

การจัดการมูลสัตว์เพื่อสิ่งแวดล้อมชนบท

บรรจงศรี จีระวิพลวรรณ

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทงศักดิ์ แสงวัฒนาชัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ลำไย โกวิทยากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาพืชสวน

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีการแปรรูปมูลสัตว์ให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเป็นวิธีการที่จำเป็นและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะเป็นการลดมลภาวะและกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากมูลสัตว์แล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียเหล่านี้อีกด้วย การวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องอัดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบที่สามารถอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ ตัวเครื่องจะประกอบด้วย ถังผสมชนิดแกนนอนภายในติดตั้งใบกวน 7 ใบ ส่วนล่างของถังเป็นเกลียวลำเลียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สำหรับลำเลียงปุ๋ยไปยังอุปกรณ์อัดเม็ดที่ดัดแปลงมาจากเครื่องบดเนกประสงค์แบบมินเซอร์ และทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัดปุ๋ยที่ผ่านการอัดให้เป็นเม็ดที่บริเวณด้านหน้าของแผ่นหน้าเว้า เครื่องอัดปุ๋ยจะอาศัยต้นกำลังขนาด 1 แรงม้า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. และมีความยาว 10 มม. เครื่องอัดปุ๋ยอินทรีย์นี้สามารถอัดเม็ดปุ๋ยได้ 54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีความหนาแน่น 820 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้จะถูกนำไปทดลองใส่พืช 3 ชนิดคือ คენห่า มะเขือเทศ และป๊ายเซียน โดยปลูกในกระถางใช้ดินชุดยโสธร สูตรปุ๋ยทั้ง 5 ได้แก่

- ปุ๋ยสูตรที่ 1 ดินยโสธร (ตัวอย่างควบคุม)

- ปุ๋ยสูตรที่ 2 ดิน:ปุ๋ยเคมี (สูตร12-24-12)
- ปุ๋ยสูตรที่ 3 ดิน:มูลสุกร:ใบไม้บด ในอัตราส่วน 4:1:1
- ปุ๋ยสูตรที่ 4 ดิน:มูลสุกร:ใบไม้บด ในอัตราส่วน 4:1:1 + ปุ๋ยอัดเม็ด (มูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด อัตราส่วน 1:1:1) และ
- ปุ๋ยสูตรที่ 5 ดิน:มูลสุกร:ใบไม้บด ในอัตราส่วน 4:1:1 + ปุ๋ยอัดเม็ด (มูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด อัตราส่วน 1:2:1)

จากการทดลองเพื่อตรวจหาอัตราการเจริญเติบโต การออกดอก และน้ำหนักผลสด (เฉพาะมะเขือเทศ) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปุ๋ยอินทรีย์ สูตรที่ 3 4 และ 5 ได้ผลดีกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในด้านการแตกกิ่ง ออกดอก และน้ำหนักผลสด โดยสรุปแล้วผลการพัฒนาการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ สามารถลดปริมาตรมูลสัตว์ได้สองเท่า และเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Management of Animal Manure for Rural Environment

Banchongsri Jeeravipoolvarn

Associate Professor

Department of Agricultural Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Thanonsakdi Sangvatanachai

Assistant Professor

Department of Agricultural Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Dr. Lamyai Kowithayakorn

Assistant Professor

Department of Horticulure

Faculty of Agriculture Khon Kaen University

Abstract

Development of animal waste processing is necessary and useful not only to reduce the pollution but also increase the value of the animal waste. This research was conducted in faculty of Engineering and Agriculture, Khonkaen University. The study was divided into two parts: the first part was to develop animal waste mixture compression machine and the second part was to test the quality of animal waste mixture as a fertilizer. The animal waste mixture compression machine consists of horizontal mixing tank with 7 paddles and the compressor that compressed the animal mixture into a rod of 8 millimeter diameter and 10 millimeter long. The pill of animal waste mixture has density of 820 kilogram per cubic meter that is 2.04 times greater than the density of the original mixture.

5 formulas were developed and tested :

- Formula 1 Soil (control)
- Formula 2 Soil:Chemical Fertilizer (12-24-12)
- Formula 3 Soil:Pig manure:Minced leave 4:1:1
- Formula 4 Soil:Pig manure:Minced leave 4:1:1 + Mixture pill
(Pig manure:Chicken manure:Minced leave 1:1:1)
- Formula 5 Soil:Pig manure:Minced leave 4:1:1 + Mixture pill
(Pig manure : Chicken manure : Minced leave 1:2:1)

The results showed that the growth rate using organic manure from Formula 1 and Formula 2 was not statistically significant, but that derived from Formula 3, 4 and 5 were statistically significant in branches, flowering and fresh fruit weight. Consequently the development of animal manure for an granules production and machine can reduce the animal manure volume down to a half and statistically significant increase the productivity.

