การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์และการจัดการผลิตปุ๋ยในระดับชุมชน

Development of Pan pelletizer and the Management of Pellet Organic Fertilizer Production at Community Level

ร่มพฤกษ์ เพิ่มเกียรติศักดิ์[1] ดร.สมถวิล วัลลิสุต[2]
ดร.พงศ์เทพ อันตะริกานนท์[3] และ ดร.รังสิต สุวรรณมรรคา[4]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยต้นแบบชนิดลูกกลิ้งแนวตั้งที่มีต้นทุนในการสร้างต่ำ มีประสิทธิภาพสูง มลภาวะในการใช้งานต่ำเหมาะสำหรับใช้งานในระดับชุมชน 2) การพัฒนาการจัดการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 3) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดโดยใช้เครื่องต้นแบบมีชื่อว่า RM-1 สู่เกษตรกรอำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เป็นการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อการวัดความรู้และความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเครื่อง RM-1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในช่วงปี 2555-2556 และถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าว อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 33 คน

ผลการวิจัยพบว่า 1) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ RM-1 ซึ่งเป็นแบบลูกกลิ้งแนวตั้ง ใช้มอเตอร์ 3 แรงม้า ไฟฟ้า 1 เฟส มลภาวะทางเสียง และอากาศน้อย มีกำลังผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูงระดับ 2 ตัน / วัน หรือ 600 ตัน/ปี ต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพียงตันละ 1,350.71 บาท โดยมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันต่ำ คือ 36.96 บาท ถ้านำเครื่อง RM-1 ไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจะมีรายได้จากการขายปุ๋ย 386,448 บาท/ปี 2) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ RM-1 พบว่าเกษตรกรที่ได้รับการอบรมมีความรู้เรื่องปุ๋ยเพิ่มขึ้น จากการประเมินผลก่อนและหลังการฝึกอบรมเกษตรกรมีคะแนนเฉลี่ย 21.82% และ 76.67% ตามลำดับ ส่วนทัศนคติ ด้านความพึงพอใจต่อเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย RM-1 พบว่า มีระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมากถึงมากที่สุด (4.5)

คำสำคัญ : เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบลูกกลิ้งแนวตั้งประสิทธิภาพสูง ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมาตรฐานต้นทุนต่ำ

Abstract

This research has specific purposes as follow : 1) To develop a vertical roller type compressor machine having lower production cost, high effectiveness and less pollution by actual utilization in a community level. 2) The development of organic fertilizer pellets. 3) To transfer technology of the pellet organic fertilizer by using the pilot machine named RM-1 to the farmers in Sainoi sub-District, Nonthaburi Province. It was an operational research participated by farmers living in the community and Qualitative research method had been mainly used to retrace problem information and the organic fertilizer requirements, knowledge and satisfaction measurement towards the machine RM-1.

[1] ว่าที่ร้อยเอก นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[2] รองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
[3] อาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
[4] ศาสตราจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

Researcher had operated the pellet organic fertilizer research during 2012-2013, and transfer production technology to rice farmers in Sainoi sub-District, Nonthaburi Province totally 33 persons.

Research result shew that 1) the vertical pan pelletizer model RM-1 with a cheaper cost by applying 3 horsepower motor, 1 phase electric, less noise and air pollutions, having high capacity 1350.71 Baht/ton the pellet organic fertilizer and having lower electrical power consumption at 36.96 Bath/ton. The operators using RM-1 machine for such organic bead fertilizer production shall have income from the fertilizer sale at 386,448 Baht/year. 2) Regarding technology transferring and RM-1 organic bead fertilizer production management it found that those agriculturists whom have got additional trainings had got higher score comparing from the previous assessment and after the training provision the agriculturists had got average score at 21.82% and 76.67 %, respectively. Regarding an attitude towards satisfaction on RM-1, bead fertilizer compressor machine it found that satisfaction was at high to highest level (4.5).

Keyword : Fertilizer pellet machine roller vertical performance, Standard low-cost organic fertilizer pellets .

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ภาคการเกษตรมีความสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและความมั่นคงด้านสังคมและอาหารของประเทศ สินค้าภาคการเกษตรสร้างรายได้เข้าประเทศจำนวนมหาศาล แม้ว่าในช่วง 4 ปี (2551-2554) ที่ผ่านมาผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างผันผวน สาเหตุมาจากปัญหาความแปรปรวนของสภาพอากาศ ทำให้พื้นที่ทางการเกษตรประสบปัญหาความแห้งแล้ง ปัญหาศัตรูพืชระบาดอย่างรุนแรงและน้ำท่วมพืชผลทางการเกษตร (สถิติการเกษตรของประเทศไทย, 2555) แต่ถึงกระนั้นก็ตามผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศภาคการเกษตร มีการขยายตัวจากปี 2552 มีมูลค่า 1.04 ล้านล้านบาท เป็น 1.39 ล้านล้านบาทในปี 2555 คิดเป็นสัดส่วนที่ร้อยละ 12.24 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ในขณะที่ปี 2552 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศนอกภาคการเกษตรมีมูลค่า 8.0 ล้านล้านบาท ในปี 2555 มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 9.98 ล้านล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลงจากร้อยละ 88.89 ในปี 2552 เป็น 87.80 ในปี 2555 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) จากสถิติดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าภาคการเกษตรมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

