การพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

กิตติพงศ์ แซ่เตียว[1*] ธนิศร มีสังเกต[2] ไพฑูรย์ ทองสุข[3] ชลิตา แก้วบุตรดี[4]
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ [1* 2 3 4]
อีเมล์ : kittiipp@gmail.com[1*]

วันที่รับบทความ 3 พฤศจิกายน 2565
วันแก้ไขบทความ 27 ธันวาคม 2565
วันตอบรับบทความ 28 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้ เพื่อศึกษาและออกแบบการพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ แลแสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ โดยหาประสิทธิภาพของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ และศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ หลังการถ่ายทอดความรู้ จากการออกแบบเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์ให้เป็นระบบอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และอากาศ มีโครงสร้างขนาด กว้างxยาวxสูง คือ 216 เซนติเมตร x 290 เซนติเมตร x 153 เซนติเมตร สามารถบรรจุปุ๋ยสูงสุด 250 กิโลกรัม การวิจัยครั้งนี้ใช้มูลสุกร 200 กิโลกรัมผสมกับ พด.1การควบ คุมการทำงานใช้ไมโครคอลโทรเลอร์ทามเมอร์เป็นตัวกำหนดวงรอบการทำงาน โดยตั้งให้ระบบทำงานหลังจากเข้ากองปุ๋ยเป็นเวลาทุก ๆ 7 วัน รอบละ 36 นาที เป็นเวลา 35 วัน

เมื่อเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลสุกรที่ได้จากการหมักแบบธรรมชาติของเกษตรกรกับการหมักโดยใช้เครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ พบว่าการหมักแบบธรรมชาติของเกษตรกร จะใช้ระยะเวลานานมากกว่า 2 เดือน ส่วนการหมักแบบใช้เครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ ใช้มูลสุกรผสมกับจุลลินทรีย์ พด.1 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน จะมีการเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติและใช้จุลินทรีย์น้ำ พด.2 รดกองปุ๋ยอัตโนมัติ การเติมอากาศจะทำให้อุณหภูมิลดลง การเติมจุลินทรีย์เป็นการเพิ่มความชื้นเฉลี่ย 63.8 % รอบละ 7 วัน วนไปเป็นวงรอบ 5 ครั้งเป็นระยะเวลา 35 วัน ผู้วิจัยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้มีลักษณะร่วน เบา มีสีน้ำตาลคล้ำ กลิ่นมูลสุกรลดลงมาก ผลการวิเคราะห์ก่อนการหมักพบค่าไนโตรเจนมีค่า 1.33% และหลังการหมักผ่านไป 35วัน ค่าไนโตรเจนลดลงเป็น 1.26%

สรุปผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาที่มีต่อความพึงพอใจ ที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรียอัตโนมัติ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.80) จำแนกเป็น 2 ด้านพบว่า อยู่ในระดับ ดี ทุกด้าน โดยเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังนี้ 1) ด้านเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนก่อนการหมักปุ๋ยและเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนหลังการหมักปุ๋ย ($\bar{x}$ = 3.84, S.D. = 0.84) 2) ด้านระยะเวลาในการหมักแบบธรรมชาติ เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการหมักโดยใช้เครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ ($\bar{x}$ = 3.86, S.D. = 0.76) ตามลำดับ

คำสำคัญ : เครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศ, มูลสุกร, เติมอากาศ, จุลินทรีย์

Development of an automated aerated and microbial fermemtation method for swine manure

Kittiphong Sae-tiao[1*], Tnisong Meesunggat[2], Phaitool Thongsuk[3] , Chalita Kaewbuddee [4]
Faculty of Industrial Technology Surindra Rajabhat University [1* 2 3 4]
E – mail : kittiipp@gmail.com[1*]

