



การพัฒนาชุดเครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน

Development of Organic Fertilizer Granulator for Household Users

สมบัติย์ มงคลชัยชนะ¹

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดเครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน ผลการทดลองพบว่าเครื่องบดปุ๋ยชีวภาพมีกำลังผลิตเฉลี่ย 40.62 กก./ชม. ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของเกษตรกรภาพรวมอยู่ในระดับดี (3.51) เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพมีกำลังผลิตเฉลี่ย 66.22 กก./ชม. สามารถคัดขนาดความโตของเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่เหมาะสมระหว่าง 3-6 มม. เฉลี่ย 65.97% ขนาดความโตมากกว่า 6 มม. เฉลี่ย 9.24% ขนาดความโตน้อยกว่า 3-1 มม. เฉลี่ย 26.30% และขนาดความโตน้อยกว่า 1 มม. เป็นผงเฉลี่ย 0.49% โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำที่ใช้เฉลี่ย 72.52 ลบ.ซม./กก. ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของเกษตรกรภาพรวมอยู่ในระดับดี (3.72) และเครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพกำลังผลิตเฉลี่ย 147.66 กก./ชม. ปริมาณเศษตกค้าง 2.46% โดยน้ำหนัก ประสิทธิภาพในการคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพได้ถูกต้องทุกถาดมากกว่า 98% โดยน้ำหนัก ผลการประเมินระดับความพึงพอใจของเกษตรกรภาพรวมอยู่ในระดับดี (3.67)

ABSTRACT

The research aims to construct organic fertilizer granulator for household use and also to find its productive efficiency. Satisfaction of users is also included, particularly in the crusher and the separator units. The crusher unit has an average capacity of 40.62 kg/h. Users' satisfaction is at high level (3.51). The granulator unit has an average capacity of 66.22 kg/h. About 65.97% of fertilizer granules are 3-6 mm. in size; about 9.24% is larger than 6 mm. in size; about 26.30% is smaller than 3-1 mm in size; and about 0.49% is smaller than 1 mm in size. Amount of water used is 72.52 cm²/kg. Users' satisfaction is at high level (3.72). And the separator unit has an average capacity of the unit is 147.66 kg/h, with 2.47% of residue. Its efficiency in separating fertilizer granules is more than 98% correct. Users' satisfaction is at high level (3.67).

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.พิษณุโลก 65000

คำสำคัญ: ปุ๋ยชีวภาพ

Keyword: Fertilizer

บทนำ

ปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่เกิดจากการที่นำเอาจุลินทรีย์มาใช้ปรับปรุงดินทางชีวภาพ ภายภาคทางชีวเคมีและย่อยสลายอินทรีย์วัตถุตลอดจนการปลดปล่อยธาตุอาหารจากพืชอินทรีย์หรืออินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยชีวภาพนอกจากมีส่วนช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชและดิน ปุ๋ยชีวภาพยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงลดมลภาวะปรับสภาพแวดล้อมให้สมดุลเพิ่มศักยภาพในการผลิตพืชเมื่อหว่านปุ๋ยชีวภาพในแปลงเพาะปลูกเกิดการฟุ้งกระจายของปุ๋ยชีวภาพซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ กรณีพื้นที่เพาะปลูกจำนวนหลาย ๆ ไร่ ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านแรงงานเพื่อการขนย้ายในการหว่านลงในพื้นที่เพาะปลูกซึ่งเป็นปัญหาอุปสรรคต่อการใช้ปุ๋ยชีวภาพอย่างมากเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้ปุ๋ยชีวภาพโดยการผลิตให้เป็นเม็ดสามารถทำได้โดยการอัดให้เป็นแท่งทรงกระบอกเล็ก ๆ และการปั้นให้เป็นเม็ดกลม ทรงซัยและคณะได้พัฒนาเครื่องต้นแบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่ใช้พลังงานต่ำใช้มอเตอร์ต้นกำลังเพียง 1 แรงม้าและหดรอบด้วยล้อสายพานเพื่อเพิ่มแรงบิดให้กับเพลาลูกกรีด จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมโดยมวลของผงปุ๋ยกับน้ำที่นำมาริดเป็นเม็ดที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยเม็ดอยู่ที่ 1:0.4 กำลังการผลิตปุ๋ยเม็ดของเครื่องต้นแบบโดยเฉลี่ย 72 กก./ชม. และความสัมพันธ์พลังงานขณะที่มีภาระการทำงานโดยเฉลี่ย 545.6 วัตต์ (ทรงชัย และคณะ, 2547) อาจารย์พิทยา ภูผิวโคกได้ปรับปรุงข้อบกพร่องของเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดชีวภาพต้นแบบมีความสูง 105 ซม. ซึ่งเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดที่พัฒนามีสามหัวลูกกรีดที่ทำมุม 120° โดยลูกกลิ้งจะวิ่งรอบรูดาวยที่สมำเสมอกันทั้งท่อซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6

