



การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงถาดเพาะกล้าแบบอัตโนมัติ

DEVELOPMENT OF THE CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC TRAY
SEEDER

ณัฐพล พิ้วพราหม

NATTAPOL PIWPRAM

ภักดพล เกษศรี

PHAKAPON KETSRI

อนิพนธ์ เพิ่มพูล

ANIPON PERMPOON

ปริญญาานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงถาดเพาะกล้าแบบอัตโนมัติ

DEVELOPMENT OF THE CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC TRAY
SEEDER



ปริญญาานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF THE CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC TRAY
SEEDER



NATTAPOL PIWPRAM

PHAKAPON KETSRI

ANIPON PERMPOON

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE
OF TECHNOLOGY LADKRABANGPRINCE
OF CHUMPHON 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักกลางในถาดเพาะกล้าแบบอัตโนมัติ		
ชื่อนักศึกษา	1. นาย อนุรักษ์ พิพพราหม	รหัสนักศึกษา	60513007
	2. นาย ภัคพล เกษศรี	รหัสนักศึกษา	60513014
	3. นาย อนิพนธ์ เพิ่มพูล	รหัสนักศึกษา	60513027
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.จรัสชัย เย็นพยับ		

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักกลางในถาดเพาะกล้าแบบ 200 หลุม เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน ทำการพัฒนาโดยการนำอุปกรณ์ PLC เข้ามาทำการควบคุมระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆแทนระบบควบคุมเดิม เพื่อให้เครื่องต้นแบบสามารถทำงานแบบต่อเนื่องได้และง่ายต่อการปรับแต่งจังหวะการทำงานและต่อเติมอุปกรณ์อื่นๆ หลังจากพัฒนาเครื่องต้นแบบสำเร็จ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพความแม่นยำในการทำงานของเครื่องต้นแบบ โดยทำการศึกษาระดับผลผลิตของชุดหัวดูด เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเมล็ดพันธุ์ทั้ง 3 ชนิดคือ ฝักซี่ ฝักคะน้ำ และฝักกาดขาว ภายใต้แรงดัน 3 ระดับ คือ 502, 614 และ 1019 Pa และใช้หัวเข็มดูด 3 แบบคือ หัวเข็มแบบไม่มีหัว หัวเข็มแบบกลาง และหัวเข็มแบบใหญ่ เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมแล้วจึงพิจารณาความแม่นยำในการหยอดเมล็ดพันธุ์ (Quality of feed index) โดยทำการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ ชนิดของหัวดูด แรงดันลมที่ใช้ในการดูดเมล็ดของหัวดูด ขนาดของเมล็ดที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่าเครื่องต้นแบบมีความแม่นยำในการหยอดเมล็ดฝักซี่โดยใช้หัวดูดแบบหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 1019 Pa อยู่ที่ 87.5 % เมล็ดฝักคะน้ำโดยใช้หัวดูดแบบหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 614 Pa อยู่ที่ 88.5 % เมล็ดฝักกาดขาวโดยใช้หัวดูดแบบหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa อยู่ที่ 84.5 % เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการหยอดเมล็ดต่อถาดเท่ากับ 55 วินาทีเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนพบว่าสามารถทำงานได้เร็วกว่าคน 8 เท่า เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานประมาณ 60 ถาดต่อชั่วโมง

คำสำคัญ : ความดันลม, เครื่องหยอดเมล็ด, ถาดเพาะกล้า, PLC

Project Title DEVELOPMENT OF THE CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC TRAY SEEDER

Student	Mr. Nattapol Piwpram	Student ID 60513007
	Mr. Phakapon Ketsri	Student ID 60513014
	Mr. Anipon Permpoon	Student ID 60513027
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Agricultural Engineering	
Thesis Advisor	Asst Prof. Charatchai Yenphayab	

ABSTRACT

This project aims to develop a vegetable seeder prototype for the 200 cells nursery tray substitute the human labor. It implements the Programmable Logic Control (PLC) unit to control all devices instead of the manual mode control like the previous prototype. Therefore, the new prototype proposes many advancements such as continuous seeds growing, ease of adjusting the operation setup, and equipable the additional modules. After successfully developing the prototype, it was conducted to determine the optimal setup for the precise seeds drill of the three vegetable seeds, including the coriander seed, kale seed, and Chinese cabbage seed. The operational setups are the suction pressure and the suction head. The experiments varied three suction pressure levels such as 502, 614, and 1019Pa and varied three types of the suction head as needleless, middle needle, and a large needle. The optimal setups are the condition that provides the highest precision seed drill, which defines by the quality of feed index (number of the single seed drills in the nursery tray). The results showed that the optimal setup for the coriander seeding using a large needle nozzle with a vacuum pressure of 1,019Pa provide the quality of feed index (QOF) at 87.5%, the Kale seeds using a large needle nozzle with a vacuum pressure of 614 Pa provide QOF at 88.5 %. The Chinese cabbage seeds using a large needle nozzle to adjust the vacuum pressure of 502 Pa provide QOF at 84.5%. The prototype spends 55 seconds for one tray sowing faster than the manual sowing about eight times. The prototype has a working capacity of 60 trays per hour.

Keywords: Air pressure, Automatic tray seeder, Seedling tray, PLC

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จได้เพราะความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรูญชัย เย็นพยับ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเสมอมา ขอขอบคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และขอขอบคุณนายชัชวาล สายสมุทร วิทยากร ผู้ให้ความรู้เรื่องระบบควบคุม และขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นๆที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนเพื่อนๆต่างกลุ่มที่ให้ความช่วยเหลือ

และต้องขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่ให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ในทุกๆด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณและกราบขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

นายณัฐพล ผิวพราหม
นายภักพล เกษศรี
นายอนิพนธ์ เพิ่มพูล
2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์	3
1.3 สมมุติฐานของการศึกษาของปริญญาานิพนธ์	3
1.4 ทฤษฎี หรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษาของปริญญาานิพนธ์	3
1.5 ขอบเขตงานของปริญญาานิพนธ์	4
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานโครงการงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การปลูกพืชที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	5
2.2 การเพาะเมล็ดในสภาพเพาะที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	6
2.3 ชนิดของอุปกรณ์ย้ายเมล็ดลงในสภาพเพาะกล้าหรือเครื่องปลูกพืชลงในสภาพเพาะกล้า	8
2.4 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic control : PLC)	11
2.5 แรงดันและความดัน (Force and Pressure)	11
2.6 หลักการประเมินเมล็ดพันธุ์เพื่อเลือกขนาดชุดหัวดูดที่เหมาะสม	12
2.7 หลักการประเมินผลของเครื่องหยอดเมล็ด และการนำไปประยุกต์ใช้ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ด	13
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	18
3.1 แนวคิดหลักในการพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผู้ผลัดสภาพเพาะกล้าแบบอัตโนมัติ	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่อง	20
3.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด	20
3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดฝักที่นำไปใช้ในการทดสอบ	23
3.5 ชนิดของหัวดูดเมล็ดที่นำมาทดสอบ	23
3.6 วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา	26
3.7 ทดสอบหาความแม่นยำในการหยอดเมล็ดของเครื่องต้นแบบ(หลังจากปรับปรุงกลไกถาดบรรจุเมล็ด + ใช้คนควบคุมลมดูด-เป่า)	28
3.8 การพิจารณาผลการทดสอบและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการหยอดเมล็ดฝักแต่ละชนิด	31
3.9 การปรับปรุงระบบควบคุม(การเปิดปิดของลมดูด-เป่า อัตโนมัติ)และทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในการหยอดเมล็ดแบบต่อเนื่อง 20 ถาด	31
3.10 การปรับปรุงระบบควบคุมกลไกเครื่องต้นแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ PLC และทดสอบการหยอดเมล็ดแบบต่อเนื่อง	35
3.11 การเก็บข้อมูลการทดลองและการประเมินความแม่นยำของการหยอดเมล็ด	51
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	53
4.1 ทำการทดลองจากเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 ถาดของแต่ละชุดหัวดูดและแต่ละค่าความดันที่กำหนด	53
4.2 ทำการทดลองจากเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของแต่ละชุดหัวดูดและแต่ละค่าความดันที่กำหนดเพื่อหาค่าการทดลองที่เหมาะสมต่อเมล็ดพันธุ์นั้นๆ	61
4.3 ทำการทดลองการทำงานต่อเนื่องกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์	65
4.4 ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน	71
4.5 ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ถาด	75
4.6 ทำการทดลองระยะเวลาในการทำงานของเครื่องและทำการเปรียบเทียบของเครื่องทั้ง 3 ขั้นตอน	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	78
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	82
5.1 สรุปผลงานวิจัย	82
5.2 ปัญหาที่พบจากการทดลอง	84
5.3 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	88
ภาคผนวก ก โครงสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักกลางคาดเพาะกล้า	89
ภาคผนวก ข ผลการทดลองจากเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดเปรียบเทียบแต่ละชุดหัวดูดเมล็ดและแต่ละค่าความดัน	100
ภาคผนวก ค ผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดเมล็ดที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม	110
ภาคผนวก ง ผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดเมล็ดที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน	114
ประวัติผู้เขียน	118

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงข้อมูลของเมล็ดพันธุ์ฝัก	23
3.2	แสดงขนาดของหัวดุกเมล็ด	24
3.3	การออกแบบหัวดุกเมล็ด	25
3.4	เงื่อนไขการทดลองแบบต่อเนื่อง 20 ถาด	31
3.5	เงื่อนไขการทดลองที่ใช้ระบบ PLC ในการควบคุมการทำงาน	36
4.1	ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 ถาดแต่ละชนิดหัวดุกและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักซี	53
4.2	ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชนิดหัวดุกและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักคะน้ำ	56
4.3	ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชนิดหัวดุกและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักกาดขาว	58
4.4	ข้อมูลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแต่ละชนิดหัวดุกและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักซี	61
4.5	ข้อมูลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแต่ละชนิดหัวดุกและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักคะน้ำ	62
4.6	ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชนิดหัวดุกและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักกาดขาว	64
4.7	ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดฝักซี ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด	65
4.8	ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดฝักคะน้ำ ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด	67
4.9	ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดฝักกาดขาว ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด	69
4.10	ข้อมูลค่าประสิทธิภาพของเมล็ดฝักซีที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน	71
4.11	ข้อมูลค่าประสิทธิภาพของเมล็ดฝักคะน้ำที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน	72
4.12	ข้อมูลค่าประสิทธิภาพของเมล็ดฝักกาดขาวที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน	74
4.13	ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ฝักที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน	75
4.14	ข้อมูลเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด	77
4.15	ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักระบบอัตโนมัติลงถาดเพาะกล้า	78
ข.1	แสดงผลการทดลองเมล็ดฝักซี ไม่มีหัวเข็ม แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	101
ข.2	แสดงผลการทดลองเมล็ดฝักซี หัวเข็มกลาง แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.3	แสดงผลการทดลองเมล็ดฝักซี่ หัวเข็มใหญ่ แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	103
ข.4	แสดงผลการทดลองเมล็ดคคะน้ำ ไม่มีหัวเข็ม แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	104
ข.5	แสดงผลการทดลองเมล็ดคคะน้ำ หัวเข็มกลาง แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	105
ข.6	แสดงผลการทดลองเมล็ดคคะน้ำ หัวเข็มใหญ่ แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	106
ข.7	แสดงผลการทดลองเมล็ดกาดขาว ไม่มีหัวเข็ม แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	107
ข.8	แสดงผลการทดลองเมล็ดกาดขาว หัวเข็มกลาง แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	108
ข.9	แสดงผลการทดลองเมล็ดกาดขาว หัวเข็มใหญ่ แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด	109
ค.1	แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักซี่ ทั้งหมด 20 ถาด	111
ค.2	แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักคคะน้ำ ทั้งหมด 20 ถาด	112
ค.3	แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักกาดขาว ทั้งหมด 20 ถาด	113
ง.1	แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักซี่ โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน ทั้งหมด 5 ถาด	115
ง.2	แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดคคะน้ำ โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน ทั้งหมด 5 ถาด	116
ง.3	แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักกาดขาว โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน ทั้งหมด 5 ถาด	117

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เตรียมอุปกรณ์ปลูกเมล็ดพันธุ์ผัก (ถาดเพาะเมล็ด)	6
2.2	หยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงถาดเพาะเมล็ด	6
2.3	รดน้ำหลังจากกลบเมล็ดแล้ว	7
2.4	เตรียมอุปกรณ์ปลูกเมล็ดพันธุ์ผัก (ตะกร้า)	7
2.5	โรยเมล็ดพันธุ์ผักลงตะกร้า	7
2.6	รดน้ำหลังจากกลบเมล็ดแล้ว (ตะกร้า)	8
2.7	อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเมล็ดแบบ SEM 100 (Seeder)	8
2.8	อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเมล็ดแบบ GGSCX-750	9
2.9	อุปกรณ์ย้ายเมล็ดแบบ SHH-100A	10
2.10	อุปกรณ์ย้ายเมล็ดแบบ Low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays	10
2.11	หลักการพื้นฐานของ PLC	11
2.12	อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์	12
3.1	ส่วนประกอบของเครื่อง	19
3.2	แผนผังแสดงการทำงาน	20
3.3	ตำแหน่งของ Limit switch	21
3.4	เครื่องดูดฝุ่น	22
3.5	โบลเวอร์	22
3.6	เมล็ดพันธุ์ที่นำมาทดสอบ	23
3.7	หัวเข็มใหญ่	24
3.8	หัวเข็มกลาง	24
3.9	ไม่มีหัวเข็ม	24
3.10	แสดงการ Simulation แรงดันลมดูด	26
3.11	อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม	27
3.12	ถาดบรรจุเมล็ดที่ทำจากโฟม	27
3.13	ถาดบรรจุเมล็ดที่ทำจากแผ่นอะคริลิก	28
3.14	ตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องต้นแบบ	29
3.15	Limit switch ที่เพิ่มเข้าไปในตำแหน่งที่ 13 และ 14	31
3.16	วงจรไฟฟ้าเครื่องต้นแบบที่ทำงานแบบต่อเนื่อง	32
3.17	อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ด	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.18	อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ด	33
3.19	เครื่องหยอดเมล็ดต้นแบบ	36
3.20	เครื่องหยอดเมล็ดที่ใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน	36
3.21	แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 1 ถึง 2	37
3.22	แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 3 ถึง 4	38
3.23	แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 4 ถึง 6	39
3.24	แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 7 ถึง 8	40
3.25	แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 8 ถึง 9	41
3.26	วงจรไฟฟ้าเครื่องต้นแบบที่ใช้ระบบ PLC	44
3.27	PLC	45
3.28	Push button switch	45
3.29	Switch on/off	45
3.30	Digital display pressure sensor	46
3.31	Buzzer Alarm	46
3.32	เครื่องต้นแบบที่ใช้ระบบ PLC	48
3.33	ตำแหน่งอุปกรณ์หน้าตู้ควบคุม	48
3.34	กล่องควบคุมมอเตอร์หัวดูดเมล็ด	49
3.35	กล่องควบคุมมอเตอร์ถาดบรรจุเมล็ด	49
3.36	Limit switch ตัวที่ 1	50
3.37	Limit switch ตัวที่ 2 และโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่น	50
3.38	ตัวอย่างตารางผลการทดลอง	52
3.39	ตัวอย่างถาดเพาะเมล็ด	52
4.1	กราฟแสดง Quality of feed index ของเมล็ดฝักซี่	54
4.2	กราฟแสดง Double index ของเมล็ดฝักซี่	54
4.3	กราฟแสดง Multiple index ของเมล็ดฝักซี่	54
4.4	กราฟแสดง Missing index ของเมล็ดฝักซี่	55
4.5	กราฟแสดง Quality of feed index ของเมล็ดฝักคะน้ำ	56
4.6	กราฟแสดง Double index ของเมล็ดฝักคะน้ำ	57
4.7	กราฟแสดง Multiple index ของเมล็ดฝักคะน้ำ	57
4.8	กราฟแสดง Missing index ของเมล็ดฝักคะน้ำ	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	กราฟแสดง Quality of feed index ของเมล็ดผักกาดขาว	59
4.10	กราฟแสดง Double index ของเมล็ดผักกาดขาว	59
4.11	กราฟแสดง Multiple index ของเมล็ดผักกาดขาว	59
4.12	กราฟแสดง Missing index ของเมล็ดผักกาดขาว	60
4.13	กราฟแสดง Seeds catching performance ของเมล็ดผักชี	61
4.14	กราฟแสดง Seeds catching performance ของเมล็ดผักคะน้า	63
4.15	กราฟแสดง Seeds catching performance ของเมล็ดผักกาดขาว	64
4.16	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักชี	66
4.17	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักคะน้า	68
4.18	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักกาดขาว	70
4.19	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานของเมล็ดผักชีโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน	71
4.20	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานของเมล็ดผักคะน้าโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน	73
4.21	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานของเมล็ดผักกาดขาวโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน	74
4.22	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน	76
4.23	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 3 ชั้นตอน	77
5.1	ปัญหาการเกิดหลุมจากการทำงานต่อเนื่อง	84
5.2	มอเตอร์ขนาดเล็ก	85
ก.1	เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้า	90
ก.2	โครงสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดขาว	91
ก.3	โครงสร้างตู้ควบคุมเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดขาว	92
ก.4	โครงสร้างตำแหน่งติดตั้งมอเตอร์	93
ก.5	ชุด Ball Bearing Linear Rail Support ที่ช่วยรับแรงของชุดยกถาดบรรจุเมล็ด	94
ก.6	แผ่นเหล็กที่ชุด Ball Bearing Linear Rail Support ที่ช่วยรับแรงของชุดกลไกหัวดูดเมล็ด	95
ก.7	ชุดหัวดูดเมล็ด	96

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ก.8	ชุด Ball Bearing Linear Rail Support ที่ช่วยรับแรงของชุดยกถาดบรรจุ เมล็ด	97
ก.9	อุปกรณ์วางถาดเพาะเมล็ด	98
ก.10	ชุดกลไวยกถาดเพาะเมล็ด	99



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากรายงาน The World of Organic Agriculture ปี2019 ข้อมูลจากเว็บไซต์greenet.or.th พบว่าแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคผักออร์แกนิกกำลังเพิ่มขึ้น ตลาดเกษตรอินทรีย์โลกขยายตัว ราว 9.6% รวมมีมูลค่า 106 พันล้านยูโร (3.71 ล้านล้านบาท) โดยตลาดออร์แกนิกที่ใหญ่ที่สุดคือ สหรัฐอเมริกา (44.7 พันล้านยูโร) รองลงมาคือ เยอรมัน (12.0 พันล้านยูโร) และฝรั่งเศส (11.3 พันล้านยูโร) รูปแบบตลาดการค้าผักกำลังจะเปลี่ยนไป ผู้บริโภคจะเป็นตัวกำหนดตลาดโดยกลุ่มผู้รับประทานผักที่ปลอดภัยและต้องการดูแลสุขภาพ เกษตรกรในประเทศไทยทำธุรกิจที่เกี่ยวข้อง ผักกำลังได้รับความนิยม อาทิ ผักสลัด ผักสวนครัว และจากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ผู้คนต้องอยู่บ้านงดเว้นการเดินทาง ข้อมูลจากเว็บไซต์ กรมการพัฒนาชุมชน เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2564 นายสุทธิพงษ์ จุลเจริญ อธิบดีกรมการพัฒนาชุมชน ร่วมลงนามบันทึกข้อตกลง (MOU) ระหว่าง กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย กับ บริษัท อีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด เริ่มนโยบายปลูกผักสวนครัว รั้วกินได้ ไร่บริโภคในครัวเรือน ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ระลอกที่ 2 รมรณรงค์ให้ประชาชนที่หยุดอยู่กับบ้าน ปลูกผักไว้รับประทานเองและอาจเป็นจุดเริ่มต้นของธุรกิจผัก การปลูกผักที่ดีต้องเริ่มการเพาะเมล็ดโดยการเพาะเมล็ดจะต้องเพาะเมล็ดในถาดเพาะ หยอดเมล็ดลงในหลุม เพื่อให้เจริญเติบโต ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการเพาะเมล็ดให้มีความแม่นยำในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เมล็ดเจริญเติบโตได้ดี

กระบวนการเพาะเมล็ดเป็นสิ่งสำคัญในการปลูกผัก เนื่องจากผักจะแข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดีต้องเริ่มจากการเพาะเมล็ดให้ต้นกล้ามีความแข็งแรง เช่น การหยอดลงในแปลงปลูกจริง การหว่านในแปลง การเพาะจากถาดเพาะเมล็ด การเพาะแบบสุดท้ายจะให้ผลที่ดีกว่า เพราะสามารถควบคุมตัวแปรที่จะทำให้ผักเจริญเติบโตได้ อาทิ ศัตรูพืช ดินปลูก แร่ธาตุอาหาร ได้ง่ายกว่าการเพาะในแปลงจริง ในส่วนของการเพาะเมล็ดมีสิ่งสำคัญที่จะขาดไม่ได้คือ แรงงานคน ข้อมูลจากการทดสอบหยอดเมล็ดผักชี トラศรแดงด้วยตนเองพบว่า ในการหยอดเมล็ดลงในถาดเพาะชนิด 200 หลุม คนงาน 1 คนสามารถหยอดเมล็ดได้ 8 ถาดต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าการหยอดเมล็ดโดยใช้แรงงานคน ใช้เวลานานมากและข้อมูลจากเว็บไซต์กระทรวงแรงงาน ค่าแรงขั้นต่ำอยู่ที่ 313 บาทต่อวัน ดังนั้นจึงมีการนำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานเพื่อที่จะประหยัดต้นทุนและลดเวลาในการหยอดเมล็ด

การนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศที่ใช้ในกระบวนการหยุดเมลต์มีราคาแพง ตัวอย่างเครื่องหยุดเมลต์จากเว็บไซต์ jsgrowgreen รุ่น GGSCX-750 ที่มีหัวดูดเมลต์ 32-288 หัวสามารถทำงานได้ 750 ถาดต่อชั่วโมงมีราคาประมาณ 250,000-380,000 บาท จะเห็นได้ว่าราคาของเครื่องที่จะนำเข้ามาใช้งานมีราคาที่สูง น้ำเพชร อินกับจันทร์ และคณะ ได้พัฒนาเครื่องหยุดเมลต์แบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถหยุดเมลต์ได้ที่ละ 200 หลุมโดยในจังหวะดูดเมลต์ใช้แรงงานคนในการยกถาดบรรจุเมลต์ พลวัต ศิริรักษ์ และคณะได้พัฒนากลไกการยกถาดบรรจุเมลต์ในจังหวะดูดเมลต์โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ มอเตอร์ Limit switch และ Timer relay เข้ามาควบคุมจังหวะการทำงาน แต่อุปกรณ์เหล่านี้ยังไม่สามารถควบคุมจังหวะการทำงานได้ดีพอ เนื่องจากเมื่อทำงานไปประมาณ 25 รอบการควบคุมจังหวะการทำงานจะเกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวงจรควบคุมที่ช่วยในการหยุดเมลต์ลงถาดเพาะให้มีความแม่นยำและสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

โดยเครื่องจักรต้นแบบของ พลวัต ศิริรักษ์ และคณะได้ออกแบบกลไกการยกถาดบรรจุเมลต์โดยส่งกำลังหมุนๆจากมอเตอร์ผ่าน Lead screw ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และมีอุปกรณ์เปลี่ยนกำลังจากการเคลื่อนที่แนวแกน X ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y เครื่องจักรยังมีระบบกึ่งอัตโนมัติต้องใช้ผู้ควบคุมเครื่องจำนวน 3-4 คนในการทำงาน ในการทำงานมีการแยกการทำงานหลักๆได้ 2 ชุดกลไก คือ 1.ชุดกลไกการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมลต์ 2.ชุดกลไกการยกถาดบรรจุเมลต์ ซึ่งชุดกลไกทั้ง 2 ยังมีจังหวะการทำงานที่ยังไม่สอดคล้องกัน การทำงานผู้ควบคุมจะต้องเครื่องเปิดสวิตซ์หัวดูดเมลต์และสวิตซ์ถาดใส่เมลต์พร้อมกันจึงจะสามารถทำงานได้อย่างสอดคล้องและถูกจังหวะ เมื่อทำงานไประยะเวลาหนึ่งหัวดูดเมลต์และถาดบรรจุเมลต์ จะพบจังหวะการทำงานที่ไม่สอดคล้องกัน เช่น ในจังหวะที่หัวดูดเมลต์ยังมาไม่ถึงตำแหน่งที่จะดูดเมลต์ แต่ถาดบรรจุเมลต์มารอในตำแหน่งที่จะดูดเมลต์ ทำให้หัวดูดที่เคลื่อนกำลังเคลื่อนที่มาตำแหน่งดูดเมลต์ชนกับขอบของถาดบรรจุเมลต์ ทำให้หัวดูดเมลต์เกิดการหักงอได้ การควบคุมลมดูดสำหรับดูดเมลต์และลมเป่าสำหรับพ่นลมปล่อยเมลต์ยังต้องอาศัยคนในการเปิดปิดเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นทีมวิจัยจึงเห็นสมควรที่ต้องปรับแก้เพื่อทำให้เครื่องจักรต้นแบบ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถทำงานต่อเนื่องโดยใช้คนควบคุมการทำงานเพียงคนเดียว นอกจากนี้ยังพบปัญหาในเครื่องต้นแบบคือ ความแม่นยำในการหยุดเมลต์ลงในหลุม อาทิ บางหลุมมีเมลต์มากกว่า 1 เมลต์หรือบางหลุมไม่มีเมลต์อยู่เลย จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเครื่องต้นแบบมีความแม่นยำในการหยุดเมลต์เพียงแค่ร้อยละ 70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยปรับปรุงวงจรการควบคุมการทำงานของเครื่องหยุดเมลต์ ให้มีการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอนและสามารถทำงานได้ต่อเนื่องโดยอาศัย Limit switch และ Timer

relay รวมถึงการใช้ระบบ PLC เข้ามาควบคุมและศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการหยุดเมลต์ ได้แก่ ขนาดของเมลต์พันซ์ ขนาดของหัวเข็มที่ใช้ในการดูด แรงดันลมในการดูดเมลต์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญานิพนธ์

- 1.2.1 เพื่อพัฒนากลไกเครื่องต้นแบบให้ทำการหยุดเมลต์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 1.2.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการหยุดเมลต์ลงภาคเพาะโดยการปรับแรงลมดูด 3 ระดับและหัวดูดเมลต์ 3 แบบในเงื่อนไขการทำงานแบบต่อเนื่อง
- 1.2.3 เพื่อพัฒนางจรควบคุมเครื่องต้นแบบให้มีการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอน และมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาให้เป็นระบบอัตโนมัติในอนาคต
- 1.2.4 ศึกษาความแม่นยำในการหยุดเมลต์ และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบเมื่อมีการทำงานแบบต่อเนื่อง

1.3 สมมุติฐานของการศึกษาของปฏิญานิพนธ์

1.3.1 การพัฒนากลไกหยุดเมลต์ให้แม่นยำทำได้โดยการปรับปรุง การทำงานในจังหวะการดูดเมลต์โดยการปรับปรุง 1)ชุดกลไกยกถาดบรรจุเมลต์ 2)เปลี่ยนถาดบรรจุเมลต์สามารถมีเมลต์กองอยู่ในถาดสูง 25 มม.จากพื้นถาด 3)ปรับระยะห่างของหัวดูดกับพื้นถาดบรรจุเมลต์ที่เหมาะสมในจังหวะดูด 4)ปรับตำแหน่งการติดตั้ง Limit switch และการปรับTimer relay ที่เหมาะสมในการทำงาน

1.3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความแม่นยำของการหยุดเมลต์ คือ ขนาดของหัวดูดและขนาดของแรงดันลมที่เหมาะสมกับเมลต์พันซ์ฝักแต่ละชนิด โดยกำหนดระยะห่างของหัวดูดกับพื้นถาดบรรจุเมลต์ให้เหมาะสม เมื่อใช้กับเมลต์พันซ์แต่ละชนิด

1.3.3 การติดตั้ง Limit switch เพิ่มเติมและใช้ Timer relay เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ จะทำให้เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้แบบต่อเนื่องโดยไม่ส่งผลต่อความแม่นยำ และประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบลดลง

1.3.4 การประยุกต์ใช้ PLC ในการควบคุมการทำงานและช่วยลดความซับซ้อนของกลไกต้นแบบ และช่วยให้เครื่องจักรต้นแบบทำงานได้ดีขึ้น

1.4 ทฤษฎี หรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษาของปฏิญานิพนธ์

1.4.1 เครื่องหยุดเมลต์พันซ์ฝักลงภาคเพาะกล้าแบบ 200 หลุมใช้ลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่นซึ่งมีปริมาณลมมาก ถึงแม้แรงดันลมอาจน้อยกว่าระบบปั๊มสุญญากาศ แต่ก็มีความเหมาะสมสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานนี้ โดยเลือกใช้หัวชุดแบบหัวเข็มที่มีขนาดเหมาะสม และปรับแรงดันลมอย่างเหมาะสม สามารถดูดเมล็ดพันธุ์ฝักที่มีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักที่แตกต่างกัน 3 ชนิดได้ ทำให้ระบบหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักลงถาดเพาะกล้าแบบ 200 หลุม สามารถทำงานได้อย่างมีความแม่นยำสูง โดยทดสอบด้วยแรงลมดูด 3 ระดับ หัวชุด 3 ขนาดและเมล็ดพันธุ์ 3 ชนิด

1.4.2 ระบบการทำงานของกลไกต้นแบบ มีขั้นตอนการทำงานที่แน่นอนจึงสามารถปรับปรุงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบให้มีการทำงานแบบต่อเนื่องได้โดยใช้ Limit switch และ Timer relay เพื่อควบคุมมอเตอร์ 2 ตัว เครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ เพื่อให้การทำงานของเครื่องต้นแบบใช้คนควบคุมเครื่องเพียงคนเดียว เป็นการลดการใช้แรงงานในการหยอดเมล็ดพันธุ์ฝัก โดยยังมีความแม่นยำและใช้เวลาในการทำงานลดลงอีกด้วย

1.4.3 ระบบควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่องสามารถพัฒนาให้มีความซับซ้อนของกลไกน้อยลง และควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น โดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ด้วยอุปกรณ์ PLC (Programmable logic Control) ทดแทน Limit switch และ Timer relay ได้

1.5 ขอบเขตงานของปริญญานิพนธ์

1.5.1 ถาดเพาะขนาด 53x27 cm. จำนวนหลุมมีทั้งหมด 200 หลุม

1.5.2 ใช้เมล็ดพันธุ์ 3 ชนิดคือ ฝักซี ฝักคะน้า และฝักกาดขาว

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานโครงการ

1.6.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องหยอดเมล็ด

1.6.2 ทำการตรวจสอบและศึกษาเครื่องต้นแบบ

1.6.2 จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงและการทดลอง

1.6.3 ทำการปรับปรุงถาดใส่เมล็ดและเก็บผลการทดลอง เปรียบเทียบแรงลมดูด 3 ระดับ หัวชุด 3 ชนิด และเมล็ดพันธุ์ฝัก 3 ชนิด

1.6.4 ทำการปรับปรุงวงจรควบคุมเครื่องต้นแบบ โดยใช้ Limit switch เข้ามาเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และเก็บผลการทดลอง เมื่อทำงานแบบต่อเนื่อง

1.6.5 ทำการปรับปรุงวงจรควบคุมเครื่องต้นแบบ โดยใช้ PLC เข้ามาเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และเก็บผลการทดลอง เมื่อทำงานแบบต่อเนื่อง

1.6.6 จัดทำรูปเล่ม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลูกพืชที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

การปลูกพืชเป็นขั้นตอนในกระบวนการเพาะปลูกที่จะทำให้พืชเจริญเติบโต โดยเริ่มจากการเพาะเมล็ดให้งอก หรือการใช้ส่วนที่พืชเจริญเติบโตแล้วนำไปผ่านกระบวนการให้เกิดราก เพื่อย้ายหรือขยายพันธุ์แล้วนำไปปลูกจริง หลังจากที่พืชเจริญเติบโตแล้ว เราก็ต้องดูแลรักษา ให้ปุ๋ยรดน้ำ เพื่อให้เกิดผลผลิต

2.1.1 การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง

คือการปลูกกับพื้นที่หรือแปลงที่จัดเตรียมไว้โดยตรง เช่น การหว่านเมล็ด การหยอดเป็นหลุม เป็นต้น วิธีการดังกล่าวควรใช้กับพืชที่มีการทนต่อสภาพแวดล้อม มีน้ำในดินที่เพียงพอและไม่มีศัตรูพืชที่จะมาทำลายเมล็ด การเลือกเมล็ดที่จะนำมาปลูกด้วยวิธีนี้ เช่น เมล็ดที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถนำมาเพาะในถาดได้ เมล็ดที่มีราคาถูก เพราะการหว่านเมล็ดต้องใช้เมล็ดเป็นจำนวนมากในการหว่าน เมล็ดที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นและลำต้นตั้งตรงเร็วและสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ที่แออัด

2.1.2 การปลูกโดยใช้ส่วนเจริญของพืช

คือการปลูกโดยใช้ส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นพืชที่เจริญเติบโตแล้ว ผ่านกระบวนการบังคับให้เกิดรากพืชเฉพาะส่วน เช่น การปักชำ การตอนกิ่ง การติดตา การต่อกิ่ง เป็นต้น วิธีการดังกล่าวนิยมใช้กับพืชที่ต้องการให้พืชต้นใหม่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับต้นแม่ และการปลูกวิธีนี้ใช้ระยะเวลาเร็วกว่าการปลูกโดยใช้เมล็ด เพราะไม่ต้องรอให้เมล็ดเจริญเติบโต

2.1.3 การปลูกโดยวิธีย้ายต้นกล้า

คือการปลูกโดยการเพาะต้นกล้าให้มีความแข็งแรงก่อนที่จะย้ายไปสู่แปลงจริง เช่น การเพาะกล้าในแปลงเพาะ การเพาะกล้าในภาชนะปลูก เป็นต้น วิธีการดังกล่าวนิยมใช้กับพืชที่ต้องการ การดูแลรักษา เมล็ดอาจมีราคาสูง เราสามารถควบคุมข้อจำกัดต่างๆได้ เช่น อุณหภูมิ น้ำ ศัตรูพืช ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเมล็ด

2.2 การเพาะเมล็ดในถาดเพาะที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

เป็นการเตรียมความพร้อมของวัสดุที่จะนำมาเพาะต้นกล้าก่อนที่จะนำไปปลูก เช่น การใช้ตะกั่วเพาะ การใช้ถาดพลาสติกที่มีจำนวนหลุมตั้งแต่ 60-200 หลุม เป็นต้น การเลือกดินเพาะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า เพราะปริมาณของดิน และส่วนผสมของดินเพาะจะทำให้ต้นกล้าของแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ไม่เท่ากัน

