

รถเตรียมถาดเพาะกล้านาโยนระบบซีเอ็นซีสำหรับเกษตรเมือง

CNC RICE PARACHUTE SEEDLING TRAY PREPARATION CAR FOR URBAN FARMING

ธงชัย ทองอยู่* และ ณัฐภูมิ สูดแก้ว
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Thongchai Thongyoo* and Nuttapoom Sudkaew
faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

*E-mail: thongchai@pnru.ac.th

Received: 2018-11-30

Revised: 2021-02-14

Accepted: 2021-04-23

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมินิซีเอ็นซีที่ดัดแปลงเป็นรถเตรียมถาดเพาะกล้านาโยนสำหรับเกษตรเมืองที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยพัฒนาให้สามารถเตรียมถาดเพาะกล้า 3 ขั้นตอน 1) โรยดินลงหลุม 2) โรยเมล็ดและ 3) โรยดินปิดหลุม นอกเหนือจากนี้ยังสามารถส่งค่าตัวแปรไปสู่ระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ได้ด้วย ผลการทดสอบการโรยดินพบว่า ค่าเฉลี่ยหลุมที่มีดินมากกว่าหรือเท่ากับ 1/3 ของหลุม เท่ากับร้อยละ 90.09 ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการโรยเมล็ดข้าวพบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพที่โรยเมล็ดข้าวลงหลุม เท่ากับ ร้อยละ 92.627 ค่าที่ได้อยู่ในระดับร้อยละ 90-95 ถือว่ามีประสิทธิภาพที่ดี ค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาด เท่ากับร้อยละ 7.373 ค่าที่ได้ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพจากการโรยเมล็ดข้าวลง 1 เมล็ดต่อหลุม เท่ากับร้อยละ 22.12 แสดงให้เห็นว่า 100 หลุมเพาะ สามารถนำต้นกล้าข้าวไปปลูกข้าวแบบเอสอาร์ไอได้ประมาณ 20 ต้น

คำสำคัญ: ซีเอ็นซี เกษตรเมือง กล้านาโยน

ABSTRACT

The purposes of this research are to design, build and evaluate the performance of the CNC rice parachute seedling tray preparation car for urban farming. The researchers intends to develop this machine with 3-step capability in preparing the seedling tray; 1) laying down the bottom soil on the tray, 2) sowing rice seeds, and 3) filling up the top soil. In addition, it can send data from sensors to cloud server. The result of the bottom soil laying test shows that 90.09 percent of the holes have soil equal to or greater than 1/3 of the space. The rice seeds sowing test result shows that an average of 93 percent of the cell tray contains rice seeds, while the error of 7.373 percent

is an acceptable value since the limit is not to exceed 10 percent. On average, 22.21 percent of the cell tray contains one seed per hole. In other words, approximately 20 percent of rice seedling can be planted in SRI method.

Keywords: CNC, Urban Agriculture, Rice Parachute

บทนำ

การทำเกษตรเมือง (Urban Agriculture) มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างมากในรอบทศวรรษที่ผ่านมา ทั้งรูปแบบเกษตรเมืองในบ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์ คอนโดมิเนียม ซึ่งมีการพัฒนานวัตกรรมการปลูกพืชหลายชนิด ทั้งไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชผัก (Hutapaed et al., 2015) ที่น่าสนใจคือมีความพยายามปลูกข้าวเพื่อบริโภคในพื้นที่เกษตรเมืองด้วย การจำลองแปลงปลูกข้าวมาไว้ในพื้นที่จำกัดของเมืองจึงต้องอาศัยภาชนะสำหรับบรรจุดินนา ซึ่งมีการประยุกต์หลายรูปแบบ เช่น การใช้กระถางปลูก การใช้ฝ้ายางพลาสติกมาปูเป็นแปลง การใช้ท่อนงาซีเมนต์ การใช้บ่อปูน เป็นต้น หากมีการเพาะปลูกในปริมาณที่เหมาะสมสามารถมีข้าวเพื่อบริโภคสำหรับครอบครัวได้อย่างเพียงพอ (Yaibamrung et al., 2010)

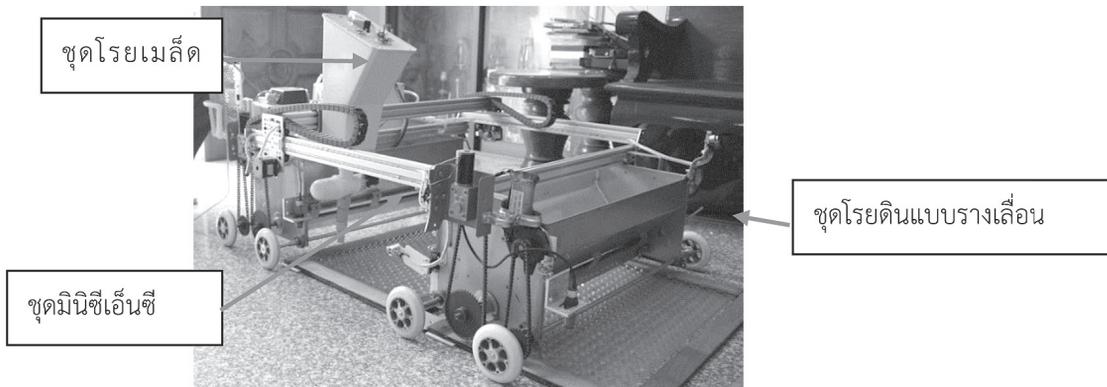
ในการจะปลูกข้าวแบบเกษตรคนเมืองนั้น สิ่งที่ต้องเตรียมการคือกล้าข้าว ซึ่งต้องเพาะบนถาดเพาะกล้าที่ผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะ การใช้งานถาดเพาะกล้าโดยทั่วไปจะมี 3 ขั้นตอน คือ 1) การโรยดินรองก้นหลุม 2) การโรยเมล็ดข้าวลงหลุม และ 3) การโรยดินกลบหลุม ตามลำดับ (Nhuthong et al., 2013) ในทางปฏิบัติการเตรียมถาดเพาะกล้ามีอยู่ 3 ลักษณะ คือ 1) การโรยดินและเมล็ดด้วยมือ 2) การใช้เครื่องมือเครื่องมือโรยดินและเมล็ดข้าว และ 3) การใช้เครื่องบรรจุดินและเมล็ดข้าวแบบอัตโนมัติ (Krajong et al., 2015) หากต้องการลดการใช้แรงงานในการเตรียมถาดเพาะ เพิ่มประสิทธิภาพในการเตรียมถาด การลงทุนกับเครื่องเตรียมถาดเพาะอัตโนมัติขนาดใหญ่จะมีต้นทุนที่สูงมาก ไม่เหมาะสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ขนาดเล็กสำหรับเกษตรในเมือง การพัฒนาเครื่องเตรียมถาดเพาะกล้าข้าวขนาดเล็ก สำหรับเกษตรในเมืองย่อมช่วยทุ่นแรงได้ดี