มม. ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ 3 แรงม้า (2.25 กิโลวัตต์) ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาทีและปรับความเร็วรอบมาที่ 250 รอบต่อนาทีสามารถผลิตปุ๋ยได้ 400 กก./ชม. (พิทยา, 2548) เครื่องจักรทางการเกษตรได้สร้างชุดงานปั้นเม็ดปุ๋ยประกอบด้วยเครื่องบดวัตถุดิบกำลังการผลิต 200-300 กก./ชม.ขนาดมอเตอร์ 3 แรงม้า 220/380 โวลต์ น้ำหนัก 250 กก. (โดยประมาณ) ระบบขับเคลื่อนส่งกำลังผ่านมูเล่สายพานเครื่องผสมปุ๋ยแบบถังกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม.สูง 60 ซม. 2 แรงม้า 220 โวลต์ ระบบขับเคลื่อนส่งกำลังผ่านมูเล่สายพานเพื่อผสมปุ๋ยได้ครั้งละ 100 กก. ส่วนงานปั้นเม็ดปุ๋ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 ซม. 2 แรงม้า 220 โวลต์ ระบบขับเคลื่อนส่งกำลังผ่านมูเล่สายพาน กำลังผลิตชั่วโมงละ 100-200 กก. ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ (บทความเครื่องจักรทางการเกษตร, 2554) สำหรับผู้วิจัยได้ศึกษาหาแนวทางเลือกหนึ่งโดยใช้เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยแบบงานหมุนที่มีขนาดเล็กกะทัดรัดเม็ดสวยเพื่อเปรียบเทียบกับแบบทรงกระบอกและสามารถขยายผลเชิงพาณิชย์ได้ เพิ่มเติมเครื่องบดและเครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรโดยเฉพาะในท้องถิ่น ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เป็นต้นแบบในการศึกษา วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดเครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือนเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตและเพื่อหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อชุดเครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพแบบงานสำหรับครัวเรือน

วิธีการ

ก. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรต่อชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน กลุ่มตัวอย่างแบบเลือกสุ่มแบบเจาะจงกับผู้มีอาชีพเพาะปลูกข้าวจำนวน 20 ท่าน ในตำบลบ้านกร่างหรือใกล้เคียงภายในอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

2. ปุ๋ยชีวภาพที่ใช้ทดลองประกอบไปด้วยมูลโค 60% ฟางข้าวและใบไม้ 40% กระบวนการผลิตนำเอามูลโควางเป็นชั้นสลับกับฟางข้าวหรือใบไม้เป็นชั้นๆสูงประมาณ 50 ซม.รดน้ำให้ชุ่ม พลิกกลับทุกสัปดาห์ หมักประมาณ 6 เดือนหรือให้หมักกลิ่นฉุนรุนแรง สุ่มตัวอย่างแบบเลือกสุ่มจากกองปุ๋ยหมักชีวภาพมา 25 กก. ใช้เพื่อการทดลอง

ข. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. ชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน

1.1 สมการการคำนวณโครงสร้าง

เพลลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่หมุนได้เพลลาจะรับโมเมนต์บิดที่ถ่ายภาระมาจากล้อสายพาน เพลลาจึงสามารถรับภาระบิดและภาระดัด สำหรับเพลลาที่ใช้กับชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพ คือ เพลลาส่งกำลัง (transmission shafts) เพลลาชนิดนี้ใช้รับทั้งการบิดและการดัดผสมกัน การหาคำนวณโมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำกับเพลลาส่งกำลังตามหลักการออกแบบเพลลาของ ASME Code ดังสมการที่ 1 (วริทธิ์ และชาญ, 2522)

$$d^3 = (16/\pi)\tau\{(CmM)^2 + (CtT)^2\}^{1/2} \quad (1)$$

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลลา (เมตร)