บทนำ

ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งของการทำเกษตรกรรมคือ ดิน ซึ่งคุณภาพของดินจะเป็นตัวแปรสำคัญอย่างหนึ่งที่ชี้ผลสำเร็จในการทำเกษตรกรรม การปรับปรุงคุณภาพดินจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก โดยสามารถปฏิบัติด้วยการไถพรวนดิน การให้น้ำ รวมถึงการใส่ปุ๋ยซึ่งมีให้เลือกใช้ทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี การพัฒนาวิธีการแปรรูปมูลสัตว์ให้เป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เป็นวิธีการหนึ่งที่ดีและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะเนื่องจากการเป็นการลดปริมาณและลดมลภาวะ โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการเพื่อพัฒนาการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสม และเป็นการพัฒนาที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่เหมาะสมกับชาวบ้านเกษตรกรผู้ที่ใช้งานได้จริง ด้วยเทคโนโลยีง่ายๆ ไม่ยุ่งยาก สามารถสร้างได้โดยอาศัยวัสดุที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งานและการซ่อมแซมได้ด้วยตัวของเกษตรกรเอง ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้นำไปใส่กับพืชทดลอง เพื่อตรวจสอบผลของปุ๋ยว่ามีผลต่อพืชและดินอย่างไร โดยได้เลือกพืชเศรษฐกิจในใบ กินผล ได้ดอก มา 3 ประเภทได้แก่ กล้วยทอด มะเขือเทศ และโป๊ยเซียน ผลที่ได้จากการวิจัยจะก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยคอกที่ทันสมัยจากหน่วยงานทางวิชาการสู่เกษตรกร ผู้ที่สนใจงานพัฒนาการเกษตรทั่วไป และงานอุตสาหกรรมขนาดย่อย อีกทั้งเพื่อขยายฐานในด้านวิศวกรรมเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและส่งเสริมให้เกษตรกรได้เรียนรู้วิทยาการใหม่ๆ และได้เห็นประโยชน์ของการมีอาชีพที่ยั่งยืน ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาการเกษตรในที่สุด

วิธีการวิจัย

การสร้างเครื่องปุ๋ยอัดเม็ด

1. การประเมินผลเบื้องต้นการอัดเม็ดโดยเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์

เครื่องต้นแบบได้พัฒนาจากเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์ (ความหนาแน่นของวัสดุ) โดยติดใบตัดบริเวณหน้าแวน วัสดุผสมมีความชื้นมากกว่า 30% ขึ้นไป สูตรของวัสดุที่ใช้ประกอบด้วย มูลหมู:มูลไก่:เศษใบไม้บด ในอัตราส่วน 1:1:1 ความเร็วรอบของเพลาลูกที่ 100 รอบต่อนาที ต้นกำลังที่ใช้ในการทดสอบมาจากมอเตอร์ไฮดรอลิก

2. การปรับปรุงเพิ่มความสามารถในการอัดของเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์

การเพิ่มความหนาของหน้าแวน การเปลี่ยนแปลงลักษณะของรูหน้าแวนให้เป็นแบบกรวยเพื่อให้วัสดุที่เข้าไปในหน้าแวนเกิดการอัดตัว ทำการทดสอบทั้งหมด 3 หน้าแวน รูปแบบละ 3 ซ้ำคือ หน้าแวนที่ยังไม่ได้ปรับปรุง หน้าแวนที่เพิ่มความหนาขึ้น 0.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว ตามลำดับ และหาความเร็วรอบเพลลาอัดที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องทดสอบเมื่อทำการปรับปรุงเสร็จ

3. การหาความเร็วรอบของเพลลาอัดที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องต้นแบบ

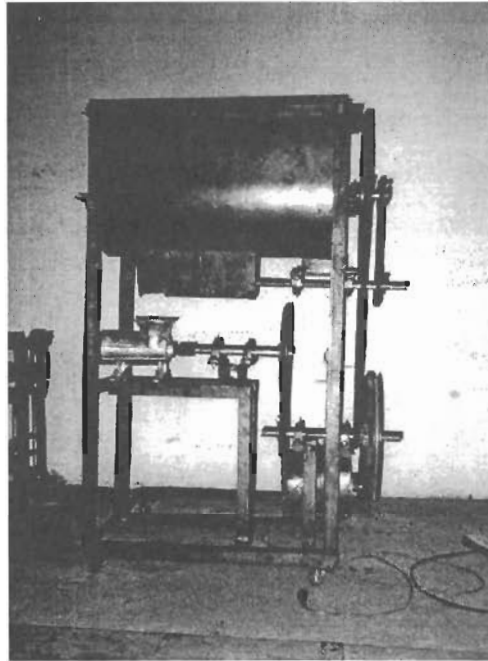
การทดลองดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดอัตราการการทำงานที่เหมาะสมกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ และเพื่อเป็นการหาอัตราป้อนที่เหมาะสมโดยดูจากลักษณะเม็ดปุ๋ยที่ได้และความสะดวกในการทำงานและความสามารถในการอัดของเครื่อง ค่าความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบจะอยู่ระหว่าง 80-120 รอบต่อนาที โดยแบ่งเป็น 3 ระดับความเร็วคือ 80 100 และ 120 รอบต่อนาที โดยทดสอบ 3 ครั้งในแต่ละความเร็วรอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การทดสอบนี้ต้องการหาค่าความเร็วรอบของเพลลาอัดที่เหมาะสมสำหรับการอัดเม็ดปุ๋ย ดังนั้น จะมีค่าความหนาแน่นของปุ๋ย ความสามารถในการทำงาน และลักษณะการทำงานของเครื่องเป็นค่าชี้ผลการศึกษา

