.193
7	1	0.20	0.19	0.19	3.560
7	2	0.21	0.20	0.19	4.378
7	3	0.19	0.19	0.18	4.085
7	4	0.22	0.21	0.19	2.942
7	5	0.25	0.22	0.21	3.467
7	6	0.21	0.19	0.18	3.915
7	7	0.24	0.23	0.22	3.135
7	8	0.23	0.21	0.18	4.148
7	9	0.22	0.19	0.18	5.019
7	10	0.25	0.24	0.21	4.262
8	1	0.26	0.24	0.22	4.140
8	2	0.22	0.20	0.20	5.036
8	3	0.23	0.21	0.20	4.627
8	4	0.26	0.25	0.24	3.635
8	5	0.22	0.20	0.20	4.351
8	6	0.23	0.22	0.21	4.921
8	7	0.25	0.23	0.22	5.516
8	8	0.24	0.20	0.17	4.025
8	9	0.24	0.23	0.18	3.840
8	10	0.23	0.20	0.18	5.363
9	1	0.24	0.22	0.22	5.358
9	2	0.23	0.21	0.17	4.937
9	3	0.22	0.19	0.16	5.697
9	4	0.26	0.24	0.22	5.924
9	5	0.25	0.22	0.20	4.128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	6	0.22	0.21	0.18	4.357
9	7	0.24	0.23	0.21	3.666
9	8	0.20	0.19	0.17	5.584
9	9	0.22	0.19	0.19	5.508
9	10	0.26	0.25	0.24	4.687

ตารางที่ ค3 ผลการวัดสมบัติทางกายภาพของต้นหอมที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)
1	1	0.23	0.12	0.10	2.524
1	2	0.26	0.16	0.11	2.719
1	3	0.26	0.15	0.09	2.680
1	4	0.24	0.16	0.10	2.344
1	5	0.21	0.14	0.10	2.131
1	6	0.24	0.12	0.09	2.485
1	7	0.23	0.13	0.10	2.542
1	8	0.24	0.14	0.10	2.333
1	9	0.24	0.18	0.10	2.332
1	10	0.25	0.16	0.11	2.232
2	1	0.23	0.16	0.10	3.356
2	2	0.26	0.16	0.10	1.884
2	3	0.28	0.19	0.08	1.884
2	4	0.21	0.14	0.10	1.911
2	5	0.20	0.14	0.12	2.606
2	6	0.24	0.14	0.10	1.930

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	7	0.21	0.16	0.11	2.661
2	8	0.24	0.17	0.11	2.697
2	9	0.24	0.13	0.10	2.561
2	10	0.19	0.16	0.11	2.112
3	1	0.25	0.13	0.09	3.119
3	2	0.24	0.16	0.11	2.736
3	3	0.24	0.14	0.10	3.132
3	4	0.27	0.17	0.09	2.959
3	5	0.21	0.12	0.11	2.848
3	6	0.26	0.16	0.11	2.193
3	7	0.22	0.16	0.09	1.946
3	8	0.25	0.19	0.10	2.848
3	9	0.20	0.17	0.12	2.785
3	10	0.24	0.14	0.10	2.236
4	1	0.24	0.17	0.10	2.267
4	2	0.24	0.16	0.11	1.930
4	3	0.26	0.16	0.12	2.636
4	4	0.24	0.16	0.11	3.025
4	5	0.24	0.17	0.12	4.002
4	6	0.26	0.13	0.09	2.728
4	7	0.26	0.17	0.08	3.296
4	8	0.20	0.14	0.12	3.879
4	9	0.23	0.17	0.09	2.717
4	10	0.21	0.18	0.12	2.186
5	1	0.25	0.14	0.11	2.343
5	2	0.22	0.17	0.12	2.541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	3	0.25	0.19	0.12	2.158
5	4	0.29	0.18	0.12	4.423
5	5	0.24	0.15	0.09	2.517
5	6	0.21	0.17	0.11	2.241
5	7	0.23	0.16	0.11	2.606
5	8	0.25	0.17	0.11	2.166
5	9	0.27	0.16	0.10	2.094
5	10	0.19	0.15	0.12	1.811
6	1	0.26	0.16	0.10	2.373
6	2	0.26	0.14	0.11	3.155
6	3	0.24	0.16	0.10	2.516
6	4	0.26	0.19	0.11	2.326
6	5	0.24	0.17	0.11	2.453
6	6	0.13	0.11	0.10	2.658
6	7	0.23	0.15	0.10	2.380
6	8	0.26	0.15	0.10	2.389
6	9	0.21	0.16	0.12	1.860
6	10	0.24	0.16	0.08	2.243
7	1	0.24	0.18	0.11	3.280
7	2	0.25	0.15	0.11	2.628
7	3	0.24	0.14	0.10	2.246
7	4	0.26	0.19	0.11	2.958
7	5	0.24	0.15	0.10	2.157
7	6	0.26	0.17	0.09	1.827
7	7	0.24	0.17	0.10	2.912
7	8	0.28	0.16	0.11	2.797