τ = ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อตารางเมตร)

Cm = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

Ct = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

M = โมเมนต์ดัดที่เพลลา (นิวตันเมตร)

T = แรงบิดที่เพลลา (นิวตันเมตร)

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนการทำงานของชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพ การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าดังสมการที่ 2 (นิรนาม, 2549)

$$P_N = (FQ nNDM)/(2X107xC) \quad (2)$$

เมื่อ

P_N = กำลังของมอเตอร์ที่ใช้งาน (กิโลวัตต์)

FQ = ผลรวมของแรงดึงสายพานด้านตั้งกับด้านหย่อน (นิวตัน)

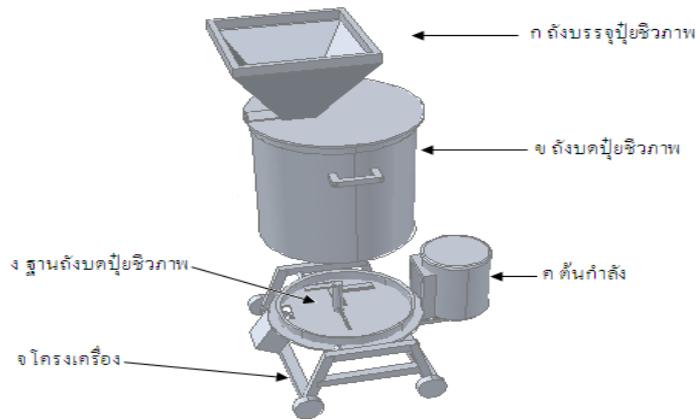
nN = ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบต่อนาที)

DM = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพาน (เมตร)

C = แפקเตอร์การดึงสายพาน

1.2 โครงสร้างและการทำงาน

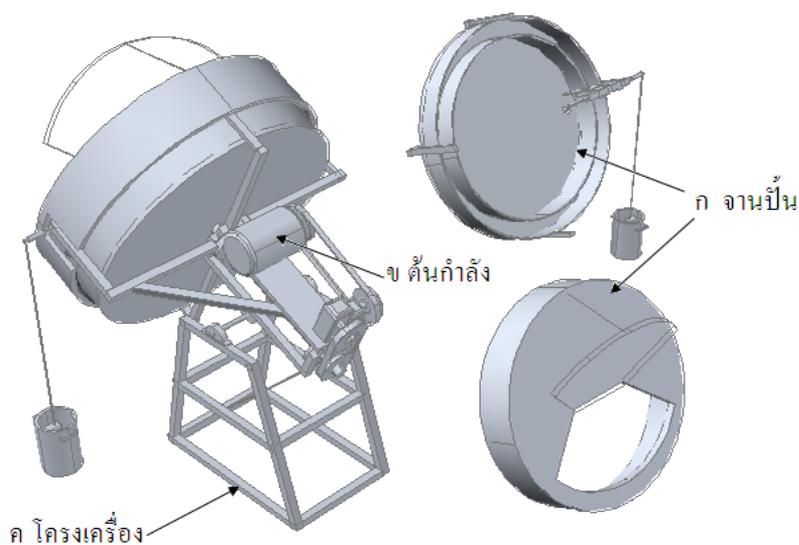
1.2.1 เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพประกอบด้วย (รูปที่ 1) ก ถังบรรจุปุ๋ยชีวภาพยึดติดกับฝาปิด ทำหน้าที่บรรจุปุ๋ยชีวภาพที่ผ่านการหมักพร้อมทำการบด ข ถังบดปุ๋ยชีวภาพส่วนบนยึดกับฝาปิดส่วนล่างยึดกับฐานถังบดปุ๋ยชีวภาพ ทำหน้าที่เป็นห้องบดปุ๋ยชีวภาพ ค ต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 220 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ถ่ายทอดกำลังขับเพลลาใบมีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. ด้วยอัตราทด 1:1 ฐานถังบดปุ๋ยชีวภาพ เจาะรูระบาย กลางฐานบดปุ๋ยชีวภาพยึดเพลลาใบมีดจำนวน 4 ใบ ยึดกับโครงเครื่องทำหน้าที่ยึดเพลลาใบมีดและระบายปุ๋ยที่ผ่านการบดเป็นผงลงสู่ภาชนะ จ โครงเครื่องฐานประกอบด้วยฐานบนและฐานล่างจะติดตั้งล้อเลื่อนกับเพลลาล้อ ทำหน้าที่เป็นโครงยึดส่วนต่างของเครื่อง ในส่วนของการทำงานนั้น นำปุ๋ยชีวภาพที่ผ่านการหมักใส่ถังบรรจุปุ๋ยชีวภาพเปิดช่องให้ปุ๋ยชีวภาพลงถังบดปุ๋ยชีวภาพ ใบมีดทำหน้าที่บดปุ๋ยชีวภาพและกวาดลงช่องระบายบรรจุภาชนะรอง