ที่ผ่านมาเทคโนโลยีซีเอ็นซี (Computer Numerical Control : CNC) มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย นอกเหนือจากระบบซีเอ็นซี ขนาดใหญ่ในงานอุตสาหกรรม ยังมีการพัฒนามินิซีเอ็นซี (Mini CNC) ขึ้นมาใช้งาน กลไกการเคลื่อนไหวของแกนต่าง ๆ เพื่อขับภาระงานของเครื่องซีเอ็นซีซึ่งอาศัยต้นกำลังจากสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) (Panmanee CNC et al., 2015) มีความน่าสนใจอย่างยิ่งที่จะนำมาประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยจึงได้นำกลไกระบบซีเอ็นซีมาประยุกต์เป็นรถเตรียมถาดเพาะกล้านาโยนเพื่อช่วยลดแรงงานคน ลดเวลาการเตรียมถาดเพาะ ลดการสิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์ข้าวต่อหลุม ช่วยให้งานเตรียมถาดเพาะกล้าเพื่อใช้ปลูกข้าวสำหรับเกษตรเมืองมีความง่ายและประหยัดขึ้น

วิธีการ

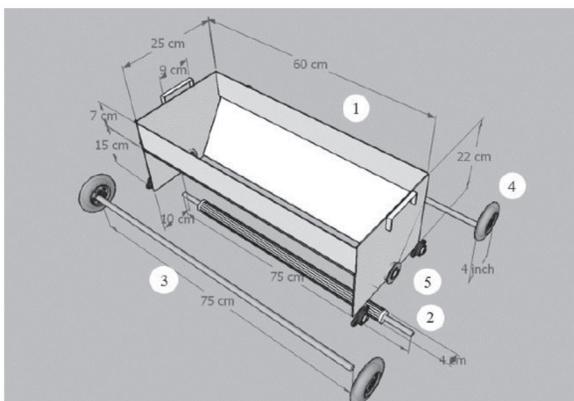
ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. รถเตรียมถาดเพาะกล้านาโยนระบบซีเอ็นซี โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รถเตรียมเมล็ดเพาะกล้านาโยนที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

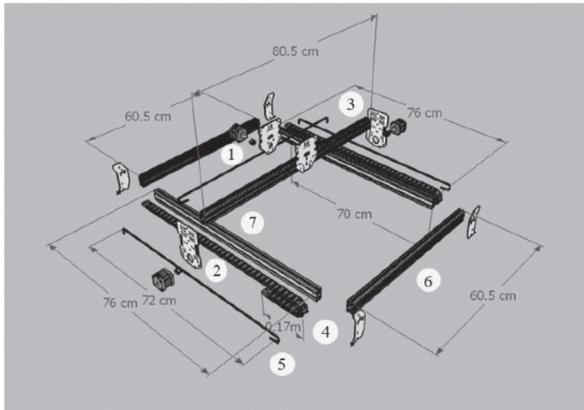
1.1 ชุดโรยดินแบบรางเลื่อน ใช้โครงสร้างของเครื่องโรยดินแบบเข็นสำหรับเตรียมเมล็ดเพาะกล้าที่ใช้ อยู่ทั่วไปขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 25 x 60 x 22 เซนติเมตร โดยดัดแปลงให้แล่นได้สะดวกบนพื้นปูนด้วยการติดตั้ง ล้อโรลเลอร์เบลตเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ขนาดรู 10 มิลลิเมตร แทนล้อพลาสติกเดิมที่ใช้เข็นเคลื่อนที่บนรางเหล็ก ซึ่งจะสามารถติดได้ 4 ล้อต่อเครื่องโรยดินแบบรางเลื่อน ทั้งนี้จะนำตลับลูกปืนมายึดเพลลาให้คงที่เพื่อรักษาตำแหน่งล้อ ทั้ง 4 ล้อ ให้เคลื่อนที่เป็นแนวตรง ทั้งนี้การติดล้อโรลเลอร์เบลตแทนล้อพลาสติกเดิมจะติดตั้งที่ด้านล่างของตัวเครื่องโรยดิน แบบรางเลื่อนทั้ง 2 ชุด แสดงดังภาพที่ 2



- 1 คือภาชนะบรรจุดิน
 - 2 คือลูกกลิ้งผลักดัน
 - 3 และ 4 คือ เพลาล้อ
 - 5 คือ ลูกปืนสำหรับยึดเพลลา
- ลูกกลิ้งโรยดิน