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	9	0.24	0.14	0.11	2.145
7	10	0.22	0.16	0.11	2.149
8	1	0.25	0.12	0.08	4.394
8	2	0.29	0.17	0.12	2.242
8	3	0.25	0.16	0.10	2.833
8	4	0.25	0.17	0.11	2.911
8	5	0.26	0.15	0.11	2.182
8	6	0.20	0.14	0.10	3.213
8	7	0.21	0.20	0.08	3.303
8	8	0.22	0.12	0.10	2.725
8	9	0.25	0.16	0.10	3.382
8	10	0.24	0.17	0.12	2.737
9	1	0.24	0.13	0.10	4.162
9	2	0.24	0.18	0.12	2.140
9	3	0.27	0.18	0.08	3.259
9	4	0.24	0.16	0.10	2.519
9	5	0.20	0.18	0.12	2.221
9	6	0.20	0.13	0.10	2.627
9	7	0.28	0.17	0.10	2.313
9	8	0.23	0.15	0.11	3.124
9	9	0.18	0.16	0.09	2.230
9	10	0.19	0.15	0.09	2.357

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค4 ผลการวัดสมบัติทางกายภาพของต้นหอมที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)
1	1	0.28	0.18	0.14	4.731
1	2	0.30	0.20	0.12	4.177
1	3	0.31	0.22	0.11	5.822
1	4	0.29	0.20	0.14	4.347
1	5	0.29	0.16	0.15	3.572
1	6	0.25	0.18	0.12	4.747
1	7	0.28	0.33	0.13	4.256
1	8	0.26	0.20	0.12	3.481
1	9	0.26	0.18	0.14	3.442
1	10	0.33	0.25	0.12	4.782
2	1	0.32	0.25	0.10	5.356
2	2	0.31	0.23	0.12	4.537
2	3	0.29	0.19	0.13	5.059
2	4	0.31	0.25	0.13	5.310
2	5	0.29	0.26	0.12	5.595
2	6	0.33	0.21	0.14	5.110
2	7	0.29	0.23	0.15	4.763
2	8	0.31	0.24	0.12	5.909
2	9	0.29	0.18	0.12	5.274
2	10	0.26	0.19	0.10	6.401
3	1	0.28	0.21	0.12	4.722
3	2	0.34	0.24	0.14	4.230
3	3	0.35	0.19	0.14	3.258
3	4	0.28	0.20	0.13	5.162
3	5	0.31	0.22	0.13	4.500
3	6	0.26	0.22	0.15	4.234
3	7	0.32	0.26	0.14	4.652