4. การออกแบบสร้าง

เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยหมักต้นแบบจะมีส่วนประกอบในการทำงานต่างๆ มีดังนี้ (รูปที่ 1)

- ก) ส่วนผสมปุ๋ย เป็นถังผสมแบบแกนนอน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. ความสูง 45 ซม. ความยาว 80 ซม. เพลากวนวัสดุมีขนาด 2.54 ซม. ติดตั้งใบกวน (paddle) จำนวน 7 ใบ ด้านล่างของถังบริเวณส่วนกลางมีช่องเปิดสำหรับปล่อยวัสดุออกจากถัง
- ข) อุปกรณ์ลำเลียง หลังจากผสมวัสดุในถังผสมถูกปล่อยลงตามช่องด้านล่างถึงลงสู่อุปกรณ์ลำเลียง ซึ่งเป็นแบบเกลียวลำเลียง (screw conveyor) วางอยู่ในรางรูปตัวยู (U-shaped trough) การออกแบบจะทำตามข้อแนะนำของ ASAE Engineering Practice EP 389 (1891-1982) เกลียวลำเลียงจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา 2 ซม. และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกของเกลียวเป็น 10 ซม. และมีระยะเกลียว 10 ซม.

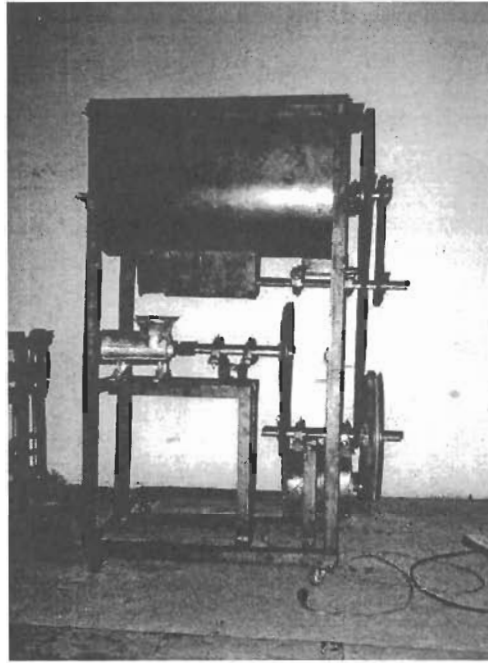


รูปที่ 1 เครื่องอัดปุ๋ยเม็ดต้นแบบ

- ค) อุปกรณ์อัดเม็ด เป็นอุปกรณ์แบบมินเซอร์ (mincer) เบอร์ 32 ปลายด้านทางออกของหน้าแวนจะติดใบมีดสำหรับตัดวัสดุที่ผ่านออกมาจากหน้าแวน เลือกใช้ขนาดหน้าแวน 8 มม. เนื่องจากเป็นขนาดที่นักวิชาการเกษตรระบุว่าเหมาะสมกับพืชทดสอบ
- ง) ชุดต้นกำลัง ในการออกแบบเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดจะใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยกำหนดให้ทำงานที่ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที ผ่านระบบขับเคลื่อนและระบบทดกำลัง

5. การประเมินผลเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ

เพื่อหาสมรรถนะในการทำงานของเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด และระบุข้อจำกัดในการทำงานของเครื่อง การประเมินผลเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด จะทำการทดสอบที่อัตราส่วนผสมต่อหน่วยน้ำหนักของ มูลไก่:มูลสุกร:ใบไม้แห้งบด ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยทำการทดสอบอย่างละ 9 กิโลกรัม และเตรียมน้ำสำหรับผสมให้ความชื้นวัสดุมากกว่า 30% แล้วนำส่วนผสมทั้งสามเทผสมลงในถังผสม



รูปที่ 1 เครื่องอัดปุ๋ยเม็ดต้นแบบ

- ค) อุปกรณ์อัดเม็ด เป็นอุปกรณ์แบบมินเซอร์ (mincer) เบอร์ 32 ปลายด้านทางออกของหน้าแวนจะติดใบมีดสำหรับตัดวัสดุที่ผ่านออกมาจากหน้าแวน เลือกใช้ขนาดหน้าแวน 8 มม. เนื่องจากเป็นขนาดที่นักวิชาการเกษตรระบุว่าเหมาะสมกับพืชทดสอบ
- ง) ชุดต้นกำลัง ในการออกแบบเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดจะใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยกำหนดให้ทำงานที่ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที ผ่านระบบขับเคลื่อนและระบบทดกำลัง

5. การประเมินผลเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ

เพื่อหาสมรรถนะในการทำงานของเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด และระบุข้อจำกัดในการทำงานของเครื่อง การประเมินผลเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด จะทำการทดสอบที่อัตราส่วนผสมต่อหน่วยน้ำหนักของ มูลไก่:มูลสุกร:ใบไม้แห้งบด ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยทำการทดสอบอย่างละ 9 กิโลกรัม และเตรียมน้ำสำหรับผสมให้ความชื้นวัสดุมากกว่า 30% แล้วนำส่วนผสมทั้งสามเทผสมลงในถังผสม

2 นาที่ ให้วัสดุคลุกเคล้าจนเข้ากัน จากนั้น เติมน้ำลงไปประมาณ 12 กิโลกรัม ทำการผสมประมาณ 5 นาที จึงนำไปทำการอัด เก็บตัวอย่างปุ๋ยก่อนทำการอัดเพื่อนำไปหาความชื้น ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกปล่อยลงมาสู่เกลียวลำเลียง สุ่มจับเวลา และเก็บตัวอย่างปุ๋ยอัดเม็ดเพื่อนำไปทำการหาความสามารถในการทำงาน และหาความหนาแน่นของปุ๋ยเม็ดที่อัดได้ โดยบันทึกน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การลดปริมาตรปุ๋ยอัดเม็ด เปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของวัสดุที่เพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพดินผสมสูตรต่างๆ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพดินผสมสูตรต่างๆ จะพิจารณาจากการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช 3 ชนิดคือ ผักกินใบ (คะน้ายอด) ผักกินผล (มะเขือเทศ) และไม้ดอก (โป๊ยเซียน พันธุ์ที่ใช้เป็นต้นตอคือพันธุ์แดงอุดม) ในการทดสอบพืชทั้ง 3 ชนิด จะใช้แผนการทดลองเดียวกันคือ แผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 5 หน่วยทดลอง (treatment) แต่ละหน่วยทดลองมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 6 กระถาง (คะน้ายอด และโป๊ยเซียน ใช้กระถางขนาด 10 นิ้ว ส่วนมะเขือเทศจะใช้กระถางขนาด 12 นิ้ว) หน่วยทดลองประกอบด้วยวัสดุปลูกและ/หรือสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 ชนิด คือ

- หน่วยทดลอง T1 ดินเพียงอย่างเดียว (control)
- หน่วยทดลอง T2 ดินผสมปุ๋ยเคมี 12-24-12 อัตรา 50 กก.ต่อไร่ (1.6 กรัมและ 2.3 กรัมต่อกระถางขนาด 10 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ)
- หน่วยทดลอง T3 ดินผสมมูลสุกรและเศษใบไม้บด อัตรา 4:1:1
- หน่วยทดลอง T4 ดินผสมเช่นเดียวกับ T3 โดยเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตร มูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด 1:1:1 อัตรา 3 ตันต่อไร่ 93.8 กรัมต่อกระถาง (คะน้าและโป๊ยเซียน) 136.9 กรัมต่อกระถาง(มะเขือเทศ) ใส่ 1 ครั้งสำหรับคะน้า(สัปดาห์ที่ 2) และแบ่งใส่ 2 ครั้ง สำหรับมะเขือเทศและโป๊ยเซียน(สัปดาห์ที่ 2 และ 6)
- หน่วยทดลอง T5 ดินผสมเช่นเดียวกับ T3 โดยเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตร มูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด 1:2:1 อัตรา 3 ตันต่อไร่ 93.8 กรัมต่อกระถาง (คะน้าและ

2 นาที่ให้วัสดุคลุกเคล้าจนเข้ากัน จากนั้น เติมน้ำลงไปประมาณ 12 กิโลกรัม ทำการผสมประมาณ 5 นาที จึงนำไปทำการอัด เก็บตัวอย่างปุ๋ยก่อนทำการอัดเพื่อนำไปหาความชื้น ปุ๋ยที่ผสมแล้วจะถูกปล่อยลงมาสู่เกลียวลำเลียง สุ่มจับเวลา และเก็บตัวอย่างปุ๋ยอัดเม็ดเพื่อนำไปทำการหาความสามารถในการทำงาน และหาความหนาแน่นของปุ๋ยเม็ดที่อัดได้ โดยบันทึกน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง เพอร์เซ็นต์การลดปริมาตรปุ๋ยอัดเม็ด เปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของวัสดุที่เพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพดินผสมสูตรต่างๆ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพดินผสมสูตรต่างๆ จะพิจารณาจากการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช 3 ชนิดคือ ผักกาดขาว (คะน้ายอด) ผักกาดปลี (มะเขือเทศ) และไม้ดอก (โป๊ยเซียน) พันธุ์ที่ใช้เป็นต้นตอคือพันธุ์แดงอุดม ในการทดสอบพืชทั้ง 3 ชนิด จะใช้แผนการทดลองเดียวกันคือ แผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 5 หน่วยทดลอง (treatment) แต่ละหน่วยทดลองมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 6 กระถาง (คะน้ายอด และโป๊ยเซียน ใช้กระถางขนาด 10 นิ้ว ส่วนมะเขือเทศจะใช้กระถางขนาด 12 นิ้ว) หน่วยทดลองประกอบด้วยวัสดุปลูกและ/หรือสูตรปุ๋ยที่แตกต่างกัน 5 ชนิด คือ