2.2.1 การใช้ถาดพลาสติกในการเพาะเมล็ด

ขั้นแรก เตรียมดินและถาดเพาะที่ใช้ในการปลูก นำดินใส่ถาดเพาะจนเต็มทุกหลุม หลังจากนั้นใช้นิ้วกดลงไปหลุม ให้เป็นรูที่มีความลึกเสมอกัน



รูปที่ 2.1 เตรียมอุปกรณ์ปลูกเมล็ดพันธุ์ผัก (ถาดเพาะเมล็ด)

ขั้นที่สอง นำเมล็ดที่เตรียมไว้หยอดลงไปหลุม ควรหยอดไว้ประมาณ 2-3 เมล็ดต่อหลุม เพื่อป้องกันเมล็ดใดเมล็ดหนึ่งไม่งอก หลังจากนั้นกลบด้วยดินบางๆ ไม่ต้องแน่นจนเกินไป



รูปที่ 2.2 หยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงถาดเพาะเมล็ด

ขั้นที่สาม รดน้ำพอชุ่มและนำถาดเพาะไปวางในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก



รูปที่ 2.3 รดน้ำหลังจากกลบเมล็ดแล้ว

2.2.2 การใช้ตะกร้าในการเพาะเมล็ด

ขั้นแรก เตรียมดินและตะกร้าที่ใช้ในการปลูก วางกระดาษหนังสือพิมพ์ลงไปรองพื้นในตะกร้า หลังจากนั้นใส่ดินให้ทั่วตะกร้า สูงประมาณ 5 เซนติเมตร



รูปที่ 2.4 เตรียมอุปกรณ์ปลูกเมล็ดพันธุ์ผัก (ตะกร้า)

ขั้นที่สอง โรยเมล็ดให้ทั่วตะกร้า หลังจากนั้นกลบด้วยดินบางๆ ไม่ต้องแน่นจนเกินไป



รูปที่ 2.5 โรยเมล็ดพันธุ์ผักลงในตะกร้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่สาม รดน้ำพุ่มและนำตะกร้าไปวางในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก



รูปที่ 2.6 รดน้ำหลังจากกลบเมล็ดแล้ว (ตะกร้า)

2.3 ชนิดของอุปกรณ์ย้ายเมล็ดลงในถาดเพาะกล้าหรือเครื่องปลูกพืชลงในถาดเพาะกล้า

2.3.1 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเมล็ดแบบ SEM 100 (Seeder)

หลักการทำงานของเครื่อง ถาดเพาะที่วางอยู่บนสายพานจะค่อยๆ ขยับเป็นจังหวะเดินไปข้างหน้าทีละแถว เมื่อแถวแรกมาถึงตำแหน่งปล่อยเมล็ด หัวดูดเมล็ดจะทำการดูดเมล็ดและเคลื่อนที่หมุนไปยังตำแหน่งปล่อยเมล็ด หลังจากนั้นเมล็ดจะถูกปล่อยแล้วไหลไปตามร่องสู่ถาดเพาะแถวแรก เมื่อเมล็ดตกลงสู่แถวแรกแล้ว ถาดเพาะก็จะขยับทำให้แถวที่สองตรงกับตำแหน่งปล่อยเมล็ด และทำงานวนไปเรื่อยๆ จนกว่าถาดเพาะจะมีเมล็ดครบทุกหลุม สเปคของเครื่องเป็นแบบหัวดูด 8 หัว สามารถใช้กับถาดที่มีขนาด 600x400x130 มิลลิเมตร ทำงานได้สูงสุด 30 แถวต่อนาที



รูปที่ 2.7 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเมล็ดแบบ SEM 100 (Seeder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเมล็ดแบบ GGSCX-750

หลักการทำงานของเครื่อง ถาดเพาะจะเคลื่อนที่อยู่บนสายพานเมื่อถาดเพาะมาถึงตำแหน่งปล่อยดิน อุปกรณ์ปล่อยดินจะค่อยๆปล่อยดินลงไปสู่ถาดเพาะหลังจากนั้นถาดจะเคลื่อนที่ไปตำแหน่งกดถาดเพาะให้เกิดหลุม ตรงนี้จะมีอุปกรณ์กดถาดเพาะที่เคลื่อนที่ในแนวแกน Y กดลงไปถาดเพาะเมื่อกดให้เกิดหลุมเสร็จแล้ว ถาดเพาะจะเคลื่อนที่ไปสู่ตำแหน่งปล่อยเมล็ด ตรงนี้จะมีอุปกรณ์ที่เป็นหัวดูดเมล็ดแล้วปล่อยเมล็ดลงสู่ถาดเพาะ หัวดูดเมล็ดตรงนี้จะทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน X กลับไปกลับมาเพื่อปล่อยและดูดเมล็ด เมื่อเสร็จกระบวนการนี้แล้ว ถาดจะเคลื่อนที่ออกไปตามสายพาน ประสิทธิภาพของเครื่อง สามารถทำงานได้ 750 ถาดต่อชั่วโมง ความแม่นยำอยู่ที่ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ใช้กับถาดเพาะที่มีขนาด 54x28 เซนติเมตร หัวดูดเมล็ดมีตั้งแต่ 32-288 หัวอยู่ที่ลักษณะของถาดเพาะที่เลือกใช้งาน เมล็ดที่สามารถใช้กับเครื่องนี้ได้อยู่ที่ 0.1- 5 มิลลิเมตร ขนาดของเครื่องอยู่ที่ 3350x890x1220 มิลลิเมตร การทำงานต้องใช้คนงาน 2 คนในการควบคุมเครื่อง



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเมล็ดแบบ GGSCX-750

2.3.3 อุปกรณ์ย้ายเมล็ดแบบ SHH-100A

หลักการทำงานของเครื่อง ถาดเพาะจะเคลื่อนที่อยู่บนสายพานแบบเป็นจังหวะ เมื่อแถวแรกของถาดเพาะมาถึงตำแหน่งปล่อยเมล็ด อุปกรณ์ที่บรรจุเมล็ดจะทำการสั่นเพื่อให้เมล็ดลอยตัว หลังจากนั้นอุปกรณ์บรรจุเมล็ดจะทำการเคลื่อนที่แบบหมุนประมาณ 45 องศา เคลื่อนที่ไปหาหัวดูดเมล็ดเพื่อดูดเมล็ดหลังจากดูดเสร็จแล้ว อุปกรณ์บรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่กลับสู่ที่เดิมและหัวดูดเมล็ดจะปล่อยเมล็ดออกไปตามท่อที่จํานำเมล็ดไปสู่ถาดเพาะ ประสิทธิภาพของเครื่อง สามารถทำงานได้อยู่ที่ 60-120 ถาดต่อชั่วโมง ขนาดของเครื่องอยู่ที่ 1835x570x990 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ย้ายเมล็ดแบบ SHH-100A

2.3.4 อุปกรณ์ย้ายเมล็ดแบบ Low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays

หลักการทำงานของเครื่อง ถาดเพาะจะเคลื่อนที่อยู่บนสายพาน เมื่อแถวแรกของถาดเพาะเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งปล่อยเมล็ด อุปกรณ์บรรจุเมล็ดจะทำการสั่นเพื่อให้เมล็ดลอยตัว หัวดูดจะดูดเมล็ดและเคลื่อนที่หมุนประมาณ 45 องศา เพื่อเคลื่อนที่ไปตำแหน่งปล่อยเมล็ด หลังจากนั้นเมล็ดจะถูกปล่อยและเคลื่อนที่ไปตามท่อแล้วตกลงสู่ถาดเพาะ สเปคของเครื่องมีหัวดูดเมล็ด 24 หัว สามารถใช้งานกับถาดเพาะที่มีจำนวนหลุม 288 หลุม(24x12) ประสิทธิภาพของเครื่อง สามารถทำงานได้ 200 ถาดต่อชั่วโมง ความแม่นยำอยู่ที่ 90-92 เปอร์เซ็นต์

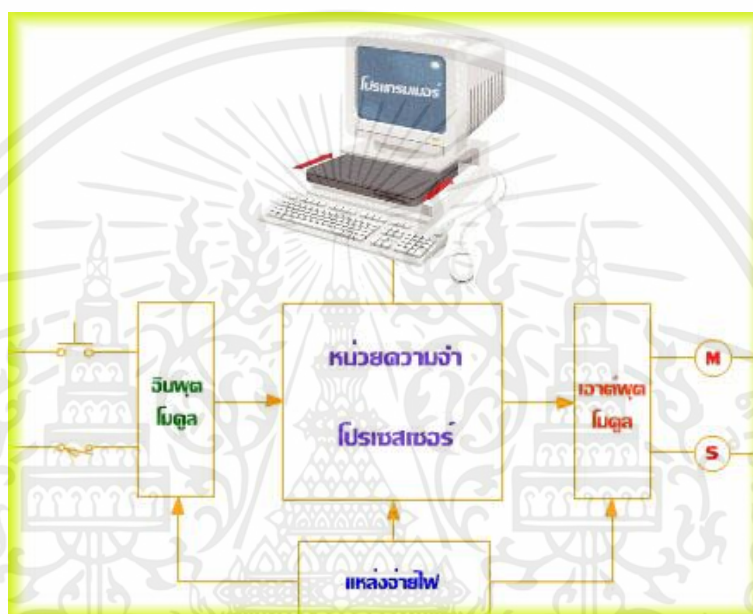


รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ย้ายเมล็ดแบบ Low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic control : PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อกับอุปกรณ์ทำงานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย สามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC



รูปที่ 2.11 หลักการพื้นฐานของ PLC

2.5 แรงดันและความดัน (Force and Pressure)

ความดัน (Pressure) คือ อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉากโดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใดๆ แรงดัน (Force) คือ ค่าที่บอกถึงแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อพื้นที่ของสารใดๆ สามารถแทนค่าในสมการได้ โดย A คือพื้นที่, P คือความดัน และ F คือแรงดัน

$$P = F/A, F = PA$$

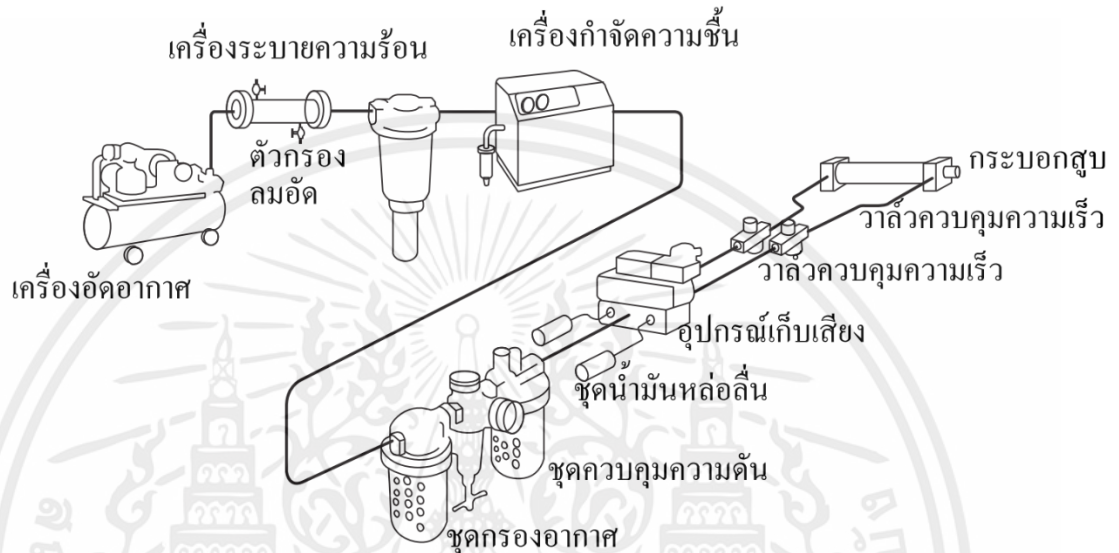
1 บรรยากาศ (1 atm) = 1.01×10^5 N/m² หรือเท่ากับ 1 bar

1 บาร์ (bar) ทางอุตุนิยมวิทยา = 10^5 (pascal หรือ Pa)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การประยุกต์ใช้งานระบบนิวเมติกส์และการควบคุม

ระบบนิวเมติกส์ คือ ระบบการส่งถ่ายกำลังโดยอาศัยความดันลมเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายกำลัง สามารถส่งลมไปตามท่อเพื่อใช้งาน ส่วนลมที่เหลือจากการใช้งานสามารถปล่อยสู่บรรยากาศได้ทันที โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษ



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์

2.6 หลักการประเมินเมล็ดพันธุ์เพื่อเลือกขนาดชุดหัวดูดที่เหมาะสม

การทดสอบเครื่องหยอดเมล็ดสำหรับสภาพเพาะเมล็ด มีการคำนวณเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดและค่าความกลมของเมล็ดเพื่อใช้เลือกหัวดูดเมล็ดที่เหมาะสม โดยเมล็ดนั้นต้องมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวดูด การคำนวณเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดนั้นคำนวณได้จาก

$$D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}}$$

และการคำนวณเพื่อหาค่าความกลมของเมล็ดนั้นคำนวณได้จาก

$$\phi = \frac{D_g}{L} = \frac{(LWT)^{\frac{1}{3}}}{L}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย L คือความยาวของเมล็ด W คือความกว้างของเมล็ด T คือความหนาของเมล็ด

ถ้าค่าความกลมของเมล็ดใกล้เคียงกับ 1 มากเท่าไร แสดงว่าเมล็ดพันธุ์มีลักษณะเป็นทรงกลมมากเท่านั้น และยิ่งค่าความกลมของเมล็ดพันธุ์มีค่ามากก็จะทำให้การดูจากหัวหยอดเมล็ดมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.7 หลักการประเมินผลของเครื่องหยอดเมล็ด และการนำไปประยุกต์ใช้ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ด

เป็นการประเมินหาความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ด โดยพิจารณาจากจำนวนของเมล็ดที่ถูกปล่อยลงสู่ถาดเพาะ แล้วนำมาแทนค่าในสูตรเพื่อคิดค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์และพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อความแม่นยำในการหยอดของเครื่อง

2.7.1 Quality of feed index เป็นการประเมินความแม่นยำของเครื่องพิจารณาจาก เมล็ดที่อยู่ในหลุมของถาดเพาะโดยจะต้องมี 1 เมล็ดต่อ1หลุม

$$A = \frac{\sum n_A}{N} \times 100$$

A = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่มีเมล็ด 1เมล็ดต่อ1หลุม

n_A = หลุมที่มีเมล็ด 1 เมล็ด

N = จำนวนหลุมทั้งหมดต่อถาด (200 หลุม)

2.7.2 Double index เป็นการประเมินความแม่นยำของเครื่องพิจารณาจาก เมล็ดที่อยู่ในหลุมของถาดเพาะโดยจะต้องมี 2 เมล็ดต่อ1หลุม

$$B = \frac{\sum n_B}{N} \times 100$$

B = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่มีเมล็ด 2เมล็ดต่อ1หลุม

n_B = หลุมที่มีเมล็ด 2 เมล็ด

N = จำนวนหลุมทั้งหมดต่อถาด (200 หลุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 Multiple index เป็นการประเมินความแม่นยำของเครื่องพิจารณาจาก เมล็ดที่อยู่ใน หลุมของถาดเพาะโดยจะต้องมีตั้งแต่ 3 เมล็ดขึ้นไปต่อ 1 หลุม

$$C = \frac{\sum n_C}{N} \times 100$$

C = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่มีเมล็ดตั้งแต่ 3 เมล็ดขึ้นไปต่อ 1 หลุม

n_C = หลุมที่มีเมล็ดตั้งแต่ 3 เมล็ดขึ้นไป

N = จำนวนหลุมทั้งหมดต่อถาด (200 หลุม)

2.7.4 Missing index เป็นการประเมินความแม่นยำของเครื่องพิจารณาจาก หลุมของถาด เพาะที่ไม่มีเมล็ดอยู่เลย

$$D = \frac{\sum n_D}{N} \times 100$$

D = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่ในหลุมของถาดเพาะไม่มีเมล็ดอยู่เลย

n_D = หลุมที่ไม่มีเมล็ดอยู่เลย

N = จำนวนหลุมทั้งหมดต่อถาด (200 หลุม)

2.7.5 การประยุกต์ใช้งานความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ด

กรณีที่ 1 ยอมรับให้เครื่องหยอดเมล็ดมีเมล็ด 1 เมล็ดต่อ 1 หลุมเท่านั้น จากตัวอย่างการ ทดลองพบว่าในถาดเพาะ มีหลุมที่มี 1 เมล็ดทั้งหมด 180 หลุม มีหลุมที่มี 2 เมล็ดทั้งหมด 10 หลุม มี หลุมที่มีเมล็ดตั้งแต่ 3 เมล็ดขึ้นไปทั้งหมด 5 หลุม และมีหลุมที่ไม่มีเมล็ดอยู่เลยทั้งหมด 5 หลุม

วิธีทำ แทนค่า

A = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่มีเมล็ด 1 เมล็ดต่อ 1 หลุม

B = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่มีเมล็ด 2 เมล็ดต่อ 1 หลุม

C = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่มีเมล็ดตั้งแต่ 3 เมล็ดขึ้นไปต่อ 1 หลุม

D = ประสิทธิภาพความแม่นยำที่ในหลุมของถาดเพาะไม่มีเมล็ดอยู่เลย

จะได้

A = $(180/200) \times 100 = 90\%$ (ยังมีค่ามากแสดงว่าเครื่องมีความแม่นยำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B = (10/200) \times 100 = 5\%$$

$$C = (5/200) \times 100 = 2.5\%$$

$$D = (5/200) \times 100 = 2.5\%$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Weihua Huang et al. [1] ออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดอ้อยที่สามารถใช้กับเมล็ดอ้อยได้หลายสายพันธุ์ มีการทำงานของเครื่องหลักๆ คือเมล็ดที่เก็บอยู่ในอุปกรณ์บรรจุเมล็ดจะไหลลงไปตามรูของอุปกรณ์ปล่อยเมล็ด มีมอเตอร์ในการควบคุมอุปกรณ์ปล่อยเมล็ด และมี PLC ควบคุมมอเตอร์ รวมถึงเซ็นเซอร์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการนับเมล็ดหรือในกรณีที่เมล็ดไม่ได้ถูกปล่อยในตำแหน่งที่คำนวณไว้ ก็จะมีเซ็นเซอร์สั่งการให้ปล่อยเมล็ดทดแทนในตำแหน่งที่ไม่มีเมล็ดเลยทันที จากการศึกษาพบว่า PLC สามารถนำมาควบคุมเครื่องหยอดเมล็ดได้ดีและระยะเวลาเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ปล่อยเมล็ดที่เหมาะสมก็คือ 80 มิลลิเมตร

Jin Chen et al. [2] ออกแบบระบบควบคุมเครื่องเพาะเมล็ดข้าวที่ใช้ระบบ PLC เข้ามาควบคุมโดยสามารถควบคุมได้ทั้ง auto และ manual โดยถาดเพาะจะวิ่งอยู่บนสายพานและเมล็ดข้าวจะถูกเท ออกมาจากอุปกรณ์บรรจุเมล็ดในขณะที่ถาดเพาะกำลังวิ่งอยู่บนสายพาน ใช้ Limit switch เป็นตัวส่งสัญญาณเข้าเพื่อไปควบคุมจังหวะการทำงานของเครื่อง จากการศึกษาออกแบบและเขียนวงจรควบคุมเครื่องพบว่า ทำงานได้ถึง 500 ถาดต่อชั่วโมง และมีอัตราการเพาะเมล็ดถึง 90 %

Gaikwad and Sirohi [3] จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของเครื่องหยอดเมล็ดได้แก่ ชนิดของเมล็ด ขนาดของรูตูดเมล็ด และแรงดันที่ใช้ในการตูดเมล็ด ได้ทำการทดลองกับเครื่องหยอดเมล็ดแบบที่มีหัวตูด 24 หัวเรียงเป็นแถว ใช้ถาดเพาะเมล็ดชนิด 288 หลุม(24*12) เมล็ดที่ใช้ในการทดลองได้แก่ เมล็ดพริกชี้หนู เมล็ดมะเขือเทศ พบว่าขนาดของรูตูดเมล็ดและแรงดันที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพริกชี้หนู คือ 0.49 mm และ 4.9 kPa ให้ความแม่นยำถึง 92.46% ส่วนเมล็ดมะเขือเทศพบว่าขนาดของรูตูดเมล็ดและแรงดันที่เหมาะสม คือ 0.46 mm และ 3.92 kPa ให้ความแม่นยำถึง 90.12% และสามารถทำงานได้ 200 ถาดต่อชั่วโมง

EL-Ghobashy et al. [4] จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดเพื่อหาความแม่นยำของเครื่อง ได้ทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ แรงดันลม ขนาดของรูตูดเมล็ดและชนิดของเมล็ด ทีมงานวิจัยได้ทำการทดลองกับเมล็ดแตงกวาและเมล็ดกะหล่ำปลี พบว่า เมล็ดแตงกวาสามารถทำประสิทธิภาพความแม่นยำได้สูงสุดอยู่ที่ 90.5% ภายใต้เงื่อนไขการทดลอง ขนาดของรูตูดอยู่ที่ 1.6 mm และมีแรงดันตูดอยู่ที่ 1.5 kPa ส่วนเมล็ดกะหล่ำปลีสามารถทำประสิทธิภาพความ

หอย ความดันสุญญากาศที่เหมาะสมถูกกำหนดเป็น 4.0 kPa สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, 3.0 kPa สำหรับฝ้ายถั่วเหลืองและแตงโม, 2.5 kPa เมล่อนและแตงกวา, 2.0 kPa สำหรับป๊อปปี้, 1.5 kPa สำหรับเมล็ดหัวหอม

Yanbo Su et al. [10] ในบทความนี้ทดสอบความเรียบของพื้นผิวดินในพื้นที่ที่ไม่มีการปรับหน้าดิน โดยการใช้ PLC เลเซอร์เซ็นเซอร์และมอเตอร์ ตรวจสอบและควบคุมผ่านโปรแกรม (MCGS) โดยกำหนดค่าเพื่อสร้างอินเทอร์เฟซตอบรับข้อมูลแบบเรียลไทม์ รายงานและสร้างเส้นกราฟ โดย PC และหลังจากนั้นระบบจะตรวจสอบความหยาบของพื้นผิวโดยอัตโนมัติ เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบแบบ manual พบว่าค่าที่วัดได้มากกว่าแบบเดิม และพบข้อผิดพลาดน้อยกว่า 2 mm. 80% น้อยกว่า 3 mm. 95% มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2.3 เท่าจาก manual



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 แนวคิดหลักในการพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงภาชนะกล้าแบบอัตโนมัติ

3.1.1 ปัญหาสำหรับงานวิจัย

เครื่องหยอดเมล็ดถูกออกแบบมาโดยมีแนวคิดเรื่องของการทำงานที่จะสามารถลดแรงงานคนที่ใช้ในการหยอดเมล็ดลงภาชนะ รวมถึงการทำงานที่มีความรวดเร็วมากขึ้น เนื่องจากการหยอดเมล็ดลงภาชนะ 200 หลุมใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมากและเวลาที่ใช้ในการหยอดเมล็ดต่อภาชนะนานเช่นกัน จึงทำให้เกิดการคิดและพัฒนาเครื่องจักรเข้ามาแทนที่แรงงานคนในการทำงาน

3.1.2 ปัญหาที่พบในเครื่องต้นแบบแรกและแนวทางการแก้ไข

จากเครื่องต้นแบบการเปิดการทำงานของเครื่องต้องอาศัยการเปิดสวิตช์วงจรหัวดูดเมล็ด และสวิตช์วงจรภาชนะบรรจุเมล็ดพร้อมกันจึงจะสามารถทำงานได้ และเมื่อทำงานไปประมาณ 25 รอบจังหวะการทำงานก็จะไม่สอดคล้องกัน ทำให้การทำงานเกิดความผิดพลาดและอาจทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย รวมถึงขั้นตอนของการเปิดปิดในจังหวะดูดเมล็ดและปล่อยเมล็ดลงภาชนะต้องใช้คนในการเปิดปิดเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ จึงได้มีการพัฒนาและเขียนวงจร PLC ที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆให้มีความสอดคล้องกันโดยให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด และยังเป็นการลดจำนวนคนที่จะใช้ในการควบคุมเครื่องหยอดเมล็ดนี้ด้วย

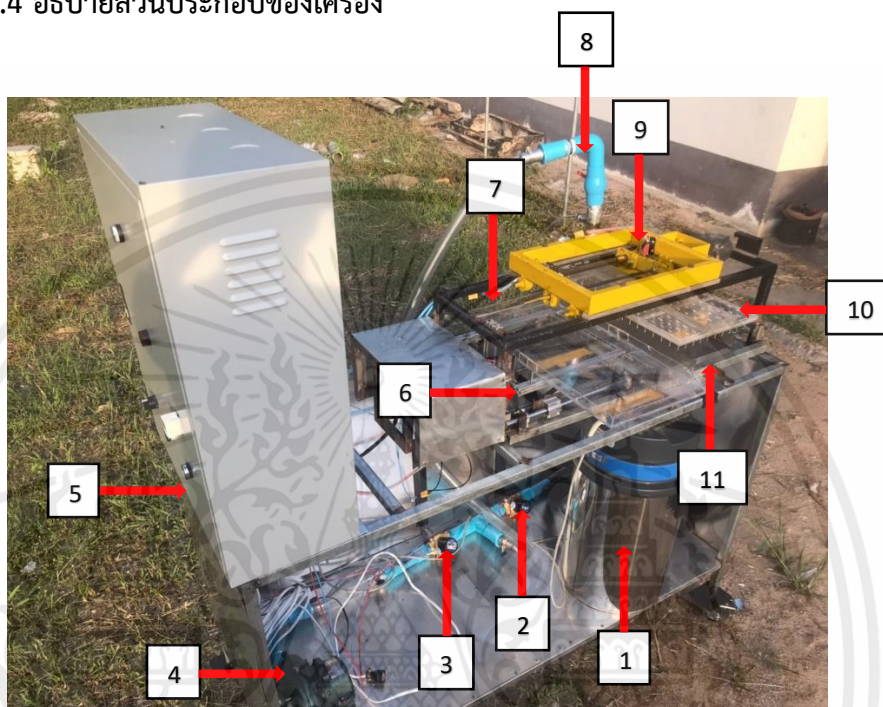
3.1.3 ส่วนประกอบหลักๆและการทำงานของเครื่อง

แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ชุดหัวดูดเมล็ด ทำหน้าที่รับแรงลมจากเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ เพื่อดูดและปล่อยเมล็ดในจังหวะการทำงานที่ถูกกำหนดไว้
2. ภาชนะบรรจุเมล็ด ทำหน้าที่เป็นตัวบรรจุเมล็ดเพื่อรอหัวดูดมาดูดเมล็ดในจังหวะการทำงานที่ถูกกำหนดไว้
3. ชุดกลไกการเคลื่อนที่ของหัวดูด ทำหน้าที่เคลื่อนที่หัวดูดเมล็ดในจังหวะการทำงานที่ถูกกำหนดไว้
4. ชุดกลไกยกภาชนะบรรจุเมล็ด ทำหน้าที่ยกภาชนะบรรจุเมล็ดเพื่อให้หัวดูด ทำการดูดเมล็ดในจังหวะการทำงานที่ถูกกำหนดไว้
5. เครื่องดูดฝุ่น ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการดูดเมล็ด

6. โบลเวอร์ ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการปล่อยเมล็ดลงถาดเพาะ
7. ตู้ควบคุม ทำหน้าที่เป็นที่อยู่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมวงจรการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด

3.1.4 อธิบายส่วนประกอบของเครื่อง

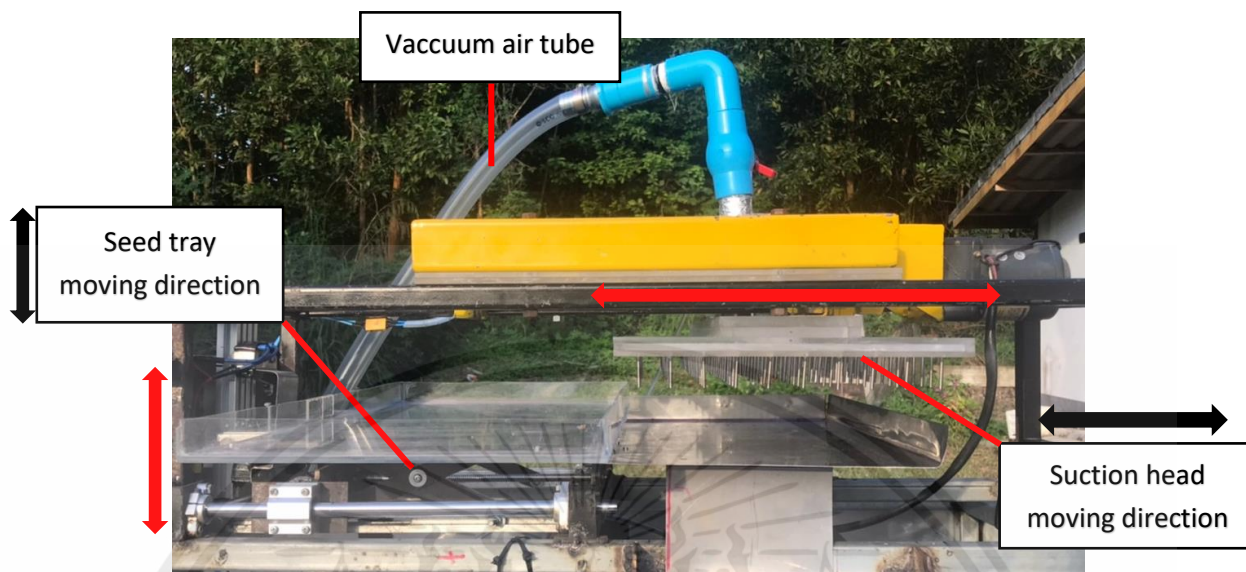


รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่อง

- หมายเลขที่ 1 คือเครื่องดูดฝุ่น
 หมายเลขที่ 2 คือโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่น
 หมายเลขที่ 3 คือโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์
 หมายเลขที่ 4 คือโบลเวอร์
 หมายเลขที่ 5 คือตู้ควบคุมเครื่องหยอดเมล็ด
 หมายเลขที่ 6 คือกลไกการเคลื่อนที่ของถาดเก็บเมล็ด
 หมายเลขที่ 7 คือถาดบรรจุเมล็ด
 หมายเลขที่ 8 คือวาล์วปรับแรงดันลม
 หมายเลขที่ 9 คือชุดการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ด
 หมายเลขที่ 10 คือหัวดูดเมล็ด
 หมายเลขที่ 11 คือตำแหน่งวางถาดเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่อง

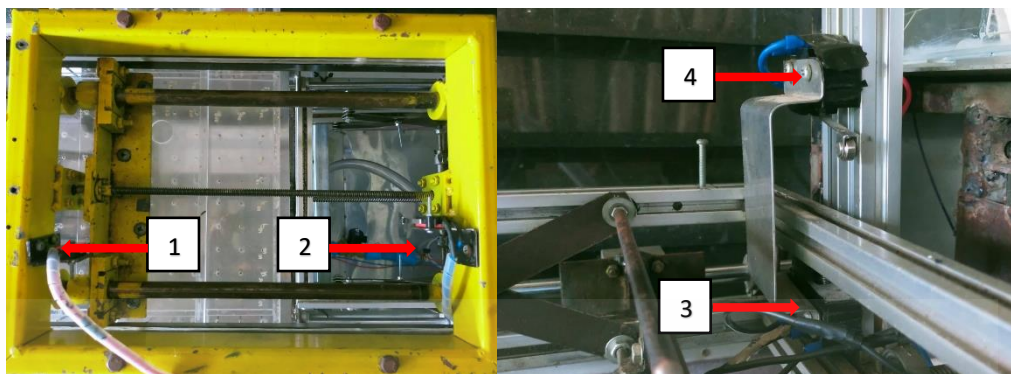


รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงการทำงานของเครื่อง

3.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด

3.3.1 การเคลื่อนที่ของชุดหัวดูดเมล็ด

ชุดหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่ในแนวแกน X อยู่บน Lead screw ที่รับกำลังมาจากมอเตอร์และมีเฟลาเหล็กต้นรับน้ำหนักและแรงอยู่ 2 เส้น การทำงานจะถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงแรกหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่ไปหาถาดบรรจุเมล็ดโดยมีเงื่อนไขการทำงานที่ถูกเขียนโปรแกรมใน PLC คือ Limit switch ตัวที่ 1 (หมายเลข 1) และ Limit switch ตัวที่ 3 (หมายเลข 3) จะต้องถูกกดไว้และเมื่อกดปุ่มทำงาน ขั้นตอนนี้จึงจะทำงานจนกว่าหัวดูดเมล็ดจะไปชน Limit switch ตัวที่ 2 (หมายเลข 2) ช่วงที่สองหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่กลับไปหาถาดเพาะ โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่ถูกเขียนโปรแกรมใน PLC คือ ถาดบรรจุเมล็ดจะต้องเลื่อนขึ้นและเลื่อนลงจนจบขั้นตอนการยกถาดบรรจุเมล็ดหัวดูดเมล็ดจึงจะสามารถเคลื่อนที่กลับไปหาถาดเพาะได้



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งของ Limit switch

3.3.2 การเคลื่อนที่ของชุดถาดเก็บเมล็ด

ชุดถาดบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่ในแนวแกน Y อยู่บน Lead screw ที่ถูกต่ออยู่กับชุดเปลี่ยนกำลังการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y โดยมีต้นกำลังคือมอเตอร์ การทำงานจะถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงแรกถาดบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่ขึ้นไปหาหัวดูดเมล็ด โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่ถูกเขียนโปรแกรมในPLC คือ Limit switchตัวที่2(หมายเลข2) และLimit switch ตัวที่3(หมายเลข3) จะต้องถูกกดไว้ จึงจะสามารถทำงานได้ ช่วงที่สองถาดบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่กลับลงไปหาLimit switchตัวที่3(หมายเลข3) โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่ถูกเขียนโปรแกรมในPLC คือ Limit switchตัวที่2(หมายเลข2)และLimit switchตัวที่4(หมายเลข4) จะต้องถูกกดไว้และจะเคลื่อนที่ลงหลังจากหน่วงเวลาครบ 5 วินาทีแล้ว