เมื่อพิจารณาการใช้ที่ดินทางการเกษตรในปี 2554 พบว่า เนื้อที่ทั้งหมดของประเทศ 320.7 ล้านไร่ เป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 149.25 ล้านไร่ ซึ่งใช้ในการทำนา 69.99 ล้านไร่ รองลงมาเป็นเนื้อที่ปลูกไม้ผลไม้ยืนต้นและพืชไร่ 34.91 และ 31.15 ล้านไร่ ตามลำดับ เนื้อที่ถือครองทางการเกษตรเฉลี่ยต่อครัวเรือน 25.42 ไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) การเพิ่มผลผลิตรวมทางการเกษตรเกิดจากการเพิ่มเนื้อที่การผลิต มิใช่การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ สถานการณ์ที่น่าเป็นห่วงที่สุดคือการผลิตข้าวป้อนชาวโลกของไทยที่ครองอันดับหนึ่งมายาวนาน บัดนี้เสียแชมป์ไปแล้ว มีผลผลิตต่อไร่มิได้เพิ่มขึ้นเลย กล่าวคือในปี 2550 ผลผลิตข้าว 487 กก./ไร่ ในปี 2555 ผลผลิตข้าวไทย 490 กก./ไร่ ในขณะที่ประเทศไทยเป็นผู้ส่งข้าวออกเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก แต่ประสิทธิภาพการผลิตต่อไร่ของไทยกลับต่ำที่สุดในโลก ผลผลิตข้าวทั่วโลกเฉลี่ยที่ 705 ก.ก./ไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันใช้ปีละ 4-5 ล้านตัน แต่ประสิทธิภาพการผลิตของพืชเศรษฐกิจมิได้เพิ่มขึ้น นี่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพของดินทางการเกษตรของไทย ซึ่งเป็นภัยที่จะส่งผลร้ายต่อเศรษฐกิจและสังคมของชาติในอนาคต หากไม่รีบแก้ไขอย่างเร่งด่วน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องระดมกำลังร่วมกันคิด และปฏิบัติการแก้ไขปัญหาดินเสื่อมสภาพ และผลผลิตตกต่ำอย่างจริงจัง แนวความคิดในการปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตรของไทย แบบเกษตรยั่งยืน (พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ และคณะ, 2544) คือ การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดิน และปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน ทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

ปัจจุบันปุ๋ยอินทรีย์เม็ดเป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์เม็ดสะดวกในการนำไปใช้ จากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรจัดหาซื้อจากท้องตลาดมีราคาแพงเครื่องละ (40,000 – 200,000 บาท) และที่มีราคาถูกราคา 35,000 บาท การแก้ปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ทั้งในด้านการเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร การปลดปล่อยธาตุอาหารและทำให้มีราคาถูก ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงคิดค้นการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้งแนวตั้ง ที่มีต้นทุนต่ำ มีความทนทาน ประสิทธิภาพสูง ประหยัดพลังงานไฟฟ้า เหมาะสำหรับการใช้งานระดับชุมชนโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นวัตถุดิบและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยต้นแบบชนิดลูกกลิ้งแนวตั้ง RM-1 ให้ แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อดำเนินการพัฒนาอาชีพการเกษตรระดับชุมชน ตำบลไทรน้อย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี โดยมุ่งความสำคัญไปที่การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูงต้นทุนต่ำ โดยใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย RM-1 และจัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่เกษตรกร จาก 11 หมู่บ้าน ของอำเภอไทรน้อย หมู่บ้านละ 3 คน รวมเป็น 33 คน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบชนิดลูกกลิ้งแนวตั้ง ที่มีต้นทุนต่ำประสิทธิภาพสูง ประหยัดพลังงาน เหมาะสำหรับการใช้งานระดับชุมชน

2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการจัดการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดให้แก่เกษตรกร อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ขอบเขตการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้งแนวตั้ง ขนาด 3 แรงม้า กำลังผลิตสูงสุด ขนาดเม็ดปุ๋ย 3-5 ม.ม.

2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการจัดการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดโดยใช้เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นให้แก่เกษตรกร

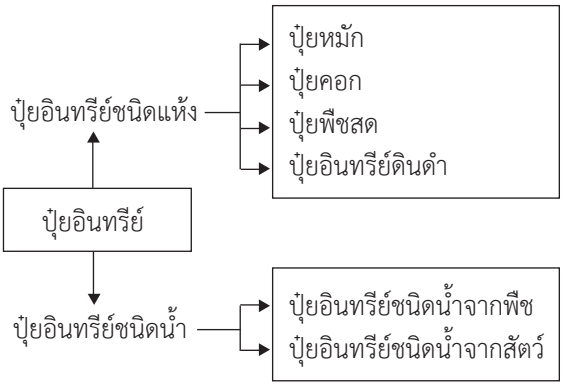
สมมติฐานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในระดับชุมชนมีประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับการใช้ในระดับชุมชน

การทบทวนวรรณกรรมและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

ความรู้เรื่องปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ คือ การนำเศษพืชหรือวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งต่าง ๆ มาแปรสภาพให้กลายเป็นปุ๋ยด้วยการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ จนเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เรียกว่าปุ๋ยหมักและการจำแนกชนิดของปุ๋ยอินทรีย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะภายนอกของปุ๋ย คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดแห้ง ซึ่งสามารถแยกย่อยออกเป็นปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ได้ดังภาพ 1



ภาพ 1 ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์แยกตามกระบวนการผลิต
ที่มา : พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ และคณะ. 2544 : 15

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเป็นปุ๋ยที่ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาทั้งคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง โดยการนำปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วอัดเม็ดด้วยอุปกรณ์อัดเม็ดจนได้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่มีคุณภาพสูง

เครื่องอัดเม็ดที่ใช้กันอยู่และมีจำหน่ายในท้องตลาด มี 3 แบบ ดังนี้

1. เครื่องอัดเม็ดแบบเกลียว (Screw Extruder) การทำงาน โดยใส่ส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วด้านบน สกรูจะดันส่วนผสมส่งไปอัดกันแน่นตรงด้านปลายทางที่เจาะรูตะแกรงเหล็กที่มีความหนาและขนาดรูตามความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ โดยขณะที่อัดนั้นส่วนผสมจะต้องมีความชื้นสูงประมาณ 50 % โดยน้ำหนัก

2. เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งแนวตั้ง (Pan Pelletizer) ลักษณะเครื่องเป็นแกนลูกกลิ้งแนวตั้ง 2-5 ลูกยึดติดกับส่วนบนและอัดวัสดุผ่านแผ่นจานเหล็กหมุนเจาะรูกลมซึ่งหมุนตามแนวตั้ง วัสดุจะนำมาอัดผสมเข้ากันดีแล้วมีความชื้นประมาณ 10-30 % วัสดุจะถูกอัดแน่นแล้วไหลออกทางด้านล่าง เมื่ออัดออกมาแล้วไม่จำเป็นต้องนำไปลดความชื้น เครื่องอัดแบบนี้มีราคาค่อนข้างสูง

3. เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งแนวนอน (Drum Pelletizer) หลักการทำงานของเครื่องเช่นเดียวกับแบบแนวตั้งคือใช้ท่อเหล็กกลม (Drum) เจาะรูตามขนาดที่ต้องการ ลูกกลิ้งสำหรับอัดอยู่ด้านในสัมผัสท่อกลมทางด้านข้าง ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัดแล้ว จะออกมาด้านข้างของท่อ ความชื้นขณะอัดประมาณ 10-30%

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย แบบลูกกลิ้งแนวตั้ง (Pan Pelletizer) ที่มีต้นทุนต่ำ ประสิทธิภาพสูง การทำงานปราศจากมลภาวะเหมาะสำหรับการใช้งานระดับชุมชน และกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรต่าง ๆ ที่ใช้กับพืช ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยปุ๋ยอินทรีย์ในช่วงปี 2555-2556 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเฉพาะเจาะจงเน้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าว หรือเป็นผู้ผลิตตำบลไทยน้อย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 33 คน โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแนวทางในการออกแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้ง แนวตั้ง การออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ RM-1

2. สร้างฐานข้อมูลศักยภาพเชิงปริมาณและคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และศึกษาเชิงเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พ.ร.บ. ปุ๋ยปี 2550

3. การพัฒนาวิธีการคำนวณองค์ประกอบและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด

4. การทดลองผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดด้วยเครื่อง RM-1

5. การคำนวณต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากเครื่องอัดเม็ดแบบแนวตั้ง (RM-1)

6. การวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของปุ๋ยอัดเม็ด

7. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูง การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูงโดยใช้เครื่องอัดเม็ด RM-1 โดยการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ให้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าว ตำบลไทรน้อย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 33 คน

ดำเนินการวิจัยขั้นตอน ดังนี้

การศึกษาวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย แบบลูกกลิ้งแนวตั้ง (Pan Pelletizer) ที่มีต้นทุนต่ำสำหรับการใช้งานระดับชุมชน โดยดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแนวทางในการออกแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้ง แนวตั้ง การออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ RM-1 เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเน้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าว กำหนดขนาดของผู้รับการอบรมเชิงปฏิบัติการได้แก่ กลุ่มเกษตรกร อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 33 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวัดความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ เจตคติ ความพึงพอใจต่อเครื่อง RM-1

1. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพทางการเกษตร การปลูกพืช ขนาดของที่ดินทำกิน ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้งแนวตั้ง ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และข้อมูลความรู้ด้านคุณภาพปุ๋ยและหลักการคำนวณสูตรปุ๋ยอินทรีย์

2. แบบวัดและทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ เจตคติ ความตระหนักเกี่ยวกับการใช้สารปรับปรุงบำรุงดิน 10 ข้อ โดยมีคำถามเกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และการทำเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบลูกกลิ้งแนวตั้ง คำถามเป็นแบบเลือกตอบ (Multiple choice) มี 4 ตัวเลือก เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน

3. พัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรม อบรมกลุ่มเป้าหมาย 33 คน ด้วยการบรรยาย อภิปราย การสาธิต การทดลองปฏิบัติ นำเสนอทางคอมพิวเตอร์ วีดีทัศน์ ใช้วิทยากรที่มีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ได้ดี สถานที่ในการฝึกอบรม พื้นที่ศาลาประชาคม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ระยะเวลาในการฝึกอบรม 1 วัน

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินผลการฝึกอบรม

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย จากการทดสอบก่อนการฝึกอบรม และหลังการฝึกอบรมของเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรม

การแปลผลข้อมูล ศึกษาความแตกต่างของการทดสอบซึ่งเปรียบเทียบจากคะแนนก่อนและหลังการฝึกอบรมโดยถ้ามีคะแนนหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรม แสดงว่าคู่มือฝึกอบรมมีประสิทธิภาพ ศึกษาความแตกต่างของประชากรกลุ่มเกษตรกร ผู้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับความตระหนักและทักษะในการนำเศษพืชหรือวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งต่าง ๆ มาย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ แล้วนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยใช้เครื่องอัดเม็ด (RM-1)

ผลการวิจัย

1. ผลของการดำเนินการขั้นตอนที่ 1 และ 2

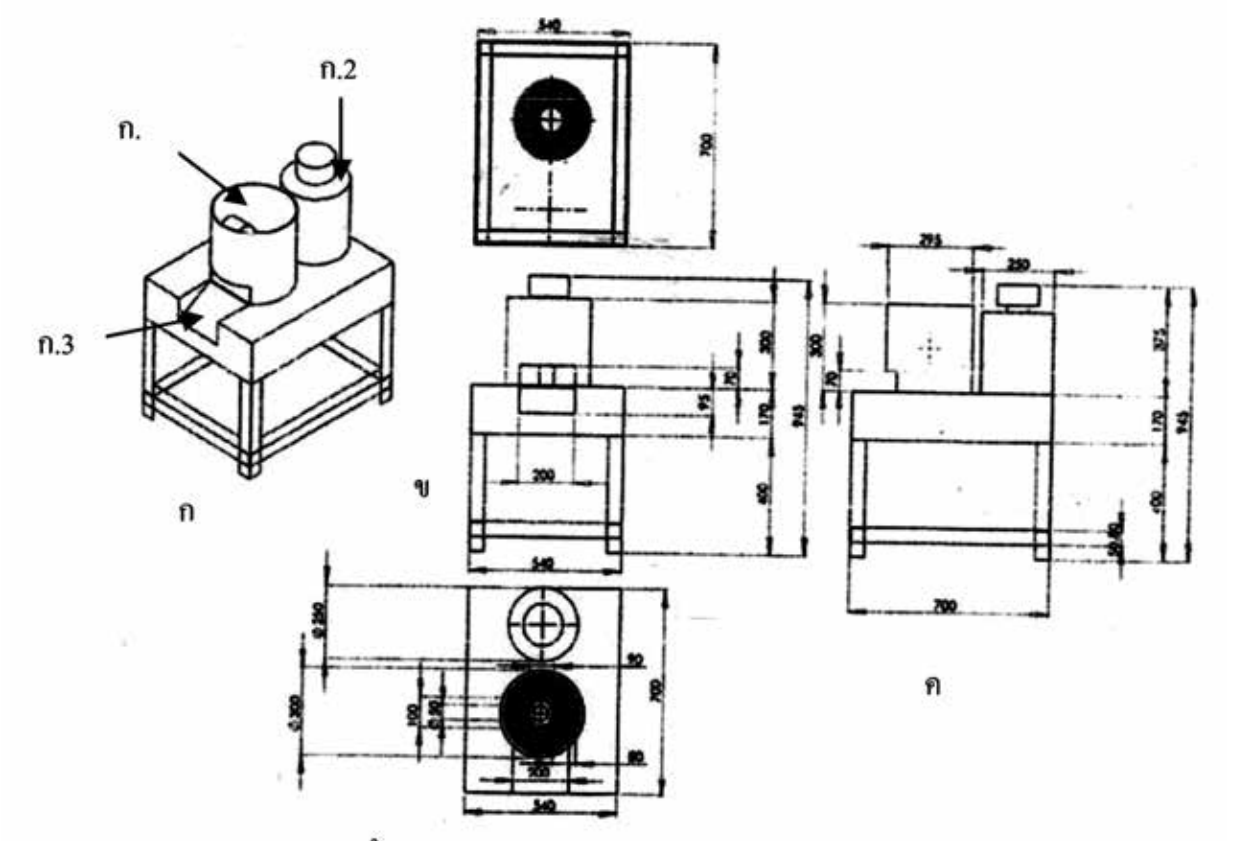
1.1 ผลการออกแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ RM-1 ตามแนวคิดประหยัดพลังงานลดมลภาวะทั้งทางเสียง ทางอากาศ จากไอเสีย และฝุ่นละออง แสดงไว้ในภาพ 2 และภาพ 3