- หน่วยทดลอง T1 ดินเพียงอย่างเดียว (control)
- หน่วยทดลอง T2 ดินผสมปุ๋ยเคมี 12-24-12 อัตรา 50 กก.ต่อไร่ (1.6 กรัมและ 2.3 กรัมต่อกระถางขนาด 10 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ)
- หน่วยทดลอง T3 ดินผสมมูลสุกรและเศษใบไม้บด อัตรา 4:1:1
- หน่วยทดลอง T4 ดินผสมเช่นเดียวกับ T3 โดยเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตร มูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด 1:1:1 อัตรา 3 ตันต่อไร่ 93.8 กรัมต่อกระถาง (คะน้าและโป๊ยเซียน) 136.9 กรัมต่อกระถาง(มะเขือเทศ) ใส่ 1 ครั้งสำหรับคะน้า(สัปดาห์ที่ 2) และแบ่งใส่ 2 ครั้ง สำหรับมะเขือเทศและโป๊ยเซียน(สัปดาห์ที่ 2 และ 6)
- หน่วยทดลอง T5 ดินผสมเช่นเดียวกับ T3 โดยเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตร มูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด 1:2:1 อัตรา 3 ตันต่อไร่ 93.8 กรัมต่อกระถาง (คะน้าและ

โป๊ยเซียน) 136.9 กรัมต่อกระถาง (มะเขือเทศ) ใส่ 1 ครั้งสำหรับคะน้า (สัปดาห์ที่ 2) และแบ่งใส่ 2 ครั้ง สำหรับมะเขือเทศและโป๊ยเซียน (สัปดาห์ที่ 2 และ 6)

บันทึกข้อมูลพืชทั้ง 3 ชนิดคือ บันทึกการเจริญเติบโต น้ำหนักผลผลิต น้ำหนักสด-แห้ง ของต้นและราก

ผลการวิจัย

การสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์

1. ผลการประเมินความสามารถในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์

ผลจากการศึกษาพบว่าเครื่องอัดแบบมินเซอร์สามารถใช้งานได้ดีสำหรับการอัดเม็ดปุ๋ย ซึ่งสามารถทำให้ความหนาแน่นปุ๋ยเพิ่มขึ้นได้ถึง 189.5% โดยไม่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติม ในขณะทีลักษณะเนื้อปุ๋ยที่อัดได้จะมีความละเอียดเนื่องจากเครื่องอัดเม็ดมีความสามารถดัวสตุไปด้วยในตัว ซึ่งเป็นผลดีต่อพืชเมื่อนำไปใช้เนื่องจากเนื้อปุ๋ยมีความสม่ำเสมอเหมือนกันหมด

2. ผลการทดสอบปรับปรุงเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของเครื่อง

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นโดยกราฟความสัมพันธ์ของความสามารถในการทำงานและความหนาแน่นของปุ๋ยเม็ดที่เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น (รูปที่ 2) จากกราฟจะพบว่า ความสามารถในการทำงานจะลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปุ๋ยอัดเม็ดจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดยที่ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น 0.5 และ 1 นิ้ว จะมีความสามารถในการทำงานใกล้เคียงกัน แต่ที่ความหนา 1 นิ้ว จะเกิดการติดขัดในขณะทำการอัด ดังนั้น จึงเลือกปรับปรุงเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดแบบมินเซอร์ โดยการเพิ่มความหนาแน่นอีก 0.5 นิ้ว ซึ่งจะทำให้ได้ปุ๋ยอัดเม็ดที่มีความหนาแน่นปุ๋ยประมาณ 836 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราการทำงาน 52 กิโลกรัมปุ๋ยอัดเม็ดแห้ง/ชั่วโมง เมื่อใช้ความเร็วรอบเพลลาอัด 100 รอบต่อนาที