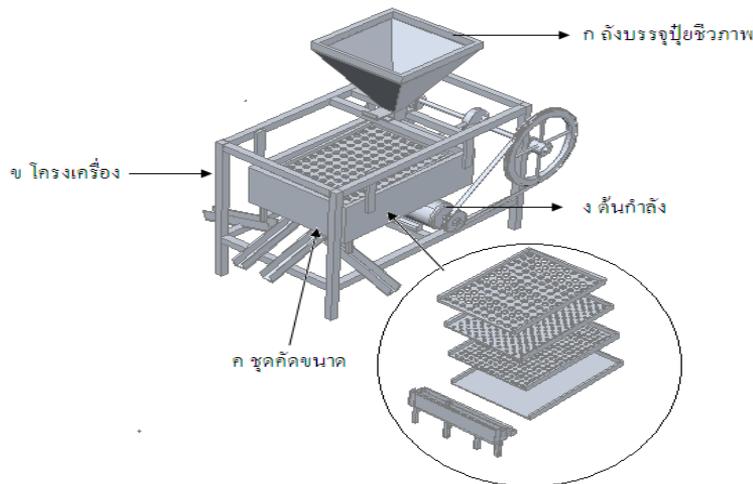
รูปที่ 1 เครื่องบดปุยข้าวภาพ

1.2.2 เครื่องปั่นเม็ดปุยข้าวภาพประกอบด้วย (รูปที่2) ก งานปั่นลักษณะเป็น 2 ชั้นอยู่ในงานเดียวกัน หนา มีฝาปิดงานปั่นเจาะช่องใส่แผ่นพลาสติกใสเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของปุยข้าวภาพและป้องกันสิ่งสกปรกลงงานปั่น มีระบบฉีดน้ำ แผ่นกั้นวงละแผ่น ป้องกันปุยข้าวภาพติดงานปั่น ข ถังกำลังใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ถ่ายทอดไปยังชุดทดรอบด้วยอัตราทด 20:1 และไปขับเพลางานปั่นขนาดเส้นผ่านกลาง 50

มม. โครงเครื่องประกอบด้วยฐานบนสำหรับยึดต้นกำลัง ฐานล่างและชุดปรับมุมเชื่อมระหว่างฐานบนกับฐานล่าง ในส่วนของการทำงานนั้นให้นำปุยข้าวภาพที่ผ่านการบดบรรจุลงงานปั่นวงในปิดฝาพลาสติก เปิดสวิตซ์เครื่องต้นกำลังและสวิตซ์ให้ระบบฉีดน้ำให้ทำงาน ฉีดน้ำจนกว่าปุยข้าวภาพเริ่มเป็นเม็ด ปิดระบบฉีดน้ำเติมปุยข้าวภาพเพื่อให้เม็ดปุยแห้ง เม็ดปุยบางส่วนจะไหลตกลงวงแหวนชั้นนอกเพื่อขัดอีกครั้งหนึ่ง เมื่อเม็ดปุยมีลักษณะมันวาวต่กบรรจุลงภาชนะรองรับ