ก. ภาพ 3 มิติของเครื่อง, ก.1) ช่องใส่วัตดุดิบ (ปุ๋ยอินทรีย์), ก.2) มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า, ก.3) ช่องทางออกของปุ๋ยอินทรีย์ที่อัดเม็ดแล้ว

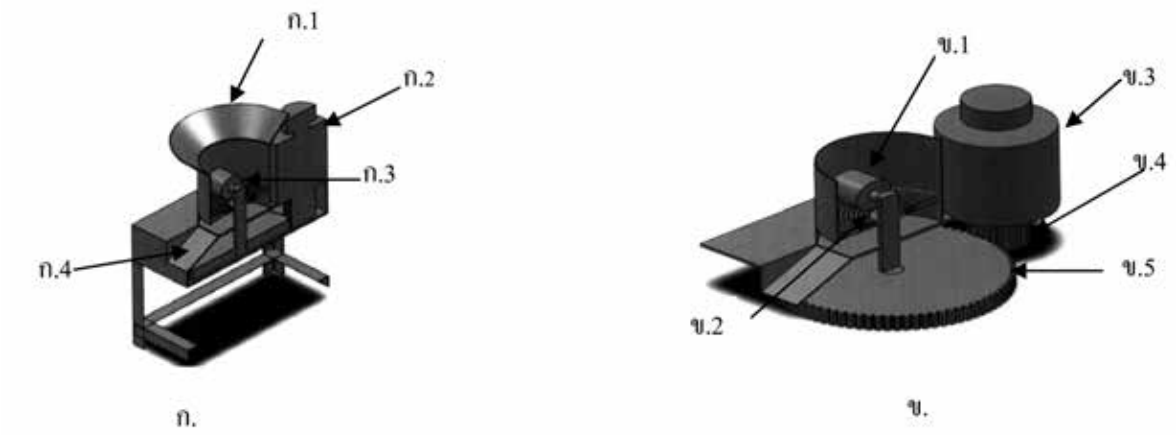
ข. ภาพด้านหน้าของเครื่องแสดงความกว้างและสูง (กว้าง 54 ซ.ม. และ สูง 94.5 ซ.ม.)

ค. ภาพด้านข้าง แสดงความลึกของเครื่อง (70 ซ.ม.) และสัดส่วนต่างๆ ของเครื่องที่มองจากด้านข้าง

ง. ภาพแสดงด้านบน (Top view) แสดงตำแหน่งที่ตั้งของมอเตอร์ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ซ.ม.) และแผ่นอัดเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (30 ซ.ม.)



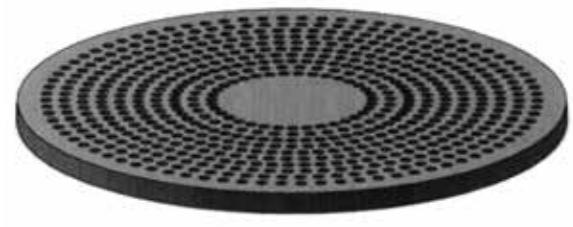
ภาพ 2 ภาพแสดงมิติต่าง ๆ ของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ RM-1



ภาพ 3 การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ RM-1

ก. ภาพผ่าครึ่งของเครื่องจากด้านบนลงล่าง
- ก.1) กระบอกรองรับวัตถุดิบ (ปุ๋ยอินทรีย์ผง)
- ก.2) มอเตอร์
- ก.3) ห้องอัดเม็ดปุ๋ย
- ก.4) ทางออกของเม็ดปุ๋ย

ข. ภาพตัดของเครื่องเพื่อแสดงองค์ประกอบต่างๆภายใน
- ข.1) ลูกกลิ้ง
- ข.2) จานอัดเม็ด
- ข.3) มอเตอร์
- ข.4) มู่เล่มอเตอร์
- ข.5) มู่เล่เพลาตาม



ภาพ 4 ลักษณะของจานอัดเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (30 ซ.ม.) หนา (2.5 ซ.ม.) จำนวนช่อง 560 ช่อง ขนาดของช่องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง (3 ม.ม.)

ภาพ 5 ลักษณะของทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งที่บดวัตถุดิบ (ปุ๋ยอินทรีย์ผง) ผ่านช่องเล็ก ๆ บนจานอัดเม็ด
- ก) ลูกกลิ้ง 2 ลูกหมุนตามเข็มนาฬิกา
- ข) ใบกวาดเกลี่ยวัตถุดิบให้สม่ำเสมอ
- ค) ใบตัดเม็ดปุ๋ย

การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ RM-1 ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของจานอัดเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 ม.ม. หนา 25 ม.ม. จำนวนช่อง 560 ช่อง ขนาดของช่องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ม.ม.