Received 3 November 2022
Revised 27 December 2022
Accepted 28 December 2022

Abstract

The development of an automated aerated and microbial fermemtation method for swine manure has the following objectives: To study and design the development of automated aerated and microbial fermemtation method for swine manure and to construct an automated aerated and microbial fermemtation method for swine manure. The efficiency of the aerated and automatic microbial manure fermenters was investigated. and to study the satisfaction of farmers, citizens and students towards the efficiency of automatic aerated and microbial manure fermentation machines. after knowledge transfer From the design of the aerated and microbial manure fermentation machine to an automated system. in order to be able to control the temperature, humidity and air. Width x length x height is 216 cm. x 290 cm. x 153 cm. It can contain maximum fertilizer of 250 kg. This research uses 200 kg of swine manure mixed with PD.1 Operation control uses a microcontroller timer to determine the duty cycle. By setting the system to work after entering the fertilizer pile for every 7 days, 36 minutes per cycle, for 35 days.

The researcher found that the compost was loose, light, dark brown. Swine manure smell is greatly reduced. The analysis results before fermentation showed that the nitrogen value was 1.33% and after 35 days of fermentation the nitrogen value decreased to 1.26%.

The results of the satisfaction study of farmers, people and students towards satisfaction. Effects on the efficiency of aerated and automatic microbiological fermentation machines Overall, they were at a good level ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.80), classified into 2 aspects, found that they were at a good level in all aspects, ranked in order of the highest mean as follows: 1) the percentage of nitrogen before composting and the percentage of nitrogen after composting. Fertilization $\bar{x}$ = 3.84, S.D. = 0.84) 2) Natural fermentation time Compared with the fermentation time using an aerated swine manurefermenter and an automatic microbial manure fermenter $\bar{x}$ = 3.86, S.D. = 0.76), respectively.

Keywords : Fertilizer, Microbial Activator, Aeration, Microorganisms

1. บทนำ

การเลี้ยงสุกรในฟาร์มขนาดเล็กจนไปถึงฟาร์มขนาดกลางจะมีการหมักปุ๋ยแบบธรรมชาติคือกองไว้ในที่จัดเก็บจนกว่าปุ๋ยจะแห้งแล้วจึงจัดจำหน่ายซึ่งใช้เวลานานและส่งกลิ่นเหม็น เกษตรกรหลายรายจึงทำฟาร์มแบบไม่มีการพัฒนาการหมักปุ๋ย และจากปัญหามูลสุกรเพิ่มมากขึ้นทุกวันจึงกลายเป็นสิ่งที่ต้องกำจัดออกจากฟาร์มโดยเร็ว หากมูลสุกรถูกจัดเก็บไว้ในฟาร์มเป็นเวลานานอาจเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคหากไม่มีวิธีการจัดการที่ดี และเมื่อนำไปเป็นปุ๋ยใส่นาข้าวก็ทำให้ต้นข้าวสูงสวยแต่ไม่ออกรวง หรือออกรวงน้อยเพราะมีไนโตรเจนในปริมาณที่สูง แต่จะใช้ได้ผลกับพืชบางประเภท เช่น อ้อยที่มีการตอบสนองต่อไนโตรเจน อรรถสิทธิ์ บุญธรรม วัฒนศักดิ์ ชมภูนิช (2551)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ เพื่อส่งเสริมเกษตรกร โดยการศึกษา ออกแบบและสร้างวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลลินทรีอัตโนมัติ โดยจะใช้ชุดเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจน เป็นการเร่งปฏิกิริยากระบวนการหมักให้เร็วแล้วได้ผลมากขึ้น เป็นการลดปัญหาที่เกิดจากการจัดการมูลสุกรเนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นในการหมักปุ๋ยมูลสุกร และทำให้ปุ๋ยที่ผ่านวิธีการหมักโดยวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ สามารถใช้กับพืชทั่วไปและต้นข้าวได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อออกแบบการพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