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	8	0.29	0.20	0.12	4.700
3	9	0.28	0.20	0.13	5.458
3	10	0.30	0.23	0.11	4.397
4	1	0.32	0.26	0.11	4.337
4	2	0.27	0.26	0.11	5.172
4	3	0.33	0.18	0.16	4.406
4	4	0.24	0.18	0.12	4.199
4	5	0.29	0.18	0.12	3.609
4	6	0.35	0.23	0.12	4.284
4	7	0.34	0.21	0.13	3.136
4	8	0.33	0.21	0.13	4.560
4	9	0.26	0.20	0.10	2.663
4	10	0.28	0.24	0.12	2.865
5	1	0.30	0.22	0.12	5.791
5	2	0.30	0.22	0.11	4.427
5	3	0.27	0.21	0.13	5.645
5	4	0.27	0.26	0.14	3.878
5	5	0.34	0.23	0.12	4.809
5	6	0.28	0.21	0.12	4.702
5	7	0.27	0.18	0.14	4.542
5	8	0.26	0.20	0.13	5.148
5	9	0.32	0.21	0.11	5.294
5	10	0.33	0.23	0.12	5.339
6	1	0.27	0.19	0.10	3.736
6	2	0.30	0.21	0.11	4.099
6	3	0.32	0.22	0.11	3.106
6	4	0.31	0.18	0.16	4.007
6	5	0.23	0.19	0.12	4.213
6	6	0.29	0.19	0.14	5.041
6	7	0.30	0.23	0.10	4.573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	8	0.33	0.24	0.12	4.291
6	9	0.26	0.20	0.15	5.445
6	10	0.29	0.25	0.12	3.665
7	1	0.29	0.20	0.14	4.472
7	2	0.34	0.20	0.09	5.913
7	3	0.30	0.18	0.12	4.478
7	4	0.34	0.26	0.11	6.180
7	5	0.27	0.18	0.15	4.867
7	6	0.30	0.23	0.14	4.456
7	7	0.30	0.19	0.10	5.279
7	8	0.31	0.22	0.11	4.126
7	9	0.30	0.20	0.10	5.806
7	10	0.26	0.21	0.19	5.206
8	1	0.28	0.20	0.09	5.611
8	2	0.34	0.25	0.15	4.155
8	3	0.23	0.23	0.10	4.086
8	4	0.28	0.18	0.12	4.948
8	5	0.32	0.21	0.15	3.668
8	6	0.29	0.19	0.16	4.134
8	7	0.29	0.21	0.11	4.810
8	8	0.31	0.20	0.16	5.221
8	9	0.34	0.25	0.10	4.345
8	10	0.34	0.22	0.17	4.789
9	1	0.34	0.24	0.09	4.833
9	2	0.32	0.25	0.17	6.649
9	3	0.29	0.17	0.12	4.881
9	4	0.33	0.22	0.15	5.036
9	5	0.31	0.20	0.17	4.445
9	6	0.34	0.24	0.15	4.341
9	7	0.31	0.21	0.14	5.349

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	8	0.29	0.18	0.11	3.586
9	9	0.31	0.21	0.15	4.686
9	10	0.30	0.21	0.10	4.303

ตารางที่ ค5 ผลการวัดสมบัติทางกายภาพของแอลแฟลฟาที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)
1	1	0.22	0.18	0.08	2.760
1	2	0.23	0.14	0.10	3.770
1	3	0.22	0.16	0.10	3.662
1	4	0.25	0.14	0.10	2.201
1	5	0.28	0.17	0.09	2.634
1	6	0.22	0.17	0.09	2.772
1	7	0.25	0.18	0.12	2.806
1	8	0.23	0.17	0.11	3.067
1	9	0.20	0.17	0.12	2.521
1	10	0.25	0.16	0.10	2.701
2	1	0.17	0.15	0.10	2.132
2	2	0.20	0.15	0.10	2.234
2	3	0.21	0.18	0.11	3.454
2	4	0.24	0.17	0.11	2.876
2	5	0.25	0.15	0.09	3.260
2	6	0.23	0.14	0.10	2.825
2	7	0.28	0.20	0.11	3.884
2	8	0.24	0.19	0.11	2.973
2	9	0.25	0.16	0.10	2.652
2	10	0.28	0.18	0.10	2.421
3	1	0.19	0.15	0.10	2.107
3	2	0.18	0.13	0.10	1.828

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	3	0.19	0.14	0.10	3.846
3	4	0.30	0.18	0.12	2.607
3	5	0.19	0.16	0.10	2.709
3	6	0.24	0.14	0.10	3.273
3	7	0.23	0.18	0.09	2.991
3	8	0.20	0.18	0.10	3.307
3	9	0.26	0.17	0.11	2.626
3	10	0.26	0.16	0.11	3.108
4	1	0.27	0.12	0.10	3.118
4	2	0.21	0.15	0.10	2.200
4	3	0.24	0.17	0.12	2.541
4	4	0.24	0.20	0.12	2.337
4	5	0.24	0.13	0.12	1.563
4	6	0.21	0.13	0.11	2.731
4	7	0.24	0.18	0.12	2.185
4	8	0.20	0.15	0.12	2.898
4	9	0.16	0.14	0.10	1.798
4	10	0.18	0.17	0.14	2.132
5	1	0.21	0.13	0.09	2.797
5	2	0.21	0.13	0.10	2.205
5	3	0.28	0.14	0.11	3.888
5	4	0.26	0.26	0.14	3.234
5	5	0.25	0.18	0.12	3.369
5	6	0.18	0.13	0.11	2.044
5	7	0.21	0.14	0.11	2.422
5	8	0.24	0.12	0.09	2.373
5	9	0.21	0.16	0.11	2.886
5	10	0.29	0.18	0.12	2.222
6	1	0.20	0.17	0.12	2.998
6	2	0.29	0.18	0.10	3.787