4. เม็ดปุ๋ยที่ได้มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกระบอก หัวอัดมีขนาดรูให้เลือกตั้งแต่ 4 , 5 , 6 , 7 ม.ม. และสามารถถอดเปลี่ยนหัวอัดได้สะดวก มีระบบกระจายปุ๋ย และป้อนปุ๋ยลงหัวอัดแบบอัตโนมัติ

ภาพ 6 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชนิดลูกกลิ้งแนวตั้งที่สร้างขึ้นตามแบบที่กำหนด (ที่แตกต่างจากเครื่องอัดเม็ดในกรมพัฒนาที่ดิน 2550 เป็นเครื่องที่ใหญ่ใช้น้ำมันเบนซินและการทำงานเสียงดังเกิดมลภาวะเป็นพิษ) จึงทำให้เกิดเป็น

ผลการสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชนิดลูกกลิ้งแนวตั้ง RM-1

คุณลักษณะของเครื่อง RM-1 (Specification) มีดังนี้

1. เป็นเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ชนิดแนวตั้ง น้ำหนักรวม 135 (ก.ม.) ขนาดของเครื่องสูง 95 ซม. กว้าง 55 ซม. ลึก 70 ซม.
2. กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 3 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 1 Phase
3. กำลังผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 250 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 3 : สร้างฐานข้อมูล ศักยภาพเชิงปริมาณ ของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์

จากการศึกษาปริมาณวัตถุดิบภายในประเทศพบว่าในแต่ละปีมีวัตถุดิบที่สามารถใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์มีมากถึง 95.9 ล้านตัน (ตาราง 1) ซึ่งเมื่อนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์แล้วจะได้น้ำหนักปุ๋ยอินทรีย์ ประมาณร้อยละ 40 ของวัตถุดิบ นั่นหมายถึงจะได้ ปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 38 ล้านตัน ซึ่งจะพอเพียงกับการใช้ภายในประเทศ ปัจจุบันเรานำเข้าปุ๋ยเคมีประมาณ 4-5 ล้านตัน ในแต่ละปี

ตาราง 1 ชนิดและปริมาณของวัสดุเหลือใช้และมูลสัตว์ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2553

ชนิดของวัสดุ	ปริมาณ (ล้านตัน/ปี)
1. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	36.4
2. วัสดุเหลือใช้ทางอุตสาหกรรม	23.9
3. วัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน	12.1
4. วัสดุจากวัชพืช	1.0
5. วัสดุเหลือใช้จากมูลสัตว์	22.5
รวมปริมาณวัสดุเหลือใช้ทั้งหมด	95.9

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2553)

ขั้นตอนที่ 4 : การพัฒนาวิธีการคำนวณองค์ประกอบและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด

การพัฒนาสูตรปุ๋ยที่มีความแม่นยำกว่าสูตรเดิมและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีสูตรต่าง ๆ ตามต้องการจากวัตถุดิบที่มีความแตกต่างกันโดยองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่กำหนดให้

ตาราง 2 องค์ประกอบและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิด

	ไนโตรเจน N (%)	ฟอสฟอรัส P2O5 (%)	โปแตสเซียม K2O (%)	อินทรีย์วัตถุ O.M. (%)	จำนวน (ก.ก.)
1) กากปลาหมัก	5.0	1.9	1.8	34.7	60
2) ผงอามิ	4.1	0.6	1.3	47.9	30
3) ขี้เถ้าโรงงานปาล์ม	0.1	3.3	11.4	0.7	10
รวม					100

วิธีการคำนวณ

1) คำนวณหาปริมาณร้อยละของปุ๋ยแต่ละชนิดในปุ๋ยผสมกำหนดให้

x เป็นค่าร้อยละของกากปลาหมักในปุ๋ยผสม = 60

y เป็นค่าร้อยละของผงอามิในปุ๋ยผสม = 30

z เป็นค่าร้อยละของขี้เถ้าโรงงานปาล์มในปุ๋ยผสม = 10

2) สามารถคำนวณหาปริมาณของ N, P_2O_5 และ K_2O ของปุ๋ยแต่ละชนิดที่มีอยู่ในปุ๋ยผสม 100 กิโลกรัม ดังนี้

2.1) คำนวณหาค่า N(mix) คือผลรวม N ในปุ๋ยผสม

N จากกากปลาหมัก $\frac{x \times N(\%)}{100} = \frac{60 \times 5.0}{100} = 3.0\ \%$

N จากผงอามิ $\frac{y \times N(\%)}{100} = \frac{30 \times 4.1}{100} = 1.23\ \%$

N จากขี้เถ้าโรงงานปาล์ม $\frac{z \times N(\%)}{100} = \frac{10 \times 0.1}{100} = 0.01\ \%$

รวม N จากวัตถุดิบทั้งหมด = 3.0+ 1.23+ 0.01 = 4.24 %

กำหนดให้

N(mix) ผลรวมของ N ในปุ๋ยผสม = 4.24 %

หมายเหตุ นำค่า N จากตารางที่ 2 องค์ประกอบและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิดมาคำนวณ

2.2) คำนวณหา P(mix) ผลรวมของ P_2O_5 ในปุ๋ยผสม วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 2.1 แต่แทนค่า N ด้วย P_2O_5 ผลที่ได้คือ P(mix) =1.14+0.18+0.33 = 1.65 %

2.3) คำนวณหา K(mix) ผลรวมของค่า K ในปุ๋ยผสม วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับข้อ 2.1 แต่แทนค่า N ด้วย K_2O ผลที่ได้คือ K (mix) =1.08+0.39+1.14 = 2.61 %

ดังนั้นสูตรปุ๋ยผสม N(mix) : P(mix) : K(mix) = 4.24 : 1.65 : 2.61

หรือสูตรปุ๋ยอินทรีย์ผสม คือ N : P_2O_5 : K2O = 4.24 : 1.65 : 2.61

3) การคำนวณหาค่าอินทรียวัตถุ (O.M) ในปุ๋ยผสม

K จากกากปลาหมัก $= \frac{x \times N(\%)}{100} = \frac{60 \times 34.7}{100} =$ 20.82 %

K จากผงอามิ $= \frac{y \times O.M.(\%)}{100} = \frac{30 \times 47.9}{100} =$ 14.37 %

K จากขี้เถ้าโรงงานปาล์ม $= \frac{z \times O.M.(\%)}{100} = \frac{10 \times 0.7}{100} =$ 0.07 %