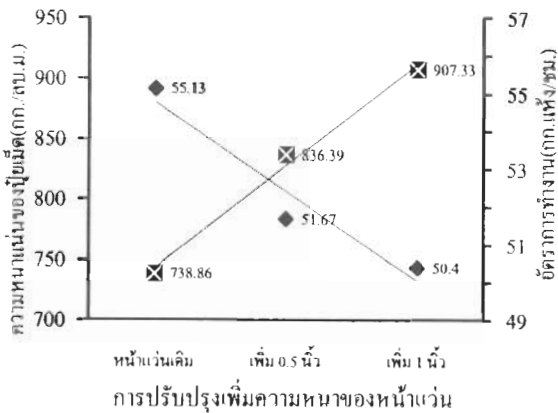
3. ความเร็วรอบเพลลาอัดที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด

การทดสอบเพื่อหาความเร็วรอบเพลลาอัดที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดแบบมินเซอร์เมื่อทำการปรับปรุงโดยเพิ่มความหนาแน่นขึ้นอีก 0.5 นิ้ว ผลการทดสอบดังแสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานและลักษณะการทำงานของ

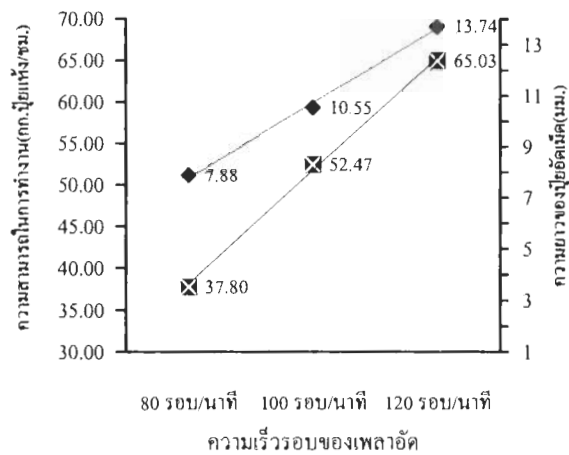
เครื่อง โดยเปรียบเทียบจากความยาวของปุ๋ยเม็ดเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของเพลาลัด (รูปที่ 3) จากกราฟจะพบว่า ความสามารถในการทำงานจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเพลาลัดที่เพิ่มขึ้น และความยาวของเม็ดปุ๋ยก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาทั้งความยาวปุ๋ยที่ต้องการ และลักษณะการทำงานประกอบกันจะพบว่า ที่ความเร็วรอบเพลาลัด 100 รอบต่อนาที จะสามารถอัดปุ๋ยเม็ดที่มีความยาวประมาณ 10 มม. และสามารถทำงานได้สะดวกกว่าความเร็วรอบเพลาลัดอื่น ดังนั้น จึงเลือกความเร็วรอบเพลาลัดที่ 100 รอบต่อนาที เป็นความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ

ตารางที่ 1
ผลการประเมินความสามารถในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้เครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์

รายการข้อมูล	ปริมาณ	หน่วย
1 อัตราการทำงานเฉลี่ย		
1.1 ปุ๋ยอัดเม็ดเปียก	79.5	กก. / ชั่วโมง
1.2 ปุ๋ยอัดเม็ดแห้ง	51.7	กก. / ชั่วโมง
2 ความหนาแน่นปุ๋ยเฉลี่ย		
2.1 ก่อนทำการอัด	393.33	กก. / เมตร ³
2.2 หลังอัดเม็ด	745.40	กก. / เมตร ³
3 เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น	189.5	เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2 ความสามารถการทำงานและความหนาแน่นปุ๋ยเม็ดที่เปลี่ยนไปเมื่อทดสอบที่ความหนาหน้าแวนต่าง ๆ



ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลการทดสอบหาความเร็วรอบเพลาลูกที่เหมาะสมสำหรับอัดเม็ด

4. สรุปผลการศึกษาในขั้นตอนการประเมินผลเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดต้นแบบ

เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยหมักต้นแบบจะมีความสามารถในการทำงาน ดังรายละเอียดสรุปที่ได้จากการทดลองที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

ผลการทดสอบประเมินผลเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดต้นแบบ

รายการข้อมูล	ปริมาณ	หน่วย
1. อัตราการทำงานเฉลี่ย		
1.1 ปุ๋ยอัดเม็ดเปียก	80.9	กก. / ชั่วโมง.
1.2 ปุ๋ยอัดเม็ดแห้ง	53.6	กก. / ชั่วโมง.
2. ความหนาแน่นปุ๋ยเฉลี่ย		
2.1 ก่อนทำการอัด	402.16	กก. / เมตร ³
2.2 หลังอัดเม็ด	820.99	กก. / เมตร ³
3. เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น	204.14	เปอร์เซ็นต์

ผลการทดสอบปุ๋ยอัดเม็ดกับพืชทดลอง

การทดลองและวิจารณ์ จะพิจารณาแยกจากพืชแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดสอบคือ คะน้ายอด มะเขือเทศ และโป๊ยเซียน ตามลำดับดังนี้