2.2 เพื่อสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

3. วิธีการวิจัย

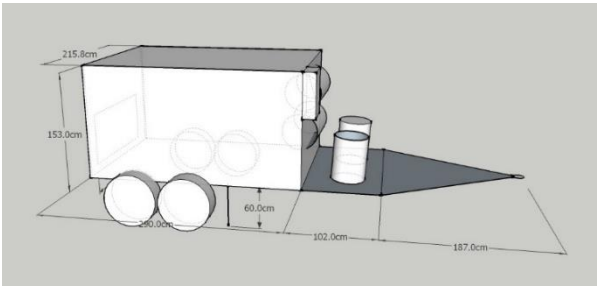
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีกระบวนการวิจัยทั้งกระบวนการวิจัยพัฒนา และการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีขั้นตอนการวิจัย 5 ขั้นตอน มีวิธีการดำเนินงานตามขั้นตอนและรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ ได้แก่ การพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลหมักรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาและวิธีการหมักที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมการวิจัย หลักการสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ และอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้แก่ วงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ วงจรเซนเซอร์ความชื้น ระบบเติมอากาศ และระบบเติมจุลินทรีย์

3.2 ออกแบบเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

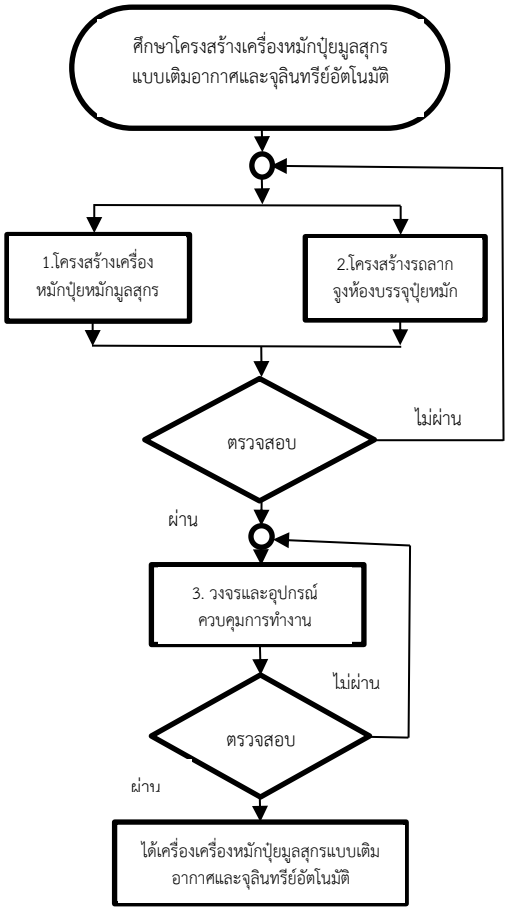
ศึกษารายละเอียดโครงสร้างแบบที่เหมาะสมกับการใช้งาน ด้วยโปรแกรม Sketch Up เพื่อพิจารณาหาความเป็นไปได้ของกระบวนการสร้าง และเพื่อที่จะได้เห็นภาพที่สมจริงขึ้น



รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

3.3 การสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

คณะผู้วิจัยนำผลจากการออกแบบมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ ตามที่กำหนดไว้แล้วทดลองประสิทธิภาพขั้นต้นก่อนนำไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษา โดยมีขั้นตอนการสร้างดังรายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 2 แผนผังขั้นตอนการสร้างเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

3.4 หาประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติโดยพิจารณาจากระยะเวลาในการหมัก การทดสอบไนโตรเจนโดยการส่งตัวอย่างมูลสุกรทดสอบที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น จากการหมักแบบธรรมชาติเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการหมักโดยใช้เครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

3.5 ศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ หลังการถ่ายทอดความรู้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษา ใช้กลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง 50 คน ในด้านคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลสุกร โดยใช้ผลการทดสอบไนโตรเจนโดยการส่งตัวอย่างมูลสุกรทดสอบที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น ระยะเวลาในการหมักปุ๋ยและผลจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลสุกร รวมถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดี โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.5.1 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในแบบประเมิน ดังนี้