3.3.3 การดูดเมล็ด

เมื่อหัวดูดเมล็ดอยู่ในตำแหน่งที่จะดูดเมล็ด เครื่องดูดฝุ่นและโซลินอยด์ วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่นจะทำงาน โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่ถูกเขียนโปรแกรมในPLC คือเมื่อLimit switch ตัวที่2(หมายเลข2)ถูกกด เครื่องดูดฝุ่นและโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่นจะทำงาน และจะหยุดทำงานเมื่อ Limit switchตัวที่1(หมายเลข1)ถูกกด

รายละเอียดคุณลักษณะเครื่องดูดฝุ่นรุ่น BY-BF575

แรงดันลม	1.962×10^4 Pa	อัตราการไหลอากาศ	191 m ³ /min
กำลัง	1200 W	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดูดฝุ่น	40 mm
ความสูง	75 cm	เส้นผ่านศูนย์กลางเครื่อง	34.5 cm
ความจุ	30 L		



รูปที่ 3.4 เครื่องดูดฝุ่น

3.3.4 การปล่อยเมล็ด

เมื่อหัวดูดเมล็ดอยู่ในตำแหน่งที่จะปล่อยเมล็ด โบลเวอร์และโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์จะทำงาน โดยมีเงื่อนไขการทำงานที่ถูกเขียนโปรแกรมในPLC คือหลังจากที่หัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งปล่อยเมล็ดและ Limit switchตัวที่1ถูกกด(หมายเลข1) โบลเวอร์และโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์จะทำงานเป็นเวลา 10 วินาที หลังจากนั้นจะมีสัญญาณเสียงเตือนว่าเครื่องหยุดเมล็ดทำงานเสร็จแล้วเป็นเวลา 5 วินาที

รายละเอียดคุณลักษณะโบลเวอร์รุ่น SB-25

แรงดันลม	490 Pa	ความเร็วรอบใบพัด	2850 rpm
กำลัง	1/8 HP	ปริมาณลม	0.5-4.0 m ³ /min



รูปที่ 3.5 โบลเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดฝักที่นำไปใช้ในการทดสอบ

3.4.1 เมล็ดที่นำมาทดสอบ

ได้แก่ เมล็ดฝักกาดขาว เมล็ดฝักคะน้ำ เมล็ดฝักซี



รูปที่ 3.6 เมล็ดพันธุ์ที่นำมาทดสอบ

3.4.2 นำเมล็ดฝักมาชั่งน้ำหนักและวัดขนาด

ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดเมล็ดฝักแต่ละชนิด 30 เมล็ดและหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลของเมล็ดพันธุ์ฝัก

เมล็ดพันธุ์ฝัก	ยี่ห้อ	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทางเรขาคณิต GDM (mm)	ความกลม (%)	น้ำหนักต่อเมล็ด (g)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
ฝักกาดขาว	ตราสามเอ	1.63±0.17	98%	0.0025	1187.52±405.32
ฝักคะน้ำ	ตราสามเอ	2.18±0.15	98%	0.0047	884.84±171.63
ฝักซี	ตราครดง	3.26±0.25	94%	0.0088	503.00±125.84

3.5 ชนิดของหัวดูดเมล็ดที่นำมาทดสอบ

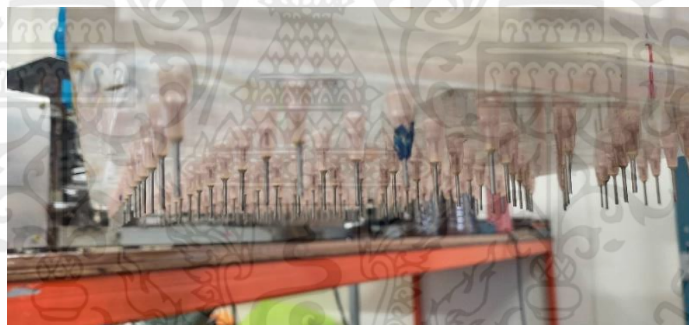
ทำการทดสอบกับหัวดูดเมล็ด 3 ชนิด ได้แก่ หัวดูดเมล็ดเข็มใหญ่ หัวดูดเมล็ดเข็มกลาง หัวดูดเมล็ดไม่มีเข็ม ถูกติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ดูดเมล็ดทำหน้าที่รับแรงดันลมจากเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดของหัวดัดเมล็ด

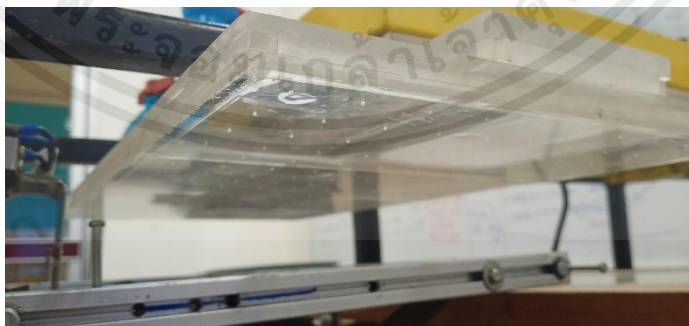
ชนิดของหัวดัด เมล็ด	เบอร์เข็ม	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (mm)	เส้นรอบวง (mm)	พื้นที่หน้าตัด (mm ²)
เข็มใหญ่	16G	2.73	8.59	5.85
เข็มกลาง	18G	1.24	3.92	1.22
ไม่มีเข็ม	-	1.25	3.92	1.22



รูปที่ 3.7 หัวเข็มใหญ่



รูปที่ 3.8 หัวเข็มกลาง

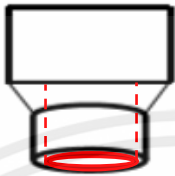

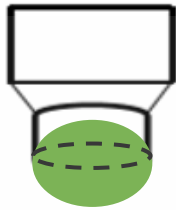








รูปที่ 3.9 ไม่มีหัวเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

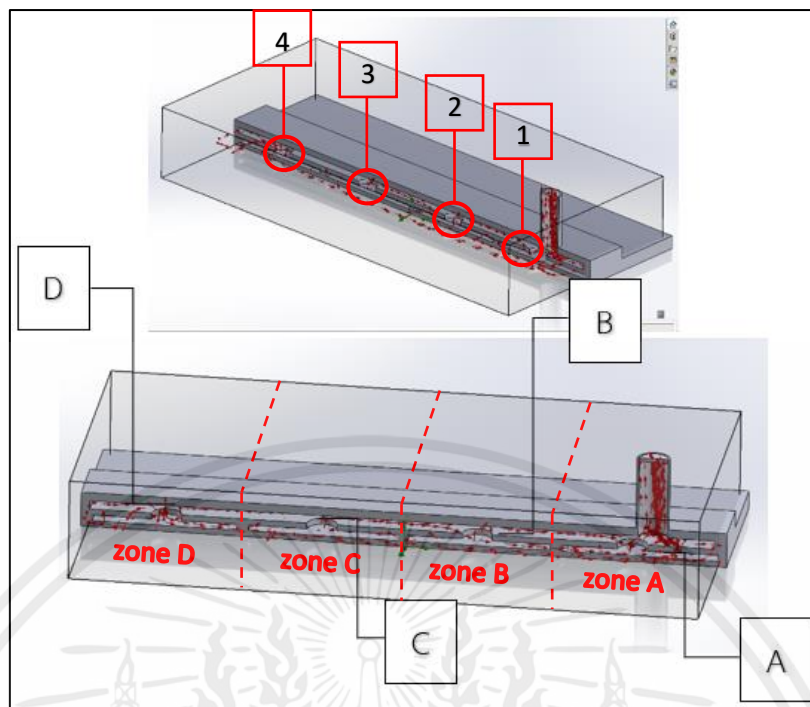
3.5.1 แนวคิดของการออกแบบหัวดูดเมล็ด

ตารางที่ 3.3 การออกแบบหัวดูดเมล็ด

ชนิดหัวดูด	ลักษณะหัวดูด	ลักษณะเมล็ดพันธุ์ฝัก	การทดสอบ
หัวเข็มใหญ่			
หัวเข็มกลาง			
ไม่มีหัวเข็ม			

3.5.2 การวิเคราะห์แรงดันลมดูดที่หัวเข็ม 200 หัว บนชุดหัวดูดเมล็ดโดยการทำแบบจำลอง (Simulation)

เพื่อตรวจสอบแรงดันลมดูดภายในห้องของหัวดูดเมล็ดว่าแต่ละจุดมีแรงดันลมเท่ากันหรือไม่ โดยใช้โปรแกรม Solidwork เพื่อจำลองแรงดันลมโดยทำการทดสอบที่แรงดันลมดูด 1019 Pa โดยพิจารณาการกระจายของลมดูดจากท่อดูดหลักที่ติดกับเครื่องดูดฝุ่น แล้วเปรียบเทียบขนาดของแรงลมดูดที่หัวเข็ม 200 หัวซึ่งถูกติดตั้งโดยแบ่งเป็น 4 โซนคือ A B C และ D ดังรูป



รูปที่ 3.10 แสดงการ Simulation แรงดันลมดูด

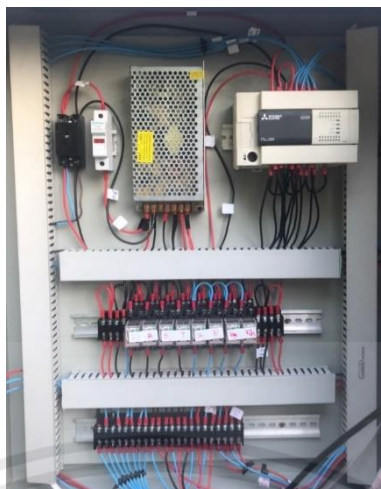
จากรูป การจำลองแรงดันลมดูดพบว่าแต่ละจุดในห้องหัวดูดเมล็ดมีแรงดันลมเท่ากันหมดทั้ง 4 จุดและเมื่อพิจารณาสีของลูกศร (สีแดง) พบว่าแรงดันลมที่แต่ละห้องมีค่าเท่ากันทุกโซน

3.6 วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา

3.6.1 ปัญหาการควบคุมเครื่องหยอดเมล็ด

เครื่องต้นแบบมีการทำงานที่ต้องอาศัยการเปิดสวิตซ์หัวดูดเมล็ดและสวิตซ์ถาดเก็บเมล็ดพร้อมกัน จึงจะสามารถทำงานได้ และเมื่อทำงานไปประมาณ 25 รอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 2 จะไม่สอดคล้องกันทำให้เกิดจังหวะการทำงานที่ผิดพลาด จึงได้ใช้ PLC เข้ามาควบคุมจังหวะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

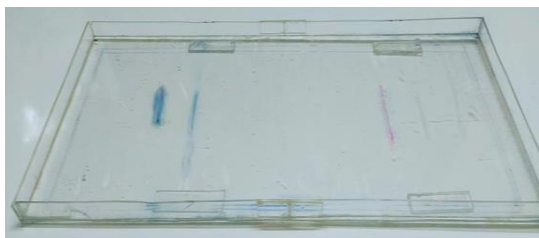
3.6.2 ปัญหาที่เกิดจากถาดบรรจุเมล็ด

เครื่องต้นแบบมีการออกแบบให้ถาดบรรจุเมล็ด มีการแบ่งร่องเก็บเมล็ดที่มีระยะห่าง 20 mm และความลึกของร่องอยู่ที่ 5.5 mm สามารถทำงานได้ 5 รอบการทำงานและต้องเติมเมล็ดเพื่อที่จะทำงานต่อไปและบางครั้งหัวดูดเมล็ดจะชนกับขอบร่องเมล็ดในจังหวะทำงาน ทำให้ไม่สามารถดูดเมล็ดได้เต็มที่และหัวดูดเมล็ดอาจเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 3.12 ถาดบรรจุเมล็ดที่ทำจากโพลี

จากปัญหานี้จึงได้ทำการปรับปรุงถาดบรรจุเมล็ดให้สามารถทำงานได้หลายรอบการทำงานและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดของเครื่องต้นแบบ โดยใช้แผ่นอะคริลิกที่มีขนาดความหนา 2 mm. ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดความกว้าง 28 cm. ความยาว 56 cm. และความสูง 3 cm.



รูปที่ 3.13 ถาดบรรจุเมล็ดที่ทำจากแผ่นอะคริลิก

3.7 ทดสอบหาความแม่นยำในการหยอดเมล็ดของเครื่องต้นแบบ(หลังจากปรับปรุงกลไกถาดบรรจุเมล็ด + ใช้คนควบคุมลมดูด-เป่า)

ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบโดยใช้ตัวแปรทั้งหมด 3 ชนิด

1. เมล็ดพันธุ์ฝัก ได้แก่ 1.1 เมล็ดฝักกาด 1.2 เมล็ดฝักคะน้า 1.3 เมล็ดฝักซี
2. ชนิดหัวดูดเมล็ด ได้แก่ 2.1 ชุดหัวดูดเข็มใหญ่ 2.2 หัวดูดเข็มกลาง 2.3 หัวดูดไม่มีเข็ม
3. แรงลมดูด ได้แก่ 3.1 แรงลมดูด 502 Pa 3.2 แรงลมดูด 614 Pa 3.3 แรงลมดูด 1019 Pa

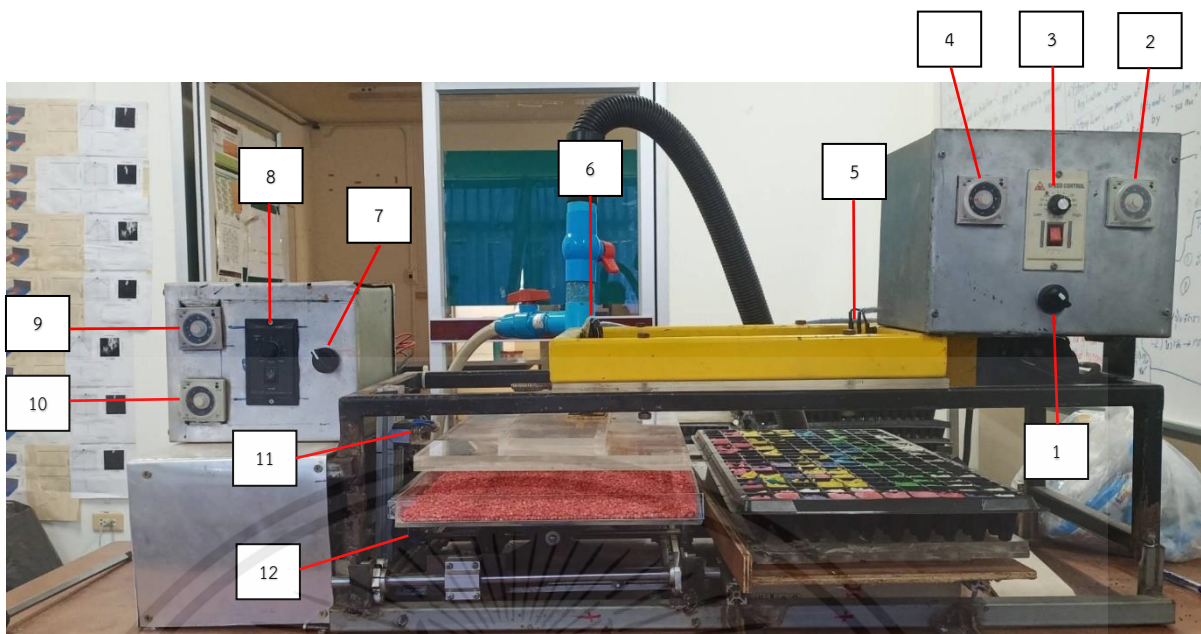
ทำการทดสอบแต่ละเงื่อนไข 5 ครั้ง (5 ถาด)

3.7.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ด
2. เพื่อทดสอบหาความเหมาะสมระหว่างตัวแปรทั้ง 3 ชนิดในการหยอดเมล็ดพันธุ์ฝัก 3 แบบ
3. เพื่อทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ

3.7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า
2. ถาดบรรจุเมล็ด
3. ถาดเพาะเมล็ด



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องต้นแบบ

3.7.3 วิธีการทดสอบ

1. เทเมล็ดพันธุ์ฝักกลางถาดบรรจุเมล็ด (เทเมล็ดฝักซี่สูง 1.5 cm เทเมล็ดฝักคะน้ำสูง 1 cm. เทเมล็ดฝักกาดขาวสูง 1 cm.) และนำถาดบรรจุเมล็ดไปติดตั้งที่เครื่องหยอดเมล็ด
2. ติดตั้งชุดหัวดูดเมล็ด
3. ปรับวาล์วระดับแรงลมดูด
4. ปรับตำแหน่ง Limit switch(หมายเลข11) ของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดให้เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ฝักและชนิดของหัวดูดเมล็ด
5. ปรับความเร็วมอเตอร์(หมายเลข3) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ Maximum Hight
6. ตั้งเวลา Timer relay Right(หมายเลข2) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ 5 วินาที
7. ตั้งเวลา Timer relay Left(หมายเลข4) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ 5 วินาที
8. ปรับความเร็วมอเตอร์(หมายเลข8) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 1.5
9. ตั้งเวลา Timer relay Lower(หมายเลข10) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 5 วินาที
10. ตั้งเวลา Timer relay Upper(หมายเลข9) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ติดตั้งถาดเพาะเมล็ดที่เครื่องหยอดเมล็ด
12. เปิด Switch(หมายเลข1) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ด ในตำแหน่งที่ Limit switchตัวที่ 1(หมายเลข5) ถูกกดอยู่ Timer relay Left(หมายเลข4) จะนับเวลาและเมื่อครบ 5 วินาทีหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่
13. เมื่อหัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่ไปชน Limit switchตัวที่ 2(หมายเลข6) ทำการปิด Switch(หมายเลข1) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ด
14. เปิด Switch(หมายเลข7) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ด ในตำแหน่งที่ Limit switchตัวที่ 3(หมายเลข12) ถูกกดอยู่ Timer relay Lower(หมายเลข 10) จะนับเวลาและเมื่อครบ 5 วินาที ถาดบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่
15. เปิด Switch เครื่องดูดฝุ่น
16. เมื่อถาดบรรจุเมล็ดเคลื่อนที่ไปชน Limit switchตัวที่ 4(หมายเลข11) Timer relay Upper(หมายเลข9) จะนับเวลาและเมื่อครบ 5 วินาทีถาดบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่กลับไปชน Limit switchตัว ที่ 3(หมายเลข12)
17. เมื่อถาดบรรจุเมล็ดชน Limit switchตัวที่ 3(หมายเลข12) ทำการปิด Switch(หมายเลข 7) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ด
18. เปิด Switch(หมายเลข1) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ด ในตำแหน่งที่ Limit switchตัวที่ 2(หมายเลข6) ถูกกดอยู่ Timer relay Right(หมายเลข2) จะนับเวลาและเมื่อครบ 5 วินาทีหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่
19. เมื่อหัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่ไปชน Limit switchตัวที่ 1(หมายเลข5) ทำการปิด Switch(หมายเลข1) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ด
20. ปิด Switch เครื่องดูดฝุ่น
21. เปิด Switch โบลเวอร์
22. ปิด Switch โบลเวอร์ (เมื่อเมล็ดพันธุ์ผักหล่นลงถาดเพาะเมล็ดหมดแล้ว)
23. ดึงถาดเพาะเมล็ดออกจากเครื่องหยอดเมล็ด
24. จับเวลาการทำงานขั้นตอนที่ 12-22
25. กลับไปทำขั้นตอนที่ 11-23 ใหม่
26. ทดลองจนครบทั้งหมด 5 ถาดและทำการนับเมล็ดที่อยู่ในถาดเพาะเมล็ด

3.7.4 บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองอยู่ในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การพิจารณาผลการทดสอบและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการหยุดเมล็ดผักแต่ละชนิด

เมื่อทดสอบเครื่องหยุดเมล็ดกับตัวแปรทั้ง 3 ชนิดเสร็จแล้วจึงวิเคราะห์ผลการทดลองและหาตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปทดสอบครั้งต่อไป โดยเงื่อนไขที่เหมาะสมคือ

- 1.ต้องมี Quality of feed index มาก
- 2.ต้องมี Missing index น้อย

3.9 การปรับปรุงระบบควบคุม(การเปิดปิดของลมดูด-เป่า อัตโนมัติ)และทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในการหยุดเมล็ดแบบต่อเนื่อง 20 ถาด

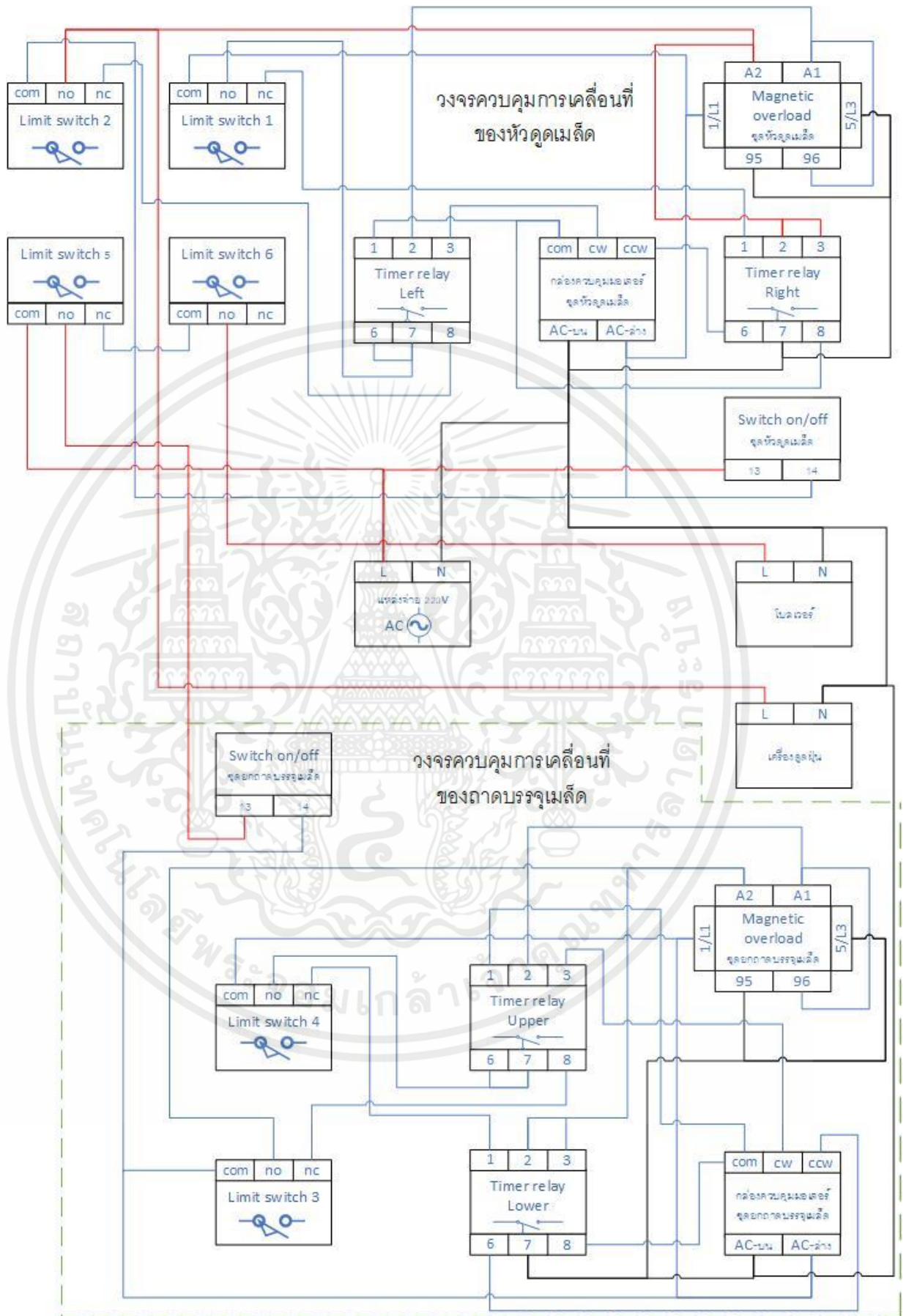
ทำการปรับปรุงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องหยุดเมล็ด โดยการเพิ่ม Limit switchเข้าไป 2 ตัว(ตำแหน่งหมายเลข13 และ14) เพื่อควบคุมการเปิด/ปิด วงจรชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ด เครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ จึงทำการทดสอบเครื่องหยุดเมล็ด โดยใช้ตัวแปรที่เหมาะสมในการหยุดเมล็ดและเป็นการทำงานแบบต่อเนื่องจำนวน 20 รอบ



รูปที่ 3.15 Limit switch ที่เพิ่มเข้าไปในตำแหน่งที่ 13 และ14

ตารางที่ 3.4 เงื่อนไขการทดลองแบบต่อเนื่อง 20 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)
ผักชี	หัวเข็มใหญ่	1019
ผักคะน้า	หัวเข็มใหญ่	614
ผักกาดขาว	หัวเข็มใหญ่	502



รูปที่ 3.16 วงจรไฟฟ้าเครื่องต้นแบบที่ทำงานแบบต่อเนื่อง

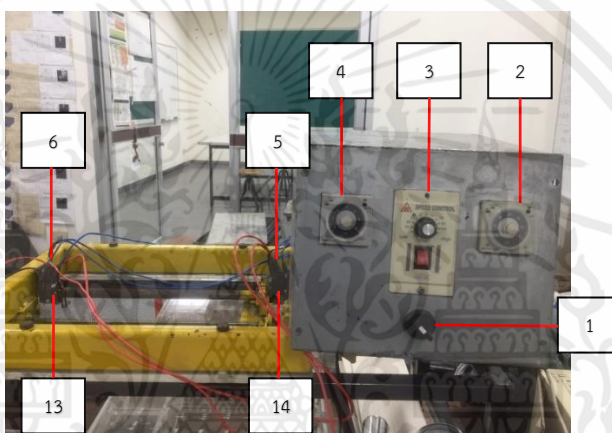
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.1 วัตถุประสงค์

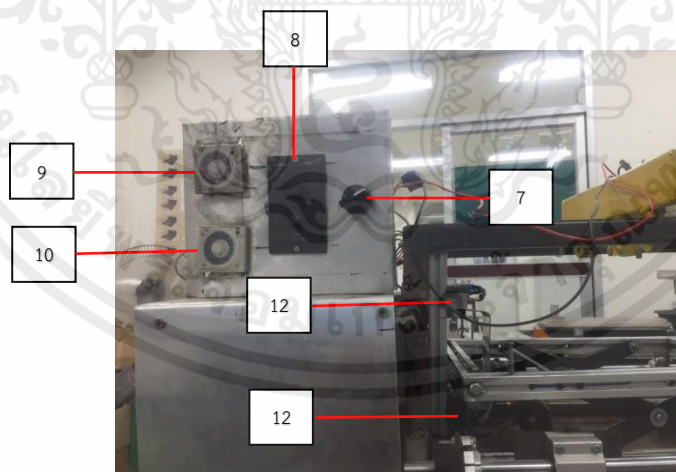
1. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ดเมื่อระบบทำงานต่อเนื่อง
2. เพื่อทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการหยอดเมล็ดลงถาดเพาะ

3.9.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า
2. ถาดบรรจุเมล็ด
3. ถาดเพาะเมล็ด



รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ด



รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ด

3.9.3 วิธีการทดสอบ

1. เทเมล็ดพันธุ์ฝักลงถาดบรรจุเมล็ด (เทเมล็ดฝักซี่สูง 1.5 cm เทเมล็ดฝักคะน้ำสูง 1 cm. เทเมล็ดฝักกาดขาวสูง 1 cm.) และนำถาดบรรจุเมล็ดไปติดตั้งที่เครื่องหยอดเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดตั้งชุดหัวดูดเมล็ด
3. ปรับวาล์วระดับแรงลมดูด
4. ปรับตำแหน่ง Limit switch(หมายเลข11) ของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดให้เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ฝักและชนิดของหัวดูดเมล็ด
5. ปรับความเร็วมอเตอร์(หมายเลข3) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ Maximum Hight
6. ตั้งเวลา Timer relay Right(หมายเลข2) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ 30 วินาที
7. ตั้งเวลา Timer relay Left(หมายเลข4) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ 12 วินาที
8. ปรับความเร็วมอเตอร์(หมายเลข8) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 1.5
9. ตั้งเวลา Timer relay Lower(หมายเลข10) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 10 วินาที
10. ตั้งเวลา Timer relay Upper(หมายเลข9) ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 5 วินาที
11. เปิด Switch เครื่องดูดฝุ่น (จะทำงานเมื่อ Limit switchตัวที่ 2 ถูกกด)
12. เปิด Switch โบลเวอร์ (จะทำงานเมื่อ Limit switchตัวที่ 6 ถูกกด)
13. เปิด Switch(หมายเลข7) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ด จะทำงานเมื่อ Limit switchตัวที่ 5(หมายเลข13) ถูกกด
14. ติดตั้งถาดเพาะเมล็ดที่เครื่องหยอดเมล็ด
15. เปิด Switch(หมายเลข1) การทำงานของชุดควบคุมการเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ด ในตำแหน่งที่ Limit switchตัวที่ 1(หมายเลข5) ถูกกดอยู่ Timer relay Left(หมายเลข4) จะนับเวลาและเมื่อครบ 12 วินาทีหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่
16. เมื่อหัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่ไปชน Limit switchตัวที่ 2(หมายเลข6) Timer relay Right(หมายเลข4) จะนับเวลาและเมื่อครบ 30 วินาทีหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่กลับไปชน Limit switchตัวที่ 1(หมายเลข 5)
17. เมื่อLimit switchตัวที่ 2(หมายเลข6) ถูกกดอยู่ เครื่องดูดฝุ่นจะทำงานอัตโนมัติและจะหยุดทำงานเมื่อLimit switchตัวที่1(หมายเลข5) ถูกกด

18. เมื่อLimit switchตัวที่ 5(หมายเลข13)และLimit switchตัวที่ 3(หมายเลข12) ถูกกดอยู่ Timer relay Lower(หมายเลข10) จะนับเวลาและเมื่อครบ 10 วินาที ภาตบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่อัตโนมัติ
19. เมื่อภาตบรรจุเมล็ดเคลื่อนที่ไปชน Limit switchตัวที่4(หมายเลข11) Timer relay Upper(หมายเลข9) จะนับเวลาและเมื่อครบ 5 วินาทีภาตบรรจุเมล็ดจะเคลื่อนที่กลับไปหา Limit switchตัวที่ 3(หมายเลข12)
20. เมื่อ Timer relay Right(หมายเลข4) นับเวลาครบ 30 วินาทีแล้วหัวดูดเมล็ดจะเคลื่อนที่ไปชน Limit switchตัวที่ 1(หมายเลข5)
21. เมื่อ Limit switchตัวที่1(หมายเลข5) ถูกกดเครื่องดูดฝุ่นจะหยุดทำงาน
22. เมื่อ Limit switchตัวที่6(หมายเลข14) ถูกกดโบลเวอร์จะทำงานและจะหยุดทำงานเมื่อ Limit switchตัวที่6(หมายเลข14) ไม่ได้ถูกกดแล้ว
23. ดึงภาตเพาะเมล็ดออกจากเครื่องหยอดเมล็ด(เมื่อเมล็ดพันธุ์ผักหล่นลงภาตเพาะเมล็ดหมดแล้ว)
24. จับเวลาการทำงานขั้นตอนที่ 15-22
25. ทดลองจนครบทั้งหมด 20 ภาต และทำการนับเมล็ดที่อยู่ในภาตเพาะเมล็ด(ขั้นตอนที่16-22 จะทำงานอัตโนมัติ จนกว่าจะปิดการทำงานในขั้นตอนที่15)

3.9.4 บันทึกผลการทดลอง

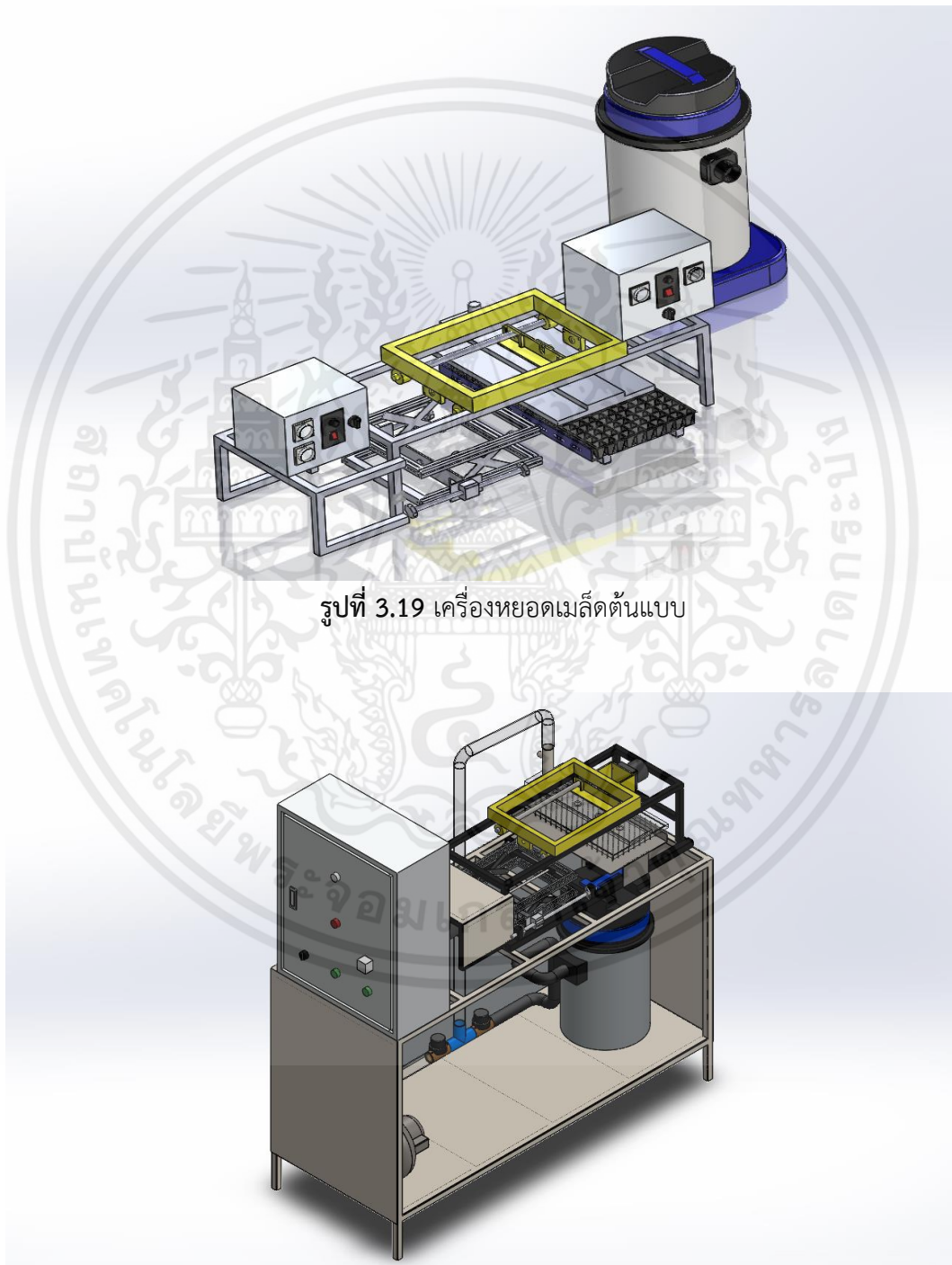
ตารางบันทึกผลการทดลองอยู่ในบทที่ 4

3.10 การปรับปรุงระบบควบคุมกลไกเครื่องต้นแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ PLC และทดสอบการหยอดเมล็ดแบบต่อเนื่อง

ทำการปรับปรุงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด โดยการยกเลิกการใช้งาน Timer relayและMagnetic overload เพิ่มวงจร PLC เข้ามาเพื่อควบคุมจังหวะการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดรวมถึงควบคุมการเปิด/ปิดเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ ทำการทดสอบทั้งหมด 5 ภาตแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 3.5 เงื่อนไขการทดลองที่ใช้ระบบ PLC ในการควบคุมการทำงาน

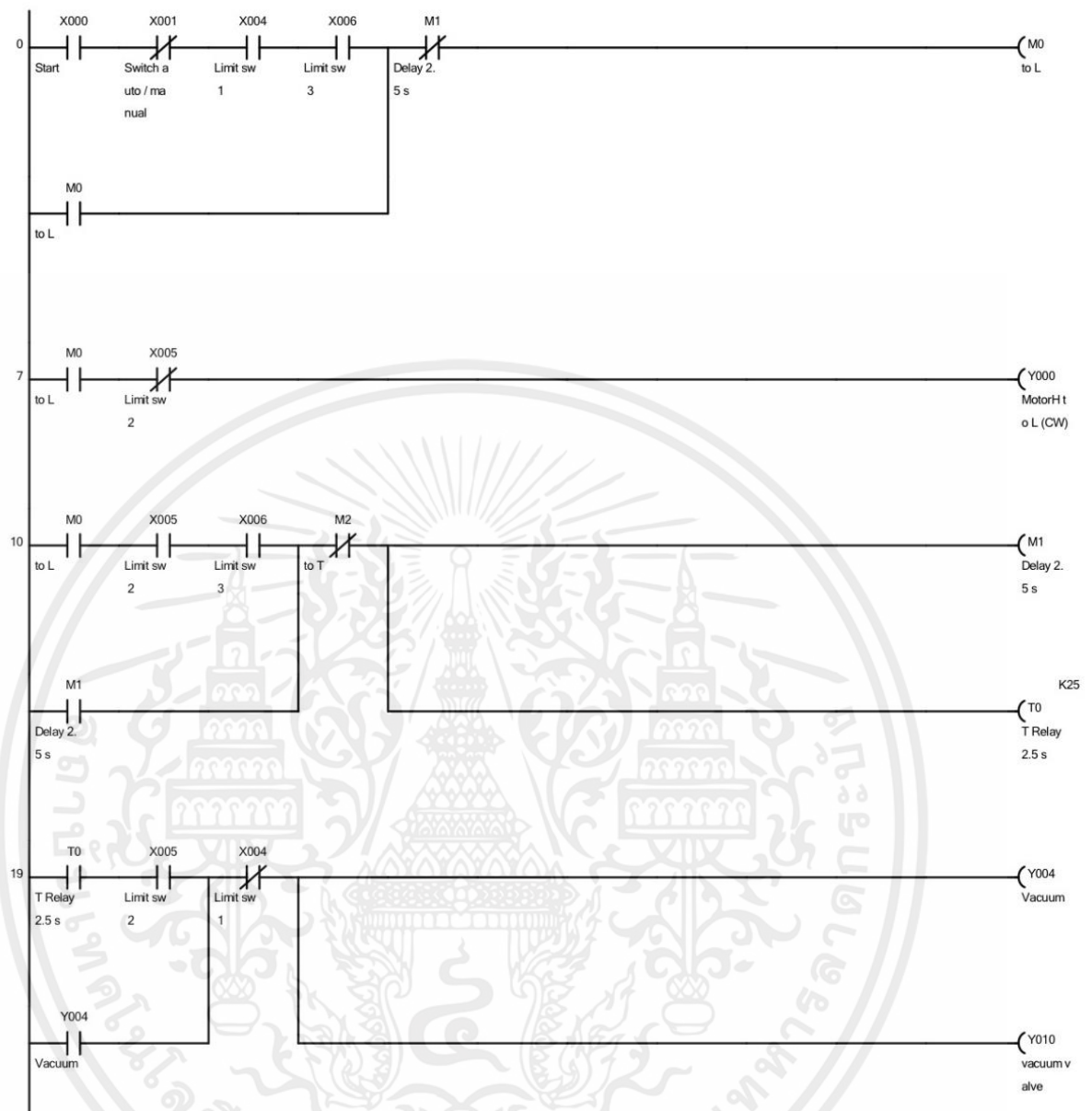
ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)
ผักชี	หัวเข็มใหญ่	1019
ผักคะน้า	หัวเข็มใหญ่	614
ผักกาดขาว	หัวเข็มใหญ่	502



รูปที่ 3.19 เครื่องหยอดเมล็ดต้นแบบ

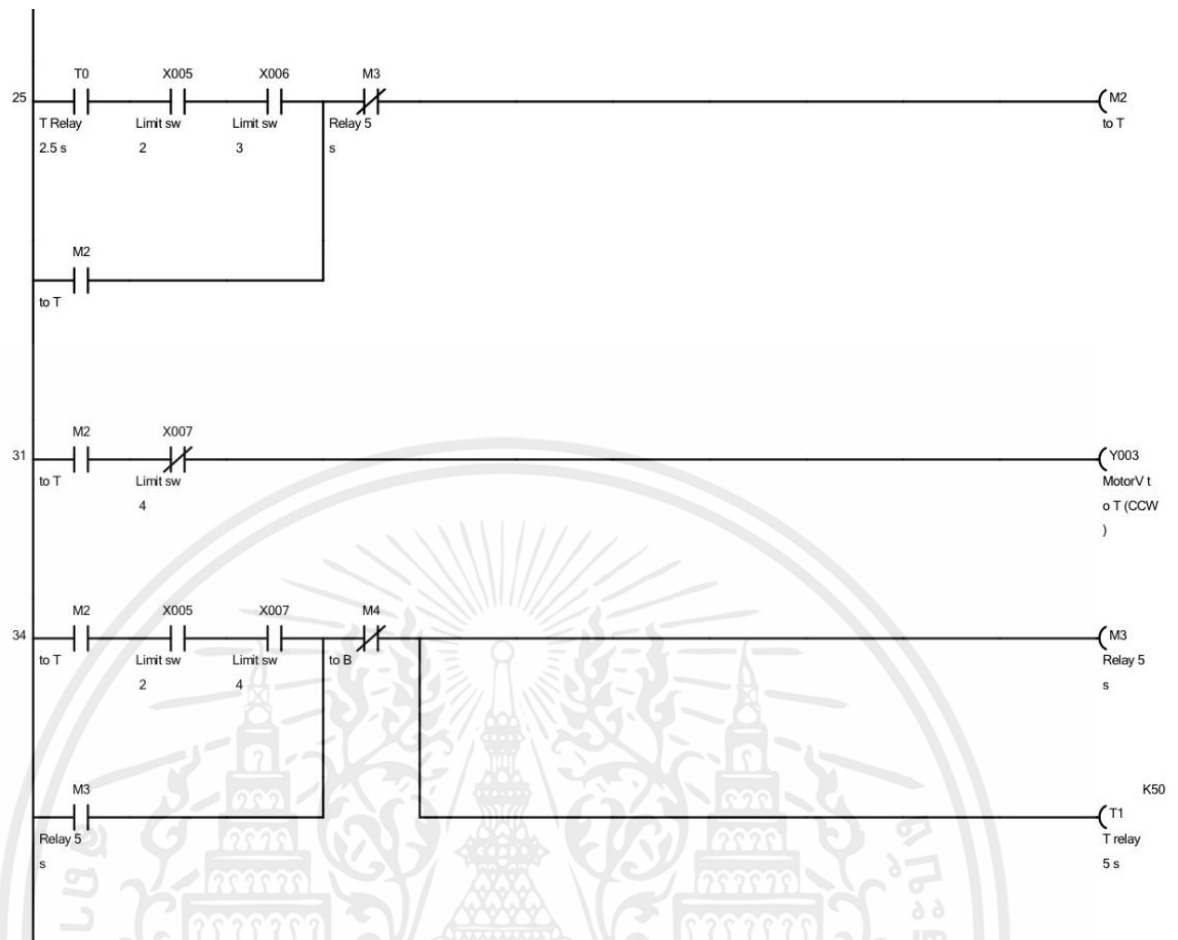
รูปที่ 3.20 เครื่องหยอดเมล็ดที่ใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



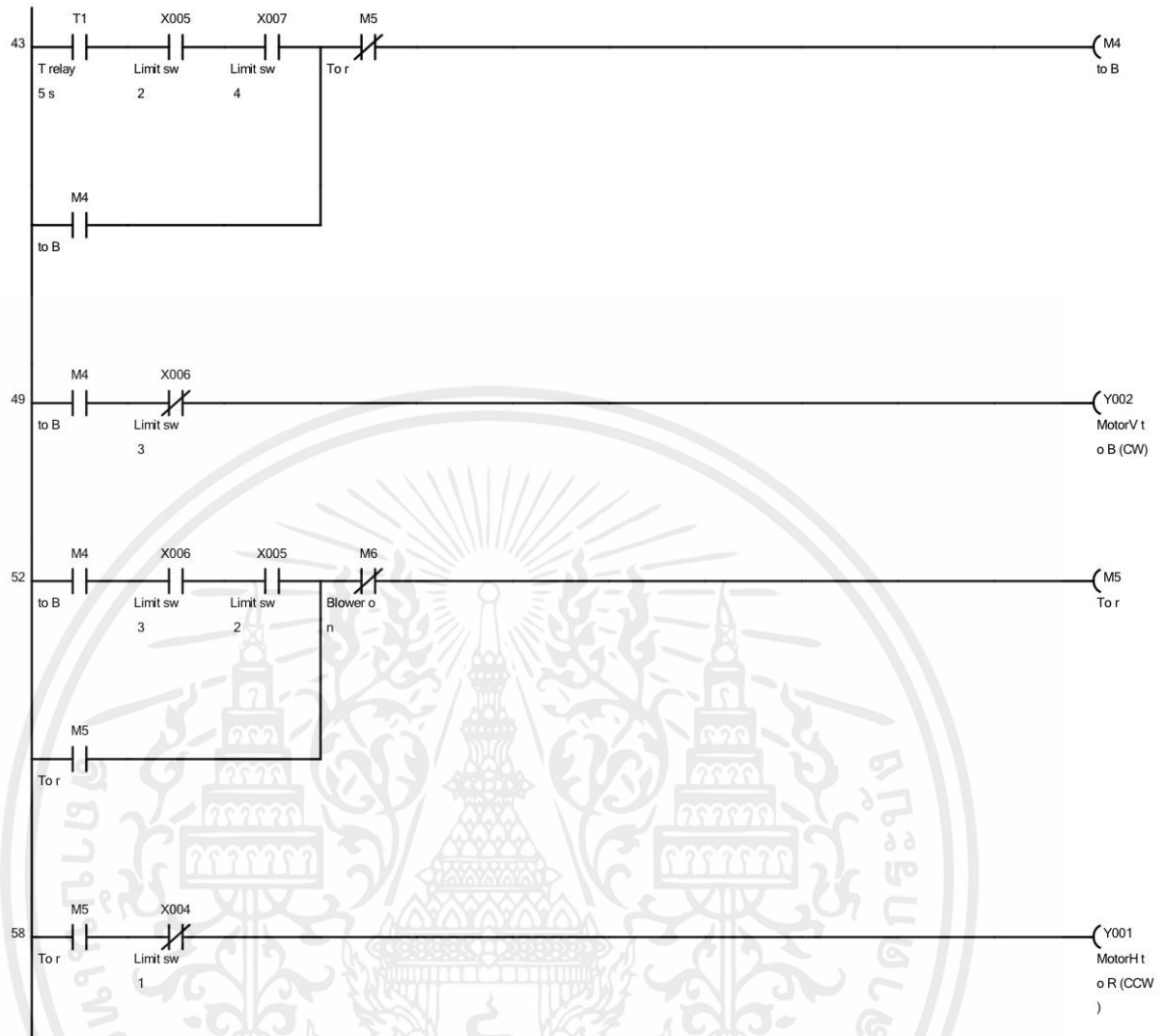
รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 1 ถึง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



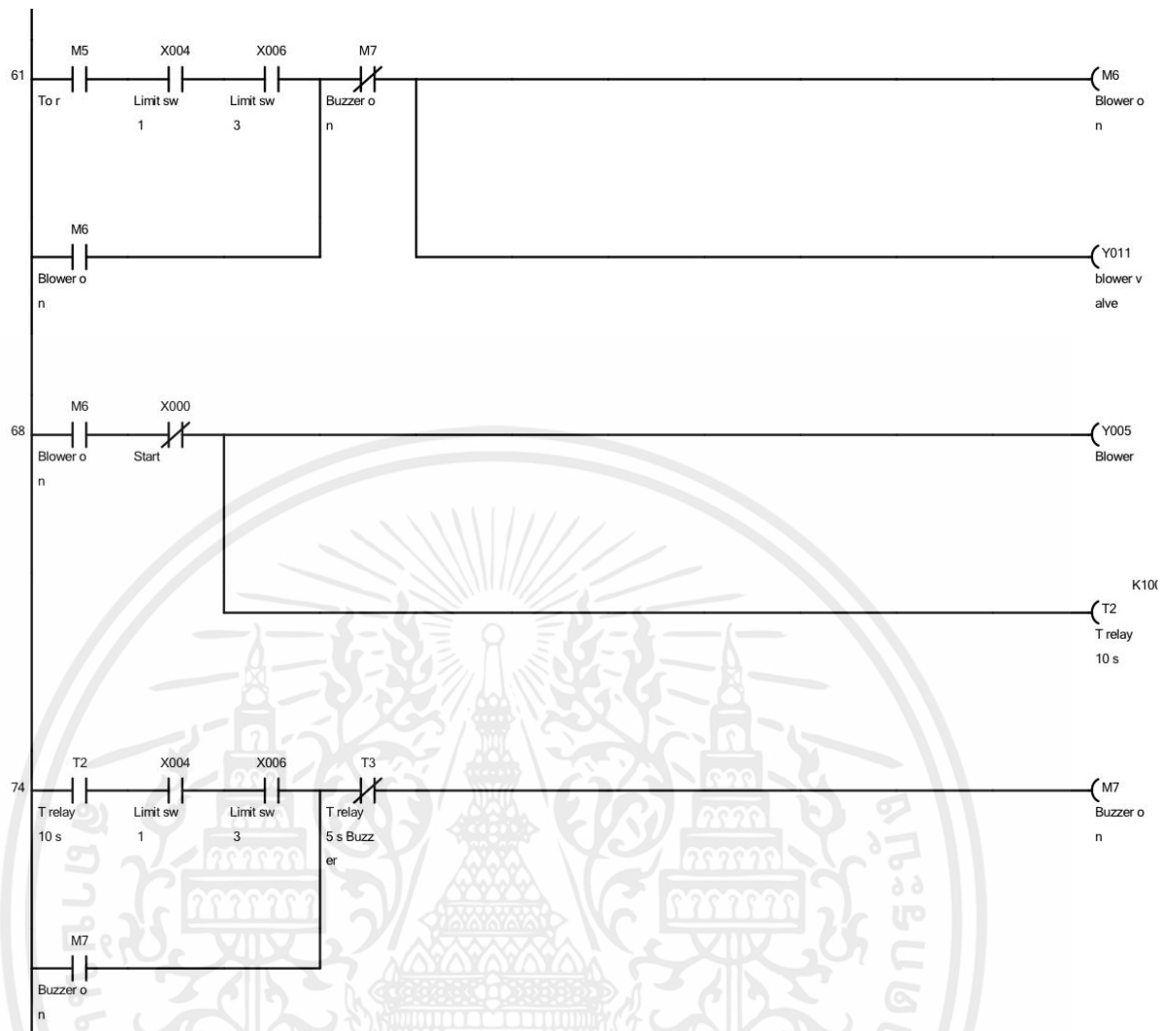
รูปที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 3 ถึง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



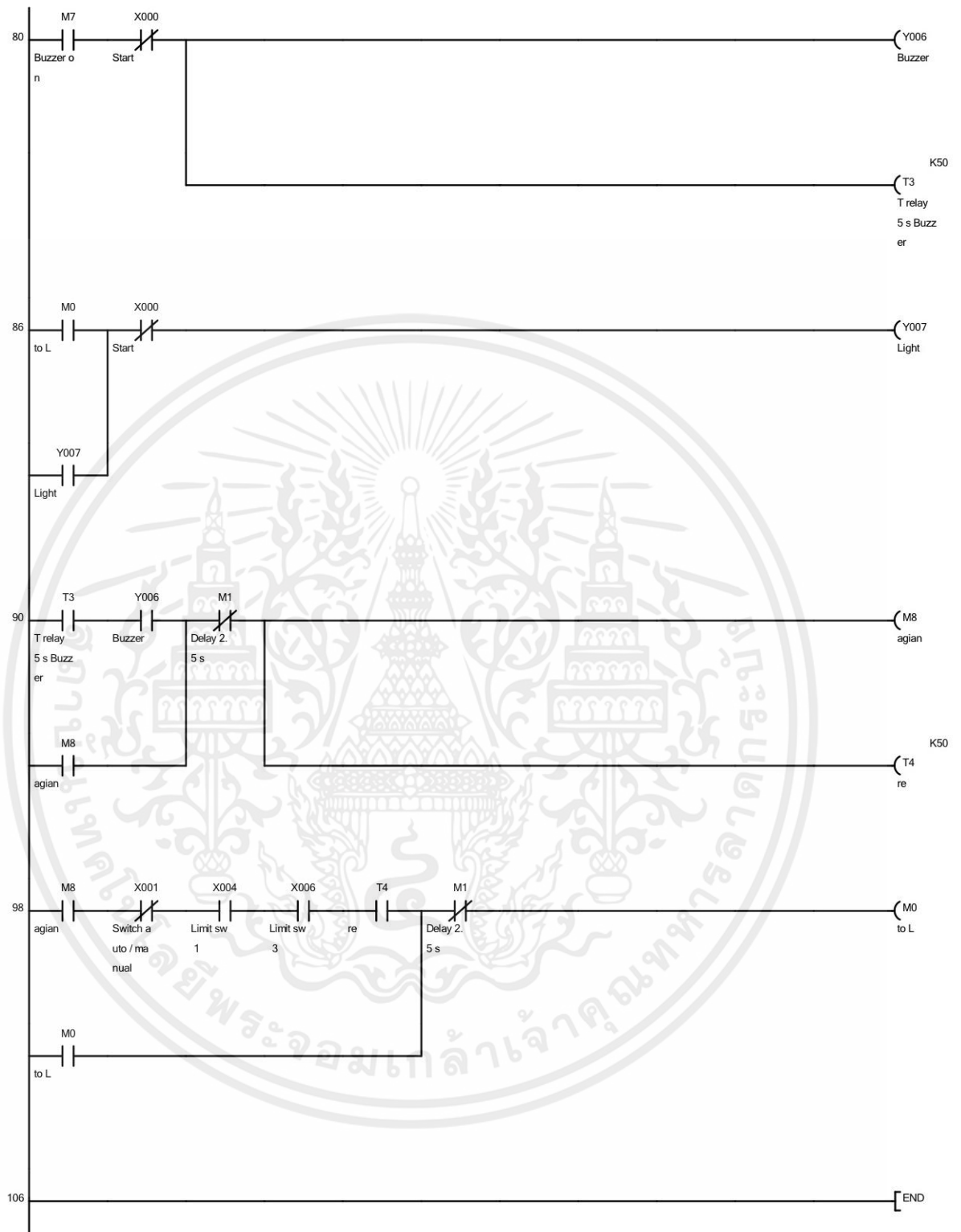
รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 4 ถึง 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 7 ถึง 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 8 ถึง 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

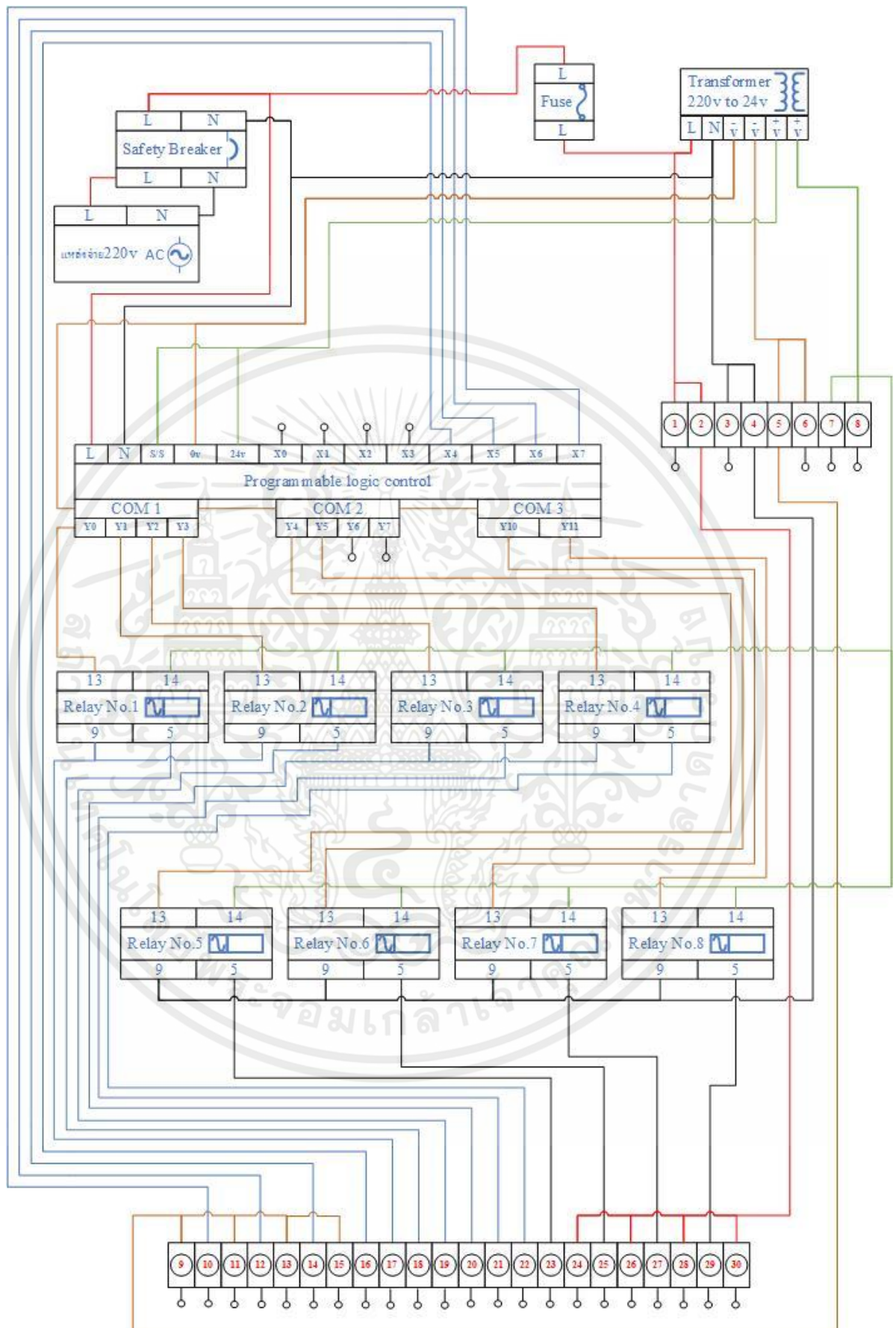
- X000 คือ Push button switch กดเพื่อเริ่มต้นการทำงาน
- X001 คือ Switch on/off ปิดเพื่อเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงาน Auto/Manual
- X004 คือ Limit switch ตัวที่ 1 (รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของ Limit switch)
- X005 คือ Limit switch ตัวที่ 2 (รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของ Limit switch)
- X006 คือ Limit switch ตัวที่ 3 (รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของ Limit switch)
- X007 คือ Limit switch ตัวที่ 4 (รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของ Limit switch)
- Y000 คือ มอเตอร์(Horizontal) เพื่อเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ดไปทางซ้าย (ไปหา Limit switch ตัวที่ 2)
- Y001 คือ มอเตอร์(Horizontal) เพื่อเคลื่อนที่หัวดูดเมล็ดไปทางขวา (ไปหา Limit switch ตัวที่ 1)
- Y002 คือ มอเตอร์(Vertical) เพื่อเคลื่อนที่ถาดบรรจุเมล็ดไปด้านล่าง (ไปหา Limit switch ตัวที่ 3)
- Y003 คือ มอเตอร์(Vertical) เพื่อเคลื่อนที่ถาดบรรจุเมล็ดไปด้านบน (ไปหา Limit switch ตัวที่ 4)
- Y004 คือ เครื่องดูดฝุ่น
- Y005 คือ โบลเวอร์
- Y006 คือ เสียงแจ้งเตือนเวลาเครื่องทำงานเสร็จต่อ 1 รอบ (Buzzer alarm)
- Y007 คือ ไฟแจ้งเตือนสถานะขณะเครื่องจักรกำลังทำงาน (หลอดไฟสีเขียว)
- Y010 คือ โซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่น
- Y011 คือ โซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์
- T0 คือ รีเลย์เวลาหลังจากหัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่ไปหาถาดบรรจุเมล็ดเป็นเวลา 2.5 วินาที
- T1 คือ รีเลย์เวลาขณะหัวดูดเมล็ด กำลังดูดเมล็ดจากถาดบรรจุเมล็ดเป็นเวลา 5 วินาที
- T2 คือ รีเลย์เวลาขณะโบลเวอร์ กำลังเป่าเมล็ดลงถาดเพาะเมล็ดเป็นเวลา 10 วินาที
- T3 คือ รีเลย์เวลาขณะ Buzzer alarm แจ้งเตือนเป็นเวลา 5 วินาที
- T4 คือ รีเลย์เวลาขณะเปลี่ยนถาดเพาะเมล็ดเป็นเวลา 10 วินาที
- M0 คือ ขั้นตอนที่ 1 หัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (ไปหา Limit switch ตัวที่ 2)
- M1 คือ ขั้นตอนที่ 2 เมื่อ Limit switch ตัวที่ 2 ถูกกด รีเลย์เวลา 2.5 วินาทีเพื่อสั่งให้เครื่องดูดฝุ่นทำงาน
- M2 คือ ขั้นตอนที่ 3 ถาดบรรจุเมล็ดเคลื่อนที่ไปหา Limit switch ตัวที่ 4
- M3 คือ ขั้นตอนที่ 4 รีเลย์เวลาเพื่อให้หัวดูดเมล็ด กำลังดูดเมล็ดเป็นเวลา 5 วินาที
- M4 คือ ขั้นตอนที่ 5 ถาดบรรจุเมล็ดเคลื่อนที่ไปหา Limit switch ตัวที่ 3
- M5 คือ ขั้นตอนที่ 6 หัวดูดเมล็ดเคลื่อนที่ไปหา Limit switch ตัวที่ 1 เพื่อเตรียมปล่อยเมล็ดลงถาดเพาะ
- M6 คือ ขั้นตอนที่ 7 โบลเวอร์ทำงานเป็นเวลา 10 วินาที
- M7 คือ ขั้นตอนที่ 8 Buzzer alarm ทำงานเป็นเวลา 5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M8 คือ ขั้นตอนที่ 9 เริ่มต้นกระบวนการอีกครั้งตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 (ในกรณีที่ต้องการทำงานอย่างต่อเนื่อง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 วงจรไฟฟ้าเครื่องต้นแบบที่ใช้ระบบ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้ว X0 ของPLC ต่อไปใช้งาน Push button switch ขั้ว23



รูปที่ 3.27 PLC



รูปที่ 3.28 Push button switch

ขั้ว X1 ของPLC ต่อไปใช้งาน Switch on/off ขั้ว3



รูปที่ 3.29 Switch on/off

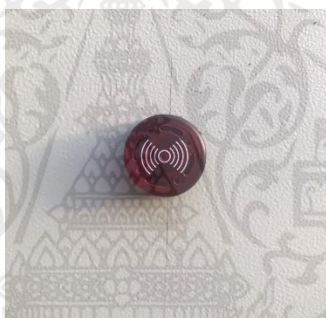
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้ว X2 ของPLC ต่อไปใช้งาน Digital display pressure sensor ขั้วout 1



รูปที่ 3.30 Digital display pressure sensor

ขั้ว X3 ของPLC ต่อไปใช้งาน Digital display pressure sensor ขั้วout 2
ขั้ว Y6 ของPLC ต่อไปใช้งาน Buzzer ขั้วx2



รูปที่ 3.31 Buzzer Alarm

ขั้ว Y7 ของPLC ต่อไปใช้งาน หลอดไฟสีเขียว ขั้วx2

Terminal ตัวที่1 ต่อไปใช้งาน หลอดไฟสีขาว ขั้วx1

Terminal ตัวที่3 ต่อไปใช้งาน หลอดไฟสีขาว ขั้วx2

Terminal ตัวที่6 ต่อไปใช้งาน 1. Push button switch ขั้ว24

2.Digital display pressure sensor ขั้ว0v

Terminal ตัวที่7 ต่อไปใช้งาน Digital display pressure sensor ขั้ว12-24v

Terminal ตัวที่8 ต่อไปใช้งาน หลอดไฟสีเขียว ขั้วx1

Terminal ตัวที่9 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่1 ขั้วNO

Terminal ตัวที่10 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่1 ขั้วCOM

Terminal ตัวที่11 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่2 ขั้วNO

Terminal ตัวที่12 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่2 ขั้วCOM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

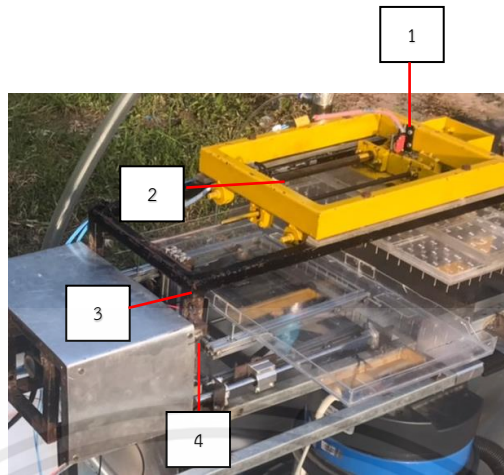
Terminal ตัวที่13 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่3 ขั้วNO
 Terminal ตัวที่14 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่3 ขั้วCOM
 Terminal ตัวที่15 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่4 ขั้วNO
 Terminal ตัวที่16 ต่อไปใช้งาน Limit switch ตัวที่4 ขั้วCOM
 Terminal ตัวที่17 ต่อไปใช้งาน กล้องควบคุมมอเตอร์หัวดูดเมล็ด ขั้วCOM
 Terminal ตัวที่18 ต่อไปใช้งาน กล้องควบคุมมอเตอร์หัวดูดเมล็ด ขั้วCW
 Terminal ตัวที่19 ต่อไปใช้งาน กล้องควบคุมมอเตอร์หัวดูดเมล็ด ขั้วCCW
 Terminal ตัวที่20 ต่อไปใช้งาน กล้องควบคุมมอเตอร์ถาดบรรจุเมล็ด ขั้วCOM
 Terminal ตัวที่21 ต่อไปใช้งาน กล้องควบคุมมอเตอร์ถาดบรรจุเมล็ด ขั้วCW
 Terminal ตัวที่22 ต่อไปใช้งาน กล้องควบคุมมอเตอร์ถาดบรรจุเมล็ด ขั้วCCW
 Terminal ตัวที่23 ต่อไปใช้งาน เต้ารับเครื่องดูดฝุ่น ขั้วN
 Terminal ตัวที่24 ต่อไปใช้งาน เต้ารับเครื่องดูดฝุ่น ขั้วL
 Terminal ตัวที่25 ต่อไปใช้งาน เต้ารับโบลเวอร์ ขั้วN
 Terminal ตัวที่26 ต่อไปใช้งาน เต้ารับโบลเวอร์ ขั้วL
 Terminal ตัวที่27 ต่อไปใช้งาน โซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่น ขั้วN
 Terminal ตัวที่28 ต่อไปใช้งาน โซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่น ขั้วL
 Terminal ตัวที่29 ต่อไปใช้งาน โซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์ ขั้วN
 Terminal ตัวที่30 ต่อไปใช้งาน โซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์ ขั้วL

3.10.1 วัตถุประสงค์

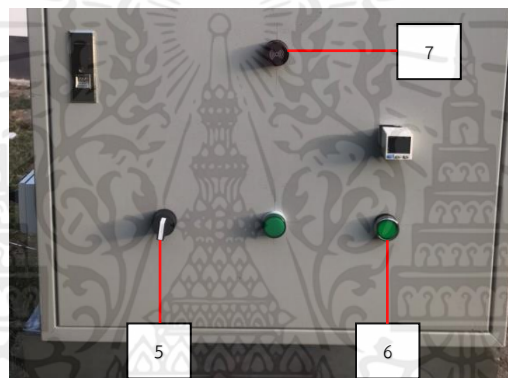
1. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องหยุดเมล็ด ภายหลังจากใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติด้วย PLC
2. เพื่อทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการหยุดเมล็ดลงถาดเพาะ

3.10.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องหยุดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า
2. ถาดบรรจุเมล็ด
3. ถาดเพาะเมล็ด



รูปที่ 3.32 เครื่องต้นแบบที่ใช้ระบบ PLC



รูปที่ 3.33 ตำแหน่งอุปกรณ์หน้าตู้ควบคุม

3.10.3 วิธีการทดสอบ

1. เทเมล็ดพันธุ์ฝักกลางถาดบรรจุเมล็ด (เทเมล็ดฝักซี่สูง 1.5 cm เทเมล็ดฝักคะน้ำสูง 1 cm. เทเมล็ดฝักกาดขาวสูง 1 cm.) และนำถาดบรรจุเมล็ดไปติดตั้งที่เครื่องหยอดเมล็ด
2. ติดตั้งชุดหัวดูดเมล็ด
3. ปรับวาล์วระดับแรงลมดูด
4. ปรับตำแหน่ง Limit switch(หมายเลข3) ของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดให้เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ฝักและชนิดของหัวดูดเมล็ด
5. ปรับความเร็วมอเตอร์ ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวดูดเมล็ดอยู่ที่ Maximum Hight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 กล่องควบคุมมอเตอร์หัวดูดเมล็ด