1. คะน้ายอด

อิทธิพลของวัสดุปลูก อัตราปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชจะศึกษาจากความสูงของลำต้น และจำนวนใบของคะน้ายอด ที่อายุ 2 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเก็บคะน้าที่อายุ 6 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกในหน่วยทดลองสูตรที่ 4 และ 5 (T4 และ T5) คือ เพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา มูลสุกร:มูลไก่:เศษใบไม้บด 1:1:1 และ 1:2:1 ตามลำดับ ทำให้คะน้ามีน้ำหนักสดต่อต้นสูงสุด (60.73 และ 57.88 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ซึ่งสูงกว่าคะน้าที่ปลูกโดยหน่วยทดลองที่ 1 2 และ 3 (0.83 10.98 และ 42.76 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ

น้ำหนักสด-แห้งของต้นและราก พบว่า หน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 ซึ่งประกอบด้วยดินผสมปุ๋ยคอกและเศษใบไม้บด ทำให้น้ำหนักสด-แห้งของต้น และรากคะน้ามีค่าสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งปราศจากปุ๋ยคอกและอินทรีย์วัตถุจากใบไม้ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ โดยการทดลองนี้ได้แสดงถึงผลตอบสนองที่แตกต่างกับระหว่างการใช้ปุ๋ยสารเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ในการปลูกพืชระดับกระถางคือ ปุ๋ยเคมีจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตต่อย่อกว่าปุ๋ยมูลสัตว์

2. มะเขือเทศ

ผลการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของวัสดุปลูกและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนดอก ผล และน้ำหนักผล ตลอดจนน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก พบว่า ความสูงโดยเฉลี่ยของมะเขือเทศในหน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 ทำให้มะเขือเทศมีลำต้นสูงโดยเฉลี่ย (29.3-30.8 เซนติเมตร) ซึ่งสูงกว่ามะเขือเทศจากหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 ที่มีความสูง 18.3 และ 21.3 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของวัสดุปลูกและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดพบว่า หน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 ที่วัสดุปลูกประกอบไปด้วยดิน ปุ๋ยคอก และเศษใบไม้บด และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (T4 และ T5) ทำให้ต้นมะเขือเทศแตกกิ่งก้านสาขามากกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของจำนวนกิ่งต่อต้นพบว่าหน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 มีค่าเฉลี่ยเป็น 8 -9 กิ่งต่อต้น ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งมีค่า 4.7 และ 5.2 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ

การบานของดอกแรกปรากฏว่าหน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 ใช้เวลา 23 24 และ 25 วัน หลังการย้ายปลูก ซึ่งจะเร็วกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 ที่ใช้เวลานานคือ 36 และ 33 วัน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากจำนวนดอกสะสม จำนวนดอกทั้งหมด และน้ำหนักผลต่อต้นพบว่า หน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 ให้จำนวนดอกจำนวนผลและน้ำหนักผลต่อต้นสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ หน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 ให้จำนวนดอกต่อต้นใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 44-49 ดอก ซึ่งสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 1 (21 และ 8 ดอก ตามลำดับ) การใช้ดินผสมปุ๋ยคอก ใบไม้บด ทำให้จำนวนและน้ำหนักผลของมะเขือเทศสูงกว่าการปลูกโดยใช้ดินผสมปุ๋ยเคมีและการใช้ดินปลูกล้วนๆประมาณ 2.5-3 เท่า

ผลการบันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากเมื่ออายุ 84 วันหลังย้ายปลูก พบว่าน้ำหนักสดของต้นมะเขือเทศจากหน่วยทดลองที่ 5 มีค่าสูงสุดคือ 174.4 กรัมต่อต้น และมีค่าแตกต่างจากหน่วยทดลองที่ 3 และ 4 (158.16 และ 164.27 กรัมต่อต้น) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ส่วนน้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของต้น และรากของมะเขือเทศที่ปลูกในหน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 มีค่าสูงกว่าและแตกต่างจากของมะเขือเทศที่ปลูกในหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ผลของการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ในดินส่งผลให้เกิดการออกดอกติดผลดีกว่า การใช้ปุ๋ยเคมี

3. โป๊ยะเซียน

การศึกษาผลของวัสดุปลูกและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดต่อการพัฒนาการของไม้ดอก โป๊ยะเซียน ได้ศึกษาข้อมูลทางการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของลำต้น การแตกกิ่งแขนง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น พบว่าระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโตของโป๊ยะเซียน (สัปดาห์ที่ 2-6) วัสดุปลูกและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้น