รูปที่ 2 เครื่องปั่นเม็ดปุยข้าวภาพ



รูปที่ 3 เครื่องคัดขนาดเม็ดปุยชีวภาพ

1.2.3 เครื่องคัดขนาดเม็ดปุยชีวภาพ ประกอบด้วย (รูปที่ 3) ก ถังบรรจุปุยชีวภาพมีฝาปิด เปิดช่องถังบรรจุปุยชีวภาพ ทำหน้าที่บรรจุเม็ดปุยชีวภาพก่อนเข้าสู่ชุดคัดขนาด ข โครงเครื่องติดตั้งวาง จำนวน 4ชุด ทำหน้าที่ยึดส่วนต่างของเครื่อง ค ชุดคัดขนาดปิดทุกด้านยกเว้นด้านบนภายในบรรจุตะแกรงคัดขนาดเม็ดปุยรูตะแกรงขนาด 6 มม. 3 มม. และ 1 มม. และตะแกรงรองเศษปุยชีวภาพ ตามลำดับ ง ดันกำลัง ใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที ถ่ายทอดกำลังขับเคลื่อนโยกชุดคัดเม็ดปุยชีวภาพซึ่งติดตั้งวงเดือนเยื้องศูนย์ด้วยอัตราทด 10:1 ในส่วนการทำงานของเครื่องคัดขนาดเม็ดปุยชีวภาพนั้น นำปุยชีวภาพที่ผ่านการปั่นเป็นเม็ดแล้วใส่ลงในถังบรรจุปุยชีวภาพ เปิดสวิทซ์เดินเครื่องทำงาน ค่อยๆเปิดปล่อยช่องถังบรรจุปุยชีวภาพให้เม็ดปุยชีวภาพลงชุดคัดขนาดคัดแยกผ่านรางลงภาชนะบรรจุ

2. แบบประเมินหาระดับความพึงพอใจ

สำหรับแบบประเมินหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อชุดเครื่องปั่นเม็ดปุยชีวภาพแบบงานสำหรับครัวเรือนเลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ในตอนต้นที่ 1 แบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบ 5 ระดับ ดังนี้ 5

หมายถึง ดีมาก 4 หมายถึง ดี 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง ควรปรับปรุง 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง หลักเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบประเมินนี้มีดังนี้ 4.50-5.00 หมายถึง ดีมาก 3.50-4.49 หมายถึง ดี 2.50-3.49 หมายถึง ปานกลาง 1.50-2.49 หมายถึง ควรปรับปรุง 1.00-1.49 หมายถึง ต้องปรับปรุง ในส่วนของตอนที่ 2 แบบสอบถามแบบปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้แสดงความคิดเห็นอย่างเสรี ข้อคิดเห็นที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลไว้ในกลุ่มเดียวกันและนำมาวิเคราะห์หาค่าความถี่ของข้อมูลลงในตารางเพื่อแจกแจงความถี่ต่อไป (ธานินทร์, 2548)

ค. วิธีการทดลอง

1. การทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลิตของเครื่องบดปุยชีวภาพที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ที่เพล่าใบมีด นำปุยชีวภาพ 5 กิโลกรัมใส่ถังบรรจุ เปิดสวิทซ์ให้เครื่องทำงาน เปิดที่ปิดถังบรรจุให้ปุยชีวภาพเข้าเครื่องบดจนหมด จับเวลา ซึ่งน้ำหนักเศษที่เหลือจากเครื่องบด สุ่มตัวอย่างที่บดแล้วมา 1 กก. ร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 40 เพื่อหาเศษที่เหลือจากตะแกรงร่อน ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

2. การทดลองหาประสิทธิภาพการหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพแบบจาน ทดลองที่มุมเอียงเพลาจานปั่นกับระนาบแนวนอนที่มุม 60° ที่ความเร็วรอบของเพลาจานปั่นเริ่มต้นที่ 50 รอบต่อนาทีและเพิ่มขึ้นทุก ๆ 50 รอบต่อนาทีจนถึงความเร็วรอบที่ 500 รอบต่อนาที หรือความเร็วรอบที่ไม่สามารถทำการปั่นเม็ดปุ๋ยได้ จับเวลาจนกว่าจะเป็นเม็ดปุ๋ย หาน้ำหนักของเม็ดปุ๋ย ปริมาณน้ำที่ใช้และคุณภาพขนาดความโตของเม็ดปุ๋ย สุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กก. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

3. การทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตของเครื่องคัดแยกเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่ 360 รอบต่อนาที ที่เพลายกชุดคัด นำปุ๋ยเม็ดชีวภาพ 15 กก. ใส่ถังบรรจุเปิดสวิตซ์ให้เครื่องทำงาน เปิดช่องระบายถังบรรจุให้ปุ๋ยเม็ดชีวภาพลงชุดตะแกรงคัดจนหมด จับเวลา ซึ่งเศษที่เหลือตกค้างที่ชุดคัดขนาด สุ่มตัวอย่างมาขนาดละ 1 กก. คัดหาความถูกต้องในการคัดขนาดมาชั่งน้ำหนัก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

4. การประเมินหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพโดยการเชิญเกษตรกรผู้มีอาชีพเพาะปลูกข้าวโดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงมาคราวละ 1-2 ท่านอธิบายขั้นตอนการประเมินสัทธิการทำงานและให้เกษตรกรประเมินจากแบบสอบถามจนครบ 20 ท่าน

ง. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลและการประเมินผลข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล นำผลการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตแบบสอบถามความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการใช้ชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยสำหรับครัวเรือน ประเมินผลข้อมูลในรูปของตาราง

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์ความถี่

3. ระยะเวลาการทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2554 ทดลอง ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเขตพื้นที่พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก

ผลการทดลอง

ก. ผลการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตของชุดเครื่องปั่นปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือนได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองจากตารางที่ 1 เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพนี้มีประสิทธิภาพในการบดปุ๋ยชีวภาพกำลังผลิตเฉลี่ย 41.70 กก./ชม. ปริมาณตกค้างที่เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพเฉลี่ย 2.88% เศษเหลือจากร่อนเฉลี่ย 14.30% สามารถนำไปปั่นเป็นเม็ดปุ๋ยได้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตของเครื่องบดปุ๋ยชีวภาพที่ 1,450 รอบต่อนาทีที่เพลาลมมีด

ครั้งที่ทดลอง	กำลังผลิตจริง (กก./ชม.)	ประสิทธิภาพในการบดปุ๋ยชีวภาพ		ผลการนำไปเข้าเครื่องปั่น
		ปริมาณตกค้างที่เครื่องบด (%โดยน้ำหนัก)	เศษเหลือจากการร่อน (%โดยน้ำหนัก)	
1	41.79	3.40	19.00	เป็นเม็ด
2	40.64	2.90	16.50	เป็นเม็ด
3	43.75	3.00	11.50	เป็นเม็ด
4	40.92	2.70	10.50	เป็นเม็ด
5	41.43	2.40	14.00	เป็นเม็ด
ค่าเฉลี่ย	41.70	2.88	14.30	เป็นเม็ด
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.23	18.51	35.11	-

ตารางที่ 2 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตของเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่มุมเอียง 60° ของเพลาจานปั่นกับระนาบแนวนอนที่ความเร็วรอบที่เพลาจานปั่น (ค่าเฉลี่ย)

ความเร็ว (รอบ/นาที)	กำลังผลิตจริง (กก./ชม.)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลบ.ชม./กก.)	ประสิทธิภาพในการปั่นเป็นเม็ดปุ๋ยชีวภาพ (%โดยน้ำหนัก)			
			ขนาดความโต		ขนาดความโต	
			มากกว่า 6 มม. (%)	ระหว่าง3-6 มม. (%)	น้อยกว่า 3-1 มม. (%)	น้อยกว่า 1 มม.-เป็นผง (%)
50	53.92	63.54	3.56	60.86	35.45	0.13
100	66.22	72.52	9.24	65.97	24.30	0.49
150	87.39	86.27	9.19	36.24	52.89	1.68
200	94.15	75.45	1.01	26.43	69.10	3.47
250	98.60	77.69	0.02	3.76	81.58	14.64

ตารางที่ 3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงผลผลิตของเครื่องคัดปุ๋ยชีวภาพที่ 360 รอบต่อนาที ที่เพลายกชุดคัด มุมเอียงลาดที่ 8°