ภาพที่ 2 เครื่องโรยดินแบบรางเลื่อนที่ประกอบด้านหน้าและหลังของรถ

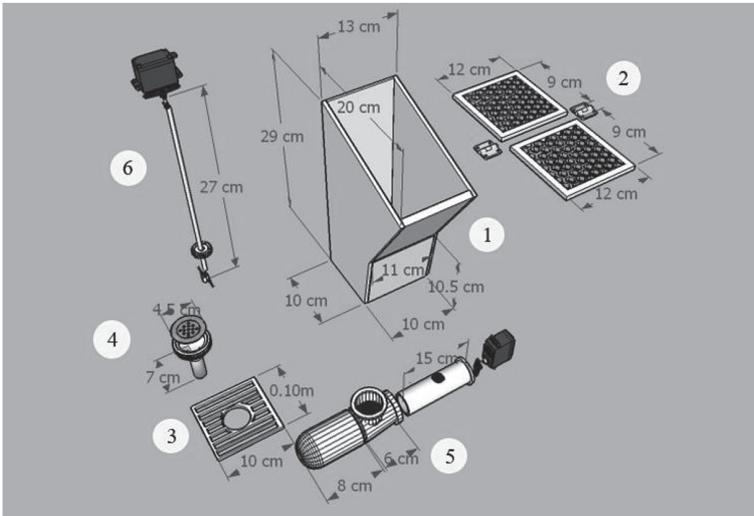
1.2 โครงสร้างเครื่องมินิซีเอ็นซี ใช้อะลูมิเนียมโปรไฟล์แบบ V-Slot และ T-slot มาประกอบโดยมีโครงสร้างเหมือนเครื่องซีเอ็นซีสำหรับยิงเลเซอร์ ดัดแปลงให้มีขนาดโครงสร้างใหญ่กว่าตัวถาดเพาะกล้าที่มีขนาด 35 x 60 เซนติเมตร เพื่อให้ชุดโรยเมล็ดสามารถโรยเมล็ดได้ทุกหลุมของถาดเพาะกล้า โครงสร้างเครื่องมินิซีเอ็นซี จะถูกประกอบบนถาดโรยดินแบบรางเลื่อนโดยใช้น็อตยึดขอบทั้ง 4 ด้าน ไว้ให้อยู่ในตำแหน่งที่คงที่ แสดงดังภาพที่ 3



- 1 กลไกขับเคลื่อนแกน Y
- 2 กลไกขับเคลื่อนแกน X ฝั่งซ้าย
- 3 กลไกขับเคลื่อนแกน X ฝั่งขวา
- 4 กระจุกงูร้อยสายไฟมอเตอร์
- 5 สายพาดึงมอเตอร์
- 6 อลูมิเนียมโปรไฟล์ T-Slot
- 7 อลูมิเนียมโปรไฟล์ V-Slot

ภาพที่ 3 โครงสร้างเครื่องมินิซีเอ็นซีที่ใช้เคลื่อนชุดโรยเมล็ดข้าวไปตามหลุมของถาดเพาะ

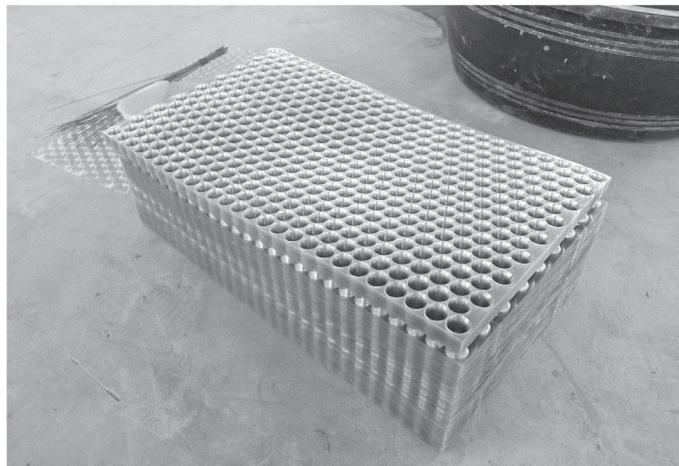
1.3 ชุดโรยเมล็ดข้าว ดัดแปลงกล่องพลาสติกสำหรับเสียบมีดที่มีฝาปิด (หมายเลข 1) มาเป็นภาชนะบรรจุเมล็ดข้าว ทำฝาเปิด-ปิดเพื่อใช้เติมเมล็ดข้าวเพิ่ม ที่ฝากล่องติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ที่ยึดกับท่ออะลูมิเนียมยาวลงไปถึงก้นกล่องบรรจุเมล็ดเพื่อใช้หมุนกวาดเมล็ดลงไปสู่ท่อลำเลียง ด้านทางท่อระบายจะมีฝาท่อระบายน้ำที่มีรูพ่นเพื่อชะลอการไหลลงของเมล็ดข้าวให้มีปริมาณไม่มากเกินไป ด้านล่างท่อลำเลียงจะดัดแปลงชุดท่อไต้ซิงค์น้ำทรงกระบอกมาประกอบเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์อีกตัวเพื่อใช้หมุนเปิดปิดวาล์วปล่อยเมล็ดลงหลุมสลับไปมาในแต่ละหลุม แสดงดังภาพที่ 4



- 1 กล่องบรรจุเมล็ดข้าวเปลือก
- 2 ฝาปิดกล่องบรรจุเมล็ดข้าว
- 3 ฝาปิดด้านล่าง
- 4 ท่อลำเลียงข้าวลงไปโรย
- 5 ช่องควบคุมการโรยเมล็ดข้าว
- 6 เพลาลำเลียงเมล็ดข้าว

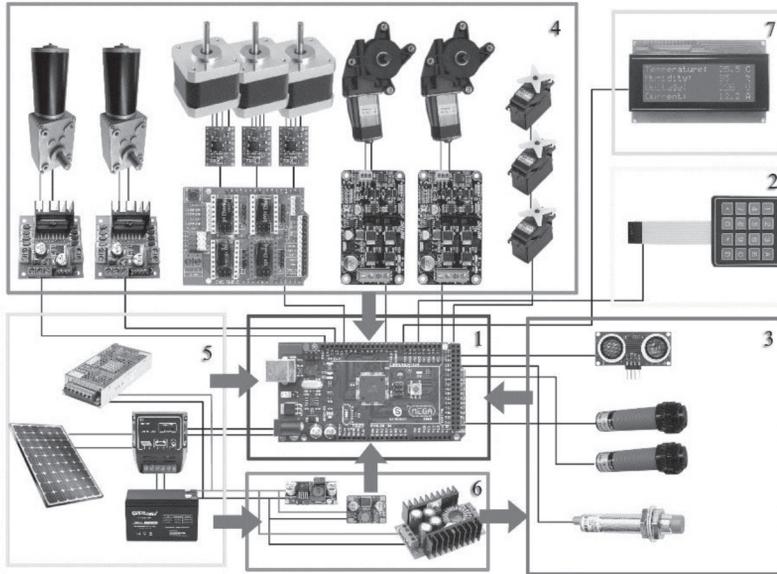
ภาพที่ 4 ชุดโรยเมล็ดข้าวที่มีกลไกสำหรับโรยเมล็ดข้าวลงบนหลุมของถาดเพาะ