O.M (mix) =20.82+14.37+0.07 = 35.26 ก.ก. ในปุ๋ย 100 ก.ก

ดังนั้นปุ๋ยผสมจึงมีค่า O.M เท่ากับ 35.26% จึงได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ กำหนดไว้ใน พ.ร.บ. ปุ๋ย 2550 ซึ่งกำหนดค่า O.M ไว้ไม่ต่ำกว่า 20% (กรมวิชาการเกษตรกร, 2552) จะเห็นได้ว่าการผสมปุ๋ยข้างต้นนั้นจะทำให้ค่าของไนโตรเจน (N) สูงคือ 4.24% จึงเหมาะสมกับการใช้ในพืชที่มีอายุน้อยเพราะต้องการการเจริญเติบโตทางต้นและใบมากกว่าการให้ดอก ผล และเหมาะสมกับพืชกินใบ เช่น พืชผักสวนครัว ส่วนการจะผสมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีค่า P_2O_5 สูง ก็คำนวณได้โดยวิธีเดียวกัน แต่เน้นที่วัตถุดิบมี P_2O_5 มาเป็นวัตถุดิบ เช่น มูลค้างคาว สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มี K_2O สูง ควรนำวัตถุดิบที่มี โปรแตสเซียม สูง เช่น เถ้าจากไม้ยาง และเถ้าจากโรงงานปาล์มน้ำมัน

ขั้นตอนที่ 5 : การทดลองผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดด้วยเครื่อง RM-1

เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดเม็ดปุ๋ยมีความหลากหลายทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาและทดลองการผลิตเพื่อศึกษาสภาพที่เหมาะสม เช่น ขนาดของวัตถุดิบ (ความละเอียดของอนุภาค) ความชื้น การจับตัวกันของเม็ดปุ๋ยหลังการอัดเม็ด โดยหาค่าต่างๆ ที่เหมาะสม แล้วจึงสามารถหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ด RM-1 โดยการเดินเครื่อง 8 ชั่วโมงติดต่อกัน (โดยหลักการทางอุตสาหกรรมถือว่าเป็นเวลาการผลิต 1 วัน) ผลการทดลองผลิตมีดังนี้ ผลของการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2 จะเห็นว่าในการทำการอัดเม็ด 1 วัน (8 ชั่วโมง) ความสามารถของเครื่องอัดเม็ด RM-1 ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้ 2,008 ก.ก. / วัน หรือ 2 ตัน / วัน และความสามารถอัดเม็ดปุ๋ย 250 ก.ก./ชม. ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ RM-1 ทุกประการ ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงน้ำหนักของปุ๋ยอัดเม็ดในแต่ละชั่วโมง และน้ำหนักสะสมตลอดระยะเวลาการทดลองเดินเครื่อง RM-1 ระยะยาวติดต่อกัน 8 ชั่วโมง วัตถุดิบที่ใช้คือมูลไก่ที่ความชื้น 30 %

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักปุ๋ยอัดเม็ด (ก.ก.)	
	น้ำหนักปุ๋ย (ก.ก./ ชม.)	น้ำหนักปุ๋ยสะสม
1.0	125	249
2.0	127	502
3.0	125	753
4.0	127	1,006
5.0	124	1,255
6.0	125	1,506
7.0	127	1,757
8.0	125	2,008
เฉลี่ย	**125.50 ก.ก./ชม.**	**2,008 (ก.ก. / ช.ม.)**

ขั้นตอนที่ 6 : การคำนวณต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากเครื่อง

ตาราง 4 ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง RM-1 ในการอัดเม็ดปุ๋ย 1 ตัน (ต้นทุนบาท / ตันปุ๋ย) และรายได้จากการขายปุ๋ย

รายการ	รายจ่าย / รายรับ (P)
1. ราคาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย	25,000 บาท
2. อายุการใช้งานเครื่องจักร	5 ปี
3. ค่าเสื่อมราคาร้อยละ 10 ต่อปี	250 บาท
4. จำนวนวันใช้งานต่อปี (วันละ 8 ช.ม.)	300 วัน / ปี หรือ 2,400 ชั่วโมงต่อปี
5. ค่าใช่จ่ายคงที่รวม	9.58 บาท / ตัน
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (ต่อตัน)	8.33 บาท/ตัน
- ค่าเสียโอกาสจากการลงทุน (3% ต่อปี)	1.25 บาท/ตัน
6. ค่าใช้จ่ายผันแปร (รวม)	1341.13 บาท/ตัน
- ค่าไฟฟ้า	36.96 บาท/ตัน
- ค่าแรงงาน	150 บาท/ตัน
- ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	4.17 บาท/ตัน
- ค่าวัตถุดิบในการทำปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด	950 บาท/ตัน
- ค่าบรรจุภัณฑ์	200 บาท/ตัน
7. ค่าใช้จ่ายรวม(ค่าใช้จ่ายคงที่+ผันแปร) (5+6)	1,350.71 บาท/ตัน
8. สมรรถนะการทำงานของเครื่อง	2 ตัน /วัน หรือ 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
9. ค่าใช้จ่ายในการขายปุ๋ย (คิดเป็น 30% ราคาต้นทุน)	405.21 บาท/ตัน
10. ต้นทุนรวม (7 + 9)	1,755.92 บาท/ตัน
11. ราคาขาย (รายได้จากการขายปุ๋ย 1 ตัน)	2,400 บาท/ตัน
12. กำไรก่อนหักภาษี (11-10)	644.08 บาท/ตัน
13. รายได้จากการขายปุ๋ยต่อปี (12 x 600)	386,448 บาท/ตัน

สรุป การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จ ได้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ RM-1 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง ต้นทุนสร้างเครื่องต่ำในราคาเพียง 25,000 บาท มลภาวะเกิดจากการทำงานของเครื่องต่ำ ประหยัดพลังงานการผลิตปุ๋ยมีต้นทุนค่าไฟฟ้า 36.96 บาท/ตัน และปุ๋ยที่ได้มาจากการอัดเม็ดปุ๋ยมีต้นทุนเพียง 1,755.92 บาท/ตัน ซึ่งต้นทุนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดใช้พลังงานน้อยจึงทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการทุกประการ

ขั้นตอนที่ 7 : การวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของปุ๋ยอัดเม็ด

