ST-01

การพัฒนาเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

The Development of Automatic Rotary Composter

ปัทมา พากุล[1*] ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ[2] และปิยวดี ยาบุษดี[3]

Phattama Phakul[1*], Phubet Phiphithirankarn[2], and Piyawadee Yabosdee[3]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[3] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

อีเมล: phattamaphakul@gmil.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้างเครื่องมือและหาประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ โดยวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติและวงจรควบคุม 2) การสร้างเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ 3) การติดตั้งระบบควบคุม และ 4) การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ มีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 4.11 อีกทั้งเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัตินี้ยังสามารถทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบควบคุมด้วยมือ และประสิทธิภาพในการหมักปุ๋ยของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ จากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่มีค่า 20.05 พบว่าปุ๋ยหมักที่ได้ใช้ระยะเวลาเป็นปุ๋ยเพียง 37 วัน โดยมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 1.96 โดยน้ำหนัก คาร์บอนร้อยละ 39.30 โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.57 โดยน้ำหนัก โพแทสเซียมร้อยละ 12.11 โดยน้ำหนัก มีค่าพีเอช 7.12 และมีอุณหภูมิในกองหมัก 61.6 องศาเซลเซียส ซึ่งธาตุอาหารในกองหมักมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

คำหลัก: เครื่องหมักปุ๋ย เครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน ระบบอัตโนมัติ

Abstract

The objective of this paper is to design, construct, and find out the efficiency of an automatic rotary composter. The research method involved designing the automatic rotary composter, constructing the machine, and investigating its efficiency. The results showed that the machine had an average efficiency percentage error of 4.11%, and it could operate in both automatic and manual modes. The composting efficiency of the machine, based on the C/N ratio, is 20.05. The compost could be used as fertilizer for only 37 days, resulting in a total nitrogen, carbon, available phosphorus, and exchangeable potassium content of 1.96%, 39.30%, 0.57%, and

12.11% by weight, respectively. The pH value was 7.12, and the temperature was 61.6 degrees Celsius. The nutrients in the compost heap were similar to the organic fertilizer standards announced.

Keywords: Composter, Rotary Composter, Automatic

บทนำ

ถังหมักขยะอินทรีย์ เป็นทางเลือกใหม่ของการกำจัดของเสียที่แหล่งกำเนิด โดยมากกว่าร้อยละ 50 ของขยะมูลฝอยทั้งหมดเป็นขยะมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ ใบไม้แห้ง การนำมาหมักให้เป็นปุ๋ย จึงเป็นการเปลี่ยนภาระให้เป็นมูลค่า รวมทั้งสามารถช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการขยะมูลฝอย และลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัดลง สามารถลดปัญหาสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่ตามมาได้อีกมาก การนำเอาระบบเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการ รวมถึงกระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่การเกษตรเชิงธุรกิจ ด้วยการผสมผสานทางวิทยาศาสตร์การเกษตรกับศาสตร์ทางวิศวกรรมเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาผสมผสาน โดยทำให้เกษตรกรสามารถปรับใช้รวมถึงการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ทรัพยากรนั้นทำได้อย่างแม่นยำ ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรและผลผลิตที่ออกมาตามความต้องการมากที่สุด ใช้แรงงานคนให้น้อยที่สุด จึงถือว่าเป็นก้าวสำคัญของประเทศไทยในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพของการทำเกษตรสมัยใหม่หรือเกษตรอัจฉริยะที่เป็นรูปธรรม (ณัฏฐกิตติ์ ปัทมะ, 2563)