2. ถาดเพาะกล้าสำหรับทำนาโยน โดยมีขนาด 40 x 60 เซนติเมตร น้ำหนัก 80 กรัมต่อแผ่น หลุมเพาะ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ลึก 17 มิลลิเมตร มีแบบ 434 หลุม และ 561 หลุม ดังภาพที่ 5



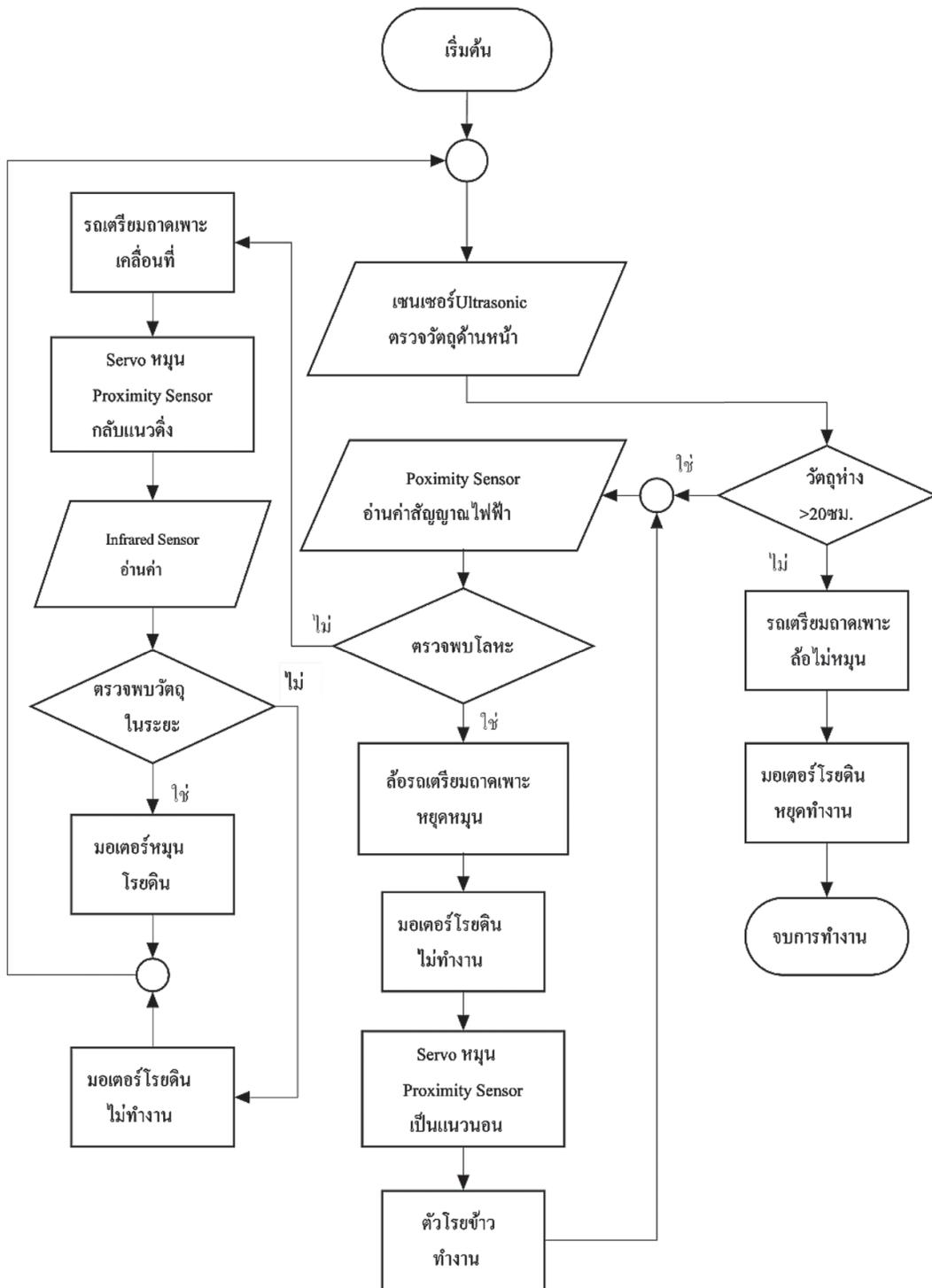
ภาพที่ 5 ถาดเพาะกล้าสำหรับทำนาโยนกล้า

3. วงจรควบคุม ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ และสั่งการไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนในส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 6 โดยมีกระบวนการทำงานแสดงดังภาพที่ 7



- 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2 คีย์แพ็ค
- 3 เซนเซอร์
- 4 มอเตอร์และตัวขับ
- 5 แหล่งจ่ายพลังงาน
- 6 อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน
- 7 จอแอลซีดีแสดงผล

ภาพที่ 6 อุปกรณ์ควบคุมในระบบ

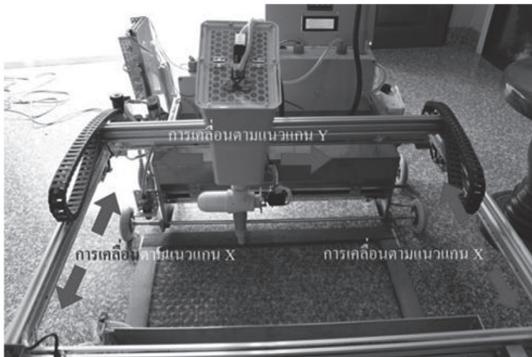


ภาพที่ 7 กระบวนการทำงานของรถเตรียมถาดเพาะกล้านาโยน

รายละเอียดวิธีการทดสอบ

1. ทดสอบศักยภาพการทำงานของกลไกเครื่องเตรียมธาตุเพาะกล้านาโยน โดยแบ่งเป็น

1.1 การทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน X (แกนที่เป็นฐานรับแกน Y ต้นกำลัง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 2 ตัว) และแกน Y (แกนที่ติดตั้งตัวโรยเมล็ด ต้นกำลัง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 1 ตัว) ซึ่งเป็นกลไกเคลื่อนที่โรยข้าวลงธาตุของระบบซีเอ็นซี เก็บข้อมูลโดยการจับเวลาและระยะทางในการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9 แล้วบันทึกผล