ครั้งที่ทดลอง	กำลังผลิตจริง (กก./ชม.)	ปริมาณตกค้างที่เครื่องคัด (%)	ประสิทธิภาพในการคัดเม็ดปุ๋ย (%โดยน้ำหนัก)							
			ขนาดความโตมากกว่า 6 มม. (%)		ขนาดความโตระหว่าง 3-6 มม. (%)		ขนาดความโตน้อยกว่า 3-1 มม. (%)		ขนาดความโตน้อยกว่า 1 มม.-เป็นผง (%)	
			คัดถูก	คัดผิด	คัดถูก	คัดผิด	คัดถูก	คัดผิด	คัดถูก	คัดผิด
1	143.47	2.37	97.50	2.50	99.00	1.00	99.50	0.5	98.50	1.50
2	144.34	2.57	99.00	1.00	99.50	1.00	99.50	0.5	99.00	1.00
3	149.82	2.40	97.50	2.50	99.00	1.00	99.00	1.00	98.50	1.50
4	154.66	2.33	98.50	1.50	99.50	0.50	99.00	1.00	99.50	0.50
5	146.01	2.70	98.00	2.00	99.50	0.50	99.50	0.50	99.50	0.50
ค่าเฉลี่ย	147.66	2.47	98.10	1.90	99.10	0.90	99.30	0.70	98.90	1.10
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.61	23.29	6.52	6.52	4.18	4.18	2.74	2.74	4.18	4.18

ตารางที่ 4 ผลการประเมินหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน

ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน	เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพ		เครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพ		เครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ย	
	ระดับความพึงพอใจ		ระดับความพึงพอใจ		ระดับความพึงพอใจ	
	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
1 ความสะดวกในการใช้งาน	3.55	ดี	3.73	ดี	3.73	ดี
2 ความปลอดภัยในการใช้งาน	3.51	ดี	3.91	ดี	3.61	ดี
3 คุณภาพของผลผลิต	3.85	ดี	3.50	ดี	3.65	ดี
4 ระยะเวลาในการทำงาน	3.56	ดี	3.82	ดี	3.80	ดี
5 ความสะดวกในการทำความสะดวก	3.70	ดี	3.82	ดี	3.70	ดี
6 ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ	2.43	ควรปรับปรุง	3.73	ดี	3.61	ดี
7 ความสะดวกในการบำรุงรักษา	3.63	ดี	3.73	ดี	3.63	ดี
8 ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง	3.74	ดี	3.64	ดี	3.58	ดี
9 ประสิทธิภาพการทำงาน (กก./ชม.)	3.58	ดี	3.64	ดี	3.74	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	3.51	ดี	3.72	ดี	3.67	ดี

ตารางที่ 5 ข้อเสนอแนะของเกษตรกรที่มีต่อชุดเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน

เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพ		เครื่องปั่นเม็ดปุ๋ยชีวภาพ		เครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	
รายการ	ความถี่	รายการ	ความถี่	รายการ	ความถี่
ฝุ่นละออง	20	เสียงดัง	11	เครื่องสั่นสะเทือน	16
เสียงดัง	15	เครื่องสะเทือน	8	ระดับรองเม็ดปุ๋ยต่ำเกินไป	16
ช่องเปิดรูฉั่งบรรจุเล็กไป	8	ฝุ่นละออง	4	เสียงดัง	8

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพนี้มีประสิทธิภาพในการบดปุ๋ยชีวภาพที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ดีที่สุด กำลังผลิตเฉลี่ย 66.22 กก./ชม. คัดขนาดได้ขนาดความโตที่ต้องการสูงสุดเฉลี่ย 65% (6 มม.) ขนาดโตกว่าที่ต้องการเฉลี่ย 9.24% (3-6 มม.) ขนาดเล็กกว่าที่ต้องการเฉลี่ย 24.30% (3-1 มม.) และไม่ได้ขนาดเฉลี่ย 0.49% (1 มม.-เป็นผง) ปริมาณน้ำที่ใช้เฉลี่ย 72.52 ลบ.ชม./กก.

ผลการทดลองจากตารางที่ 3 เครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพนี้มีประสิทธิภาพในการคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพกำลังผลิตเฉลี่ย 147.66 กก./ชม. ปริมาณตกค้างที่เครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยเฉลี่ย 2.47% คัดขนาดความโตที่เหมาะสมได้ถูกต้องเฉลี่ย 99.10% ไม่ถูกต้องเฉลี่ย 0.90% คัดขนาดโตกว่าที่ต้องการได้ถูกต้องเฉลี่ย 98.10% ไม่ถูกต้องเฉลี่ย 1.90% คัดขนาดเล็กกว่าที่ต้องการได้ถูกต้องเฉลี่ย 99.30% ไม่ถูกต้องเฉลี่ย 0.70% และคัดที่ไม่ได้ขนาดได้ถูกต้องเฉลี่ย 98.90% ไม่ถูกต้องเฉลี่ย 1.10%