ในปัจจุบันหลายหน่วยงานได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการทำถังหมักปุ๋ยเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและสะดวกต่อการจัดการ เช่น (สุทธิพงษ์ ฟุ้งเดชและคณะ, 2560) ได้ออกแบบเครื่องต้นแบบผลิตปุ๋ยหมักอัตโนมัติจากผักตบชวาด้วยระบบถังปิดเติมอากาศแบบถังหมุน โดยได้ออกแบบให้มีการควบคุมถังหมุน ควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้น การทำงานในถังหมักจะใช้การควบคุมแบบ Close Loop คือ จะมีเซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นจากถังหมัก จากนั้นนำค่าที่ได้มาประมวลผลที่ตัวควบคุมเพื่อสั่งการให้ขดลวดความร้อนทำงานในกรณีที่ต้องการเพิ่มอุณหภูมิและชุดจ่ายน้ำทำงานในกรณีที่ต้องการเพิ่มความชื้นหรือเติมอากาศเข้าไปในถังตามโปรแกรมที่กำหนดไว้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำปุ๋ยหมัก แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาทำให้ผลิตปุ๋ยได้ช้ากว่าแผนที่วางไว้ (Mustafa Elalami et al., 2019) ได้ออกแบบและทดสอบเครื่องหมักปุ๋ยอัจฉริยะควบคุมโดยรีโมทคอนโทลเลอร์ที่ออกแบบให้ส่งข้อมูลที่ได้ในกระบวนการหมักปุ๋ยและตรวจสอบวัดค่าต่างๆ ใช้การเชื่อมต่อแบบไร้สายและใช้งานผ่านแอปพลิเคชั่น เครื่องทำปุ๋ยหมักอัจฉริยะนี้ใช้เวลาในการทำปุ๋ยหมักประมาณ 4 สัปดาห์ ออกแบบโดยภาชนะปิดทำจากสแตนเลสปริมาตร 0.93 ลูกบาศก์เมตร เป็นถังแบบหมุน ใช้หลักการหมักแบบเติมอากาศ ควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบอัตโนมัติระบบทำงานได้อย่างถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่ผู้สร้างได้กำหนดไว้ อีกทั้งยังเป็นนวัตกรรมขั้นสูงของการทำปุ๋ยหมัก แม้ว่ายังต้องมีการพัฒนาให้มากกว่าเดิม เช่น มีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ให้กับเครื่องแต่พวกเขาก็สามารถนำเครื่องนี้เพื่อเข้าสู่การตลาดได้แล้ว (FATIMA ZAHRA SITI et al., 2020) ได้ออกแบบและผลิตเครื่องทำปุ๋ยหมักแบบเครื่องหมุนอัจฉริยะขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าโซล่าเซลล์ ใช้กำจัดเศษขยะในครัวเรือนที่มีขนาดใหญ่ให้เป็นปุ๋ยหมักในเวลาประมาณ 4 สัปดาห์ โดยตัวเครื่องประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ ตัวควบคุมและแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ ถูกควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติและแสดงผลผ่านการใช้งานไร้สาย ผลจากการออกแบบแสดงทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่คงที่มีการใช้พลังงานทดแทนนั่นคือพลังงานแสงอาทิตย์และวัสดุที่เลือกนำมาใช้จะต้องเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากความสำคัญและเทคโนโลยีของการหมักในถังหมักปุ๋ยจึงเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและ

สามารถนำมาพัฒนาการใช้งานให้สะดวกและทันสมัย โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้างเครื่องมือและหาประสิทธิภาพสำหรับเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

วัตถุประสงค์

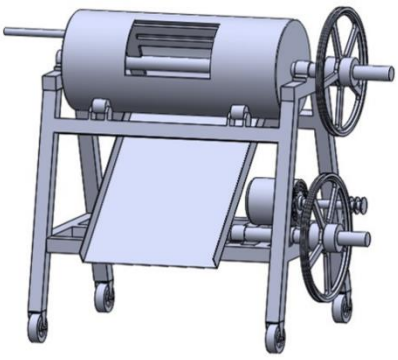
1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพสำหรับเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

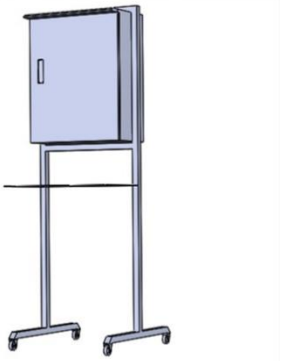
ขั้นตอนดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูล การออกแบบเครื่องมือ การสร้างเครื่องมือ การติดตั้งระบบควบคุม การทดสอบเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวกับเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อนี้

1. การออกแบบเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติและวงจรควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