ภาพที่ 8 การเคลื่อนที่ของกลไกซีเอ็นซีแกน X และ Y



ภาพที่ 9 ทิศทางการเคลื่อนที่เพื่อโรยเมล็ดลงธาตุ

1.2 ทดสอบการหมุนของกลไกปล่อยเมล็ดข้าวลงธาตุเพื่อเปรียบเทียบการหมุนทางเดียวและการหมุนสลับซ้ายขวาทั้งในเรื่องของความเร็วในการโรยเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัมและการโรยเมล็ดข้าวต่อธาตุ เก็บข้อมูลโดยการจับเวลา แล้วบันทึกผล

1.3 ทดสอบระยะเวลาในการโรยเมล็ดข้าวแบบต่อเนื่องต่อ 1 ธาตุ ทดสอบโดยโรยเฉพาะเมล็ดข้าวลงธาตุเปล่า จับเวลา แล้วบันทึกผล

1.4 ทดสอบประสิทธิภาพในการโรยดินและเมล็ดข้าวในธาตุเพาะจำนวน 3 ธาตุ เมื่อทำงานแบบอัตโนมัติ โดยการจับเวลา แล้วบันทึกผล พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

2. ทดสอบปริมาณการโรยดินเฉลี่ยต่อธาตุเพาะและสัดส่วนของดินที่โรยลงหลุมจากธาตุเพาะกล้า 3 ธาตุ ทดสอบจากธาตุเพาะกล้า 3 ธาตุ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 โหมด ดังนี้

2.1 โหมดเฉพาะทาง ซึ่งเป็นการขึ้นธาตุเพาะกล้าเข้าไปรับดินจากเครื่องโดยผู้ใช้เครื่อง นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูลที่ตรวจวัด สัดส่วนดินในแต่ละธาตุเพาะ ในส่วนปริมาณดินเฉลี่ยต่อธาตุเพาะจะทำการตรวจซึ่งน้ำหนักของดินที่โรยลงหลุมและปริมาณดินที่สูญเสียนอกธาตุ แล้วบันทึกผล

2.2 โหมดอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการโรยดินโดยเครื่องที่ทำงานในทุกขั้นตอนแบบอัตโนมัติ การโรยดินเฉพาะร่องกันหลุม โดยตรวจวัดและคำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของหลุมที่มีดินเท่ากับหรือมากกว่า 1/3 ส่วนของหลุม และหลุมที่มีดินน้อยกว่า 1/3 ส่วนของหลุม แล้วบันทึกผล และการโรยดินร่องกันหลุมและโรยดินกลบหลุมแบบต่อเนื่อง โดยตรวจวัดและคำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของหลุมที่มีดินเท่ากับ 1 ส่วนของหลุม และหลุมที่มีดินน้อยกว่า 1 ส่วนของหลุม แล้วบันทึกผล

3. ทดสอบปริมาณการโรยเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อถาดเพาะกล้าจากถาดเพาะกล้า 3 ถาด การทดสอบนี้จึงใช้โหมดทำงานเฉพาะโรยเมล็ดข้าวเท่านั้น เพื่อที่จะตรวจนับเมล็ดข้าวง่าย โดยใช้ถาดเพาะกล้า 3 ถาด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางกายภาพ ให้ผลลัพธ์ได้เช่นเดิมเมื่อทดสอบซ้ำ โดยมีวิธีการทดสอบด้วยการนับเมล็ดข้าวที่ถูกโรยลงหลุมแต่ละหลุม ตรวจนับเมล็ดข้าวที่ถูกโรยแต่ไม่ลงหลุม ตรวจนับหลุมที่ไม่มีเมล็ดข้าวอยู่ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Krajong et al., 2015) รวมทั้งตรวจวัดโดยการชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ลงหลุมในถาดเพาะทั้งหมด ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ถูกโรยแต่ไม่ลงหลุมทั้งหมด โดยใช้เครื่องชั่งแบบเข็มและเครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียดสูงยี่ห้อ WFGOGO รุ่น BB006-13 (MS006) มาเป็นเครื่องมือวัด แล้วบันทึกผล

4. ทดสอบประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดข้าวในถาดเพาะกล้าจากถาดเพาะกล้า 3 ถาด โดยการนำตัวเลขที่บันทึกผลได้จากการโรยเมล็ดข้าวมาคำนวณด้วยหาค่าประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดข้าว (Pholpho et al., 2012) ในถาดเพาะกล้า 3 ถาด แบ่งเป็น 3 หมวด กล่าวคือ ค่าประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดลงหลุมของถาดเพาะ ค่าความผิดพลาดการโรยเมล็ดข้าวไม่ลงในถาดเพาะ และค่าประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดได้ 1 เมล็ดต่อหลุมในถาดเพาะ โดยคำนวณได้จากสมการ

4.1 การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดลงหลุมของถาดเพาะหาค่าประสิทธิภาพได้จากสมการ

$$\eta_{th} = (\text{จำนวนหลุมที่เมล็ดข้าวลง} / 434) \times 100$$

4.2 การคำนวณค่าความผิดพลาดการโรยเมล็ดข้าวไม่ลงในถาดเพาะหาค่าประสิทธิภาพได้จากสมการ

$$\eta_{th} = (\text{จำนวนหลุมที่ไม่มีเมล็ดข้าวถูกโรยลงไป} / 434) \times 100$$

4.3 การคำนวณประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดได้ 1 เมล็ดต่อหลุมในถาดเพาะ
หาค่าประสิทธิภาพได้จากสมการ

$$\eta_{th} = (\text{จำนวนหลุมที่เมล็ดข้าวลง 1 เมล็ด} / 434) \times 100$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