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	3	0.20	0.12	0.08	2.585
6	4	0.24	0.16	0.11	3.347
6	5	0.24	0.15	0.12	3.416
6	6	0.17	0.11	0.11	2.366
6	7	0.20	0.14	0.11	2.447
6	8	0.26	0.17	0.09	3.653
6	9	0.18	0.14	0.11	3.745
6	10	0.28	0.16	0.09	4.610
7	1	0.29	0.17	0.11	2.859
7	2	0.24	0.14	0.08	4.584
7	3	0.24	0.18	0.08	2.762
7	4	0.21	0.14	0.10	3.130
7	5	0.24	0.14	0.08	2.962
7	6	0.25	0.17	0.11	3.919
7	7	0.24	0.18	0.09	2.427
7	8	0.23	0.15	0.10	2.757
7	9	0.28	0.16	0.10	2.708
7	10	0.21	0.16	0.11	2.200
8	1	0.28	0.16	0.10	2.795
8	2	0.25	0.16	0.09	3.363
8	3	0.25	0.17	0.10	2.001
8	4	0.28	0.16	0.14	2.474
8	5	0.25	0.14	0.11	1.782
8	6	0.25	0.16	0.09	3.779
8	7	0.22	0.13	0.09	4.056
8	8	0.24	0.14	0.11	3.229
8	9	0.27	0.16	0.10	3.589
8	10	0.25	0.15	0.10	3.789
9	1	0.17	0.14	0.11	3.038
9	2	0.21	0.12	0.09	1.629

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	3	0.24	0.12	0.09	2.176
9	4	0.19	0.15	0.08	2.125
9	5	0.21	0.13	0.10	3.162
9	6	0.25	0.16	0.12	3.449
9	7	0.26	0.14	0.10	2.559
9	8	0.24	0.14	0.12	3.320
9	9	0.25	0.16	0.08	2.598
9	10	0.30	0.17	0.11	2.356

ตารางที่ ค6 ผลการวัดสมบัติทางกายภาพของแอลแฟลฟาที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	เมล็ดที่	a(mm)	b(mm)	c(mm)	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)
1	1	0.22	0.18	0.08	2.760
1	2	0.23	0.14	0.10	3.770
1	3	0.22	0.16	0.10	3.662
1	4	0.25	0.14	0.10	2.201
1	5	0.28	0.17	0.09	2.634
1	6	0.22	0.17	0.09	2.772
1	7	0.25	0.18	0.12	2.806
1	8	0.23	0.17	0.11	3.067
1	9	0.20	0.17	0.12	2.521
1	10	0.25	0.16	0.10	2.701
2	1	0.17	0.15	0.10	2.132
2	2	0.20	0.15	0.10	2.234
2	3	0.21	0.18	0.11	3.454
2	4	0.24	0.17	0.11	2.876
2	5	0.25	0.15	0.09	3.260
2	6	0.23	0.14	0.10	2.825
2	7	0.28	0.20	0.11	3.884

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	8	0.24	0.19	0.11	2.973
2	9	0.25	0.16	0.10	2.652
2	10	0.28	0.18	0.10	2.421
3	1	0.19	0.15	0.10	2.107
3	2	0.18	0.13	0.10	1.828
3	3	0.19	0.14	0.10	3.846
3	4	0.30	0.18	0.12	2.607
3	5	0.19	0.16	0.10	2.709
3	6	0.24	0.14	0.10	3.273
3	7	0.23	0.18	0.09	2.991
3	8	0.20	0.18	0.10	3.307
3	9	0.26	0.17	0.11	2.626
3	10	0.26	0.16	0.11	3.108
4	1	0.27	0.12	0.10	3.118
4	2	0.21	0.15	0.10	2.200
4	3	0.24	0.17	0.12	2.541
4	4	0.24	0.20	0.12	2.337
4	5	0.24	0.13	0.12	1.563
4	6	0.21	0.13	0.11	2.731
4	7	0.24	0.18	0.12	2.185
4	8	0.20	0.15	0.12	2.898
4	9	0.16	0.14	0.10	1.798
4	10	0.18	0.17	0.14	2.132
5	1	0.21	0.13	0.09	2.797
5	2	0.21	0.13	0.10	2.205
5	3	0.28	0.14	0.11	3.888
5	4	0.26	0.26	0.14	3.234
5	5	0.25	0.18	0.12	3.369
5	6	0.18	0.13	0.11	2.044
5	7	0.21	0.14	0.11	2.422