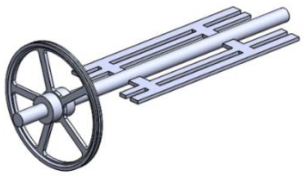
1.1 การออกแบบเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติด้วยโปรแกรม SolidWorks ซึ่งประกอบด้วยส่วนฐานและส่วนแกนหมุนถังหมักปุ๋ย ส่วนฐานประกอบด้วย ขาตั้งสามเหลี่ยมพร้อมล้อเลื่อน ถาดรองวัสดุหมัก และถังหมักปุ๋ยมีลักษณะรูปร่างทรงกระบอก ซึ่งฝาถังหมักปุ๋ยเปิด-ปิดได้ ด้านข้างถังหมักปุ๋ยต่อกับแกนจับถังหมุน ตัวถังหมักปุ๋ยถูกรองไว้ด้วยล้อลูกกลิ้ง 4 ล้อ การออกแบบส่วนแกนหมุนเครื่องหมักปุ๋ย แกนกลางเป็นแท่งเหล็กตันทรงกระบอก จำนวน 1 เส้น ต่อกับเหล็กแผ่น 2 ขนาด จำนวน 4 เส้น ปลายสุดของแกนหมุนต่อเข้ากับมู่เล่ย์ร่อง และสายพานเพื่อเชื่อมต่อไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 1



ก. เครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน



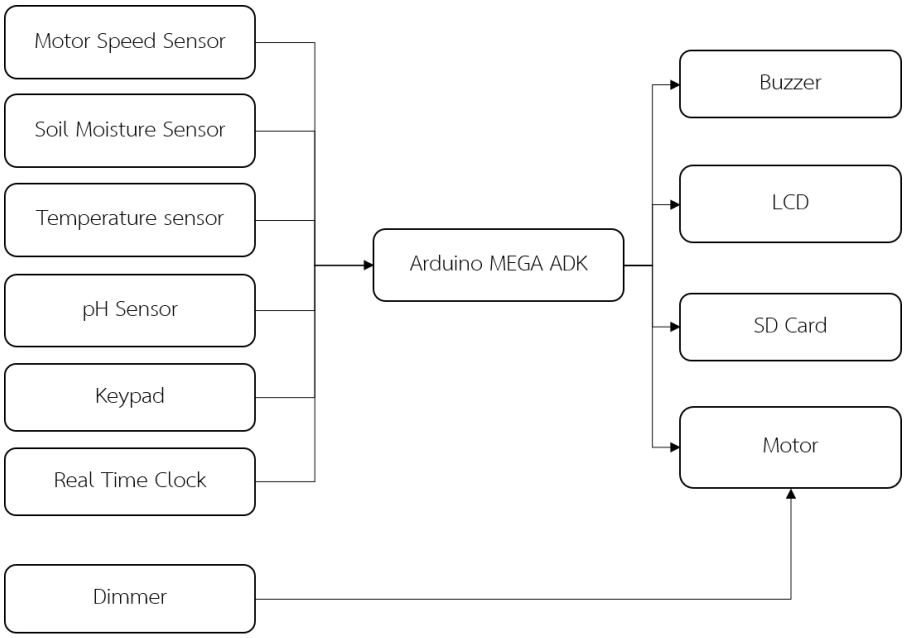
ข. ตู้ควบคุมเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน



ค. แกนหมุนเครื่องหมักปุ๋ย

ภาพที่ 1 การออกแบบเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนพร้อมตู้ควบคุมและแกนหมุนเครื่องหมักปุ๋ย

1.2 ออกแบบวงจรควบคุม จัดวางอุปกรณ์ประกอบด้วย ปุ่มกด (Keypad) เซนเซอร์นับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Motor Speed Sensor) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เซนเซอร์วัดค่าพีเอช (pH Sensor) รวมถึงไทเมอร์ (Timer) ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega ADK เขียนคำสั่งควบคุมด้วยโปรแกรม Arduino IDE เพื่อแสดงค่าผ่านหน้าจอ LCD และข้อมูลถูกเก็บไว้ในการ์ดหน่วยความจำจัดเก็บข้อมูล (SD Card) และลำโพง (Buzzer) ส่งเสียงเตือนก่อนที่มอเตอร์จะทำงาน ส่วนดิมเมอร์ (Dimmer) ใช้ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ แสดงในบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพการทำงานของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