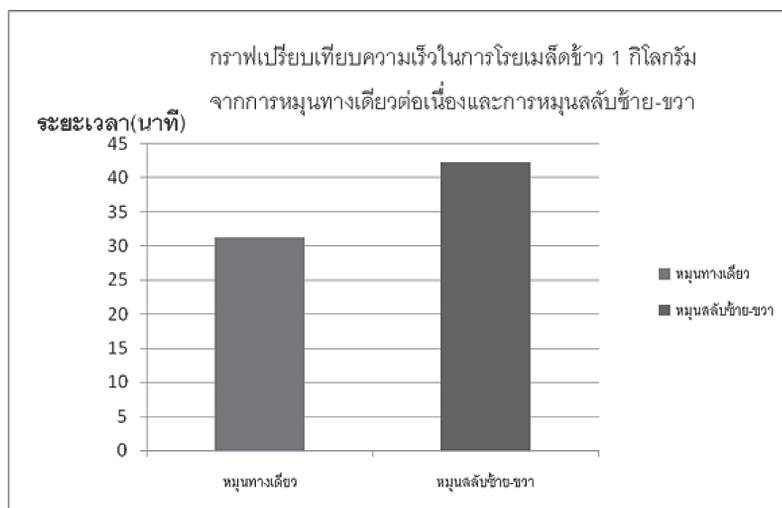
1. ทดสอบศักยภาพการทำงานของกลไกเครื่องเตรียมถาดเพาะกล้านาโยน

1.1 การทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกนกลไกซีเอ็นซีในการโรยเมล็ดข้าว 1 รอบ ดังตารางที่ 1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของแกน Y ต่อหลุม พบว่า ระยะเวลา 1 วินาที เคลื่อนที่ได้ 1.4 เซนติเมตร การเคลื่อนที่ของแกน Y ต่อแถว พบว่า ระยะเวลา 31 วินาที เคลื่อนที่ได้ 61 เซนติเมตร ส่วนการทดสอบการเคลื่อนที่ของแกน X ต่อแถว พบว่า ระยะเวลา 1 วินาที เคลื่อนที่ได้ 3 เซนติเมตร การเคลื่อนที่ของแกน Y ต่อรอบการทำงานโรยเมล็ด พบว่า ระยะเวลาการเคลื่อนที่รวม 5 วินาที เคลื่อนที่รวมทุกแถวได้ 15 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระยะเวลาและระยะทางการเคลื่อนที่ของกลไกซีเอ็นซีแกนสำหรับโรยเมล็ด

ลักษณะการเคลื่อนที่ของแกนซีเอ็นซี	ระยะเวลา (วินาที)	ระยะทาง (เซนติเมตร)
การเคลื่อนที่ของแกน Y ต่อหลุมของถาดเพาะ	1	1.4
การเคลื่อนที่ของแกน Y ต่อแถวของถาดเพาะ	31	61
การเคลื่อนที่ของแกน X ต่อแถวของถาดเพาะ	1	3
การเคลื่อนที่ของแกน X ต่อรอบการทำงานโรยเมล็ด	5	15

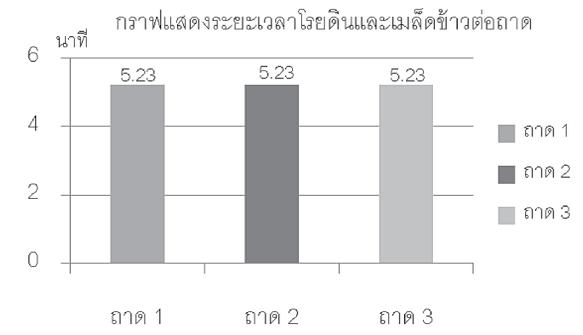
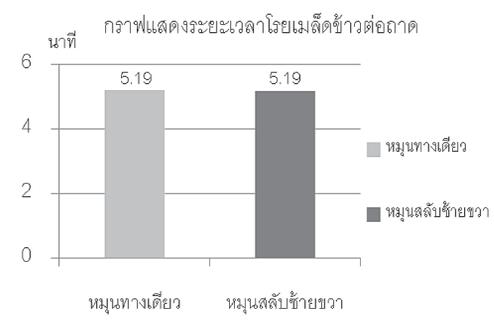
1.2 การทดสอบศักยภาพการทำงานของกลไกเครื่องเตรียมถาดเพาะกล้านาโยน โดยทดสอบระยะเวลาในการโรยเมล็ดข้าวแบบต่อเนื่องปริมาณ 1 กิโลกรัม จากการหมุนปล่อยเมล็ดที่ต่างกัน รูปแบบการหมุนปล่อยเมล็ดทางเดียวอย่างต่อเนื่อง ดังภาพที่ 10 พบว่า ปริมาณเมล็ดข้าวในภาชนะบรรจุ 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 31.33 นาที เมล็ดข้าวจึงหมด ส่วนรูปแบบการหมุนปล่อยเมล็ดสลับซ้ายขวา พบว่า ปริมาณเมล็ดข้าวในภาชนะบรรจุ 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 42.28 นาที เมล็ดข้าวจึงหมด ทั้งนี้เนื่องจากการหมุนปล่อยเมล็ดแบบสลับซ้ายขวา เมล็ดข้าวจะต้องใช้เวลาในการรอให้กลไกสลับการหมุนก่อนเมล็ดจึงจะหลุดออกไปได้ซึ่งแตกต่างจากการหมุนแบบต่อเนื่องที่สามารถปล่อยเมล็ดข้าวได้ตลอดเวลาการทำงานจึงทำให้ปล่อยเมล็ดข้าวได้หมดเร็วกว่าถึงร้อยละ 35



ภาพที่ 10 แสดงระยะเวลาในการโรยเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัมจากการหมุนที่ต่างกัน

1.3 การทดสอบระยะเวลาในการโรยเมล็ดข้าวแบบต่อเนื่องต่อ 1 ภาต ผลทดสอบจากการหมุนทางเดียว ต่อเนื่องและการหมุนสลับซ้ายขวา ดังภาพที่ 11 พบว่า ใช้เวลาในการโรยเมล็ดข้าว 1 ภาตในเวลาเท่ากันคือ 5.19 นาที เนื่องจากกลไกการเคลื่อนที่ของซีเอ็นซีเท่ากัน