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินหาระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อชุดเครื่องบดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครบรอบโดยภาพรวมสรุปได้ดังนี้ เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.51 ระดับดี ควรปรับปรุงในเรื่องการก่อกมลพิษทางอากาศ เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.72 ระดับดี และเครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.67 ระดับดี

จากตารางที่ 5 ข้อเสนอแนะของเกษตรกรที่มีต่อชุดเครื่องบดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครบรอบ สรุปได้ดังนี้ เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพควรปรับปรุงในเรื่องของฝุ่นละออง เสียงดัง และช่องปิดรูถึงบรรจุเล็กเกินไปตามลำดับ เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพควรปรับปรุงในเรื่องของเสียงดัง เครื่องสะเทือนและฝุ่นละออง ตามลำดับ และเครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ ควรปรับปรุงในเรื่อง

ของเครื่องสั่นสะเทือน ระดับรองเม็ดปุ๋ยต่ำเกินไป และเสียงดัง ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

ชุดเครื่องบดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครบรอบ ในแต่ละส่วนสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพ ที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ที่เพลลาใบมีด กำลังผลิตเฉลี่ย 40.62 กก./ชม. ปริมาณตกค้างที่เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพเฉลี่ย 2.88% เศษผงปุ๋ยชีวภาพที่เหลือจากการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 40 เฉลี่ย 14.30% ผลการประเมินอยู่ในระดับดี เครื่องบดปุ๋ยชีวภาพแบบจานที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที มุมเอียง 60° ของเพลลาจานบดกับระนาบแนวนอน กำลังผลิตเม็ดปุ๋ยชีวภาพโดยเฉลี่ย 66.22 กก./ชม. ขนาดความโตของเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่เหมาะสมระหว่าง 3-6 มม. เฉลี่ย 65.97% ขนาดความโตใหญ่กว่า 6 มม. เฉลี่ย 9.24% ขนาดความโตเล็กกว่า 3-1 มม. เฉลี่ย 26.30% ขนาดความโตเล็กกว่า 1 มม.-เป็นผงเฉลี่ย 0.49% ปริมาณน้ำที่ใช้ 72.52 ลบ.ชม./กก. และผลการประเมินระดับพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี เครื่องคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่ 360 รอบต่อนาที ที่เพลลาโยกชุดคัดมุมเอียง 8° กำลังผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 147.66 กก./ชม. ปริมาณเศษตกค้างที่เครื่องนี้ 2.47% ประสิทธิภาพในการคัดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพได้ถูกต้องทุกภาคมากกว่า 98% และคัดขนาดขนาดเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่ไม่ถูกต้องทุกภาคน้อยกว่า 2% และผลการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดีเพราะได้รับงบประมาณอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติงบประมาณแผ่นดินปี 2554 ขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

พิษณุโลก อาจารย์สุรีย์พร ใหญ่สง่า ที่ให้การอนุเคราะห์ และบุคคลอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์, ทวีพงษ์ พ้องเสียง และสุทธิพงษ์ ไชยมงคล. (2547). เครื่องต้นแบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่ใช้พลังงานต่ำ. มหาสารคาม: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ.(2548). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ spss.พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพฯ: บริษัท วี. อินเตอร์พรีนซ์. 99-116.

นิรนาม. (2549) ไฟฟ้าอุตสาหกรรม เรื่องน่ารู้สำหรับวิศวกร. (เล่มที่1). (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 37-39.

บทความ เครื่องจักรกลเกษตร. (2554).ชุดทำปุ๋ย (แบบจานปั่น): <http://www.ptg2552.com/index.php>. สืบค้น 12 สิงหาคม 2554.

พิทยา ภูมิวโคก. (2548). การสร้างเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดชีวภาพแบบสามหัวลูกรีดโดยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ซัฟพร้อมทั้งเครื่องตีเครื่องผสม.สกลนคร: สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถัดงาน (2522). การออกแบบเครื่องจักรกล. (เล่มที่ 1). (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ:บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 232-233.