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	8	0.24	0.12	0.09	2.373
5	9	0.21	0.16	0.11	2.886
5	10	0.29	0.18	0.12	2.222
6	1	0.20	0.17	0.12	2.998
6	2	0.29	0.18	0.10	3.787
6	3	0.20	0.12	0.08	2.585
6	4	0.24	0.16	0.11	3.347
6	5	0.24	0.15	0.12	3.416
6	6	0.17	0.11	0.11	2.366
6	7	0.20	0.14	0.11	2.447
6	8	0.26	0.17	0.09	3.653
6	9	0.18	0.14	0.11	3.745
6	10	0.28	0.16	0.09	4.610
7	1	0.29	0.17	0.11	2.859
7	2	0.24	0.14	0.08	4.584
7	3	0.24	0.18	0.08	2.762
7	4	0.21	0.14	0.10	3.130
7	5	0.24	0.14	0.08	2.962
7	6	0.25	0.17	0.11	3.919
7	7	0.24	0.18	0.09	2.427
7	8	0.23	0.15	0.10	2.757
7	9	0.28	0.16	0.10	2.708
7	10	0.21	0.16	0.11	2.200
8	1	0.28	0.16	0.10	2.795
8	2	0.25	0.16	0.09	3.363
8	3	0.25	0.17	0.10	2.001
8	4	0.28	0.16	0.14	2.474
8	5	0.25	0.14	0.11	1.782
8	6	0.25	0.16	0.09	3.779
8	7	0.22	0.13	0.09	4.056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8	8	0.24	0.14	0.11	3.229
8	9	0.27	0.16	0.10	3.589
8	10	0.25	0.15	0.10	3.789
9	1	0.17	0.14	0.11	3.038
9	2	0.21	0.12	0.09	1.629
9	3	0.24	0.12	0.09	2.176
9	4	0.19	0.15	0.08	2.125
9	5	0.21	0.13	0.10	3.162
9	6	0.25	0.16	0.12	3.449
9	7	0.26	0.14	0.10	2.559
9	8	0.24	0.14	0.12	3.320
9	9	0.25	0.16	0.08	2.598
9	10	0.30	0.17	0.11	2.356

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ตารางแสดงดัชนีความเที่ยงกับสมบัติทางกายภาพแต่ละถาดของคะน้า, ต้นหอม และแอลแฟลฟา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง1. ตารางแสดงผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างของถาดนั้นๆของคะน้าที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	1 (%)	2 (%)	0 (%)	M (%)	Planting index (%)	Precision Planting index (%)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	GMD (mm)	ความเป็นทรงกลม	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	89	2.5	2	6.5	98	91.5	2.060	1.930	1.770	1.916	0.93	3.7877	0.00371	0.0046	1.2331
2	89.5	2.5	3.5	4.5	96.5	92	2.310	2.090	1.840	2.071	0.90	4.2308	0.00471	0.0055	1.1673
3	86	1	4	9	96	87	2.350	2.150	1.910	2.129	0.91	4.6230	0.00511	0.0061	1.1865
4	86.5	3	2.5	8	97.5	89.5	2.280	2.130	1.910	2.101	0.92	4.3164	0.00490	0.0066	1.3441
5	87.5	3.5	5	4	95	91	2.290	2.100	1.840	2.068	0.90	5.2665	0.00469	0.0061	1.3094
6	90	3	5.5	1.5	94.5	93	1.980	1.870	1.750	1.864	0.94	4.3229	0.00341	0.0047	1.3654
7	84	2	9	5	91	86	2.340	2.160	1.960	2.148	0.92	5.6996	0.00523	0.0072	1.3676
8	88	3	4.5	4.5	95.5	91	2.100	1.920	1.740	1.914	0.91	4.3041	0.00371	0.0048	1.2871
9	91.5	2.5	3.5	2.5	96.5	94	2.170	1.980	1.890	2.010	0.93	5.3803	0.00427	0.0056	1.3175