1.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการโรยดินและเมล็ดข้าวในภาตเพาะจำนวน 3 ภาตในโหมดอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจะทำงานในทุกขั้นตอนด้วยตนเอง ดังภาพที่ 12 จากการจับเวลาการทำงานของเครื่องจำนวน 3 ภาตเพาะ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.23 วินาที ระยะเวลารวมในการโรยดินและเมล็ดข้าวจำนวน 3 ภาตเพาะ เท่ากับ 15.69 วินาที



ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาโรยข้าวต่อภาต

ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาโรยดินและข้าวต่อภาต

2. การทดสอบสัดส่วนของดินที่โรยลงหลุม ด้วยการหาค่าเฉลี่ยร้อยละของสัดส่วนดินในหลุมเชิงเปรียบเทียบ โดยที่การทดสอบโรยดินรองกันหลุมจะใช้อัตราส่วนดิน $\frac{1}{3}$ ของหลุมซึ่งเป็นอัตราส่วนมาตรฐาน จากตารางที่ 2 สัดส่วนของดินที่โรยลงหลุมในโหมดอัตโนมัติ พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของหลุมที่มีดินเท่ากับหรือมากกว่า $\frac{1}{3}$ ของหลุม เท่ากับร้อยละ 90.09 ในขณะที่หลุมที่มีดินต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ ของหลุมมีเพียงร้อยละ 9.91

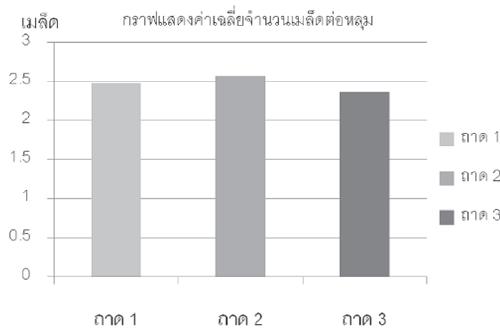
ตารางที่ 2 สัดส่วนการทดสอบโรยดินรองกันหลุมในอัตราส่วนดิน $\frac{1}{3}$ ของหลุม

ภาตเพาะใบที่	ร้อยละของหลุมที่มีดินเท่ากับหรือมากกว่า $\frac{1}{3}$ ของหลุม
1	88.28
2	90.55
3	91.48
เฉลี่ย	90.09

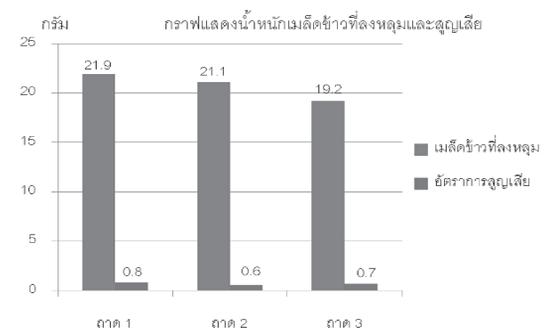
3. การทดสอบปริมาณการโรยเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อถาดเพาะกล้าจากถาดเพาะกล้า 3 ถาด ดังตารางที่ 3 ภาพที่ 13 และ 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดข้าวที่ถูกโรยลงต่อ 1 หลุมอยู่ที่ 2.47 เมล็ด ค่าเฉลี่ยจำนวนน้ำหนักเมล็ดข้าวทั้งหมดที่ถูกโรยลงหลุมต่อถาด เท่ากับ 20.73 กรัม ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียเมล็ดข้าวหรือสัดส่วนที่เมล็ดข้าวไม่ลงหลุมใด ๆ เลย มีค่าเท่ากับ 0.7 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดข้าวหลุดออกจากชุดโรยข้าวช้ากว่าปกติซึ่งเกิดจากการเปียดกันในช่องโรยข้าว

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยการโรยเมล็ดข้าว

ถาดใบที่	จำนวนเฉลี่ยเมล็ดข้าวต่อหลุม (เมล็ด)	น้ำหนักเฉลี่ยเมล็ดข้าวต่อหลุม (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยเมล็ดข้าวที่ไม่ลงหลุม (กรัม)
1	2.482	21.9	0.8
2	2.569	21.1	0.6
3	2.362	19.2	0.7
เฉลี่ย	2.471	20.73	0.7



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อหลุม

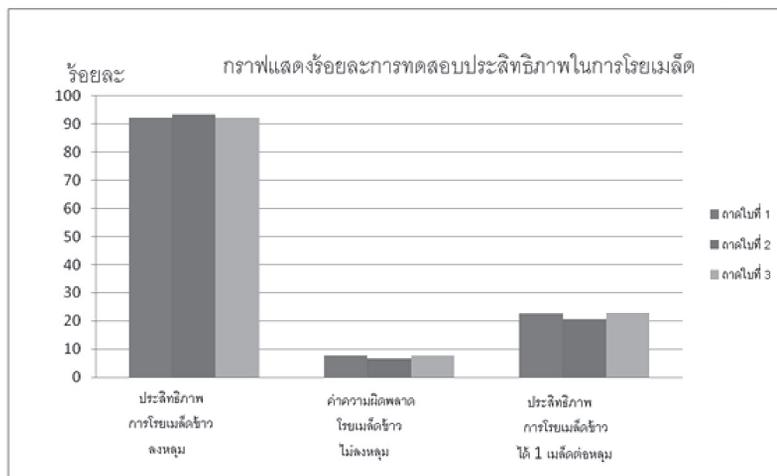


ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ลงหลุมและสูญเสีย

4. การทดสอบประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดข้าวในถาดเพาะกล้าจากถาดเพาะกล้า 3 ถาด ดังตารางที่ 4 และ ภาพที่ 15 พบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการโรยเมล็ดข้าวลงหลุม เท่ากับร้อยละ 92.627 ดังนั้นค่าเฉลี่ยร้อยละ ความผิดพลาดในการโรยเมล็ดข้าวจึงเท่ากับ 7.373 และค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพจากการโรยเมล็ดข้าวลงหนึ่งเมล็ด เท่ากับ 22.12