นำปุ๋ยผสมที่อัดเม็ดแล้วในขั้นตอนที่ 4 จำนวน 3 กิโลกรัม ไปวิเคราะห์ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินเพื่อวิเคราะห์ค่า N, P_2O_5, K_2O และ O.M. องค์ประกอบที่ได้จากการคำนวณของปุ๋ยผสมจากวัตถุดิบกากปลาหมัก 60% ผงอามิ 30 % และขี้เถ้าโรงงานปาล์ม 10% ได้ดังนี้ คือ ปุ๋ยผสมมี N : P_2O_5 : K_2O = 4.24 : 1.65 : 2.61 และมี O.M. = 35.26% (ดูขั้นตอนที่ 4) การเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับผลการวิเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดินแสดงไว้ในตาราง 4

ขั้นตอนที่ 8 : การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูงจากเครื่อง RM-1 โดยการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของเกษตรกร จำนวน 33 คน

ผลการสำรวจข้อมูลส่วนบุคคลของเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูงจากเครื่องอัดเม็ด RM-1” โดยใช้แบบสอบถาม

ผลการประเมินความรู้ของเกษตรกรก่อนการฝึกอบรม

ผลขอการประเมินความรู้ของเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 33 คนก่อนรับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการประเมินโดยใช้แบบการประเมินความรู้ ด้านปุ๋ยและเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยทั่วไป คำถาม 10 ข้อ ข้อละ 10 คะแนน พบว่า ผลเฉลี่ยของคะแนน คิดเป็นร้อยละ 21.82 มีผู้สอบได้คะแนนอยู่ระหว่าง 0-20 มากถึง 26 คน และผู้ที่ได้คะแนน 21-40 มีอยู่ 7 คน จะเห็นได้ว่าไม่มีผู้ใดสอบผ่าน 50% นอกจากนั้นยังมีคะแนนเฉลี่ยของทั้งหมดต่ำมาก คือ 21.82% เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรไม่ใคร่ให้ความสนใจในความรู้ด้านปุ๋ยเท่าใดนัก การเลือกใช้ปุ๋ยเป็นการใช้ตามการโฆษณาหรือการบอกต่อๆ กันมา

ตาราง 4 แสดงผลวิเคราะห์ของปุ๋ยผสมอัดเม็ดในขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการกรมพัฒนาที่ดิน (1) เปรียบเทียบกับค่า N(%) ,P_2O_5 , K_2O และ O.M. จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.2 (2)

ลำดับที่	O.M.	N(%)	P2O5	K2O
1.	34.04	4.02	1.83	2.34
2.	35.26	4.24	1.65	2.61

ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยผสมอัดเม็ดในขั้นตอนที่ 4 จะเห็นได้ว่าผลจากการคำนวณ และผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ มีความใกล้เคียงกันมาก จากการคำนวณปุ๋ยผสมมี N=4.24% ผลจากการวิเคราะห์ (โดยกรมพัฒนา ที่ดิน) ได้ค่า N 4.0% ค่า P_2O_5 จากการคำนวณ 1.65% ค่าจากการวิเคราะห์ 1.8% และ K_2O จากการคำนวณ 2.61% ค่าวิเคราะห์ 2.3% ส่วนค่า O.M. จากการคำนวณ 35.26 % และจากการวิเคราะห์ได้ค่า O.M. 34.0% นับว่าใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าวิธีการคำนวณส่วนธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์ผสมมีความแม่นยำมาก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณส่วนประกอบของปุ๋ยอินทรีย์ผสมได้จริง

ผลการประเมินความรู้ของเกษตรกรหลังการฝึกอบรม

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูงจากเครื่อง RM-1 พบว่า เกษตรที่ได้รับการอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก จากผลการประเมินความรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังการฝึกการฝึกอบรมจะเห็นได้ว่าแตกต่างกันมากคือก่อนการฝึกอบรมมีค่าความรู้เฉลี่ยเพียง 21.82% หลังการฝึกอบรมแล้วมีค่าความรู้เฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 76.67%

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมต่อเครื่อง RM-1 พบว่า ความพึงพอใจในด้านราคาของเครื่อง RM-1 ความสะดวกในการใช้งาน ประสิทธิภาพในการผลิต ความสะดวกในการขนย้าย การลดการเกิดมลภาวะ คุณภาพทางกายภาพของปุ๋ยที่ผลิต ความสวยงามและความทันสมัย ของเครื่อง RM-1 มีความพึงพอใจมากที่สุด ส่วนความสะดวกในการซ่อมบำรุง และต้นทุนในการผลิต มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด แสดงให้เห็นถึงผลสำเร็จเป็นอย่างสูงในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ RM-1 ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาความต้องการของเกษตรกรมาอย่างดีแล้ว(โดยการศึกษาในการทำแบบสอบถามและการคำนวณต้นทุนการผลิตและการทำคู่มืออบรมเกษตรกรอำเภอไทร จังหวัดนนทบุรี)

สรุปอภิปรายผล

การวางแนวทางในการออกแบบ การคำนวณ การเขียนแบบรวมทั้งการสร้างเครื่องต้นแบบ ประสบผลสำเร็จอย่างสูงได้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ RM-1 ซึ่งเป็นแบบลูกกลิ้งแนวตั้งราคาถูกเพียง 25,000 บาท ใช้มอเตอร์ 3 แรงม้า ไฟฟ้า 1 เฟส เพื่อลดมลภาวะทางเสียง และอากาศ และมีกำลังผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูงระดับ 2 ตัน / วัน หรือ 600 ตัน/ปี ฐานข้อมูลศักยภาพเชิงปริมาณ การพัฒนาวิธีการคำนวณองค์ประกอบและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากวัตถุดิบหลายชนิดได้วิธีการคำนวณ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่นผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และเกษตรกรจะนำไปใช้เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดคุณภาพสูงได้มาตรฐาน พ.ร.บ. ปุ๋ย พ.ศ. 2550 จากการคำนวณต้นทุนการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดโดยใช้เครื่องต้นแบบ RM-1 พบว่าต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพียงตันละ 1,350.71 บาท โดยมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันต่ำมากคือ 36.96 บาทเท่านั้นเมื่อได้รวมค่าการตลาด 30% ของต้นทุนการผลิตจะมีต้นทุนหน้าโรงงานเพียง 1,768.38 บาท / ตัน ในขณะที่ราคาขายปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทั่วไปราว 2,400 บาท / ตัน ผู้นำเครื่อง RM-1 ไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจะมีรายได้ 386,448 บาท/ปี การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ RM-1 พบว่าเกษตรที่ได้รับการอบรมมีความรู้เรื่องการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ก่อนการฝึกอบรมมีค่าความรู้เฉลี่ยเพียง 21.82% หลังการฝึกอบรมมีค่าความรู้เฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 76.67% ความพึงพอใจในเครื่องอัดเม็ดต้นแบบ RM-1 อยู่ที่ระดับความพึงพอใจมากถึงมากที่สุด