3.5.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนจากแบบประเมิน

N คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมิน

3.5.1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรดังนี้

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{N}}$$

เมื่อ SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนจากแบบประเมิน

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบประเมิน

N แทน จำนวนผู้ตอบแบบประเมิน

4. ผลการวิจัย

จากการพัฒนาเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการทดสอบโดยการหาประสิทธิภาพของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ มีขั้นตอนการหาประสิทธิภาพซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการออกแบบวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ จากการออกแบบให้เป็นระบบอัตโนมัติจึงต้องสร้างให้สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และอากาศ การควบคุมการทำงาน ใช้ไมโครคอลโทรเลอร์ทามเมอร์ Weekly Timer เป็นตัวกำหนดวงรอบการทำงานโดยตั้งให้ระบบทำงานหลังจากเข้ากองปุ๋ยเป็นเวลา 7 วัน วนไปทุก ๆ 7 วัน จะมีการทำงานของระบบ 5 รอบ รอบละ 36 นาที เป็นเวลา 35 วัน และใช้ทามเมอร์รีเลย์ควบคุมการทำงานของชุดพัดลม blower ปั๊มน้ำขนาดเล็กสำหรับดูดน้ำจุลินทรีย์น้ำ พด. 2 ไปผสม และปั๊มน้ำจากถังผสมจุลินทรีย์เพื่อรดกองปุ๋ย แต่ละช่วงการทำงานสามารถปรับเวลาให้ทำงานได้ตามความเหมาะสม

ปุ๋ยหมักเติมอากาศ เป็นกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักรูปแบบหนึ่งที่เน้นการผสมรวมกันระหว่างวัสดุอินทรีย์ที่ให้คาร์บอนและไนโตรเจนในสัดส่วนที่เหมาะสมมีการพัฒนาระบบเติมอากาศมาทดแทนระบบกลับกองปุ๋ยควบคุมสภาพภายในกองปุ๋ยให้เป็นสภาพที่มีอากาศอย่างเหมาะสมเพื่อเร่งกระบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร (2560)

4.2 ตัวโครงสร้างบรรจุปุ๋ยออกแบบให้มีขนาดขนาด กxยxส คือ 216 เซนติเมตร x 290 เซนติเมตร x 153 เซนติเมตร ด้านในกันเป็นผนังโดยใช้ยิปซั่มแบบเจาะรูระบายอากาศ ปูพื้นด้วยไม้สน ด้านนอกหุ้มด้วย เมทัลชีทสีเขียว 4 ด้าน ด้านบน เปิดโล่ง เพื่อระบายอากาศ ด้านท้ายมีประตูสำหรับบรรจุปุ๋ย ขนาดคือ 70 เซนติเมตร x 154 เซนติเมตร สามารถบรรจุปุ๋ยเข้ากองเพื่อการหมักที่เหมาะสมได้สูงสุด 250 กก.

4.3 ผลทางด้านประสิทธิภาพของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

4.3.1 ผลของอุณหภูมิกองปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

การวิจัยได้ทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่ติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิไว้กลางกองปุ๋ย ลึก 30 เซนติเมตร ในขณะเริ่มทำการหมักมีกระบวนการเติมน้ำหมักชีวภาพ พด. 2 รดกองปุ๋ย พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณ 31.4 - 67 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 3 – 4 วัน หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีแนวโน้มลงถึงอุณหภูมิปกติ เนื่องจากจุลินทรีย์มีการทำงานได้ต้องมีความชื้นและอาหารจาก

กองปุ๋ยหมัก ในระหว่างวันที่ 7 ของการเริ่มหมักปุ๋ย นอกจากนั้นเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติทำการเติมอากาศด้วยชุดเติมอากาศที่ติดตั้งไว้ สัปดาห์ ละ 1 ครั้ง เพื่อปรับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิปกติและทำให้ไนโตรเจนระเหยไปกับอากาศ และจุลินทรีย์พร้อมทำงานอุณหภูมิของภาพแวดล้อมระดับนี้จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เป็นเวลาทั้งสิ้น 5 สัปดาห์

อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมีผลโดยตรงกับกิจกรรมย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ยิ่งอัตราการเผาผลาญอาหาร (Metabolic rate) ของจุลินทรีย์มากขึ้น (เจริญเติบโตมากขึ้น) อุณหภูมิในระบบหมักปุ๋ยก็จะสูงขึ้น การรักษาอุณหภูมิของระบบไว้เกินกว่า 55 °C เป็นเวลา 3 - 4 จะช่วยทำลายเมล็ดพืช ตัวอ่อนแมลงวัน และโรคพืชได้ ถ้าอุณหภูมิของระบบสูงถึง 69 °C การย่อยสลายจะขึ้นเป็นสองเท่าของอุณหภูมิที่ 55 °C ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 69 °C ประชากรของจุลินทรีย์จะถูกทำลายบางส่วนทำให้อุณหภูมิของระบบลดลง อุณหภูมิของระบบจะเพิ่มอีกครั้งเมื่อประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ฉัตรชัย จันทร์ดวงเด่น (2550)

จากการทดลองพบว่าการเติมอากาศอัตโนมัติเป็นการลดขั้นตอนการพลิกกลับกองแบบการหมักปกติทั่วไป และลดระยะเวลาในการที่จะทำให้จุลินทรีย์กลับมาทำงานได้อีกครั้ง เมื่อถึงอุณหภูมิของภาพแวดล้อมปกติ ค่าอุณหภูมิดังแสดงไว้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางอุณหภูมิของปุ๋ยหมักมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

สัปดาห์	อุณหภูมิกองปุ๋ยหมักก่อนเครื่องทำงาน	อุณหภูมิกองปุ๋ยหมักหลังเครื่องทำงาน	ผลต่างของอุณหภูมิ	อุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยหมัก	หมายเหตุ
1	65 °C	35 °C	30 °C	32 °C	
2	67 °C	34 °C	33 °C	32 °C	
3	67 °C	36 °C	31 °C	31 °C	
4	66 °C	35 °C	31 °C	30 °C	
5	66 °C	34 °C	32 °C	31 °C	
ค่าเฉลี่ย	66.2 °C	34.8 °C	31.4 °C	31.2 °C	

4.3.2 ผลจากความชื้นของกองปุ๋ยหมักมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

การรักษาความชื้นของกองปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง 50 - 60% แต่หากความชื้นของกองปุ๋ยหมักต่ำประมาณ 12 - 15% ทำให้การย่อยสลายอินทรีย์สารช้า ใช้เวลาหมักนานกว่าปกติหรือได้ปุ๋ยหมักไม่มีคุณภาพ และหากความชื้นสูงเกินไป ปริมาณอากาศอาจไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์จะทำให้การย่อยสลายชะลอลง บางครั้งอาจทำให้เกิดกรดอินทรีย์สะสม อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เป็นเหตุให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพต่ำลงหรือมีผลเสียต่อการเจริญของรากพืชได้ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2551)

ตารางที่ 2 ข้อมูลความชื้นของปุ๋ยหมักมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ

สัปดาห์	ความชื้นกองปุ๋ยหมักก่อนเครื่องทำงาน	ความชื้นกองปุ๋ยหมักหลังเครื่องทำงาน	ผลต่างของความชื้น	อุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยหมัก	หมายเหตุ
1	65 %	72 %	7 %	32 ℃	
2	63 %	71 %	4 %	32 ℃	
3	65 %	70 %	3 %	31 ℃	
4	64 %	70 %	4 %	30 ℃	
5	62 %	72 %	6 %	31 ℃	
ค่าเฉลี่ย	63.8 %	71 %	4.8 %	31.2 ℃	