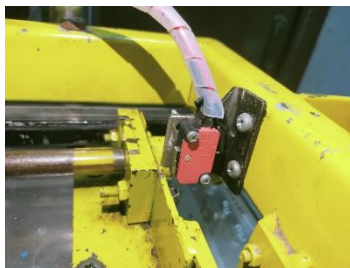
6. ปรับความเร็วมอเตอร์ ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุเมล็ดอยู่ที่ 1.5



รูปที่ 3.35 กล่องควบคุมมอเตอร์ถาดบรรจุเมล็ด

7. เปิด Switch เครื่องดูดฝุ่น (จะทำงานเมื่อ Limit switch ตัวที่ 2 ถูกกด)
8. เปิด Switch โบลเวอร์ (จะทำงานเมื่อ Limit switch ตัวที่ 1 ถูกกดหลังจากที่ผ่านจังหวะดูดเมล็ดแล้ว)
9. ติดตั้งถาดเพาะเมล็ดที่เครื่องหยอดเมล็ด
10. เปิด Switch on/off(หมายเลข5) ตำแหน่งoff คือเครื่องหยอดเมล็ดจะทำงานเพียงครั้งเดียว (manual / ครั้งละ 1 ถาด) และตำแหน่งon คือเครื่องหยอดเมล็ดจะทำงานต่อเนื่อง (auto / ทำงานต่อเนื่อง) จนกว่าSwitch จะอยู่ในตำแหน่งoff
11. เปิด Switch Start(หมายเลข6) เครื่องหยอดเมล็ดในตำแหน่งที่Limit switch ตัวที่1 และ Limit switch ตัวที่3(หมายเลข4) ถูกกดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 Limit switch ตัวที่ 1

12. หัวดูดเม็ล็ดจะเคลื่อนที่ไปชนLimit switchตัวที่2(หมายเลข2)
13. เมื่อ Limit switchตัวที่2(หมายเลข2) ถูกกดเครื่องดูดฝุ่นและโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่นจะเปิดอัตโนมัติ



รูปที่ 3.37 Limit switchตัวที่ 2 และโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่น

14. เมื่อ Limit switchตัวที่2(หมายเลข2)และLimit switchตัวที่3(หมายเลข4) ถูกกดPLCจะนับเวลา 2 วินาทีเมื่อครบแล้ว ถาดบรรจุเม็ล็ดจะเคลื่อนที่ขึ้นไปชนLimit switchตัวที่4(หมายเลข3) เพื่อส่งเม็ล็ดขึ้นไปให้หัวดูดทำการดูดจับเม็ล็ด
15. เมื่อ Limit switchตัวที่4(หมายเลข3)ถูกกดPLCจะนับเวลา 5 วินาทีเมื่อครบแล้ว ถาดบรรจุเม็ล็ดจะเคลื่อนที่กลับ(เคลื่อนที่ลง)ไปชน Limit switchตัวที่3(หมายเลข4)
16. เมื่อ Limit switchตัวที่ 3(หมายเลข4) ถูกกดหัวดูดเม็ล็ดจะเคลื่อนที่กลับไปชนLimit switchตัวที่1(หมายเลข1) เพื่อนำเม็ล็ดจากถาดบรรจุเม็ล็ดมาหยอดลงที่ถาดเพาะ
17. เมื่อ Limit switchตัวที่ 1(หมายเลข1)ถูกกด เครื่องดูดฝุ่นและโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมดูดจากเครื่องดูดฝุ่นจะปิดอัตโนมัติ เพื่อปิดระบบดูดเม็ล็ดให้เม็ล็ดเริ่มหล่นจากหัวเข็มลงไป ในแต่ละหลุมบนถาดเพาะ

18. เมื่อ Limit switch ตัวที่ 1(หมายเลข1)ถูกกด โบลเวอร์และโซลินอยด์วาล์วควบคุมลมเป่าจากโบลเวอร์จะเปิดอัตโนมัติเป็นเวลา 10 วินาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วทั้ง2อย่างจะปิดอัตโนมัติ เพื่อเป่าเมล็ดที่ค้างบนปลายหัวดูดให้หล่นลงหลุมบนถาดเพาะ
19. หลังจากโบลเวอร์หยุดทำงาน Buzzer(หมายเลข7) จะส่งเสียงเตือนเป็นเวลา 5 วินาที
20. ดึงถาดเพาะเมล็ดออกจากเครื่องหยุดเมล็ด(เมื่อเมล็ดพันธุ์ผักหล่นลงถาดเพาะเมล็ดหมดแล้ว)
21. จับเวลาการทำงานขั้นตอนที่ 11-18
22. ทดลองจนครบทั้งหมด 5 ถาดและทำการนับเมล็ดที่อยู่ในถาดเพาะเมล็ด ขั้นตอน12-19 จะทำงานอัตโนมัติ จนกว่า Switch on/off(หมายเลข5) จะอยู่ในตำแหน่ง off เครื่องหยุดเมล็ดจะหยุดทำงาน

3.10.4 บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองอยู่ในบทที่ 4

3.11 การเก็บข้อมูลการทดลองและการประเมินความแม่นยำของการหยุดเมล็ด

เมื่อทำการทดสอบเครื่องหยุดเมล็ดและเก็บผลเสร็จแล้ว ให้ทำการนับเมล็ดพันธุ์ผักที่อยู่ในถาดเพาะเมล็ด โดยพิจารณา 4 ตัวแปรได้แก่

1. Quality of feed index กรณีที่ในหลุมของถาดเพาะเมล็ดมีเพียงเมล็ดเดียวให้นับเป็น 1
2. Double index กรณีที่ในหลุมของถาดเพาะเมล็ดมีเมล็ดอยู่ 2 เมล็ดให้นับเป็น 2
3. Multiple index กรณีที่ในหลุมของถาดเพาะเมล็ดมีเมล็ดอยู่มากกว่า 3 เมล็ดขึ้นไปให้นับเป็น 3
4. Missing index กรณีที่ในหลุมของถาดเพาะเมล็ดไม่มีเมล็ดอยู่เลยให้นับเป็น 0

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

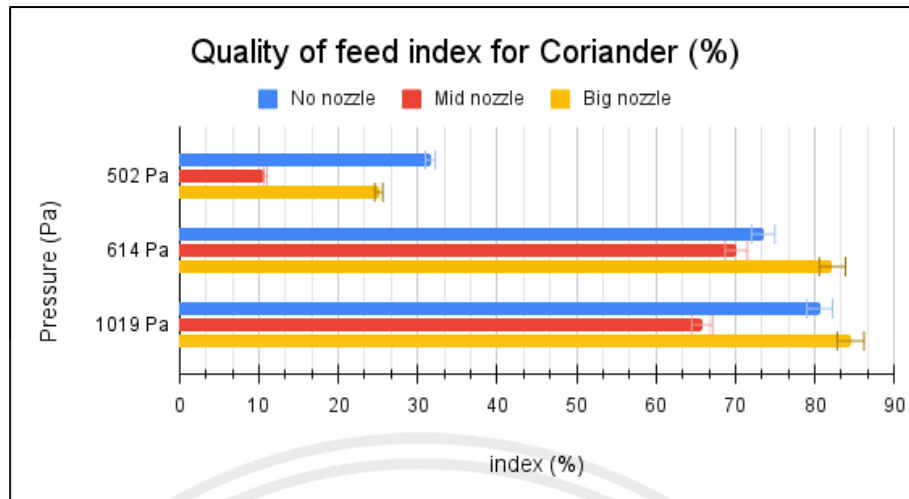
จากบทข้างต้นที่กล่าวมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ โดยเพิ่มระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อควบคุมกลไกเข้าไปยังตัวเครื่องต้นแบบเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ใช้งานง่าย และใช้คนควบคุมเพียงหนึ่งคน ซึ่งได้ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและการทำงานอย่างต่อเนื่องของเครื่อง โดยใช้หัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ ความดัน 3 ระดับ คือ 502 Pa 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดพันธุ์พืช 3 ชนิด คือเมล็ดฝักซี เมล็ดคะน้า และเมล็ดกาดขาว ในการทดลอง

4.1 ทำการทดลองจากเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 ถาดของแต่ละชุดหัวดูดและแต่ละค่าความดันที่กำหนด

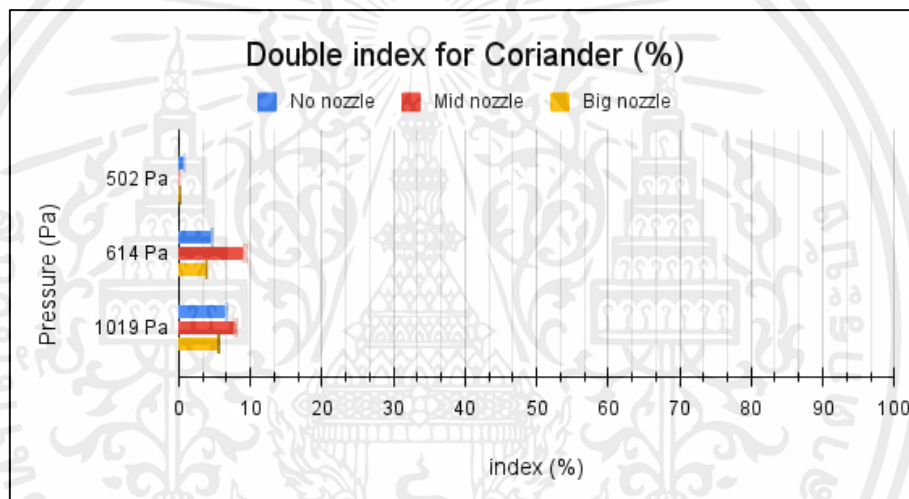
4.1.1 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดฝักซี

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 ถาดแต่ละชนิดหัวดูดและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักซี

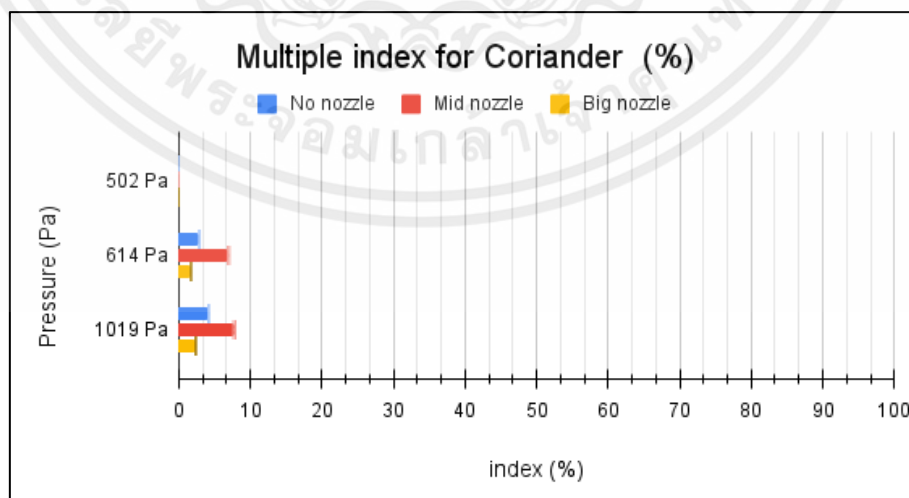
ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ฝักซี	ไม่มีหัวเข็ม	502	31.6±14	0.8±1	0±0	67.6±15
		614	73.5±6.6	4.7±2	2.9±1.3	18.9±9.5
		1019	80.6±4.6	6.7±4.4	4.2±1.9	9±6
	หัวเข็มกลาง	502	10.8±2.8	0.1±0.2	0±0	89.1±2.9
		614	70.1±5.5	9.3±2	7±2.3	13.6±5.6
		1019	65.8±7.2	8±0.8	7.8±2.5	18.4±9.6
	หัวเข็มใหญ่	502	25.1±9.4	0.2±0.2	0±0	74.7±9.6
		614	82.2±1.9	3.9±1.7	1.74±0.5	12.1±2.8
		1019	84.5±1	5.6±2	2.4±0.7	7.4±2.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดง Quality of feed index ของเมล็ดผักชี

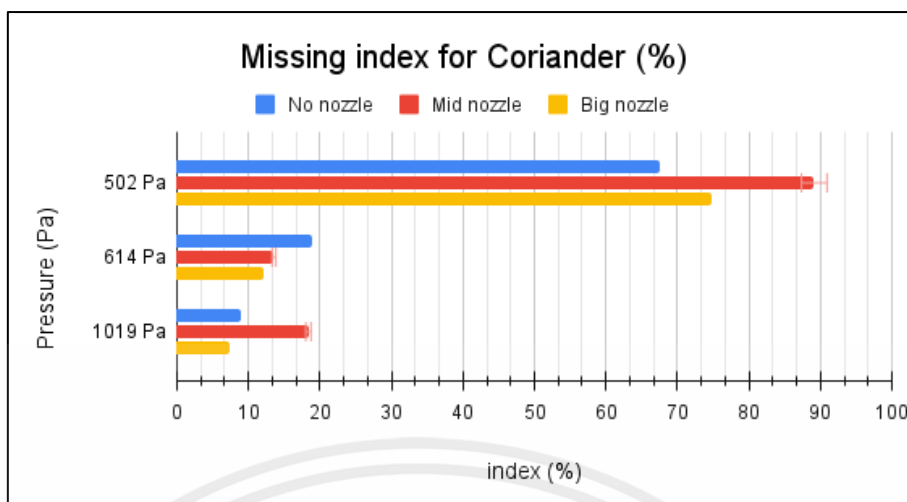


รูปที่ 4.2 กราฟแสดง Double index ของเมล็ดผักชี



รูปที่ 4.3 กราฟแสดง Multiple index ของเมล็ดผักชี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



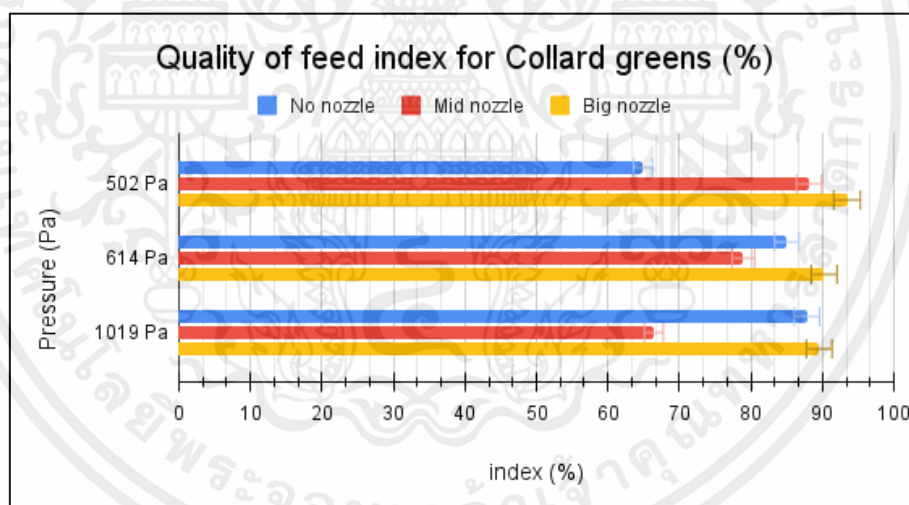
รูปที่ 4.4 กราฟแสดง Missing index ของเมล็ดผักชี

จากตารางการทดลองโดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ กับความดันทั้ง 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดผักชี พบว่าค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 84.5 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ของความดัน 1019 Pa และค่า Quality of feed index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 10.8 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 614 Pa ค่า Double index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 9.3 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 614 Pa และค่า Double index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.1 % ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 502 Pa ค่า Multiple index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 7.8 % ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 1019 Pa และค่า Multiple index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0 % ที่ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ ของความดัน 502 Pa ค่า Missing index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 89.1 % ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 502 Pa และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 7.4 % ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ของความดัน 1019 Pa

4.1.2 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดคะน้า

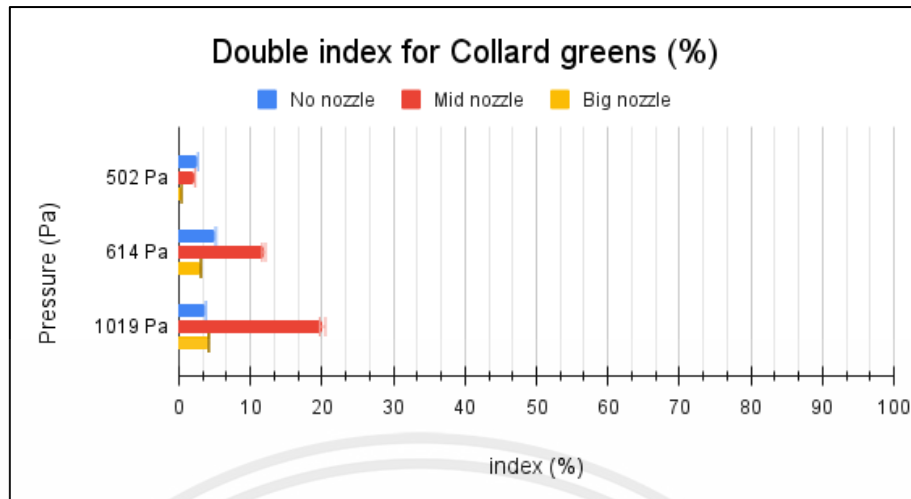
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชนิดหัวดูดและแต่ละความดันลมของเมล็ดผักคะน้า

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ผักคะน้า	ไม่มีหัวเข็ม	502	64.9±6.8	2.7±1.6	3.7±1.2	28.7±7.2
		614	85±3.4	5.2±2.4	8.9±2.8	0.9±0.4
		1019	87.8±1.2	3.8±1.6	6.8±1.4	1.4±0.8
	หัวเข็มกลาง	502	88.1±1.9	2.3±1.4	1.7±0.9	7.9±1.3
		614	78.9±1.2	11.9±2	8.8±1.3	0.4±0.4
		1019	66.4±3.6	20.1±2.3	13.3±3.1	0.2±0.3
หัวเข็มใหญ่	502	93.4±2.1	0.4±0.4	0.7±0.7	5.5±2.1	
	614	90.2±1	3.1±0.9	5.1±1.4	1.6±0.4	
	1019	89.5±1.9	4.2±1.3	5.1±0.7	1.2±0.2	

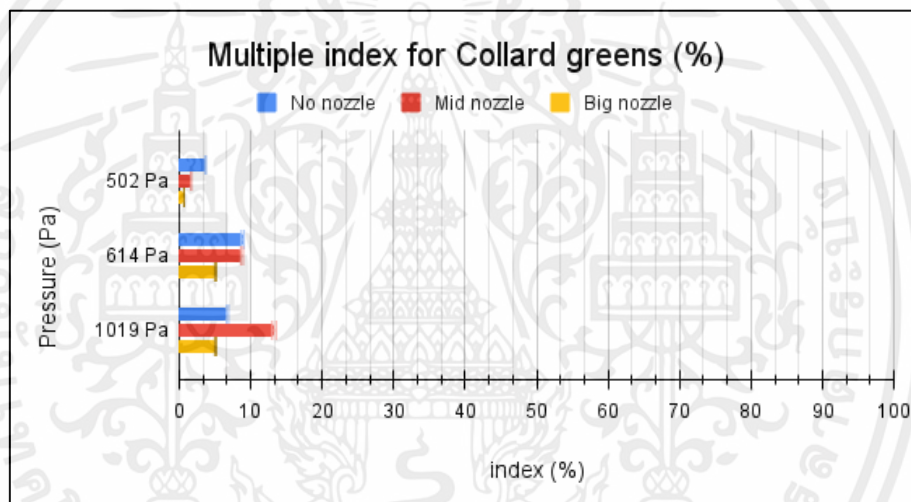


รูปที่ 4.5 กราฟแสดง Quality of feed index ของเมล็ดผักคะน้า

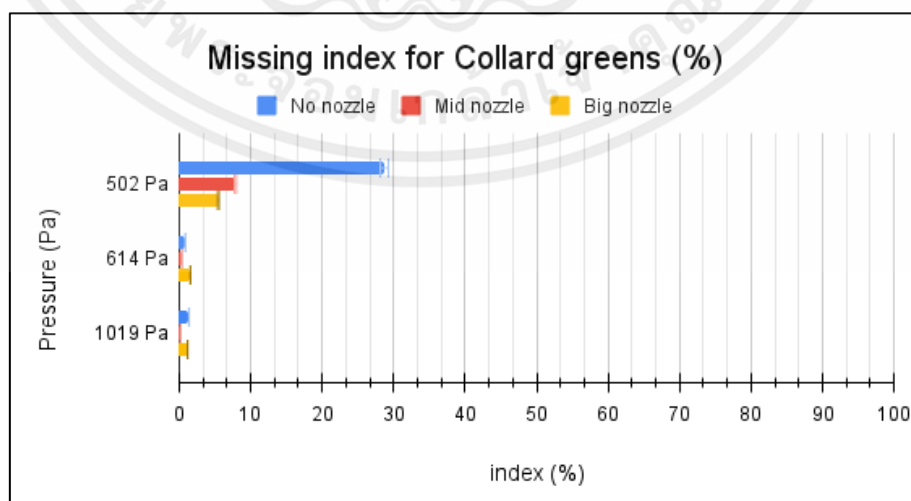
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดง Double index ของเมล็ดผักคะน้า



รูปที่ 4.7 กราฟแสดง Multiple index ของเมล็ดผักคะน้า



รูปที่ 4.8 กราฟแสดง Missing index ของเมล็ดผักคะน้า

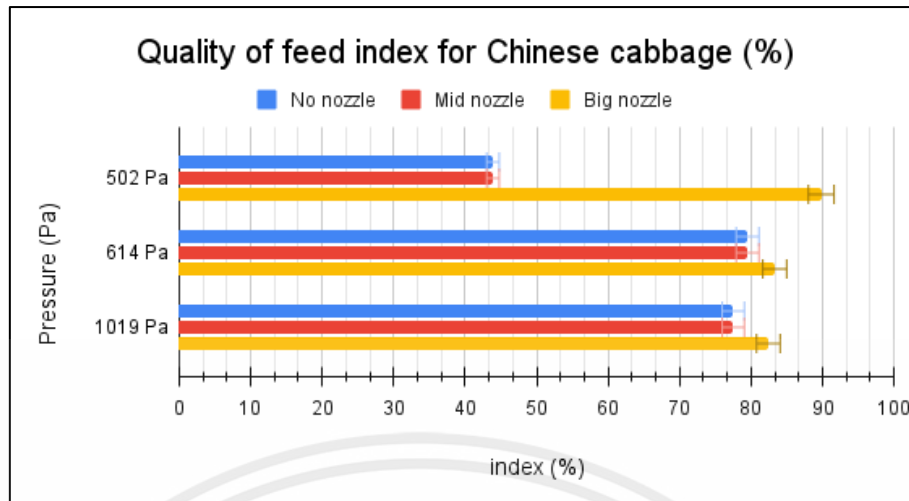
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการทดลองโดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ กับความดันทั้ง 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดคະນ້ายอด พบว่าค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 93.4 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ของความดัน 502 Pa และค่า Quality of feed index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 64.9 % ที่ชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็มของความดัน 502 Pa ค่า Double index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 20.1 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 614 Pa และค่า Double index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.4 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ ของความดัน 502 Pa ค่า Multiple index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 13.9 % ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 1019 Pa และค่า Multiple index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.7 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ ของความดัน 502 Pa ค่า Missing index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 28.7 % ที่ชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็มของความดัน 502 Pa และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.2 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลางของความดัน 1019 Pa

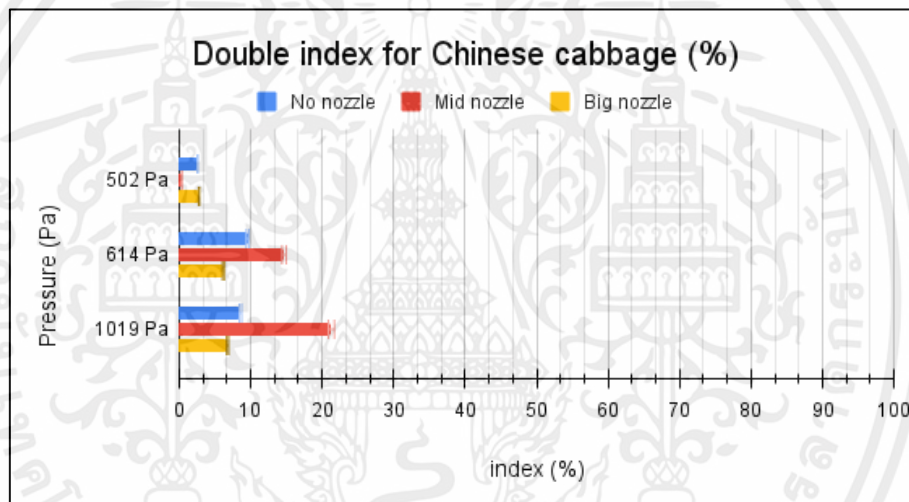
4.1.2 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดฝักกาดขาว

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชนิดหัวดูดและแต่ละความดันลมของเมล็ดฝักกาดขาว

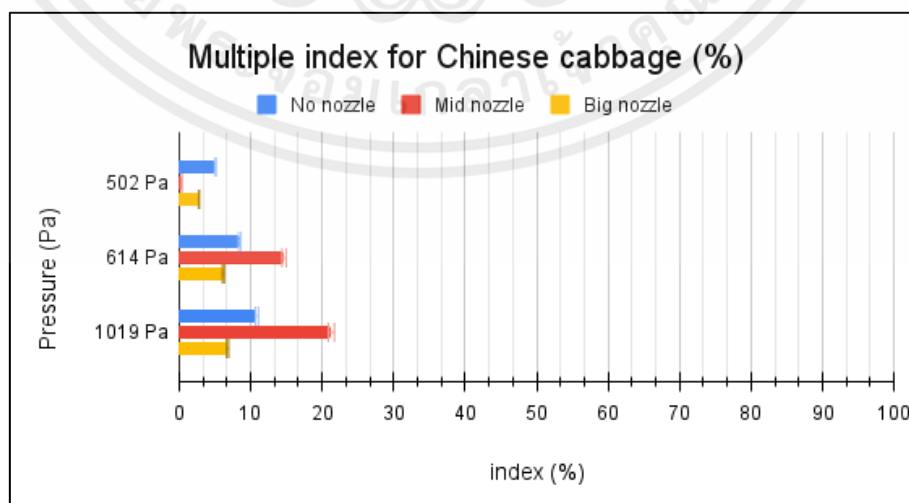
ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ไม่มีหัวเข็ม		502	43.9±4.9	2.6±0.9	5.1±3	48.4±7.9
		614	79.5±2.8	9.6±2.9	8.5±1.9	2.4±1.1
		1019	77.5±1.8	8.6±1.4	10.9±1.1	2.8±0.9
ฝักกาดขาว	หัวเข็มกลาง	502	43.9±1.7	1.3±0.7	0.4±0.4	7.6±1.1
		614	79.5±1.3	22.8±1.8	14.7±1.3	1.1±0.7
		1019	77.5±1.8	25.8±4	21.3±2.8	1.2±0.7
	หัวเข็มใหญ่	502	89.8±2.3	4.7±1.2	2.8±1	2.7±1.2
		614	83.3±2.9	9.8±2.2	6.2±1.8	1.8±0.7
		1019	82.4±2.3	9.3±1.9	6.8±1.4	1.5±0.6



รูปที่ 4.9 กราฟแสดง Quality of feed index ของเมล็ดผักกาดขาว

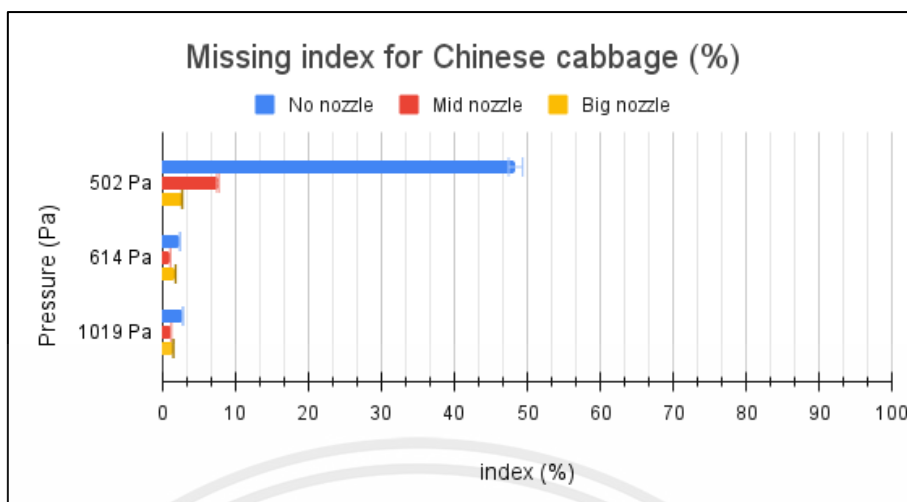


รูปที่ 4.10 กราฟแสดง Double index ของเมล็ดผักกาดขาว



รูปที่ 4.11 กราฟแสดง Multiple index ของเมล็ดผักกาดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดง Missing index ของเมล็ดผักกาดขาว

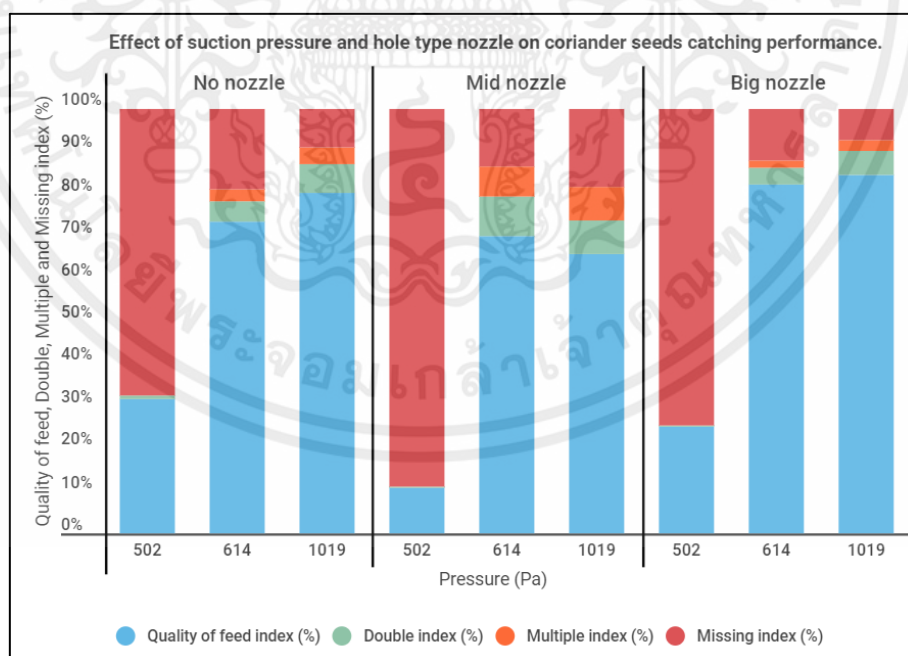
จากตารางการทดลองโดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ กับความดันทั้ง 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดค่น้ำ พบว่าค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 89.3 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ของความดัน 502 Pa และค่า Quality of feed index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 43.9 % ที่ชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็มและที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลางของความดัน 502 Pa ค่า Double index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 25.8 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 1019 Pa และค่า Double index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 1.3 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 502 Pa ค่า Multiple index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 21.3 % ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 1019 Pa และค่า Multiple index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.4 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง ของความดัน 502 Pa ค่า Missing index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 48.4 % ที่ชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็มของความดัน 502 Pa และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 1.1 % ที่ชุดหัวดูดหัวเข็มกลางของความดัน 614 Pa

4.2 ทำการทดลองจากเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของแต่ละชุดหัวดูดและแต่ละค่าความดันที่กำหนดเพื่อหาค่าการทดลองที่เหมาะสมต่อเมล็ดพันธุ์นั้นๆ

4.2.1 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดผักชี

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแต่ละชนิดหัวดูดและแต่ละความดันลมของเมล็ดผักชี

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)	
ผักชี	ไม่มีหัวเข็ม	502	31.6±14	0.8±1	0±0	67.6±15	
		614	73.5±6.6	4.7±2	2.9±1.3	18.9±9.5	
		1019	80.6±4.6	6.7±4.4	4.2±1.9	9±6	
	หัวเข็มกลาง	502	10.8±2.8	0.1±0.2	0±0	89.1±2.9	
		614	70.1±5.5	9.3±2	7±2.3	13.6±5.6	
		1019	65.8±7.2	8±0.8	7.8±2.5	18.4±9.6	
		หัวเข็มใหญ่	502	25.1±9.4	0.2±0.2	0±0	74.7±9.6
			614	82.2±1.9	3.9±1.7	1.74±0.5	12.1±2.8
			1019	84.5±1	5.6±2	2.4±0.7	7.4±2.1



รูปที่ 4.13 กราฟแสดง Seeds catching performance ของเมล็ดผักชี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

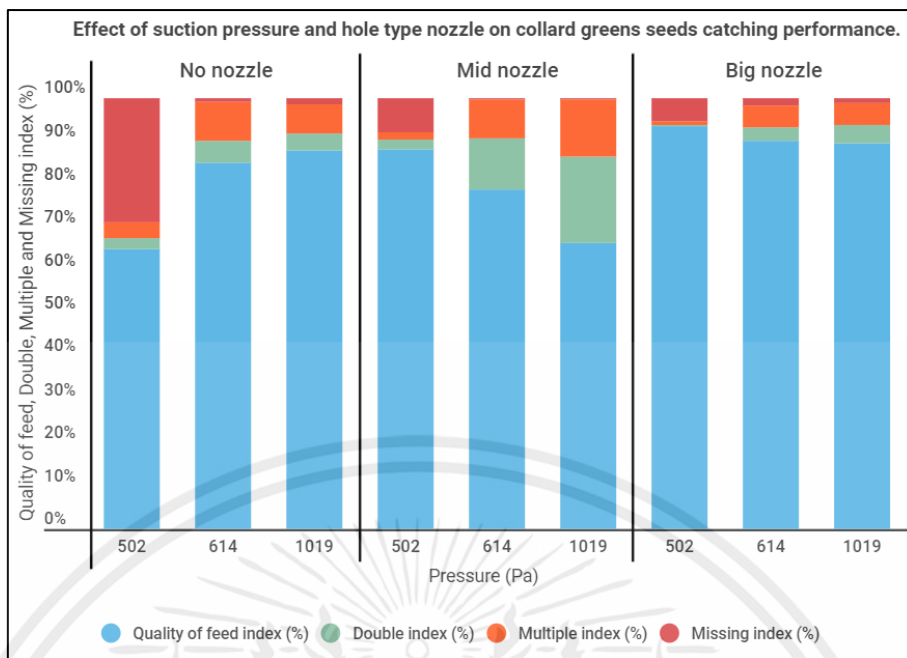
จากตารางการทดลองโดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ กับความดันทั้ง 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดผักชี เพื่อหาชุดหัวดูดและค่าความดันลมที่เหมาะสมกับเมล็ดผักชี โดยพิจารณาจากค่า Quality of feed index ที่มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 84.5 % และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 7.4 % จะพบว่า การทดลองที่มีค่าประสิทธิภาพเหมาะสมกับเมล็ดผักชีที่สุด คือการทดลองโดยใช้ หัวดูดชนิดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลมที่ 1019 Pa