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ภาครัฐควรให้การสนับสนุนในการพัฒนาเทคโนโลยีที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรกับผู้วิจัยให้ได้มาซึ่งรูปแบบของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อผู้ใช้และต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยในสภาพปัจจุบันและเหมาะสมในแต่ละท้องถิ่นซึ่งมีวัตถุดิบ (อินทรีย์สาร) ที่แตกต่างกันเพื่อลดต้นทุนการผลิตและสามารถนำไปส่งเสริมเกษตรกร หรือ กลุ่มเกษตรกรให้สามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้เองหรือเพื่อจำหน่าย

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. ควรมีการนำเครื่องอัดเม็ดต้นแบบ RM-1 ไปผลิตเชิงการค้าเพื่อลดต้นทุนทำให้ราคาการสร้างเครื่องลดลงกลุ่มเกษตรได้ใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยราคาถูก ประสิทธิภาพสูงได้อย่างแพร่หลาย

2. ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพื่อลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรโดยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีและบำรุงรักษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินให้ดีขึ้นเพื่อความยั่งยืนของการเกษตรไทย

3. ควรมีการส่งเสริมเกษตรอินทรีย์เพื่อผลิตอาหารที่ปราศจากสารพิษสู่ครัวโลกและทำรายได้เข้าประเทศส่งผลให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

1. ต้นแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย RM-1 สามารถวิจัยการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ไปสู่การผลิตขนาดใหญ่เพื่อลดต้นทุนการผลิตและควรนำไปส่งเสริมเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรให้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดไว้ใช้เองหรือเพื่อจำหน่าย

2. ควรมีการวิจัยพัฒนาอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น เครื่องผสมและเครื่องร่อนขนาดเม็ดปุ๋ย ตลอดจนเครื่องบรรจุถุงปุ๋ยที่เหมาะสมมาใช้ในการผลิต

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงบำรุงดินอินทรียวัตถุต่ำ. กรุงเทพฯ* : กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. (2552). *พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ฝ่ายปุ๋ยเคมี ส่วนใบอนุญาตและขึ้นทะเบียนสำนักควบคุมพืช และวัสดุการเกษตร.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. (2544). *ทรัพยากรสำคัญของเรา เรื่องดิน.* กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

_____(2552). *พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550.* กรุงเทพฯ : ฝ่ายปุ๋ยเคมี ส่วนใบอนุญาตและขึ้นทะเบียนสำนักควบคุมพืช และวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการดินและองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบนำมาทำปุ๋ยอินทรีย์.* ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ.

กฤษฎากร กระมล. (2552). *เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ.* วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร.

การไฟฟ้านครหลวง. (2554). *รายงานประจำปี 2553.* กรุงเทพฯ : การไฟฟ้านครหลวง.

คมสัน สัมพันธ์กิจ. (2547). *การหมักปุ๋ยจากมูลสุกรและวัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรและขี้เลื่อยในกล่องหมักเจาะรู.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จำรูญ ตันติพิศาลกุล. (2550). *เขียนแบบวิศวกรรม 2 : (เขียนแบบเครื่องกล).* (พิมพ์ครั้งที่ 10).กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จำรูญ ศรีชัยชนะ. (2545). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินการกร่อนดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพฯ :* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีระศักดิ์ เพียรเจริญ. (2551). *ผลิตปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ด.* สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา.

เจริญ สมชื่อ. (2550). *เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์กึ่งอัตโนมัติ.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ชูชาติ พยอม ทำนอง ชิดชอบ และ ศุภชัย แก้วจันทร์. (2546). *การพัฒนาและออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพแบบประหยัด.* สุรินทร์ : คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ราชภัฏสุรินทร์.

ณัฐกิตติ์ ธรรมเจริญ. (2546). เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย, *นิตยสารไม่ลองไม่รู้.* 3(19) : 84-85.

ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ ทวีพงษ์ พ้องเสียง สุทธิพงษ์ ไชยมงคุณ. (2548). *เครื่องต้นแบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์มีดที่ใช้พลังงานต่ำ.* คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

_____(2547, 18-20 ตุลาคม). เครื่องต้นแบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่ใช้พลังงานต่ำ. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18,* เมื่อวันที่ 18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัดขอนแก่น.

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. (2542). *ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ : เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ.* กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ธงชัย มาลา และคณะ. (2554). *ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานผงชูรสที่มีต่อผลผลิตการเกษตร.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร และนัฐพงษ์ ต้นกันยา. (2551). “การออกแบบเครื่องผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด.” *รายงานผลการวิจัยภาควิชาเครื่องกล.* คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

_____(2551). เครื่องอัดเม็ด. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2546). การวิจัยและพัฒนาการผลิตปุ๋ยหมักในเชิงอุตสาหกรรมจากเศษวัสดุพืชเหลือใช้ในการเกษตรกรรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเสริมสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจชุมชน. *รายงานผลการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. เชียงใหม่ :* คณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นฤพล ศรีตระกูล. (2538). เครื่องอบแห้งกากมูลสัตว์. *รายงานผลการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเกษตร.* สาขาวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นคร สำเภาทิพย์. (2542). *การมีส่วนร่วมของประชาชนในโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงพื้นที่ อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย.* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาสังคม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงศ์เทพ อันตะริกานนท์, ปริญญา วิไลรัตน์, ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์, ทักษินอารวาคม, สยาม สินสวัสดิ์, สายันต์ ตันพานิช, ประธาน โพธิสวัสดิ์, ประยุทธ กาวิละเวส, ศิริธรรม สิงโต และชลธิชา นิวาสประกฤติ. (2545). *เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพในเชิงเศรษฐกิจชุมชน.* กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.