2. การสร้างเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

2.1 การสร้างเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ โดยติดตั้งส่วนฐานที่ประกอบด้วย ขาตั้งรูปทรงสามเหลี่ยมทำจากเหล็กกล่องต่อเข้ากับล้อเลื่อนเหล็ก ส่วนถังเหล็กเป็นรูปร่างทรงกระบอกเจาะส่วนด้านบนให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม เพื่อให้มีฝาถังที่สามารถเปิดปิดได้ เพื่อเติมหรือเทวัสดุหมักพร้อมทั้งแกนจับถังหมุนมีไว้เอหมุนพลิกกลับถังหมักปุ๋ยเพื่อเทปุ๋ยหมักที่หมักเสร็จแล้วออก ตัวถังถูกรองรับด้วยล้อลูกกลิ้งวางในแนวนอนบนส่วนฐาน และด้านในถังหมักปุ๋ยมีแกนผสมทำจากเหล็กเส้นแบน และแกนหมุนถังหมักปุ๋ยทำจากเหล็กกลมตัน ปลายสุดของแกนหมุนต่อเข้ากับมู่เล่ย์ร่องมีสายพานเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้า และมอเตอร์ไฟฟ้า AC 220V ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega ADK ที่เขียนคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino IDE ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน ดังภาพที่ 3

ก. ด้านหน้าเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน ข. ตู้ควบคุมพร้อมขาตั้ง ค. ด้านข้างเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน

ง. แกนหมุนเครื่องหมักปุ๋ย

ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

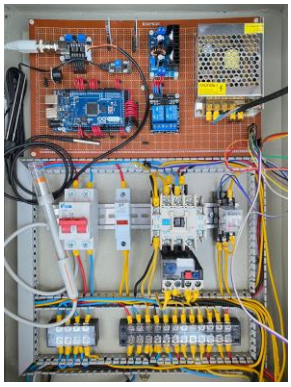
ส่วนประกอบของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ ดังภาพที่ 6

1. ตัวถังหมักปุ๋ยทรงกระบอก
2. แกนจับถังหมุน
3. ฝาถัง
4. ล้อลูกกลิ้ง
5. ชุดขาตั้งสามเหลี่ยม
6. ถาดรองวัสดุหมัก
7. ล้อเลื่อนเหล็ก
8. มู่เล่ย์ร่องตัวที่ 1
9. สายพาน
10. มอเตอร์ไฟฟ้า
11. สายพาน
12. มู่เล่ย์ร่องตัวที่ 2
13. ตู้ควบคุม
14. ชุดขาตั้งตู้ควบคุม
15. แกนหมุนเครื่องหมักปุ๋ย