ตารางที่ ง2. ตารางแสดงผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างของถาดนั้นๆของคะน้าที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	1 (%)	2 (%)	0 (%)	M (%)	Planting index (%)	Precision Planting index (%)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	GMD (mm)	ความเป็นทรงกลม	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	71	6.5	15.5	7	84.5	77.5	2.250	2.090	1.960	2.097	0.93	5.1768	0.00485	0.0064	1.3095
2	79.5	8.5	2.5	9.5	97.5	88	2.180	2.070	1.890	2.043	0.94	4.4559	0.00449	0.0057	1.2743
3	79	7.5	4	9.5	96	86.5	2.200	2.060	1.920	2.057	0.93	4.7144	0.00458	0.0057	1.2540
4	79.5	13	2	5.5	98	92.5	2.150	2.010	1.940	2.031	0.94	5.3888	0.00440	0.0059	1.3290
5	86.5	7	2	4.5	98	93.5	2.190	2.030	1.860	2.022	0.92	4.2019	0.00436	0.0050	1.1495
6	88	6	2.5	3.5	97.5	94	2.080	1.950	1.820	1.947	0.94	3.9730	0.00388	0.0045	1.1694
7	74	12.5	3	10.5	97	86.5	2.220	2.070	1.930	2.070	0.93	3.8911	0.00467	0.0050	1.0736
8	84	7.5	3	10.5	97	91.5	2.380	2.180	2.020	2.188	0.92	4.5454	0.00552	0.0059	1.0589
9	75	15.5	3.5	6	96.5	90.5	2.340	2.150	1.960	2.144	0.92	4.9846	0.00520	0.0059	1.1319

ตารางที่ ง3. ตารางแสดงผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างของถาดนั้นๆของต้นหอมที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	1 (%)	2 (%)	0 (%)	M (%)	Planting index (%)	Precision Planting index (%)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	GMD (mm)	ความเป็นทรงกลม	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	11.5	17	21.5	50	78.5	28.5	2.940	2.150	1.240	1.986	0.68	4.7877	0.0026	0.0024	0.9154
2	5.5	13	5	76.5	95	18.5	3.030	2.110	1.190	1.967	0.65	4.7743	0.0026	0.0025	0.9790
3	11	21	4.5	63.5	95.5	32	2.980	2.070	1.080	1.882	0.63	4.6031	0.0026	0.0024	0.9154
4	11	13	4	72	96	24	2.970	2.120	1.170	1.946	0.66	4.4206	0.0026	0.0023	0.8761
5	12	18	8	62	92	30	2.910	2.060	1.130	1.892	0.65	4.7212	0.0026	0.0024	0.9091
6	11	14	12	63	88	25	3.010	2.090	1.270	1.999	0.66	4.9161	0.0026	0.0024	0.9077
7	7	13.5	2.5	77	97.5	20.5	2.830	2.030	1.240	1.924	0.68	4.2002	0.0026	0.0023	0.8808
8	8	15	2.5	74.5	97.5	23	2.980	2.070	1.190	1.943	0.65	4.6720	0.0026	0.0025	0.9510
9	11	12.5	7.5	69	92.5	23.5	3.030	2.140	1.220	1.993	0.66	4.9185	0.0026	0.0024	0.9231