จากการทดลองพบว่าการเติมจุลินทรีย์อัตโนมัติ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพ สารเร่งซุปเปอร์ พด. 2 เป็นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์แบบทันที ไม่ต้องรอให้จุลินทรีย์เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากหมักแบบปกติทั่วไปและน้ำหมักชีวภาพสารเร่งซุปเปอร์ พด. 2 เป็นตัวทำละลายสารอาหารต่าง ๆ ให้จุลินทรีย์และกองปุ๋ยหมักเกิดความชื้นในแต่ละสัปดาห์ที่มีการเติมจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 2

4.3.3 ผลทดสอบค่าไนโตรเจน

ตารางที่ 3 ค่าที่ตรวจวัดได้จากวิธีการหมักที่แตกต่างกันในระยะเวลาก่อนและหลังการหมัก

วิธีการหมัก	ก่อนการหมัก	หลังเสร็จสิ้นขั้นตอนการหมัก
1. การหมักมูลสุกรที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของเกษตรกร (ระยะเวลา 60 วัน)	1.33%	0.31%
2. การพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ (ระยะเวลา 35วัน)	1.33%	1.26%

4.3.4 ผลของระยะเวลาในการหมักปุ๋ยของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ เริ่มจากการนำมูลสุกร 200 กก. ผสม พด.1 บรรจุลงเครื่อง จากนั้นรดจุลินทรีย์น้ำ พด.2 ด้วยมือเพื่อ เพิ่มความชื้นและการจัดกองปุ๋ยแบบปิดเพื่อควบคุมอากาศและความชื้นให้เหมาะที่ประมาณ 71 เปอร์เซ็นต์ วัดโดยเครื่องมือวัดความชื้นที่ติดตั้งในตัวเครื่อง ซึ่งแสดงผลตลอดเวลา ทำให้กองปุ๋ยสามารถสะสมความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายเอาไว้ภายในกองปุ๋ย ความร้อนกองปุ๋ยจะขึ้นสูง เฉลี่ย 62.2 องศาเซลเซียสในช่วง 2 - 5 วันแรก เป็นช่วงอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และการระเหยของไนโตรเจนเมื่อผ่านช่วง 5 วันนี้ไป อุณหภูมิจะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากความชื้นของกองปุ๋ยหมักมูลสุกรลดลง และจำนวนจุลินทรีย์ลดลง ช่วงเวลาดังกล่าวต้องมีการเติมอากาศและจุลินทรีย์น้ำ พด.2 ให้กับกองปุ๋ยทุก ๆ 7 วันเพื่อปรับสภาพกองปุ๋ยให้มีอุณหภูมิความชื้น จุลินทรีย์และออกซิเจนเหมือนกับการหมักครั้งแรก ด้วยชุดเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ การย่อยสลายก็จะสามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ยและไม่ต้องรอการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ดำเนินการซ้ำเป็นวงรอบแบบนี้จำนวน 5 ครั้ง เป็นผลทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายกองปุ๋ยหมักสมบูรณ์ มีระยะเวลาประมาณ 35 วัน ซึ่งเร็วกว่าการหมักแบบธรรมชาติของเกษตรกรที่ใช้เวลา 2 – 6 เดือนในการทำปุ๋ยหมัก

4.3.5 การศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ หลังการถ่ายทอดความรู้

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาต่อเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติด้านการออกแบบ

ความคิดเห็นหลังการถ่ายทอด	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ด้านโครงสร้างของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกร	3.74	0.90	ดี
ด้านวงจรควบคุมอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	3.68	0.84	ดี
ด้านวงจรเซนเซอร์อุณหภูมิ	3.88	0.72	ดี
ด้านวงจรเซนเซอร์ความชื้น	3.82	0.80	ดี
ด้านระบบเติมอากาศ	3.76	0.77	ดี
ด้านโครงสร้างของเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกร	3.74	0.90	ดี
รวมทุกด้าน	3.80	0.80	ดี

ความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรียอัตโนมัติ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{x}$ = 3.80, S.D. = 0.80)

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรียอัตโนมัติ

ความคิดเห็นหลังการถ่ายทอด	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ด้านระยะเวลาในการหมักแบบธรรมชาติ เปรียบเทียบกับระยะเวลาในการหมักโดยใช้เครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติ	3.84	0.84	ดี
ด้านเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนก่อนและหลังการหมักปุ๋ย	3.86	0.76	ดี
รวมทุกด้าน	3.85	0.80	ดี

ความพึงพอใจของเกษตรกร ประชาชน และนักศึกษาที่มีต่อประสิทธิภาพเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรียอัตโนมัติ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.80)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรีย์อัตโนมัติเป็นการที่เร่งกระบวนการหมักให้เร็วขึ้นโดยการเตรียมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร (2546) ได้ทำการหมักปุ๋ยระบบกองเติมอากาศเพื่อการผลิตปุ๋ยหมักในเชิงอุตสาหกรรมสำหรับชุมชน ซึ่งวิธีหมักปุ๋ยแบบธรรมชาตินั้นใช้เวลานาน ใช้แรงงานคนในการพลิกกลับกอง เกษตรกรจึงไม่นิยมผลิตปุ๋ยหมักขึ้นมาใช้เอง การหมักปุ๋ยแบบอัตราเร่งเพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักในเวลาสั้นประมาณ 35 วัน และความเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อเครื่องหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบเติมอากาศและจุลินทรียอัตโนมัติอยู่ในระดับดี

อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมีผลโดยตรงกับกิจกรรมย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ยิ่งอัตราการเผาผลาญอาหาร (Metabolic rate) ของจุลินทรีย์มากขึ้น (เจริญเติบโตมากขึ้น) ฉัตรชัย จันทร์ดวงเด่น (2550)

หากความชื้นสูงเกินไป ปริมาณอากาศอาจไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์จะทำให้การย่อยสลายชะลอลง บางครั้งอาจทำให้เกิดกรดอินทรีย์สะสม อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เป็นเหตุให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพต่ำลงหรือมีผลเสียต่อการเจริญของรากพืชได้ (ยงยุทธ โอสถสภา. 2551)

การเติมอากาศเพื่อเพิ่มการย่อยสลายก็จะสามารถดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ยและไม่ต้องรอการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรเพิ่มความสามารถในการรายงานผลค่าอุณหภูมิและความชื้น ผ่านทางเว็บไซต์เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ

6.2 วัสดุที่ใช้ในการทำโครงสร้างควรเป็นวัสดุที่ปลอดสนิมและมีความคงทนต่อความชื้นและขนาดไม่ใหญ่เกินที่จะทำการเคลื่อนย้ายเพื่อความปลอดภัยในการนำไปถ่ายทอดความรู้ยังสถานที่อื่น

6.3 ควรพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรแบบร่วมกับพืชหรือวัชพืชชนิดต่าง ๆ

6.4 ควรศึกษาและพัฒนาวิธีหมักปุ๋ยมูลสุกรร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมธาตุอาหารจำเป็น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2560). โรงผลิตปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศเพื่อการผลิตพืชระบบอินทรีย์แบบยั่งยืน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/01/โรงปุ๋ยหมักเติมอากาศ.pdf**. สืบค้น 10 มกราคม 2560.

ฉัตรชัย จันทร์ดวงเด่น (2550,กรกฎาคม – กันยายน). ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ การทำหมักปุ๋ย. **วารสาร MTEC**. ฉ.เดือนกรกฎาคม – กันยายน : 50.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2549). **คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกองระบบกองเติมอากาศ.** กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

ยงยุทธ โอสถสภาและคณะ. (2556). **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม วัฒนศักดิ์ ชมภูนิช (2551). ศึกษาวิธีการใส่ปุ๋ยอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=1490.** สืบค้น 10 มกราคม 2560.