4.2.2 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดคะน้ายอด

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแต่ละชนิดหัวดูดและแต่ละความดันลมของเมล็ดผักคะน้า

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)	
ผักคะน้า	ไม่มีหัวเข็ม	502	64.9±6.8	2.7±1.6	3.7±1.2	28.7±7.2	
		614	85±3.4	5.2±2.4	8.9±2.8	0.9±0.4	
		1019	87.8±1.2	3.8±1.6	6.8±1.4	1.4±0.8	
	หัวเข็มกลาง	หัวเข็มกลาง	502	88.1±1.9	2.3±1.4	1.7±0.9	7.9±1.3
			614	78.9±1.2	11.9±2	8.8±1.3	0.4±0.4
			1019	66.4±3.6	20.1±2.3	13.3±3.1	0.2±0.3
		หัวเข็มใหญ่	502	93.4±2.1	0.4±0.4	0.7±0.7	5.5±2.1
			614	90.2±1	3.1±0.9	5.1±1.4	1.6±0.4
			1019	89.5±1.9	4.2±1.3	5.1±0.7	1.2±0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



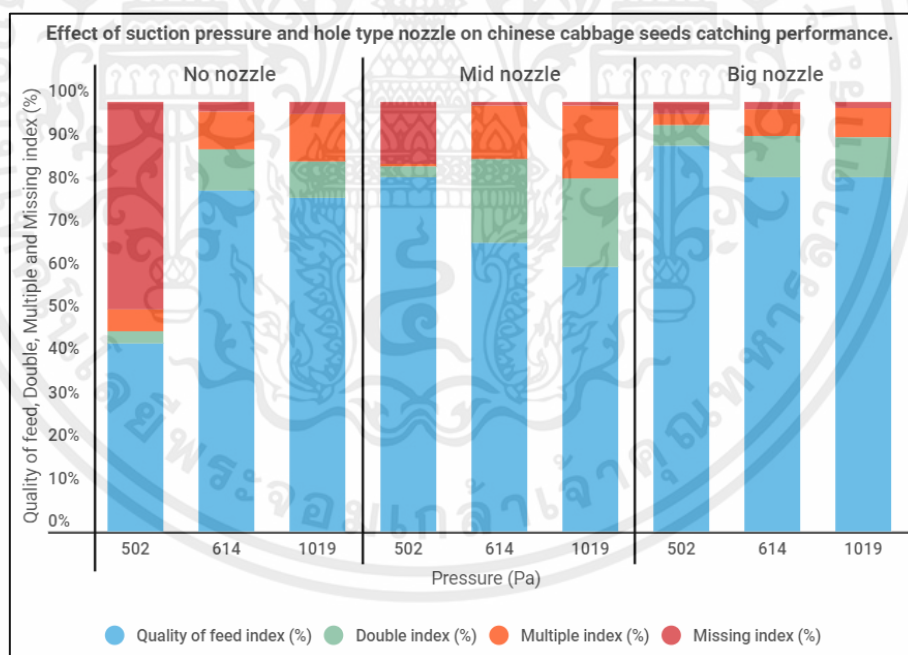
รูปที่ 4.14 กราฟแสดง Seeds catching performance ของเมล็ดผักคะน้า

จากตารางการทดลองโดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ กับความดันทั้ง 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดผักคะน้า เพื่อหาชุดหัวดูดและค่าความดันลมที่เหมาะสมกับเมล็ดผักซี โดยพิจารณาจากค่า Quality of feed index มีค่าอยู่ที่ 90.2 % และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.2 % จะพบว่าการทดลองที่มีค่าประสิทธิภาพเหมาะสมกับเมล็ดผักคะน้าที่สุด คือการทดลองโดยใช้ หัวดูดชนิดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลมที่ 614 Pa

4.2.3 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดผักกาดขาว

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชนิดหัวดูดและแต่ละความดันลมของเมล็ดผักกาดขาว

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)	
ผักกาดขาว	ไม่มีหัวเข็ม	502	43.9±4.9	2.6±0.9	5.1±3	48.4±7.9	
		614	79.5±2.8	9.6±2.9	8.5±1.9	2.4±1.1	
		1019	77.5±1.8	8.6±1.4	10.9±1.1	2.8±0.9	
	หัวเข็มกลาง	502	43.9±1.7	1.3±0.7	0.4±0.4	7.6±1.1	
		614	79.5±1.3	22.8±1.8	14.7±1.3	1.1±0.7	
		1019	77.5±1.8	25.8±4	21.3±2.8	1.2±0.7	
		หัวเข็มใหญ่	502	89.8±2.3	4.7±1.2	2.8±1	2.7±1.2
			614	83.3±2.9	9.8±2.2	6.2±1.8	1.8±0.7
			1019	82.4±2.3	9.3±1.9	6.8±1.4	1.5±0.6



รูปที่ 4.15 กราฟแสดง Seeds catching performance ของเมล็ดผักกาดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการทดลองโดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ กับความดันทั้ง 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ต่อเมล็ดฝักกาตขาว เพื่อหาชุดหัวดูดและค่าความดันลมที่เหมาะสมกับเมล็ดฝักซี โดยพิจารณาจากค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 89.8 % และค่า Missing index มีค่าที่อยู่ที่ 2.7 % จะพบว่าการทดลองที่มีค่าประสิทธิภาพเหมาะสมกับเมล็ดฝักคะน้ำที่สุด คือการทดลองโดยใช้ หัวดูดชนิดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลมที่ 502 Pa

4.3 ทำการทดลองการทำงานต่อเนื่องกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์

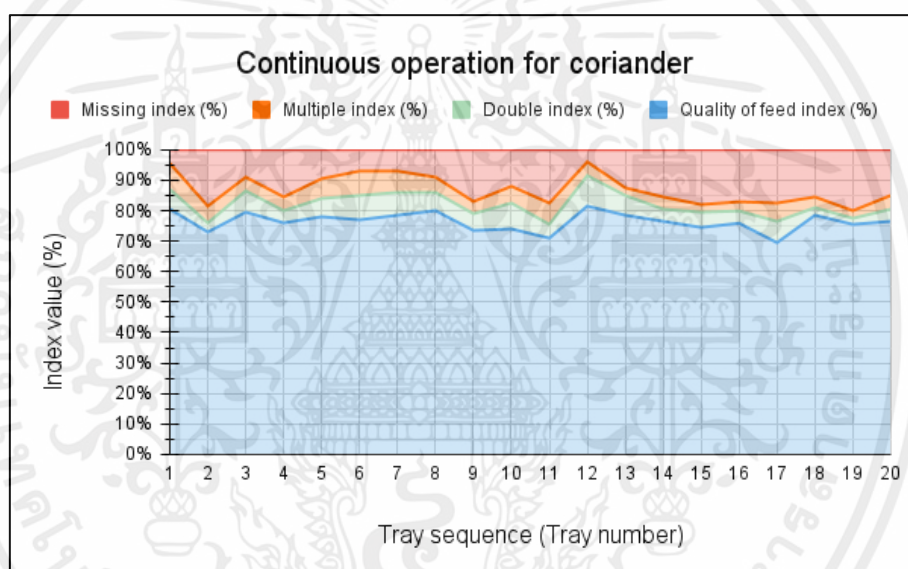
4.3.1 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดฝักซีที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 1019 Pa ตารางที่ 4.7 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดฝักซี ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด

ชนิดเมล็ด	ความดัน (Pa)	Tray sequence (Tray number)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ฝักซี	หัวเข็มใหญ่ 1019	1	80.5	6.5	8.5	4.5
		2	73	3	5.5	18.5
		3	79.5	7	4.5	9
		4	76	4	4.5	15.5
		5	78	6	6.5	9.5
		6	77	8	8	7
		7	78.5	7.5	7	7
		8	80	6	5	9
		9	73.5	5.5	4	17
ฝักซี	หัวเข็มใหญ่ 1019	10	74	8.5	5.5	12
		11	71	4.5	7	17.5
		12	81.5	10	4.5	4
		13	78.5	6.5	2.5	12.5
		14	76.5	4	4	15.5
		15	74.5	5	2.5	18
		16	75.5	4	3	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดผักชี ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด (ต่อ)

ชนิดเมล็ด	ความดัน (Pa)	Tray sequence (Tray number)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
		17	69.5	7	6	17.5
		18	78.5	2.5	3.5	15.5
		19	75.5	2	2.5	20
		20	76.5	4	4.5	15
เฉลี่ย			76.375	5.575	4.95	13.075



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักชี

จากรูปที่ 4.16 ทดลองโดยใช้เมล็ดผักชีที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 1019 Pa ค่า Quality of feed index ที่เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 80.5 % และถาดลำดับที่ 20 จะมีค่าอยู่ที่ 76.5 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Quality of feed index เฉลี่ยอยู่ที่ 76.375 % โดยค่า Quality of feed index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 69.5 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 81.5 % ส่วนค่า Missing index เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 4.5 % จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Missing index จะมีค่าอยู่ที่ 1.5 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Missing index เฉลี่ยอยู่ที่ 13.075 % โดย Missing index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 4 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 18.5 % ถ้านับค่า Double index ที่เรายอมรับได้โดยค่า Double index เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่

1 จะมีค่าอยู่ที่ 6.5 % จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Double index จะมีค่าอยู่ที่ 4 % ช่วงการทดลองใน ถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Double index เฉลี่ยอยู่ที่ 5.575 % โดย Double index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 8.5 % เมื่อนำค่า Double index รวมกับค่า Quality of feed index จะทำให้ค่าประสิทธิภาพในการทำงานต่อเมล็ด ผักชีมีค่าสูงสุดถึง 91.5 % และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 81.95 % จึงสรุปได้ว่าการทดลอง 1-20 ถาดค่าประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงไปตลอดจนถึงถาดลำดับสุดท้ายที่ตั้งไว้และค่าประสิทธิภาพ เฉลี่ยอยู่ที่ 81.95 % โดยมีค่าประสิทธิภาพค่าสูงสุดถึง 91.5 %

4.3.2 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดผักคะน้าที่ชุดหัวตุตหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 614 Pa

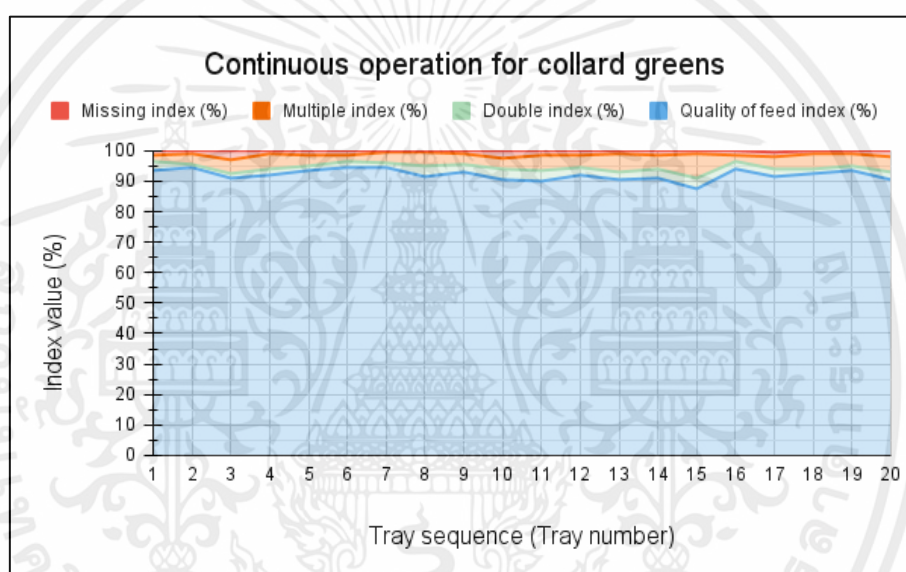
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดผักคะน้า ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวตุต	ความดัน (Pa)	Tray sequence (Tray number)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
			1	93.5	3	2	1.5
			2	94.5	1	3.5	1
			3	91	1.5	4.5	3
			4	92	2	5	1
			5	93.5	1.5	3.5	1.5
			6	94.5	2	2	1.5
			7	94.5	1.5	3.5	0.5
			8	91.5	3.5	4.5	0.5
			9	93	2.5	3.5	1
ผักคะน้า	หัวเข็มใหญ่	614	10	90.5	3.5	3.5	2.5
			11	90	3.5	5	1.5
			12	92	2.5	4	1.5
			13	90.5	2.5	6	1
			14	91	3	4.5	1.5
			15	87.5	3.5	8	1
			16	94	2.5	2	1.5
			17	91.5	2.5	4	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดผักคะน้า ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด (ต่อ)

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Tray sequence (Tray number)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
			18	92.5	1.5	5	1
			19	93.5	1.5	4	1
			20	90.5	2.5	5	2
		เฉลี่ย		92.075	0.65	4.15	1.375



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักคะน้า

จากรูปที่ 4.17 ทดลองโดยใช้เมล็ดผักคะน้าที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 614 Pa ค่า Quality of feed index ที่เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 93.5 % และถาดลำดับที่ 20 จะมีค่าอยู่ที่ 90.5 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Quality of feed index เฉลี่ยอยู่ที่ 92.075 % โดยค่า Quality of feed index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 87.5 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 94.5 % ส่วนค่า Missing index เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 1.5 % จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Missing index จะมีค่าอยู่ที่ 2 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Missing index เฉลี่ยอยู่ที่ 1.375 % โดย Missing index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.5 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 2.5 % ถ้านับค่า Double index ที่เรายอมรับได้โดยค่า Double index เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 3 % จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Double index จะมีค่าอยู่ที่ 2.5 % ช่วงการทดลองใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Double index เฉลี่ยอยู่ที่ 0.65 % โดย Double index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 3.5 % เมื่อนำค่า Double index รวมกับค่า Quality of feed index จะทำให้ค่าประสิทธิภาพในการทำงานต่อเมล็ดฝักค่น้ำมีค่าสูงสุดถึง 96.5 % และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 92.725 % จึงสรุปได้ว่าการทดลอง 1-20 ถาดค่าประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยไปตลอดจนถึงถาดลำดับสุดท้ายที่ตั้งไว้ และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 92.725 % โดยมีค่าประสิทธิภาพค่าสูงสุดถึง 96.5 %

4.3.2 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดฝักกาดขาวที่ชุดหัวคูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 502 Pa

Pa

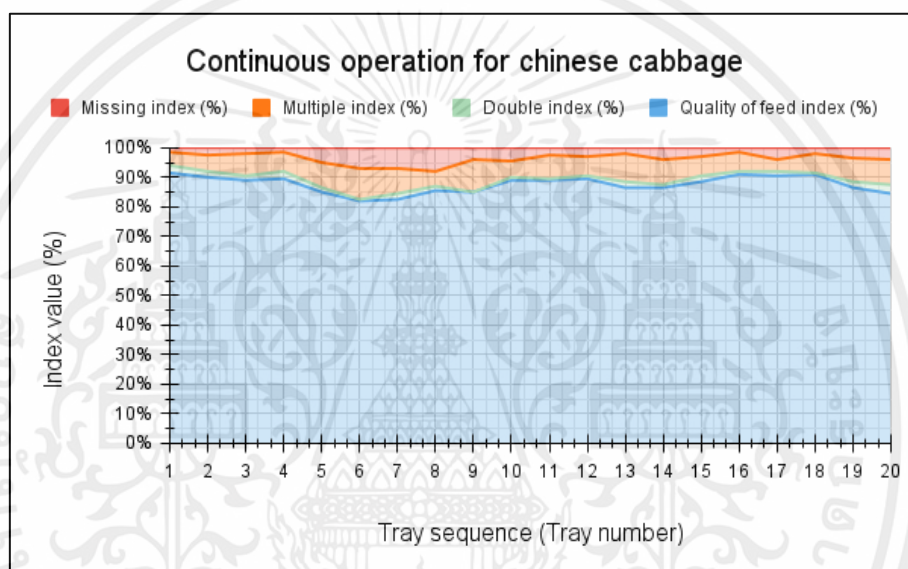
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดฝักกาดขาว ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวคูด	ความดัน (Pa)	Tray sequence (Tray number)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
			1	93.5	3	2	1.5
			2	94.5	1	3.5	1
			3	91	1.5	4.5	3
			4	92	2	5	1
			5	93.5	1.5	3.5	1.5
			6	94.5	2	2	1.5
			7	94.5	1.5	3.5	0.5
			8	91.5	3.5	4.5	0.5
			9	93	2.5	3.5	1
ฝักกาดขาว	หัวเข็มใหญ่	614	10	90.5	3.5	3.5	2.5
			11	90	3.5	5	1.5
			12	92	2.5	4	1.5
			13	90.5	2.5	6	1
			14	91	3	4.5	1.5
			15	87.5	3.5	8	1
			16	94	2.5	2	1.5
			17	91.5	2.5	4	1.5
			18	92.5	1.5	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดผักกาดขาว ที่ทำงานต่อเนื่อง 20 ถาด (ต่อ)

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Tray sequence (Tray number)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
			19	93.5	1.5	4	1
			20	90.5	2.5	5	2
		เฉลี่ย		92.075	0.65	4.15	1.375



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักกาดขาว

จากรูปที่ 4.18 ทดลองโดยใช้เมล็ดผักกาดขาวที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 502 Pa ค่า Quality of feed index ที่เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 91.5 % และถาดลำดับที่ 20 จะมีค่าอยู่ที่ 84.5 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Quality of feed index เฉลี่ยอยู่ที่ 87.625 % โดยค่า Quality of feed index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 82 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 91.5 % ส่วนค่า Missing index เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 1.5 % จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Missing index จะมีค่าอยู่ที่ 4 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Missing index เฉลี่ยอยู่ที่ 3.625 % โดย Missing index จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละถาดที่เล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1.5 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 8 % ถ้านับค่า Double index ที่เรายอมรับได้โดยค่า Double index เริ่มทดลองจากถาดลำดับที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 2.5 % จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Double index จะมีค่าอยู่ที่ 3 % ช่วงการทดลองในถาดลำดับที่ 1 จนถึงถาดลำดับที่ 20 ค่า Double index เฉลี่ยอยู่ที่ 1.475 % โดย Double index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

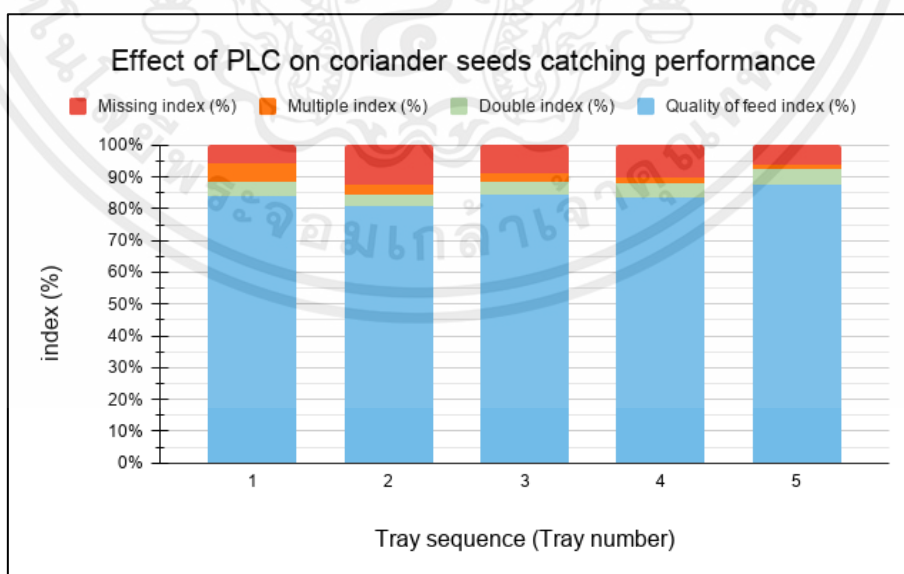
จะมีค่าขึ้นลงไปในแต่ละภาคที่ละเล็กน้อยโดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 % และค่าสูงสุดอยู่ที่ 3 % เมื่อนำค่า Double index รวมกับค่า Quality of feed index จะทำให้ค่าประสิทธิภาพในการทำงานต่อเมล็ด ผักกาดขาวมีค่าสูงสุดถึง 94 % และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 89.1 % จึงสรุปได้ว่าการทดลอง 1-20 ภาคค่าประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยไปตลอดจนถึงภาคลำดับสุดท้ายที่ตั้งไว้ และค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 89.1 % โดยมีค่าประสิทธิภาพค่าสูงสุดถึง 94 %

4.4 ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน

4.4.1 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดผักชีที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 1019 Pa

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพของเมล็ดผักชีที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน

ชนิดเมล็ด	ความดัน (Pa)	ลำดับภาค	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ผักชี เข็มใหญ่	1019	1	84	4.5	6	5.5
		2	81	3.5	3	12.5
		3	84.5	4	2.5	9
		4	83.5	4.5	2	10
		5	87.5	5	1.5	6



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานของเมล็ดผักชีโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน

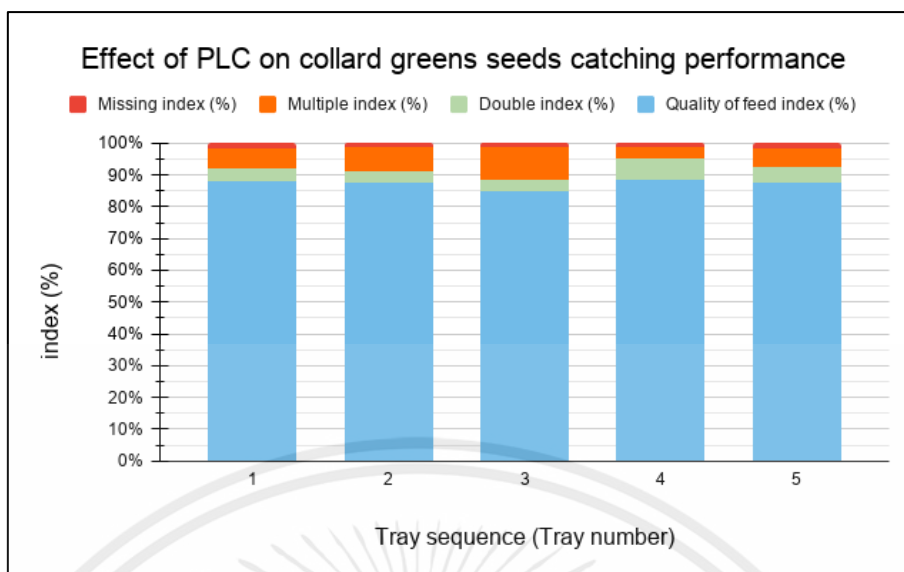
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการทดลองของเมล็ดฝักซีโดยใช้หัวคูดแบบหัวเข็มใหญ่ของระดับความดันที่ 1019 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 87.5 % ที่ ถาดลำดับที่ 5 และค่า Quality of feed index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 81 % ที่ถาดลำดับที่ 2 ค่า Double index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 4.5 % ที่ถาดลำดับที่ 1 กับ 4 ค่า และ Double index มีค่าน้อย ที่ที่สุดอยู่ที่ 3.5 % ที่ถาดลำดับที่ 2 ค่า Multiple index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 6 % ที่ถาดลำดับที่ 1 และค่า Multiple index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 1.5 % ที่ถาดลำดับที่ 5 และค่า Missing index มีค่า มากที่สุดอยู่ที่ 12.5 % ที่ถาดลำดับที่ 2 และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 5.5 % ที่ถาด ลำดับที่ 1

4.4.2 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดฝักคะน้ำที่ชุดหัวคูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 614 Pa ตารางที่ 4.11 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพของเมล็ดฝักคะน้ำที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว คูด	ความ ดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ฝักคะน้ำ	เข็มใหญ่	614	1	88	4	6.5	1.5
			2	87.5	3.5	8	1
			3	85	3.5	10.5	1
			4	88.5	6.5	4	1
			5	87	5	6	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่.4.20 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานของเมล็ดผักคะน้าโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน

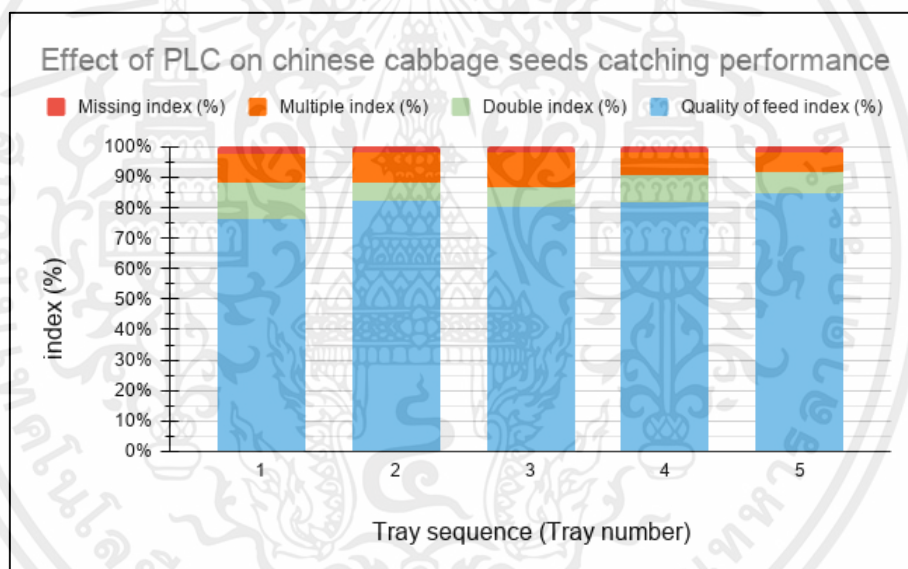
จากตารางการทดลองของเมล็ดผักคะน้าโดยใช้หัวชุดแบบหัวเข็มใหญ่ของระดับความดันที่ 614 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 88.5 % ที่ถาดลำดับที่ 4 และค่า Quality of feed index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 85 % ที่ถาดลำดับที่ 3 ค่า Double index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 6.5 % ที่ถาดลำดับที่ 4 ค่า และ Double index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 3.5 % ที่ถาดลำดับที่ 2 กับ 3 ค่า Multiple index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 10.5 % ที่ถาดลำดับที่ 3 และค่า Multiple index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 4 % ที่ถาดลำดับที่ 4 และค่า Missing index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 1.5 % ที่ถาดลำดับที่ 1 กับ 5 และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 1 % ที่ถาดลำดับที่ 1, 2 และ 3

4.4.3 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดผักกาดขาวที่ชุดหัวดูหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 502

Pa

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลค่าประสิทธิภาพของเมล็ดผักกาดขาวที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดู	ลำดับถาด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ผักกาดขาว	เข็มใหญ่	1		76.5	11.5	9.5	2.5
		2		82	6	10	2
		3	502	80.5	6	11.5	2
		4		81.5	9	7.5	2
		5		84.5	7	6.5	2



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการทำงานของเมล็ดผักกาดขาวโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน

จากตารางการทดลองของเมล็ดผักกาดขาวโดยใช้หัวดูแบบหัวเข็มใหญ่ของระดับความดันที่ 502 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 84.5 % ที่ถาดลำดับที่ 5 และค่า Quality of feed index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 76.5 % ที่ถาดลำดับที่ 1 ค่า Double index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 11.5 % ที่ถาดลำดับที่ 1 ค่า และ Double index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 6 % ที่ถาดลำดับที่ 2 กับ 3 ค่า Multiple index มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 11.5 % ที่ถาดลำดับที่ 3 และค่า Multiple index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 6.5 % ที่ถาดลำดับที่ 5 และค่า Missing index มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุดอยู่ที่ 2.5 % ที่ถาดลำดับที่ 1 และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ 2 % ที่ถาดลำดับที่ 1, 2, 3, และ 4

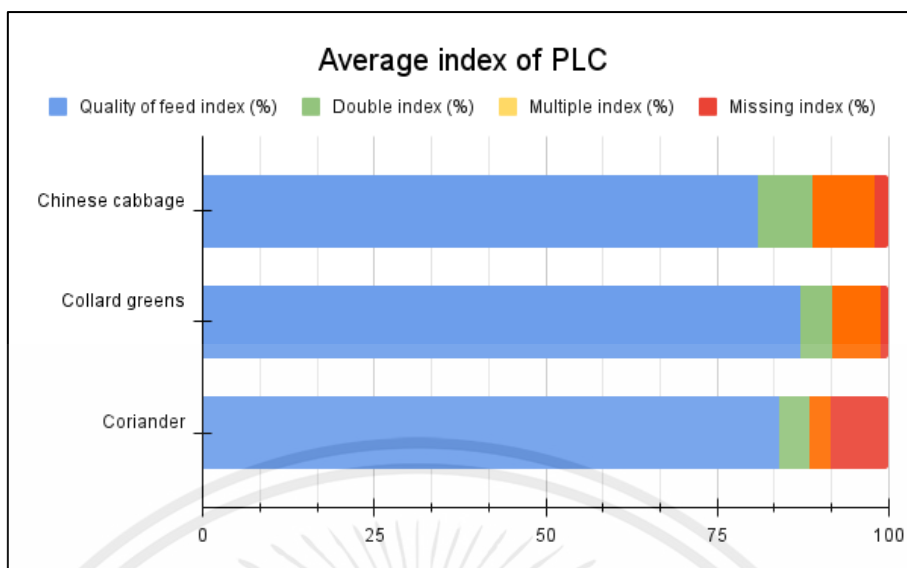
4.5 ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดจากความดันและชุดหัวดูดที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ถาด

4.5.1 ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดฝักซีที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 1019 Pa เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ถาด

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ฝักซีที่ใช้ระบบ PLC ควบคุมการทำงาน

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัวดูด	ความดัน (Pa)	Quality of feed index (%)	Double index (%)	Multiple index (%)	Missing index (%)
ฝักกาขาว	หัวเข็มใหญ่	502	81±2.9	7.9±2.4	9±2	2.1±0.2
คะน้ำ	หัวเข็มใหญ่	614	87.2±1.4	4.5±1.3	7±2.4	1.2±0.3
ฝักซี	หัวเข็มใหญ่	1019	84.1±2.3	4.3±0.6	3±1.8	8.6±2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรโดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน

จากตารางการทดลองโดยใช้เมล็ดผักชีที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 1019 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่าเฉลี่ยของ Quality of feed index มีค่าอยู่ที่ 84.1 % ค่าเฉลี่ยของ Double index มีค่าอยู่ที่ 4.3 % ค่าเฉลี่ยของ Multiple index มีค่าอยู่ที่ 3 % และค่าเฉลี่ยของ Multiple index มีค่าอยู่ที่ 8.6 % ถ้าคิดค่าประสิทธิภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ Quality of feed index และ ค่าเฉลี่ยของ Double index จะทำให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมีค่าอยู่ที่ 88.4 %

จากตารางการทดลองโดยใช้เมล็ดผักคะน้าที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 614 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่าเฉลี่ยของ Quality of feed index มีค่าอยู่ที่ 87.2 % ค่าเฉลี่ยของ Double index มีค่าอยู่ที่ 4.5 % ค่าเฉลี่ยของ Multiple index มีค่าอยู่ที่ 7 % และค่าเฉลี่ยของ Multiple index มีค่าอยู่ที่ 1.2 % ถ้าคิดค่าประสิทธิภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ Quality of feed index และ ค่าเฉลี่ยของ Double index จะทำให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมีค่าอยู่ที่ 91.7 %

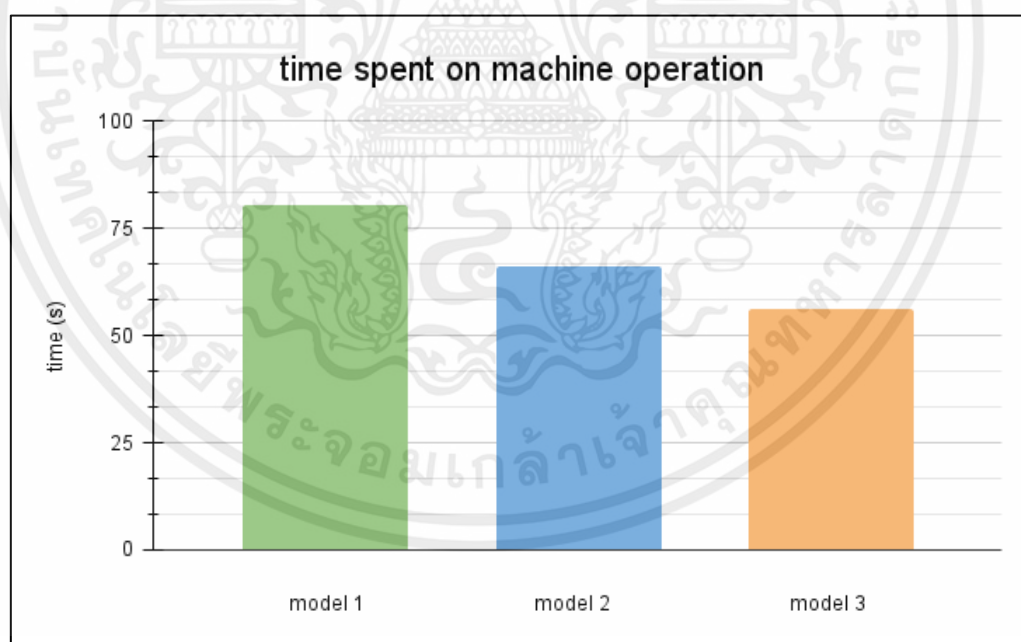
จากตารางการทดลองโดยใช้เมล็ดผักกาดขาวที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ และค่าความดันลม 502 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่าเฉลี่ยของ Quality of feed index มีค่าอยู่ที่ 81 % ค่าเฉลี่ยของ Double index มีค่าอยู่ที่ 7.9 % ค่าเฉลี่ยของ Multiple index มีค่าอยู่ที่ 9 % และค่าเฉลี่ยของ Multiple index มีค่าอยู่ที่ 2.1 % ถ้าคิดค่าประสิทธิภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ Quality of feed index และ ค่าเฉลี่ยของ Double index จะทำให้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมีค่าอยู่ที่ 88.9 %

4.6 ทำการทดลองระยะเวลาในการทำงานของเครื่องและทำการเปรียบเทียบของเครื่องทั้ง 3 ขั้นตอน

4.6.1 ทำการจับเวลาการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอน โดยการทำการทดลองแบบต่อเนื่อง 5 ครั้ง