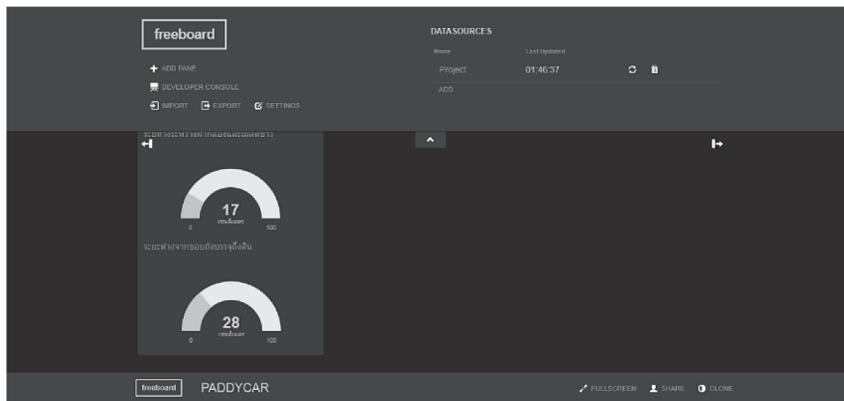
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการโรยเมล็ดข้าว

ภาคใบที่	จำนวนหลุมที่มีเมล็ดข้าว	จำนวนหลุมที่มีเมล็ดข้าว 1 เมล็ด	ประสิทธิภาพการโรยเมล็ดข้าว (สมการที่ 4.1)	ประสิทธิภาพการโรยเมล็ดข้าว (สมการที่ 4.3)
1	400	98	92.166	22.581
2	406	90	93.548	20.737
3	400	100	92.166	23.041
เฉลี่ย	402	96	92.627	22.12



ภาพที่ 15 แสดงร้อยละการทดสอบประสิทธิภาพในการโรยเมล็ด

5. การทดสอบการแสดงผลปริมาณวัตถุเปียกไปยังระบบคลาวด์ การทดสอบนี้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านแล้วส่งข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกจำนวน 2 ตัว ที่ใช้ตรวจระยะเมล็ดข้าวและดินเพาะในภาชนะบรรจุของเครื่องส่งไปยังระบบคลาวด์ ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การแสดงผลปริมาณเมล็ดข้าวและดินบนระบบคลาวด์

จากภาพที่ 16 แสดงถึงผลการส่งข้อมูลตรวจวัดระยะห่างจากตัวเซนเซอร์อัลตราโซนิกและวัตถุดิบเพื่อให้ผู้ใช้งานเครื่องทราบว่ามีเมล็ดข้าวในภาชนะบรรจุอีกมากน้อยเท่าใด โดยแสดงผลข้อมูลอยู่ 2 ส่วน คือ ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และเมล็ดข้าวที่อยู่ในภาชนะบรรจุของกลไกโรยเมล็ดข้าว และระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และดินเพาะที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุของกลไกโรยดินลงภาชนะ ซึ่งตัวเลขที่ปรากฏจะแสดงข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบันเท่านั้น ซึ่งจากการทดสอบพบว่าผลการแสดงผลตัวเลขบนคลาวด์ตรงกับระยะห่างของเซนเซอร์และวัตถุดิบ

สรุป

จากการศึกษาได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบการโรยดินพบว่า เมื่อใช้เครื่องโรยดินรอกันหลุมจะมีค่าเฉลี่ยของจำนวนหลุมที่มีดินมากกว่าหรือเท่ากับ $\frac{1}{3}$ ของหลุม เท่ากับร้อยละ 90.09 ในขณะที่หลุมที่มีดินต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ ของหลุมมีเพียงร้อยละ 9.91
2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการโรยเมล็ดข้าวพบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพที่โรยเมล็ดข้าวลงหลุมเท่ากับ ร้อยละ 92.627 ค่าที่ได้อยู่ในระดับร้อยละ 90-95 ถือว่ามีประสิทธิภาพที่ดี ค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 7.373 ค่าที่ได้ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพจากการโรยเมล็ดข้าวลง 1 เมล็ดต่อหลุม เท่ากับร้อยละ 22.12 แสดงให้เห็นว่า 100 หลุมเพาะ สามารถนำต้นกล้าข้าวไปปลูกข้าวแบบเอสอาร์ไอ (SRI: System of Rice Intensification) (Nhuthong et al., 2013) ได้ 20 กว่าต้น

จากการศึกษา ออกแบบ และทดลอง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ควรพัฒนาการโรยเมล็ดข้าวให้ได้ 1 เมล็ดต่อ 1 หลุม เพื่อให้สามารถนำไปปลูกข้าวต้นเดียวที่เรียกว่าเอสอาร์ไอ ซึ่งเป็นการปลูกข้าวแบบประณีตได้
2. พัฒนาโหมดการโรยเมล็ดลงภาชนะกล้าพืชแบบอื่นๆ เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์การใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ได้สนับสนุนเงินทุนสำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Hutapaed, K., Yaibumrung, S., Srapmanee, S., Sudkaew, N., & Anusatsananan, N. (2015). **Urban Farming & Rooftop Farming**. (5th Edition). Bangkok: Kasettakumthammachart.
- Krajong, S. (2015). **Complete Efficiency increase of Rice Parachute Seedling Tray Preparation Machine** (Research Report). Faculty of Industrial Technology: Uttaradit Rajabhat University.
- Nhuthong, N., Hutapaed, K., Sudkaew, N., & Anusatsananan, N (2013). **Organic Rice Farming Handbook**. (3rd Edition). Bangkok: Kasettakumthammachart. (inThai)
- Panmaneecnc. (2558). **Principal of MINI CNC for Developer**. Retrieved from <https://panmaneecnc.blogspot.com/2015/12/mini-cnc.html> [2018, 19 May.]
- Pholpho, T., & Pholpho, K. (2012). **Development of the Vegetable Seed Spacing Drill into the Seeding Grow Tray** (Research Report). Faculty of Mechanical Engineering. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (inThai)
- Yaibumrung, S., Sudkaew, N., Hutapaed, K., & Khlaytuan, P (2010). **Paddy outside Field: New Innovation of Rice Growing Handbook**. (2nd Edition). Bangkok: Kasettakumthammachart. (in Thai)

.....