3. การติดตั้งระบบควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

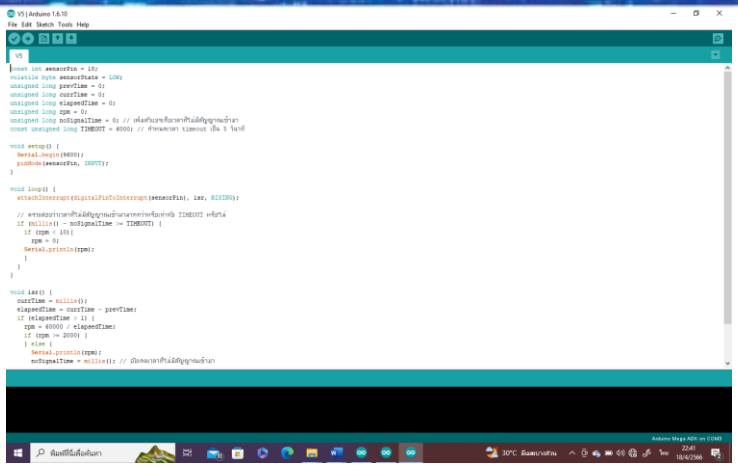
3.1 ตู้ควบคุมการทำงานเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ ด้านหน้ามีป้ายเนมเพลทแสดงสถานะการทำงาน ไฟแสดงสถานะ คือ เมื่อปุ่มกดสตาร์ท ไฟแสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์สีแดง (Power) จะแสดงขึ้น และเมื่อมีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ทำให้มอเตอร์เริ่มทำงาน ไฟสีเขียว (Run) จะแสดงขึ้นให้ทราบว่ามอเตอร์กำลังทำงาน และเมื่อมีเหตุการณ์ขัดข้องของมอเตอร์ไฟแสดงสถานะสีส้ม (Overload) จะแสดงขึ้นและหยุดการการทำงาน ซึ่งโอเวอร์โหลดเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการตัดวงจรเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปให้มอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจะใช้งานคู่กับแมกเนติก คอนแทกเตอร์ และเมื่อมีการแก้ไขข้อขัดข้องได้แล้วก็สามารถกดรีเซ็ทเครื่องก็จะสามารถทำงานได้ปกติ ปุ่มกดเพื่อป้อนค่าตัวเลขและกำหนดการทำงาน (Keypad) มีไว้เพื่อตั้งเวลาการทำงานของมอเตอร์ หน้าจอ LCD แสดงค่าการทำงานของระบบ ปุ่มปรับการทำงานในระบบอัตโนมัติและระบบควบคุมด้วยมือ และสวิตซ์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Push Button Switch) เพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น เมื่อกดปุ่มระบบจะตัดไฟและหยุดการทำงานทันที ดังภาพที่ 4 ก. ตู้ควบคุมประกอบด้วย เซนเซอร์นับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Motor Speed Sensor) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เซนเซอร์วัดค่าพีเอช (pH Sensor) ทำหน้าที่วัดและส่งค่าจำนวนรอบของมอเตอร์ ค่าอุณหภูมิในกองหมักปุ๋ย ค่าพีเอชของปุ๋ย รวมถึงไทเมอร์ (Timer) ที่ส่งวันที่และเวลา ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega ADK เขียนคำสั่งควบคุมด้วยโปรแกรม Arduino IDE ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม ดังภาพที่ 5 และแสดงค่าผ่านหน้าจอ LCD และข้อมูลถูกเก็บไว้ในการ์ดหน่วยความจำจัดเก็บข้อมูล (SD Card) และลำโพง (Buzzer) ที่ส่งสัญญาณก่อนที่มอเตอร์จะทำงาน ส่วนดิมเมอร์ (Dimmer) ทำหน้าที่ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ตามตำแหน่ง ดังภาพที่ 4 ข.

ก. ด้านหน้าตู้ควบคุมเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน



ข. ด้านในตู้ควบคุมเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน

ภาพที่ 4 ตู้ควบคุมเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุน



ภาพที่ 5 โปรแกรม Arduino IDE

3.2 เครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ ภายในถังหมักปุ๋ยมีแกนหมุนขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ที่ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega ADK เขียนคำสั่งควบคุมด้วยโปรแกรม Arduino IDE โดยมีการทดรอบผ่านสายพานด้วยมู่เล่ย์ร่องจำนวน 2 ขนาดเพื่อลดความเร็วรอบของแกนหมุนของถังหมักปุ๋ยที่เหมาะสมในการกวนผสมวัสดุหมักในถังหมักปุ๋ย ตัวถังหมักปุ๋ยมีฝาเปิด-ปิดเพื่อใส่วัสดุหมัก และเมื่อทำการหมักเสร็จแล้วสามารถหมุนกลับถังหมุนด้วยแกนจับถังหมุนมีล้อลูกกลิ้งช่วยหมุนถังหมักปุ๋ยเพื่อเทปุ๋ยหมักผ่านถาดรอง และขาตั้งที่ติดล้อเลื่อนเพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

4. การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อสร้างเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้มีการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ โดยเริ่มทำการเติมวัสดุหมักที่ประกอบด้วยใบจามจุรีแห้งที่บดแล้ว และแหนแดง ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ในถังหมักปุ๋ยแบบหมุน และทำการบันทึกผลการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยบันทึกผลการควบคุมแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ย บันทึกความเร็วรอบของการหมุนที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส บันทึกความเร็วรอบของแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ยที่มีการทดรอบจากเซนเซอร์วัดความเร็วรอบ รุ่น LM393 เปรียบเทียบกับเครื่องวัดความเร็วรอบ รุ่น DT-246L และหาเปอร์เซ็นต์วาคลาดเคลื่อน ดังตารางผลการทดลองที่ 1 บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในกองหมักใบจามจุรีแห้งผสมแหนแดง โดยบันทึกค่าอุณหภูมิโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ บันทึกค่าพีเอชโดยใช้เซนเซอร์วัดพีเอช รุ่น E-201-C บันทึกค่าโพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน คาร์บอน เพื่อคำนวณหาค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ดังตารางผลการทดลองที่ 2 และนำผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

ก. ใบจามจุรีแห้งและแหนแดงเมื่อเริ่มทำการหมัก

ข. ปุ๋ยหมักใบจามจุรีแห้งและแหนแดงที่หมักเสร็จแล้ว

ภาพที่ 6 ปุ๋ยหมักใบจามจุรีแห้งและแหนแดงที่หมักโดยใช้เครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

ผลการวิจัย

ตารางบันทึกผลการทำงานของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

ตารางที่ 1 ผลการควบคุมแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (rpm)	การวัดความเร็วรอบของแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ย (rpm)		เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน (%)
	เครื่องวัดความเร็วรอบ DT-246L	เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ LM393	
258	4	4	0.00
267	11	11	0.00
475	14	15	7.14
593	18	17	5.56
1231	23	24	4.35
1233	26	25	3.85
1235	26	26	0.00
1238	27	27	0.00
1460	31	31	0.00
1490	32	32	0.00
1470	32	31	0.00
1216	31	30	3.23

ตารางที่ 1 ผลการควบคุมแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ (ต่อ)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (rpm)	การวัดความเร็วรอบของแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ย (rpm)		เปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อน (%)
	เครื่องวัดความเร็วรอบ DT-246L	เซนเซอร์วัดความเร็วรอบ LM393	
1271	29	29	0.00
1235	27	26	3.70
1228	25	25	0.00
558	16	17	6.25
314	12	12	0.00
267	11	11	0.00
262	8	6	25.00
258	5	4	20.00
		เฉลี่ย	4.11

จากตารางผลการควบคุมแกนหมุนของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติที่วัดด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบ รุ่น DT-246L เปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดความเร็วรอบ รุ่น LM393 พบว่า ความเร็วสูงสุดของแกนหมุน คือ 32 รอบต่อนาที และความเร็วต่ำสุดที่วัดได้ คือ 4 รอบต่อนาที และเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.11

ตารางที่ 2 ผลการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในกองหมักใบจามจุรีแห้งผสมแหนแดง

ลำดับวันที่	Total-N (%)	Carbon (%)	C/N ratio	Available P (%)	Exchangeable K (%)	pH	Temperature (c°)
0	2.96	45.65	15.42	0.80	18.16	7.02	34.2
3	2.78	44.32	15.94	0.81	16.12	6.84	37.0
7	2.61	42.13	16.14	0.77	15.84	6.70	42.5
14	2.28	41.08	18.02	0.71	14.33	6.64	58.6
21	2.12	40.36	19.04	0.65	13.61	6.63	66.4
30	2.04	39.50	29.36	0.61	12.96	6.85	70.5
37	1.96	39.30	20.05	0.57	12.11	6.94	61.6
45	1.95	39.20	20.10	0.52	11.72	7.12	49.4
53	1.95	39.10	20.05	0.46	11.05	7.12	39.6

จากตารางผลการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในกองหมักใบจามจุรีแห้งผสมแหนแดง พบว่า วันก่อนทำการหมักปุ๋ยปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด คาร์บอน ฟอสฟอรัสที่มี และโพแทสเซียม มีค่ามากที่สุดร้อยละ 2.96, 45.65, 0.80 และ 18.16 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และวันที่ 53 ของการหมักมีปริมาณของไนโตรเจน คาร์บอน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.95, 39.10, 0.46 และ 11.05 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) พบว่ามีค่ามากที่สุด คือ 20.10 และน้อยที่สุดคือ 15.42 ค่าพีเอชมากที่สุด คือ 7.12 และน้อยที่สุดคือ 6.63 และอุณหภูมิภายในเครื่องหมักปุ๋ยมีค่าสูงที่สุดคือ 70.5 องศาเซลเซียส และต่ำที่สุด 34.2 องศาเซลเซียส

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างเครื่องมือและหาประสิทธิภาพสำหรับเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ พบว่า เครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติมีความเร็วรอบของแกนหมุนสูงสุดคือ 32 รอบต่อนาที และเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ทำให้ได้เครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพในการหมักปุ๋ยของเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัติ จากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ซึ่งมีความสำคัญในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปค่า C/N ratio ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 - 25 จึงจะทำให้เกิดความสมดุลของธาตุทั้งสองในเซลล์ ส่งผลให้จุลินทรีย์เติบโตและทำกิจกรรมในการย่อยสลายได้ดี (ตะวัน ลันกองพูล, 2560) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ได้จากการหมัก มีค่า 20.05 พบว่าปุ๋ยหมักที่ได้ใช้ระยะเวลาเป็นปุ๋ยเพียง 37 วัน โดยวันที่ 37 ของการหมักมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 1.96 โดยน้ำหนัก คาร์บอนร้อยละ 39.30 โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.57 โดยน้ำหนัก โพแทสเซียมร้อยละ 12.11 โดยน้ำหนัก มีค่าพีเอช 7.12 และอุณหภูมิ 61.6 องศาเซลเซียส ซึ่งธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่หมักโดยเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนอัตโนมัตินี้มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถพัฒนาต่อยอดโดยการใช้งานเครื่องหมักปุ๋ยแบบหมุนผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนและเก็บข้อมูลบนคลาวด์ (Cloud)

2. การพัฒนาเครื่องหมักปุ๋ยอัตโนมัติ สามารถใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ในการทำงานแทนพลังงานไฟฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยาบุษดี ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำให้คำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง และ ผศ. เอราวัณ เบ้าทอง ที่กรุณาแนะนำการหมักปุ๋ยและการเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจและความทุ่มเทของอาจารย์ทุกท่าน และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์และคณะ. (2561). ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักใบจามจุรีและแหนแดง. สักทอง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 5*(2), 47-53

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. (12 กุมภาพันธ์ 2557). *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่ม 131 ตอนพิเศษ 29 ง หน้า 4.

ณัฏฐกิตติ์ ปัทมะ. (2563). *การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะของประเทศไทย (The development of Smart Farming Systems in Thailand)*. บทความวิชาการ กลุ่มงานวิจัยและข้อมูล, สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.วันที่ 9 พฤษภาคม 2563. หน้า 1-22.

ตะวัน ลันกองพูล. (2560). *รูปแบบทางเข้าและออกของอากาศที่เหมาะสมสำหรับถังหมักปุ๋ยแบบแพสซีฟ.* (วิทยานิพนธ์, ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

สุทธิพงษ์ ฟุ้งเดช, นิรุตม์ กุลสุวรรณ์, ธวัช ธรรมบุตร, ชาญ สิงห์แก้ว. (2560). *เครื่องต้นแบบผลิตปุ๋ยหมักอัตโนมัติจากผักตบชวาด้วยระบบถังปิดเติมอากาศแบบถังหมุน*. (ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น)

FATIMA ZAHRA SITI, MUSTAFA ELALAMI, FATIMA ZAHRA BERAICH3, MOHA AROUCH, SALAH DINE QANADLI. (2020). *Design and Production of an Autonomous Rotary Composter Powered by Photovoltaic Energy.* (International Journal of Engineering Trends and Technology, Hassan 1 University Settat).

Mustafa Elalami, Yassine Baskoun, Fatila Zahra Beraich, Moha Arouch Laboratory IMII. (2019). *Design and Test of the Smart Composter Controlled by Sensors*. (International Journal,Hassan 1 University Settat).