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด

ขั้นตอนที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1. ต้นแบบ	80.56	81.02	80.24	80.65	80.52	80.6±0.3
2. วงจรไฟฟ้า	66.2	65.98	66.43	66.25	66.47	66.2±0.2
3. PLC	55.81	56.22	56.47	56.81	56.64	56.3±0.4



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 3 ขั้นตอน

จากตารางการทดลองการจับเวลาการทำงานเครื่องจักรพบว่า ในเครื่องขั้นตอนที่ 1 หรือเครื่องต้นแบบได้ทำงานต่อเนื่อง 5 ครั้ง โดยใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 80.6 วินาที/รอบ หรือประมาณ 1 นาที 20 วินาที และในเครื่องขั้นตอนที่ 2 หรือเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานต่อเนื่อง 5 ครั้ง โดยใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 66.2 วินาที/รอบ หรือประมาณ 1 นาที 6 วินาที ในเครื่องชั้นตอนที่ 3 หรือเครื่องจักรที่ควบคุมด้วย PLC ได้ทำงานต่อเนื่อง 5 ครั้ง โดยใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 56.3 วินาที/รอบ หรือประมาณ 56 วินาที เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 3 ชั้นตอนแล้วพบว่า ชั้นตอนที่ 2 ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าชั้นตอนที่ 1 อยู่ที่ 17.87% ชั้นตอนที่ 3 ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าชั้นตอนที่ 1 อยู่ที่ 30.15% ประสิทธิภาพของเวลาในการทำงานของเครื่องจักรชั้นตอนที่ 3 นั้น สามารถทำงานได้เร็วกว่าเครื่องชั้นตอนที่ 1 เฉลี่ยอยู่ที่ 24.4 วินาที หรือ 30.15%

4.7 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ระบบอัตโนมัติลงถาดเพาะกล้า

รายการ	ราคา(บาท)
ชุดหัวดูด	30,000
ชุดกล่องควบคุม	10,000
ชุดต้นกำลัง (Motor)	4,000
รางสไลด์	3,000
ชุดกลไกการเคลื่อนที่	6,000
เหล็กโครงสร้าง	7,000
เครื่องดูดฝุ่น	4,000
เครื่อง Blower	2,000
ชุดท่อทางเดินลมเป่า - ดูด	3,000
ชุดควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิก	9,900
ถาดเพาะเมล็ด	1,000
เมล็ด	1,000
รีเลย์ MY2N	872
ชุดสำรองไฟ	210
ปุ่มกดแบบมีไฟ LED	110
ออกฝั่งมีไฟ	65
สวิตช์ลูกศร 2 ทาง	31
รวม (P)	82188 * 1.70 = 139,720

1.7 คือตัวคูณเพื่อประเมินราคาเครื่องจักรต้นแบบ โดยปกติจะอยู่ในช่วง 1.5-2.0 เท่าราคาวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

กำหนดให้ราคาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักระบบอัตโนมัติลงสภาพเพาะกล้า (P) มีค่า 139,720 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 5 เหลือ 10 % ของราคาเครื่องและอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 7 % ต่อปี

$$\begin{aligned} \text{- มูลค่าซาก (S)} &= 0.1P \\ &= 0.1 * 139720 \\ &= 13,972 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ค่าเสื่อมราคา (D)} &= (P - S) / L \\ &= (139,720 - 13,972) / 5 \\ &= 25149.6 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= (P+S/2) * I \\ &= ((138,237 + 13,823.7) / 2) * 0.07 \\ &= 4,401.18 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} \\ &= 25,149.6 + 4,401.18 \\ &= 29,550.78 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานรายวัน วันละ 320 บาท (กำหนดอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ) จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำงานปีละ 261 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.2 บาท อัตราใช้ไฟฟ้าของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงสภาพเพาะกล้า 0.32 หน่วย / วัน (ปีละ 83.52 หน่วย) ค่าบำรุงรักษาเครื่อง 5,000 บาทต่อปี

$$\begin{aligned} \text{- ค่าจ้างแรงงาน (W)} &= 320 * 1/8 \\ &= 40 \text{ บาทต่อชั่วโมง} \\ &= 320 * 1/64 \\ &= 5 \text{ บาทต่อภาค (1 ชม. ทำงานได้ 64 ภาค)} \\ &= 320 * 261 \\ &= 83,520 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ค่าไฟฟ้า (F)} &= \text{กำลังวัตต์} * \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า} / 1,000 * \text{ชั่วโมงที่ใช้ใน 1 วัน} \\ &= 40 \text{ วัตต์} / 1,000 * 8 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 0.32 \text{ หน่วย / วัน (ปีละ 83.52 หน่วย)} \\ &= 267.26 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

$$\text{- ค่าบำรุงรักษา (RM)} = 5,000 \text{ บาทต่อปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{-ต้นทุนแปรผัน (VC)} &= \text{ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (F) + ค่าบำรุงรักษา (M)} \\
 &= 83,520 + 267.26 + 5,000 \\
 &= 88,787.26 \text{ บาทต่อปี} \\
 \text{ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} &= \text{ต้นทุน (FC) + ต้นทุนแปรผัน (VC)} \\
 &= 29,550.78 + 88,787.26 \\
 &= 118,337.78 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

4.7.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักระบบอัตโนมัติลงถาดเพาะกล้า

อัตราค่าจ้างแรงงาน คิดเป็น 320 บาทต่อวัน (คนทำงาน 1 วัน หรือ 8 ชั่วโมงต่อวัน) ได้ 64 ถาด โดยที่เครื่องหยอดเมล็ดสามารถทำงานได้ 60 ถาดต่อชั่วโมง (1 วัน หรือ 8 ชั่วโมงต่อวัน) ได้ 480 ถาด

ถ้าคิดอัตรารับจ้างหยอดเมล็ด ถาดละ 3.5 บาท จะได้

$$(CR) = 3.5 * 480 = 1,680 \text{ บาท (เครื่องทำงาน 1 วัน หรือ 8 ชั่วโมง ได้ 480 ถาด)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } BEP &= \frac{P\left(\frac{1}{Y} + 0.5 I\right) + RM}{CR - (Ld + Ls + F + 0 + T + E)} \\
 &= \frac{139,720\left(\frac{1}{3.5} + 0.5(0.07)\right) + 5,000}{1,680 - (320 + 1.024)}
 \end{aligned}$$

* ค่าจ้างผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ราคา 320 บาท และ ค่าไฟฟ้า 1.024 บาทต่อวัน

$$BEP = 36.65 \text{ วันต่อปี}$$

ดังนั้นเครื่องหยอดเมล็ด จะต้องทำการรับจ้างหยอดเมล็ดให้ได้ 36.65 วันต่อปี หรือ 1 เดือน 7 วันต่อปี ก็มีรายได้มากพอสำหรับค่าใช้จ่ายคงที่ และถ้าทำงานมากกว่าจำนวนวันที่กำหนดก็จะเป็นกำไรที่ได้เพิ่มขึ้น

4.7.3 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักระบบอัตโนมัติลงถาดเพาะกล้า

จากรายได้การรับจ้างใช้เครื่องหยอดเมล็ด 3.5 บาทต่อถาด และใน 1 ปี เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าสามารถหยอดเมล็ดพันธุ์ได้ (1 ชั่วโมง 60 ถาด , 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง = 8 * 60 = 480 ถาด)

$$= 480 * 260 = 124,800 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{จึงมีรายได้ (R)} = 124,800 * 3.5 = 436,800 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} = \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{กำไร (P)} &= \text{รายได้ (R)} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} \\
 &= 436,800 - 118,337.78 \\
 &= 318,462.22 \text{ บาท} \\
 \text{ดังนั้น ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC)} / \text{กำไร (P)} \\
 &= 139,720 / 318,462 \\
 \text{(PBP)} &= 0.44 \text{ ปี หรือประมาณ 6 เดือน}
 \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักระบบอัตโนมัติลงถาดเพาะกล้าราคา 139,720 บาท รับจ้างหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า โดยคิดเป็นเงิน 3.5 บาทต่อถาด จุดคุ้มทุนจะต้องทำงานให้ได้ 18.96 ถาดต่อปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 6 เดือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

หลังจากทำการทดลองได้มีการปรับปรุงเครื่องต้นแบบทั้งหมด 3 ขั้นตอน เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดที่แม่นยำ ขั้นตอนที่ 1 ได้มีการปรับปรุงถาดบรรจุเมล็ดเพื่อให้สามารถบรรจุเมล็ดได้มากขึ้นและสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และได้มีการปรับปรุงกลไกยกถาดบรรจุเมล็ด ให้มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นระนาบเดียวกันทำให้ถาดใส่เมล็ดไม่เกิดการเอียงพบว่าทำให้ประสิทธิภาพในการหยอดเมล็ดเพิ่มขึ้น ขั้นตอนที่ 2 ได้มีการปรับปรุงวงจรควบคุมเครื่องต้นแบบให้การทำงานเป็นลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง โดยทำการติดตั้ง Limit Switch เพิ่มเข้าไปในระบบอีก 2 ตัวเพื่อควบคุมการเปิดปิดเครื่องดูดฝุ่นและโบลเวอร์ ทดแทนหน้าที่ของผู้ควบคุมเครื่อง และได้มีการปรับปรุงการรองถาดเพาะเมล็ดให้สูงกว่าเดิมและสามารถปรับระดับได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการหยอดเพิ่มขึ้น ขั้นตอนที่ 3 ได้มีการนำอุปกรณ์ PLC เข้ามาใช้งานแทนระบบควบคุมเดิมเพื่อการทำงานที่เป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง และง่ายต่อการปรับแต่งจังหวะการทำงานหรือต่อเติมอุปกรณ์อื่นๆ จากการทดลองนั้นทำให้ทราบว่าควรปรับระยะห่างของหัวเข็มดูดกับถาดบรรจุเมล็ด ในตำแหน่งการยกถาดสูงสุดให้ปลายหัวเข็มอยู่สูงกว่าระดับพื้นถาดบรรจุเมล็ดไม่ควรเกิน 4 mm. และควรใส่เมล็ดให้สูงจากถาดไม่น้อยกว่า 4 mm.

จากการศึกษาเครื่องต้นแบบในขั้นตอนที่ 1 เมื่อทำงานอย่างต่อเนื่อง 5 ถาด โดยใช้ชุดหัวดูดทั้ง 3 แบบ คือชุดหัวดูดแบบไม่มีหัวเข็ม ชุดหัวดูดหัวเข็มกลาง และชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ ปรับแรงลมดูดโดยปรับความดัน 3 ระดับ คือ 502 Pa, 614 Pa และ 1019 Pa ผลการทดสอบหยอดเมล็ดฝักซีพบว่าค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุด 84.5 % เมื่อใช้หัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูดที่ 1019 Pa Missing index มีค่าน้อยที่สุดที่ 7.4 % เมื่อใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูดที่ 1019 Pa สรุปได้ว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการหยอดเมล็ดฝักซีคือ ใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 1019 Pa ผลการทดลองหยอดเมล็ดคະນ້ាយอด พบว่าค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุด 93.4 % เมื่อใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa Missing index มีค่าน้อยที่สุด 0.2 % เมื่อใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มกลางปรับลมดูด 1019 Pa เมื่อพิจารณา single seed index (quality of seed index) สรุปว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการหยอดเมล็ดคະນ້ាយอดคือ ใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa ผลการทดสอบหยอดเมล็ดฝักกาดขาว พบว่าค่า Quality of feed index มีค่ามากที่สุด 89.3 % เมื่อใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa และค่า Missing index มีค่าน้อยที่สุด 1.1 % เมื่อใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มกลางปรับลมดูด 614 Pa เมื่อพิจารณา single seed index (quality of seed index)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการหยอดเมล็ดผักกาดขาวคือ ใช้ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa

จากการศึกษาเครื่องต้นแบบในขั้นตอนที่2 ได้ทำการทดลองหยอดเมล็ดลงภาคเพาะต่อเนื้อ 20 ภาค ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมของแต่ละเมล็ดพันธุ์ พบว่าการทดลองโดยใช้เมล็ดผักชีที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 1019 Pa ค่า Quality of feed index อยู่ที่ 69.5 - 81.5 % ส่วนค่า Double index อยู่ที่ 2 - 8.5 % และค่า Missing index อยู่ที่ 4 - 18.5 % สำหรับเมล็ดผักคะน้าที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 614 Pa ค่า Quality of feed index อยู่ที่ 87.5 - 94.5 % ส่วนค่า Double index อยู่ที่ 1.0 - 3.5 % และค่า Missing index อยู่ที่ 0.5 - 3.0 % และสำหรับเมล็ดผักกาดขาวที่ชุดหัวดูดหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa ค่า Quality of feed index อยู่ที่ 82 - 91.5 % ส่วนค่า Double index อยู่ที่ 0 - 3 % และค่า Missing index อยู่ที่ 1.5 - 8 % จะพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยประสิทธิภาพการหยอดไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อทำงานต่อเนื่อง 20 ภาค

จากการศึกษาเครื่องต้นแบบในขั้นตอนที่3 ได้ทำการทดลองหยอดเมล็ดลงภาคเพาะต่อเนื้อ 5 ภาค ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมของแต่ละเมล็ดพันธุ์ ทำการทดลองของเมล็ดผักชีโดยใช้หัวดูดแบบหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 1019 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่า Quality of feed index อยู่ที่ 81 - 87.5 % ค่า Double index อยู่ที่ 3.5 - 5 % ที่ค่า Multiple index อยู่ที่ 1.5 - 6 % และค่า Missing index มีค่าอยู่ที่ 5.5 - 12.5 % เมล็ดผักคะน้าโดยใช้หัวดูดแบบหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 614 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่า Quality of feed index อยู่ที่ 85 - 88.5 % ค่า Double index อยู่ที่ 3.5 - 6.5 % ที่ค่า Multiple index อยู่ที่ 4 - 10.5 % และค่า Missing index อยู่ที่ 1 - 1.5 % เมล็ดผักกาดขาวโดยใช้หัวดูดแบบหัวเข็มใหญ่ปรับลมดูด 502 Pa โดยใช้ PLC ในการควบคุมการทำงาน ค่า Quality of feed index อยู่ที่ 76.5 - 84.5 % ค่า Double index อยู่ที่ 7 - 11.5 % ที่ค่า Multiple index อยู่ที่ 6.5 - 11.5 % และค่า Missing index อยู่ที่ 2 - 2.5 %

ในการทำงานของ Model1 นั้นผู้ใช้งานต้องมีความชำนาญ เนื่องจากต้องทำการเปิดสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวพร้อมๆกัน และเปิดปิดสวิตช์โบลเวอร์ ทำให้ในการปฏิบัติงานเกิดความลำบาก ความยุ่งยาก และเมื่อเปิดสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ไม่พร้อมกันทำให้การทำงานไม่สัมพันธ์กัน อีกทั้งการควบคุมมอเตอร์ไม่ใช่อุปกรณ์ชุดเดียวกัน ทำให้การทำงานแบบต่อเนื่องสามารถทำได้ไม่เกิน 20 ภาค จากนั้นเครื่องก็จะทำงานไม่สัมพันธ์กันจึงต้องทำการเปิดปิดใหม่เพื่อรีเซ็ตระบบ และใช้เวลาในการทำงานต่อ 1 ภาคประมาณ 1 นาที 25 วินาที จากการพัฒนา Model1 ทำให้สามารถแก้ปัญหาของความต่อเนื่องโดยการปรับปรุงภาคใส่เมล็ดให้มีความจุมากขึ้น ทำงานได้ต่อเนื่อง และสามารถลดจำนวนคนในการทำงานได้ เนื่องจากได้มีการปรับปรุงระบบควบคุมของเครื่องต้นแบบให้มีการทำงาน

เป็นลำดับมากขึ้น Model ล่ำสุดสามารถทำงานโดยใช้ผู้ควบคุมเพียงคนเดียวและใช้เวลาในการทำงานต่อ 1 ถาด ประมาณ 55 วินาที

ในการทำงานของแรงงานทั่วไปเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง มีความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 8 ถาดต่อ 1 ชั่วโมง หากใช้เวลาในการทำงานอยู่ที่ 8 ชั่วโมงสามารถทำงานได้ 64 ถาด และเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องต้นแบบมีค่าเฉลี่ยเวลาในการทำงานต่อ 1 ถาดอยู่ที่ 55 วินาที ในการทำงานของเครื่องต้นแบบเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 60 ถาดต่อ 1 ชั่วโมง หากใช้เวลาในการทำงานอยู่ที่ 8 ชั่วโมงสามารถทำงานได้ 480 ถาด จึงสรุปได้ว่าการทำงานของเครื่องต้นแบบนั้นทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนถึง 8 เท่า

5.2 ปัญหาที่พบจากการทดลอง

5.2.1 พบการเกิดหลุมหลังจากทำงานไปแล้วอย่างต่อเนื่องในถาดบรรจุเมล็ดทำให้หัวเข็มไม่สามารถดูดเมล็ดได้



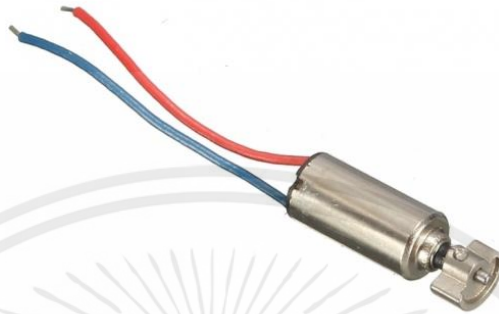
รูปที่ 5.1 ปัญหาการเกิดหลุมจากการทำงานต่อเนื่อง

5.2.2 พบปัญหาหัวเข็มดูดเสียและเกิดการอุดตัน

5.2.3 ถาดเพาะเมล็ดยังต้องใช้แรงงานคนในการเปลี่ยนถาดเข้า-ออก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเพิ่มมอเตอร์ขนาดเล็กเพื่อสั่นถาดบรรจุเมล็ด หรือกลไกในการเกลี่ยเมล็ดในถาดบรรจุเมล็ด



รูปที่ 5.2 มอเตอร์ขนาดเล็ก

5.3.2 ปรับปรุงและแก้ไขหัวเข็มดูดที่ใช้งานไม่ได้ให้สามารถใช้งานได้

5.3.3 ควรออกแบบชุดเปลี่ยนถาดเพาะเมล็ดเข้า-ออก ให้เป็นระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Weihua H., Lijiao W., Zhaojin N., Xuehu D., Ming L., Chang G., Xiao Y. 2018. Design of Step-Type Seed Metering Device for Sugarcane Based on PLC Control. Control and Computer Engineering. Tropical Agricultural Machinery Research Institute. Zhanjiang, Guangdong Province, pp. 308-301.
- [2] Jin C., Chao H., Yaoming L., Zhiqiang G. 2012. Design of Automatic Control System for Precision Seeder Test-bed. Applied Mechanics and Material. College of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, China, pp. 1158-1161
- [3] 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
- [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
- [5] Kim D.E., Chang Y.S., Kim J.K., Kim H.H., Lee D.H. 2004. Development of a Vacuum Nozzle Seeder for Large Seeds in Cucurbitaceae. Agricultural and Biosystems Engineering. Sedun-dong, Kwonsun-gu, Suwon, Korea, pp. 55-59
- [6] Vaishnavi D., A Carolin R., G Senthil K., Prasad B.V.S., Venu S.A. Edukondalu L. 2018. Physical and Engineering Properties of Vegetable Seeds Relevant for Development of Protray Vacuum Seeder for Vegetable Nursery. Physical and engineering properties. ICAR-Indian Institute of Horticultural Research, Bengaluru, pp. 179-183
- [7] Tang B., Wang Y.S., Ji S.Z. 2018. Optimization test of the 2BSL-320 vegetable seeders with air-suction drum type. Agricultural and Biological Sciences. Yancheng Vocational Institute of Industry Technology, Yancheng, 224005, China, pp. 1-6
- [8] Subo T. and Lichub Q. 2011. Design on Plug Seedling Automatic Transplanter in Greenhouse. Agricultural Engineers. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning, China, pp. 586-589

- [9] Karayel D., Barut Z.B., Ozmerzi A. 2004. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder. Biosystems Engineering. Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery, 07070, Antalya, Turkey, pp. 437-444
- [10] Yanbo S., Hongwen L., Yarong M., Jin H., Qingjie W., Hui L., Rabi G.R. 2012. Study of Automatic Test System of Surface Flatness in No-Till Field Based on the PLC Technology. Mechanical and Electric Engineering. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China, pp. 545-554



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



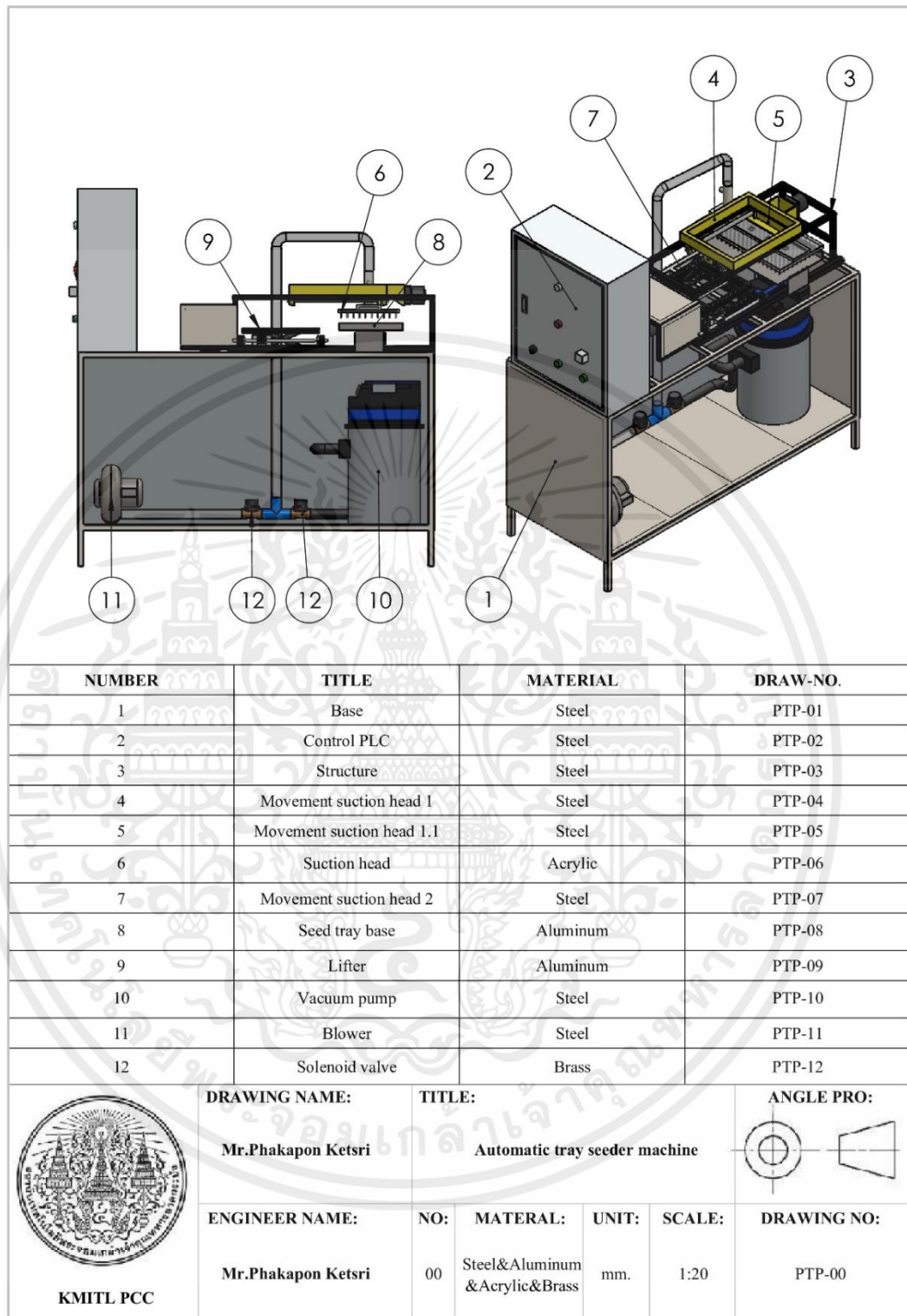
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

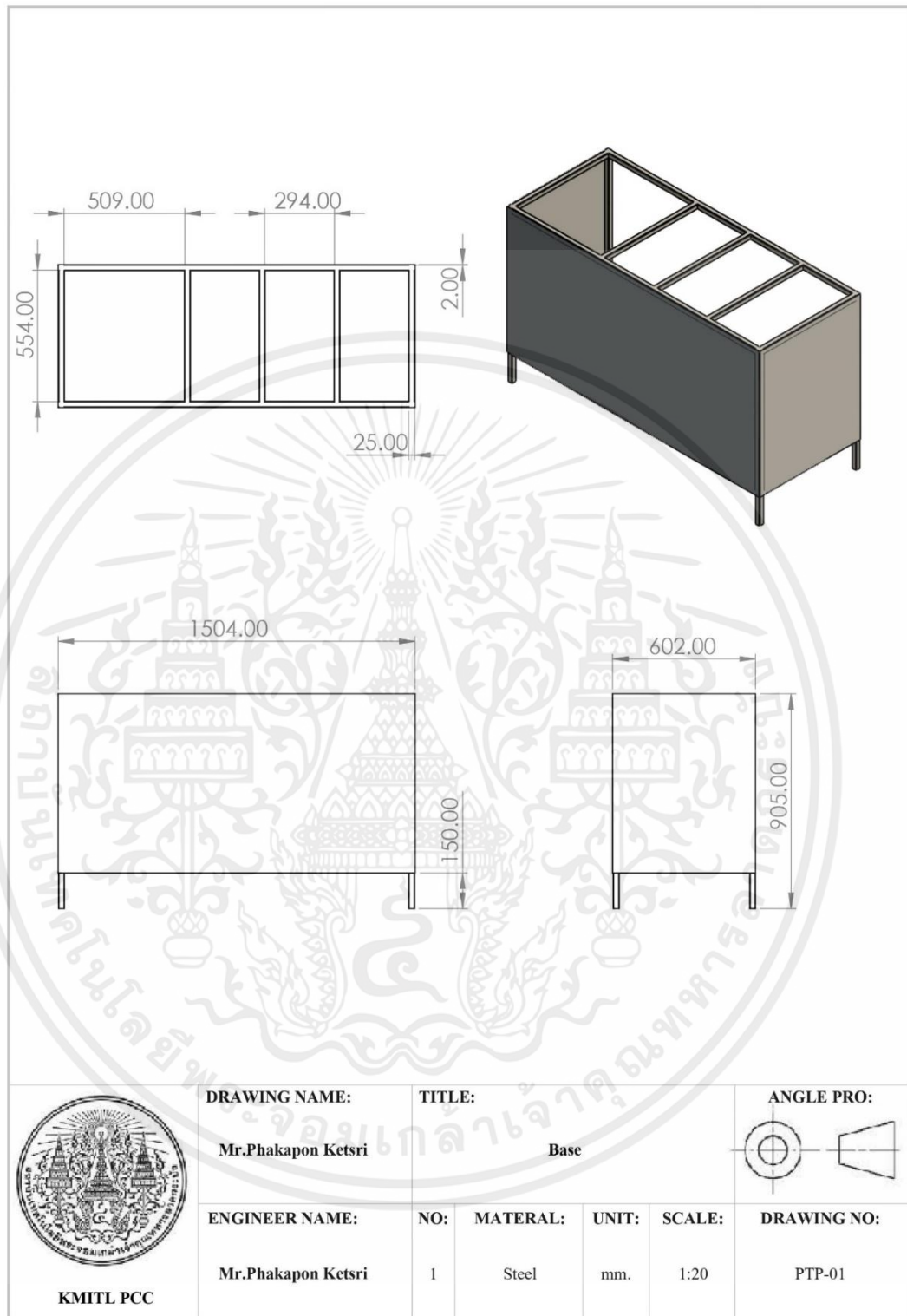
โครงสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกลางภาคเพาะกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



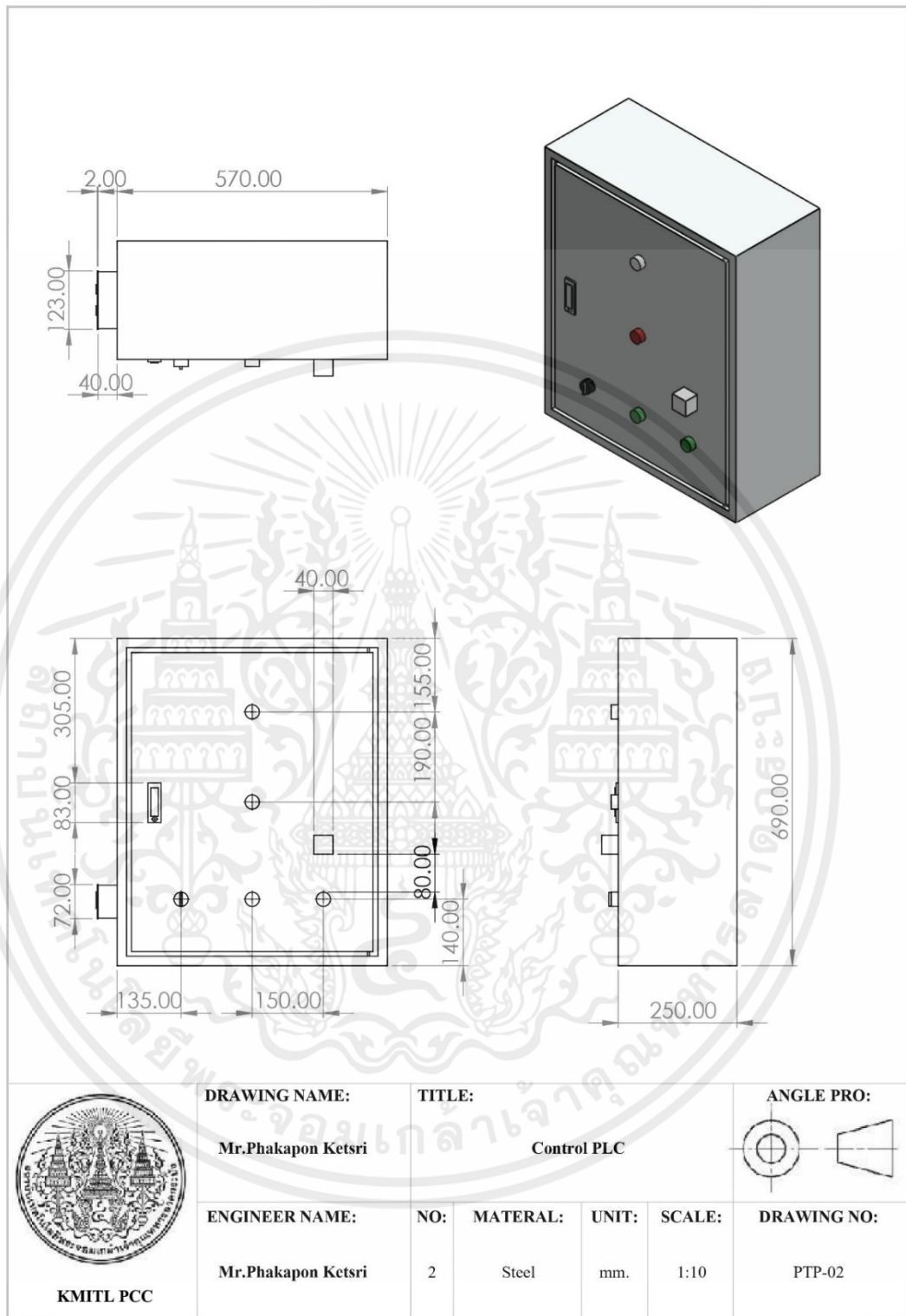
รูปที่ ก.1 เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



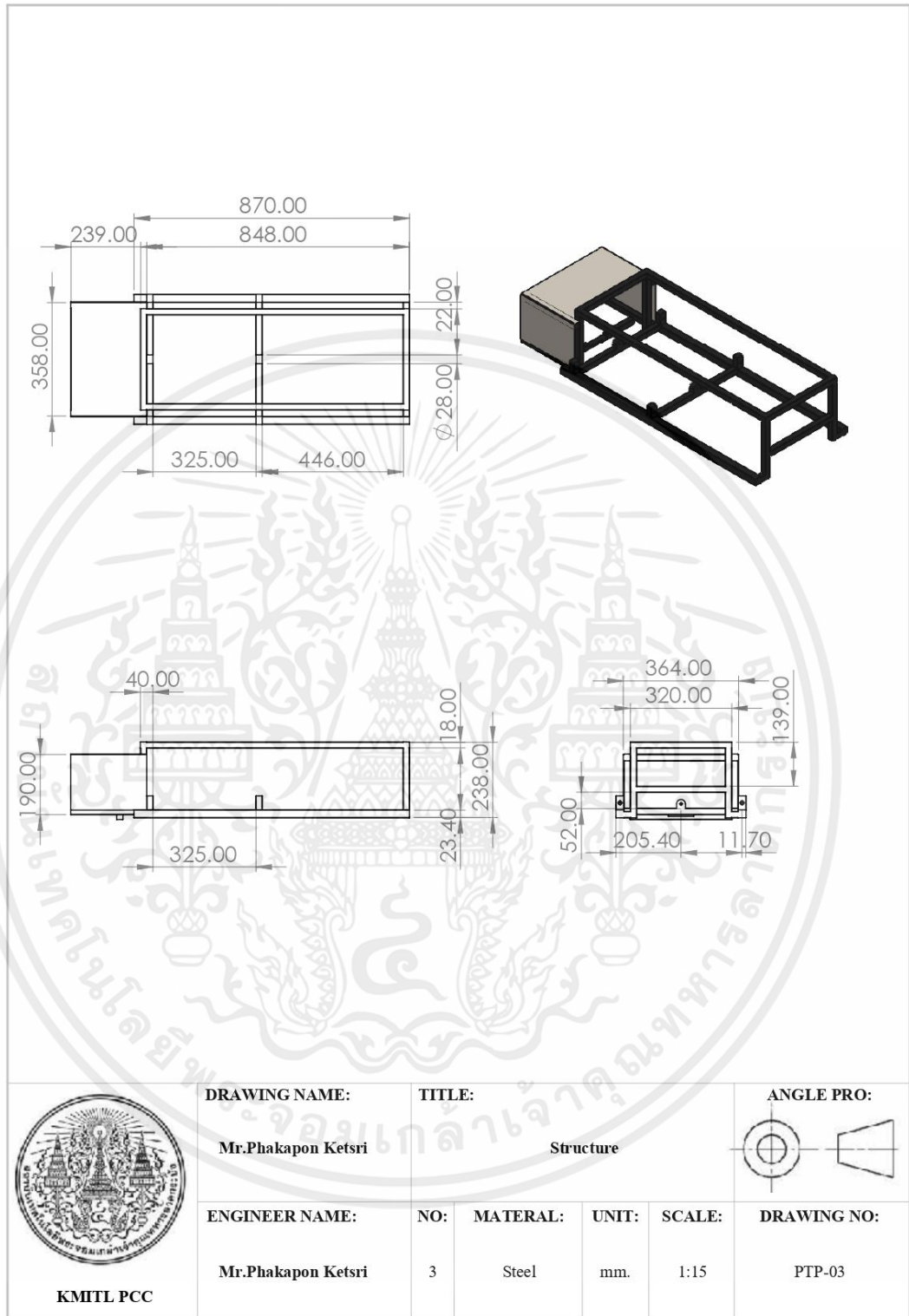
รูปที่ ก.2 โครงสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดเพาะกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