ตารางที่ ง4. ตารางแสดงผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างของถาดนั้นๆของต้นหอมที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	1 (%)	2 (%)	0 (%)	M (%)	Planting index (%)	Precision Planting index (%)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	GMD (mm)	ความเป็นทรงกลม	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	9	20	2	69	98	29	2.850	2.100	1.290	1.976	0.69	3.5133	0.0026	0.0021	0.8248
2	9.5	23	4	63.5	96	32.5	3.000	2.230	1.230	2.019	0.67	5.3314	0.0026	0.0025	0.9731
3	8	13	1.5	77.5	98.5	21	3.010	2.170	1.310	2.045	0.68	4.5313	0.0026	0.0022	0.8531
4	13.5	24.5	2	60	98	38	3.010	2.150	1.220	1.991	0.66	3.9231	0.0026	0.0022	0.8357
5	11.5	24	1	63.5	99	35.5	2.940	2.170	1.240	1.993	0.68	4.9575	0.0026	0.0025	0.9731
6	15.5	24	7.5	53	92.5	39.5	2.900	2.100	1.230	1.957	0.67	4.2176	0.0026	0.0024	0.9359
7	10	22	1.5	66.5	98.5	32	3.010	2.070	1.250	1.982	0.66	5.0783	0.0026	0.0024	0.9371
8	10.5	15	1.5	73	98.5	25.5	3.020	2.140	1.310	2.038	0.67	4.5767	0.0026	0.0024	0.9038
9	12	15	1	72	99	27	3.140	2.130	1.350	2.082	0.66	4.8109	0.0026	0.0025	0.9487

ตารางที่ ง5. ตารางแสดงผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างของถาดนั้นๆของแอลแฟลฟาที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 มม.

ถาดที่	1 (%)	2 (%)	0 (%)	M (%)	Planting index (%)	Precision Planting index (%)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	GMD (mm)	ความเป็นทรงกลม	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น g/cm^3)
1	15	15.5	4	65.5	96	30.5	2.350	1.640	1.010	1.573	0.67	2.8894	0.0020	0.0020	0.9724
2	14.5	14.5	3.5	70.5	96.5	26	2.350	1.670	1.030	1.593	0.68	2.8711	0.0021	0.0020	0.9497
3	11	11	3.5	71.5	96.5	25	2.240	1.590	1.030	1.542	0.69	2.8402	0.0019	0.0019	0.9718
4	18.5	18.5	3	63	97	34	2.190	1.540	1.150	1.571	0.72	2.3503	0.0020	0.0021	1.0439
5	16	16.5	2	65.5	98	32.5	2.340	1.570	1.100	1.593	0.68	2.7440	0.0021	0.0023	1.0728
6	11.5	12	5	71.5	95	23.5	2.260	1.500	1.040	1.522	0.67	3.2954	0.0018	0.0019	1.0455
7	18.5	17	15.5	49	84.5	35.5	2.430	1.590	0.960	1.548	0.64	3.0308	0.0019	0.0021	1.0626
8	13.5	19	3.5	64	96.5	32.5	2.540	1.530	1.030	1.588	0.63	3.0857	0.0021	0.0022	1.0497
9	19	19	18	44	82	38	2.320	1.430	1.000	1.491	0.64	2.6412	0.0017	0.0019	1.0885

ตารางที่ ง6. ตารางแสดงผลความแม่นยำกับสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกลุ่มตัวอย่างของถาดนั้นๆของแอลแฟลฟาที่ทดลองกับหัวดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มม.

ถาดที่	1 (%)	2 (%)	0 (%)	M (%)	Planting index (%)	Precision Planting index (%)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	GMD (mm)	ความเป็นทรงกลม	พื้นที่ภาพฉาย (mm^2)	ปริมาตร (cm^3)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	8.5	17.5	3	71	97	26	2.400	1.460	1.000	1.519	0.63	2.432	0.0018	0.0022	1.1828
2	11.5	15.5	5.5	67.5	94.5	27	2.300	1.550	1.030	1.543	0.67	2.360	0.0019	0.0020	1.0142
3	13.5	23	3	60.5	97	36.5	2.380	1.540	1.020	1.552	0.65	2.680	0.0020	0.0019	0.9667
4	7.5	12.5	0.5	79.5	99.5	20	2.380	1.610	1.060	1.596	0.67	2.867	0.0021	0.0020	0.9513
5	10	18.5	0	71.5	100	28.5	2.400	1.640	1.110	1.635	0.68	2.490	0.0023	0.0020	0.8840
6	10	21	1.5	67.5	98.5	31	2.330	1.550	1.030	1.549	0.66	2.435	0.0019	0.0020	1.0111
7	14.5	12	1	72.5	99	26.5	2.470	1.610	1.050	1.610	0.65	2.510	0.0022	0.0019	0.8815
8	12	20	1	67	99	32	2.420	1.560	1.020	1.567	0.65	2.992	0.0020	0.0021	1.0492
9	12	20	1.5	66.5	98.5	32	2.270	1.590	1.010	1.539	0.68	2.695	0.0019	0.0020	1.0304