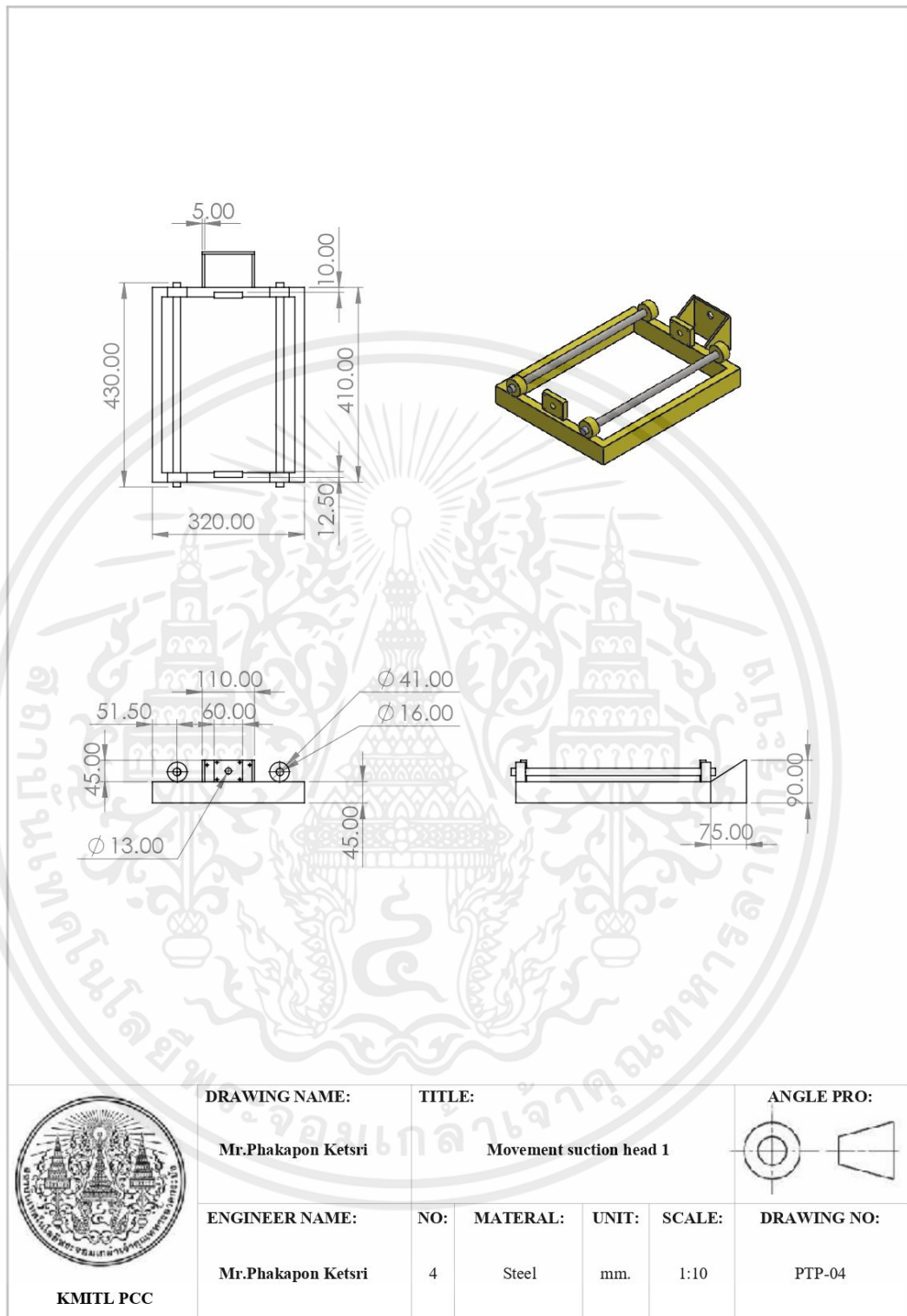
รูปที่ ก.3 โครงสร้างตู้ควบคุมเครื่องหยุดเมล็ดพันธุ์ฝักกลางถาดเพาะกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



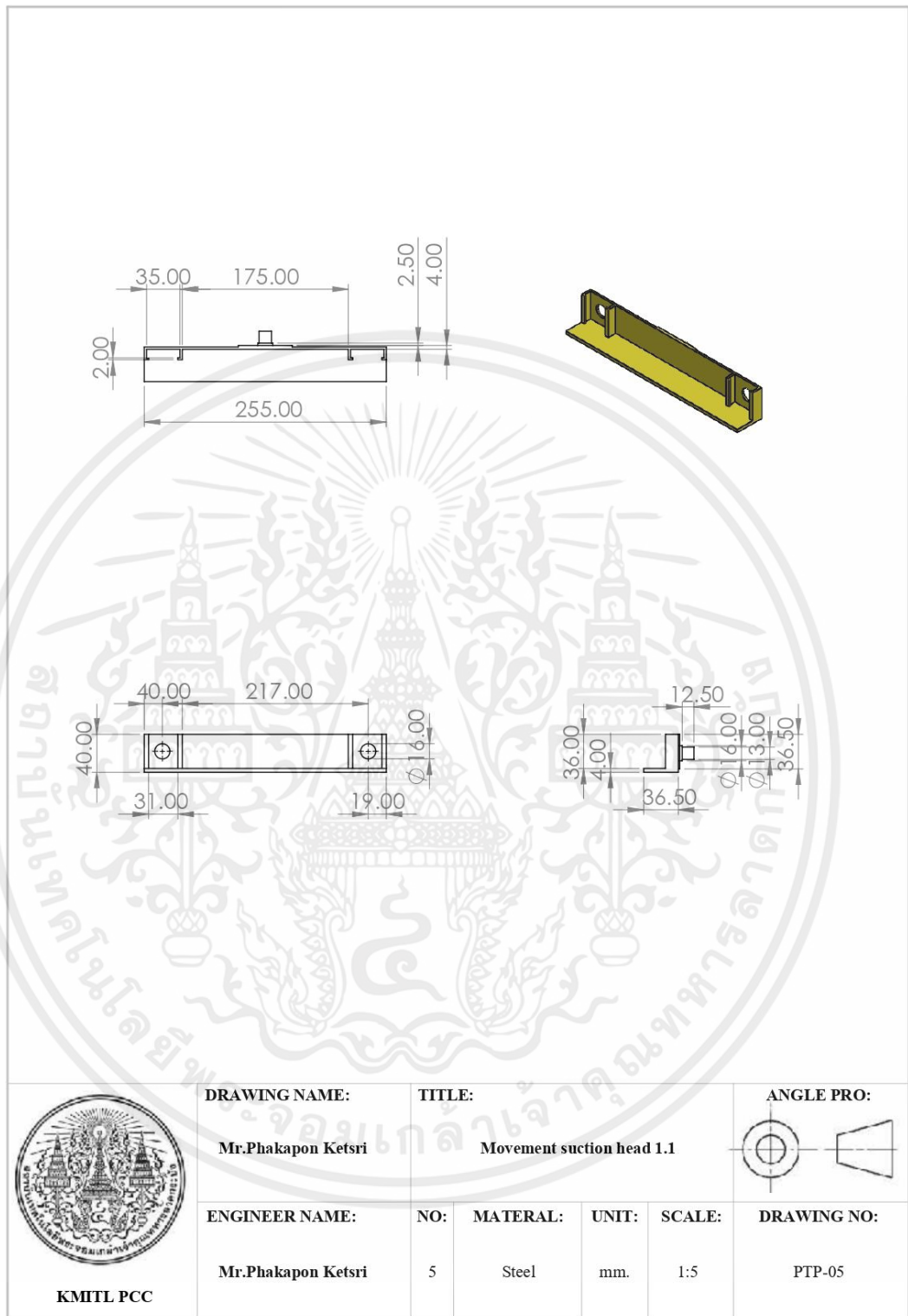
รูปที่ ก.4 โครงสร้างตำแหน่งติดตั้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



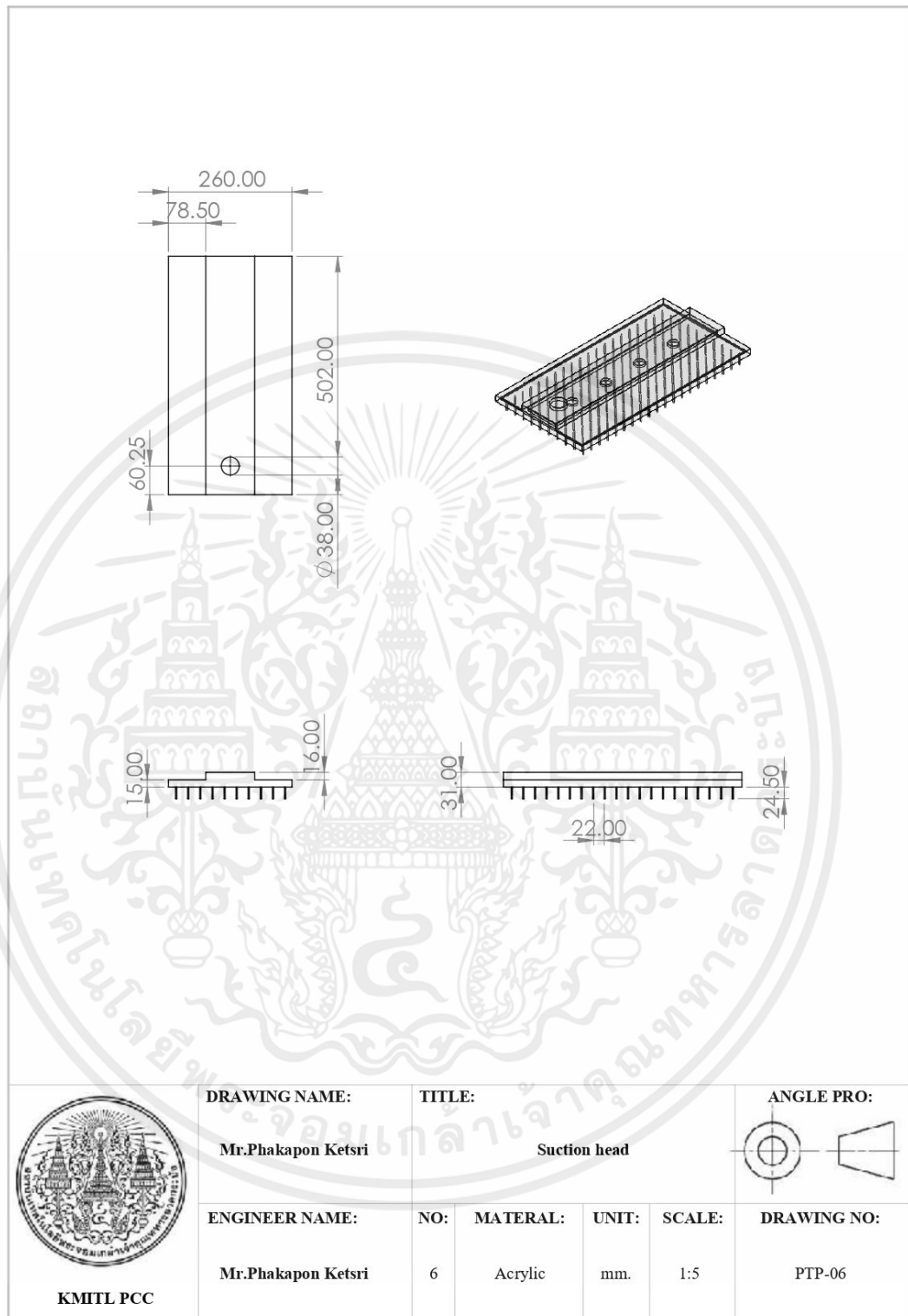
รูปที่ ก.5 ชุด Ball Bearing Linear Rail Support ที่ช่วยรับแรงของชุดยกถาดบรรจุเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



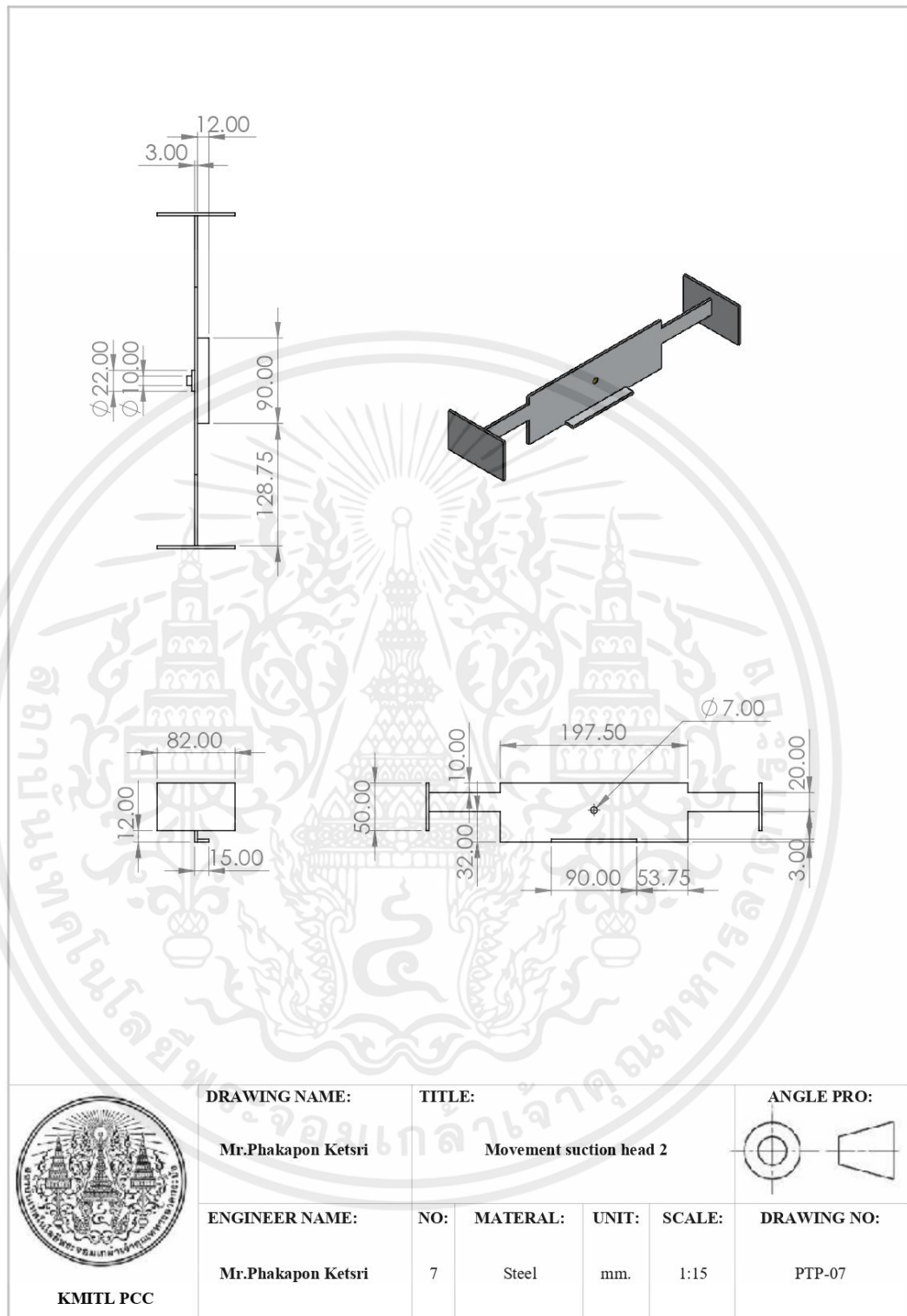
รูปที่ ก.6 แผ่นเหล็กที่ชุด Ball Bearing Linear Rail Support ที่ช่วยรับแรงของชุดกลไกหัวดูดเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



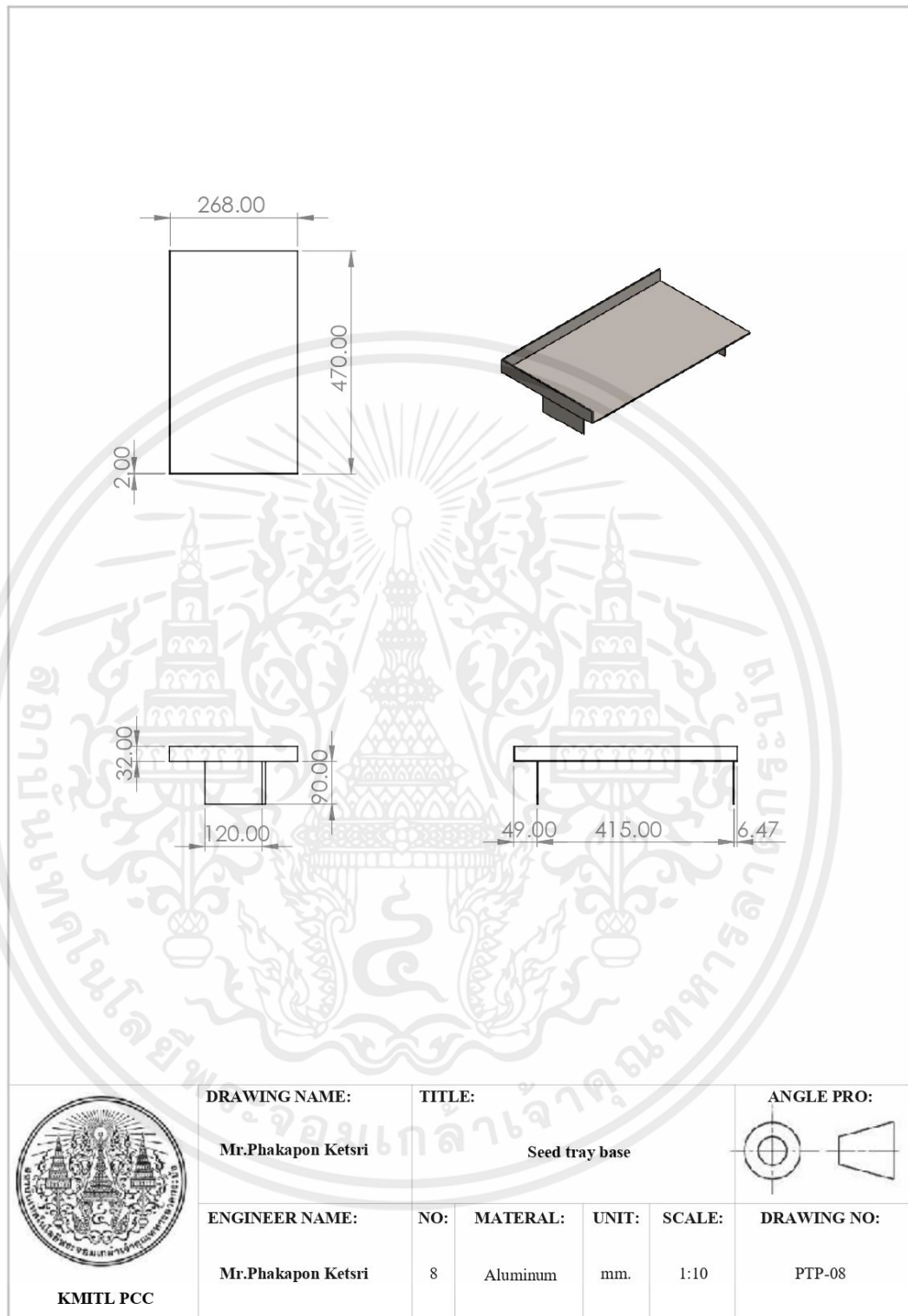
รูปที่ ก.7 ชุดหัวดูดเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



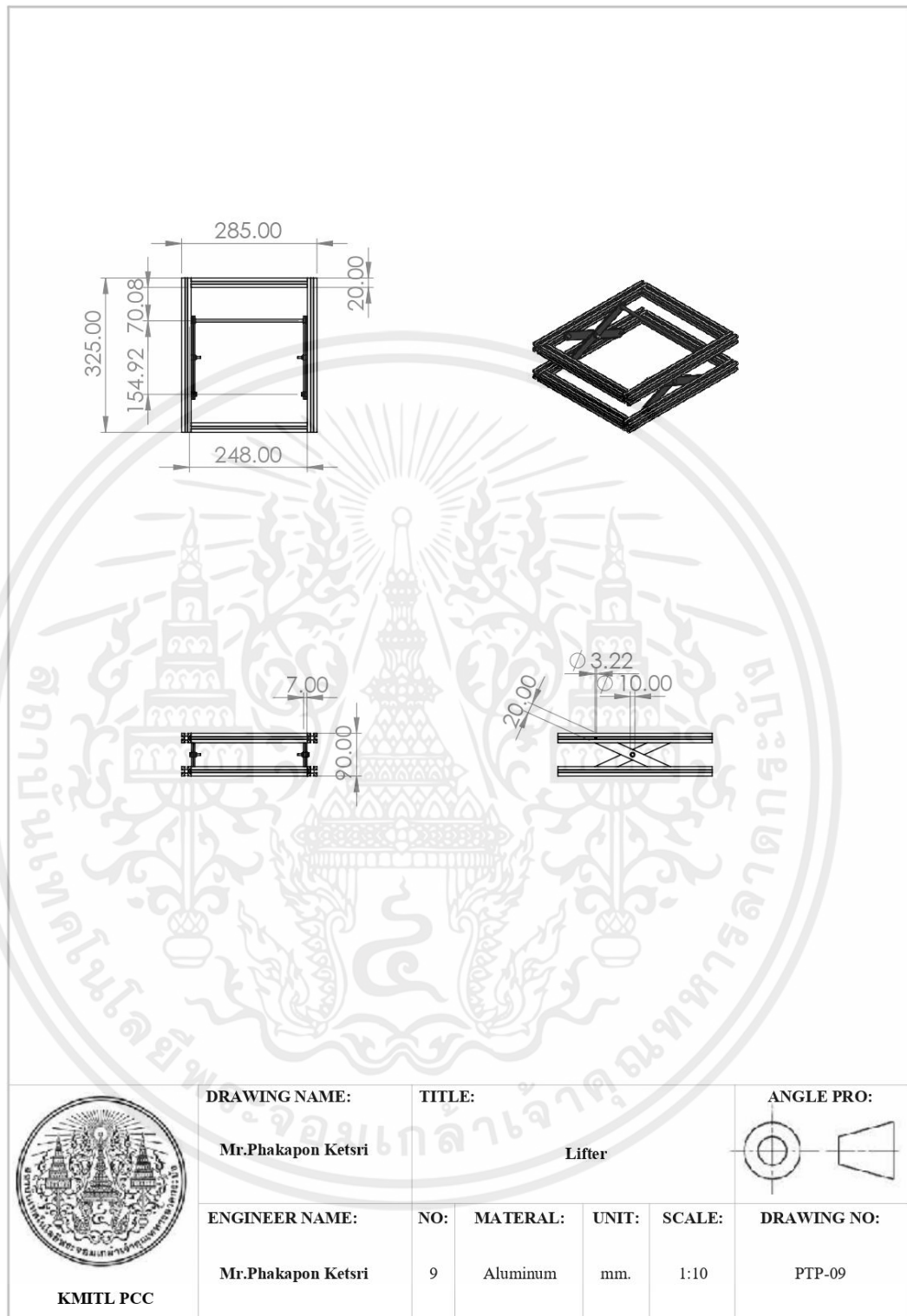
รูปที่ ก.8 ชุด Ball Bearing Linear Rail Support ที่ช่วยรับแรงของชุดยกถาดบรรจุเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 อุปกรณ์วางถาดเพาะเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.10 ชุดกลไกยกถาดเพาะเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

ผลการทดลองจากเมล็ดพันธุ์ที่กำหนดเปรียบเทียบแต่ละชุดหัวดูดเมล็ดและแต่
ละค่าความตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลองเมล็ดฝักซี ไม่มีหัวเข็ม แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	หัวชุด	ความดัน	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)	
		502	1	73	5	0	122	
			2	71	2	0	127	
			3	16	0	0	184	
			4	95	1	0	104	
			5	61	0	0	139	
	ฝักซี	ไม่มีหัว เข็ม	614	1	131	4	4	61
				2	148	11	5	36
				3	162	14	5	19
				4	133	5	4	58
				5	161	13	11	15
1019				1	154	30	2	14
				2	158	6	7	29
				3	150	6	9	35
				4	164	14	13	9
				5	174	11	11	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการทดลองเมล็ดฝักซี หัวเข้มกลาง แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ภาค

ชนิด เมล็ด	หัวชุด	ความดัน	ลำดับ ภาค	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	29	1	0	170
			2	25	0	0	175
		502	3	13	0	0	187
			4	18	0	0	182
			5	23	0	0	177
			1	121	24	20	35
			2	142	12	9	37
ฝักซี	หัวเข้ม กลาง	614	3	150	22	14	14
			4	137	17	9	37
			5	151	18	18	13
			1	140	17	18	25
			2	118	18	15	49
		1019	3	135	16	11	38
			4	113	13	10	64
			5	152	16	24	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงผลการทดลองเมล็ดฝักซี หัวเข็มใหญ่ แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ดูด	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	81	1	0	118
			2	55	1	0	144
		502	3	26	0	0	174
			4	53	0	0	147
			5	36	0	0	164
ฝักซี	หัวเข็ม ใหญ่	614	1	167	4	4	25
			2	162	9	5	24
			3	164	4	3	29
			4	170	13	3	14
			5	159	9	3	29
	1019	1	166	16	6	12	
		2	169	16	6	8	
		3	171	7	5	17	
		4	171	6	5	18	
		5	168	11	2	19	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 แสดงผลการทดลองเมล็ดคະน้ำ ไม่มีหัวเข็ม แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ดุด	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
คະน้ำ	ไม่มีหัว เข็ม	502	1	108	11	4	77
			2	123	2	5	70
			3	141	6	8	45
			4	131	3	10	56
			5	146	5	10	39
	ไม่มีหัว เข็ม	614	1	167	5	26	2
			2	176	7	16	1
			3	160	19	19	2
			4	168	10	19	3
			5	179	11	9	1
คະน้ำ	ไม่มีหัว เข็ม	1019	1	179	5	12	4
			2	176	5	19	0
			3	177	9	14	0
			4	172	12	12	4
			5	174	11	13	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงผลการทดลองเมล็ดค่น้ำ หัวเข้มกลาง แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว คูด	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	177	4	6	13
			2	182	1	1	16
		502	3	176	9	2	13
			4	170	6	4	20
			5	176	3	4	17
			1	162	17	21	0
			2	156	27	17	0
ค่น้ำ	หัวเข้ม กลาง	614	3	155	28	15	2
			4	159	25	15	1
			5	157	22	20	1
			1	131	39	30	0
			2	126	49	24	1
		1019	3	127	37	36	0
			4	146	36	18	0
			5	134	40	25	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 แสดงผลการทดลองเมล็ดคະน้ำ หัวเข้มใหญ่ แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ดุก	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	190	1	1	8
			2	189	2	1	8
		502	3	191	0	0	9
			4	184	1	4	11
			5	180	0	1	19
			1	180	6	11	3
			2	180	7	9	4
คະน้ำ	หัวเข้ม ใหญ่	614	3	182	9	7	2
			4	183	5	9	3
			5	177	4	15	4
			1	176	11	11	2
			2	176	10	12	2
		1019	3	185	4	9	2
			4	176	10	11	3
			5	182	7	8	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 แสดงผลการทดลองเมล็ดกาดขาว ไม่มีหัวเข็ม แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัว ดูด	ความ ดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	101	5	16	78
			2	93	6	18	83
		502	3	91	6	4	99
			4	81	7	10	102
			5	73	2	3	122
			1	163	12	21	4
			2	162	16	15	7
ฝักกาดขาว	ไม่มีหัว เข็ม	614	3	149	22	22	7
			4	157	29	13	1
			5	164	17	14	5
			1	153	17	21	9
			2	151	16	26	6
		1019	3	161	13	21	4
			4	153	21	21	5
			5	157	19	20	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 แสดงผลการทดลองเมล็ดกาดขาว หัวเข็มกลาง แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัว ดูด	ความ ดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	183	3	1	13
			2	176	5	0	19
		502	3	178	2	2	16
			4	183	1	1	15
			5	185	2	0	13
			1	123	41	33	3
			2	118	50	30	2
ฝักกาดขาว	หัวเข็ม กลาง	614	3	125	42	31	2
			4	123	46	27	4
			5	125	49	26	0
			1	98	56	44	2
			2	106	55	35	4
		1019	3	108	37	52	3
			4	101	60	39	0
			5	104	50	43	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 แสดงผลการทดลองเมล็ดกาดขาว หัวเข็มใหญ่ แต่ละความดัน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัว ดูด	ความ ดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	174	8	9	9
			2	176	13	5	6
		502	3	178	11	5	6
			4	185	8	3	4
			5	184	7	6	2
			1	166	19	12	3
			2	162	26	9	2
ฝักกาดขาว	หัวเข็ม ใหญ่	614	3	166	23	8	3
			4	164	16	16	4
			5	163	14	17	6
			1	164	16	17	3
			2	171	14	13	2
		1019	3	159	23	16	2
			4	169	17	9	5
			5	161	23	13	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักซี ทั้งหมด 20 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ดุก	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	161	13	17	9
			2	146	6	11	37
			3	159	14	9	18
			4	152	8	9	31
			5	156	12	13	19
			6	154	16	16	14
			7	157	15	14	14
			8	160	12	10	18
			9	147	11	8	34
	หัวเข็ม		10	148	17	11	24
	ใหญ่	1019	11	142	9	14	35
			12	163	20	9	8
			13	157	13	5	25
			14	153	8	8	31
			15	149	10	5	36
			16	151	8	6	34
			17	139	14	12	35
			18	157	5	7	31
			19	151	4	5	40
			20	153	8	9	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักคะน้ำ ทั้งหมด 20 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ดูด	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	187	6	4	3
			2	189	2	7	2
			3	182	3	9	6
			4	184	4	10	2
			5	187	3	7	3
			6	189	4	4	3
			7	189	3	7	1
			8	183	7	9	1
			9	186	5	7	2
	หัวเข็ม	614	10	181	7	7	5
ฝักคะน้ำ	ใหญ่		11	180	7	10	3
			12	184	5	8	3
			13	181	5	12	2
			14	182	6	9	3
			15	175	7	16	2
			16	188	5	4	3
			17	183	5	8	3
			18	185	3	10	2
			19	187	3	8	2
			20	181	5	10	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักกาดขาว ทั้งหมด 20 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัว ดูด	ความ ดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	183	5	9	3
			2	180	4	11	5
			3	178	3	15	4
			4	179	5	13	3
			5	170	3	17	10
			6	164	1	21	14
			7	165	4	17	14
			8	171	3	10	16
			9	170	0	22	8
ฝักกาดขาว	หัวเข็ม	502	10	178	2	11	9
	ใหญ่		11	178	1	16	5
			12	179	2	13	6
			13	173	4	19	4
			14	173	2	17	8
			15	177	4	13	6
			16	182	2	13	3
			17	181	3	8	8
			18	182	1	13	4
			19	173	4	16	7
			20	169	6	17	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดผักชี โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงานทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ตุต	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	72	2	0	126
			2	61	1	1	137
		502	3	43	2	0	155
			4	57	0	0	143
			5	62	0	0	138
			1	168	9	12	11
			2	162	7	6	25
ผักชี	หัวเข็ม ใหญ่	614	3	169	8	5	18
			4	167	9	4	20
			5	175	10	3	12
			1	131	13	12	44
			2	152	13	15	20
		1019	3	156	11	22	11
			4	148	12	19	21
			5	156	15	22	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดคะน้ำ โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิด เมล็ด	ชนิดหัว ดุก	ความดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	159	6	30	5
			2	167	2	20	11
		502	3	172	6	19	3
			4	182	1	4	13
			5	175	6	1	18
			1	167	10	20	3
			2	168	13	17	2
ฝักคะน้ำ	หัวเข็ม ใหญ่	614	3	162	9	26	3
			4	158	15	21	6
			5	167	14	17	2
			1	176	8	13	3
			2	175	7	16	2
		1019	3	170	7	21	2
			4	177	13	8	2
			5	174	10	12	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 แสดงผลการทดลองการทำงานต่อเนื่องของเมล็ดฝักกาดขาว โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงาน ทั้งหมด 5 ถาด

ชนิดเมล็ด	ชนิดหัว จุด	ความ ดัน (Pa)	ลำดับ ถาด	Quality of feed index (หลุม)	Double index (หลุม)	Multiple index (หลุม)	Missing index (หลุม)
			1	153	23	19	5
			2	164	12	20	4
		502	3	161	12	23	4
			4	163	18	15	4
			5	169	14	13	4
			1	150	26	21	3
			2	155	24	18	3
ฝักกาดขาว	หัวเข็ม ใหญ่	614	3	153	21	22	4
			4	141	28	22	9
			5	158	18	18	6
			1	142	21	33	4
			2	149	31	17	3
		1019	3	141	31	22	6
			4	159	22	15	4
			5	161	18	19	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นาย ณ์ฐพล ผิวพราม
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ.2541
 ภูมิลำเนา จังหวัดสุพรรณบุรี
 ที่อยู่ 8 หมู่ 11 ตำบล ทะเลบก
 อำเภอ ดอนเจดีย์
 จังหวัดสุพรรณบุรี 72250

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย
 โรงเรียนสระกระโจมโสภณพิทยา ปีการศึกษา 2559
 จังหวัดสุพรรณบุรี
 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร
 บัณฑิต วศ.บ (วิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร) ปี
 การศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
 คุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
 จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นาย ภัคพล เกษศรี
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ.2540
 ภูมิลำเนา จังหวัดชลบุรี
 ที่อยู่ 286/1 หมู่ 5 ตำบล บ้านสวน
 อำเภอ เมืองชลบุรี
 จังหวัดชลบุรี 20000

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ปีการศึกษา
2559 จังหวัดชลบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร
บัณฑิต วศ.บ (วิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร) ปี
การศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นาย อนิพนธ์ เพิ่มพูล

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 7 มกราคม พ.ศ.2541

ภูมิลำเนา จังหวัดชลบุรี

ที่อยู่ 4/7 หมู่ 6 ตำบล หนองตำลิ่ง

อำเภอ พานทอง

จังหวัดชลบุรี 20160

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ปีการศึกษา 2559 จังหวัดชลบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ (วิศวกรรมเครื่องกลเกษตรและอาหาร) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้