แต่เมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์หลังปลูกพบว่า หน่วยทดลองที่ 4 และ 5 มีผลทำให้ต้นโป๊ยเซียนสูงกว่า ต้นโป๊ยเซียนที่ปลูกในดินเพียงอย่างเดียว (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหลังจากนั้นจนถึงสัปดาห์ที่ 18 พบว่า หน่วยทดลองที่ 4 และ 5 มีผลทำให้โป๊ยเซียนมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงแตกต่างจากหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติคือ ในสัปดาห์ที่ 16 ต้นโป๊ยเซียนจากหน่วยทดลองที่ 5 มีความสูงที่สุดคือ 24.17 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นโป๊ยเซียนจากหน่วยทดลองที่ 1 มีความสูงน้อยที่สุดเพียง 15.39 เซนติเมตร การแตกแขนงของโป๊ยเซียนเริ่มที่อายุ 6 สัปดาห์ หน่วยทดลองที่ 4 และ 5 วัสดุปลูกและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีผลต่อการแตกกิ่งแขนงอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ เมื่อต้นโป๊ยเซียนอายุ 16 สัปดาห์หน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 มีการแตกกิ่งแขนงประมาณ 3.5-3.7 กิ่งต่อต้น ขณะที่หน่วยทดลองที่ 1 ซึ่งปลูกในดินเพียงอย่างเดียวทำให้กิ่งแขนงต่ำสุดคือเฉลี่ย 1 กิ่งต่อต้น

การที่จะให้ได้โป๊ยเซียนที่มีลักษณะที่ดั่งนั้น สมบัติของวัสดุปลูกและสูตรปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจะมีผลทำให้พืชแตกกิ่งแขนงเป็นจำนวนมาก และมีลำต้นอวบและขนาดใหญ่ไม่แคระแกรนจากการใช้วัสดุปลูกคือ ส่วนผสมของดิน:มูลสุกร:ใบไม้บด ในอัตราส่วน 4:1:1 (T3) ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรมูลสุกร:มูลไก่:ใบไม้บด สูตร 1:1:1 (T4) หรือ 1:2:1 (T5) ทั้งนี้เนื่องจาก หน่วยทดลองสูตรที่ 3 เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุแล้วมีค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุประมาณ 1.6 เปอร์เซ็นต์ มีธาตุอาหาร %N %P และ %K เพิ่มขึ้นและที่สำคัญค่า CEC เพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าคือ เพิ่มขึ้นจาก 5.98 เป็น 11.18 meq/100 gm soil ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการยึดแร่ธาตุอาหารไว้ สำหรับหน่วยทดลองที่ 4 และ 5 ให้ผลไม่แตกต่างจากหน่วยทดลองที่ 3 อีกทั้งวิเคราะห์พบว่า มูลไก่มีค่า CEC สูงถึง 51.10 meq/100 gm soil ซึ่งเป็นค่าสูงสุด และรองลงมาได้แก่เศษใบไม้บด และมูลสุกรคือ 29.14 และ 19.15 meq/100 gm soil ตามลำดับ

สรุปอภิปรายและข้อเสนอแนะผลการวิจัย

การสร้างเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด

การทดสอบอัดปุ๋ยเม็ดโดยใช้เครื่องอัดแบบมินเซอร์ (เบอร์ 32) พบว่า เครื่องอัดปุ๋ยเม็ดแบบมินเซอร์เมื่อทำการปรับปรุงโดยเพิ่มความหนาหน้าแวนอีก 0.5 นิ้ว มีความเหมาะสมใน

การอัดที่ความเร็วรอบเพลลาต์ 100 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถอัดปุ๋ยให้มีความยาวของเม็ดปุ๋ยสม่ำเสมอ ประมาณ 10 มิลลิเมตร คือ ลักษณะปุ๋ยไม่สั้นเกินไปเหมือนที่ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที และไม่ยาวเกินไปเหมือนความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที อีกทั้งยังไม่เกิดการติดขัดในการทำงาน ต่างจากการเพิ่มความหนาหน้าแวนทดสอบ 1 นิ้ว

เครื่องอัดปุ๋ยเม็ดต้นแบบสำหรับทำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ส่วนผสมปุ๋ย ส่วนลำเลียงปุ๋ย และส่วนอัดเม็ดปุ๋ย อาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าและถ่ายทอดกำลังโดยอาศัยสายพานทั้งหมด มีความสามารถในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ย 80.9 กิโลกรัม (ปุ๋ยเปียก) ต่อชั่วโมง หรือ 53.6 กิโลกรัม (ปุ๋ยแห้ง) ต่อชั่วโมง ปุ๋ยเม็ดที่อัดผ่านรูหน้าแวนขนาด 8 มิลลิเมตร มีความยาวเฉลี่ย 10.55 มิลลิเมตร จากการทดสอบการทำงานจริงของเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดพบว่าในส่วนของการอัดเม็ดยังพบปัญหาในส่วนของการถ่ายทอดกำลังโดยใช้สายพานเพราะยังเกิดการลื่นหมุนฟรีของมุลได้ การแก้ไขปัญหาดังกล่าวอาจแก้ไขโดยเปลี่ยนชุดถ่ายทอดกำลังเป็นระบบโซ่ แต่มีข้อควรระวังคือหากเกิดการติดขัดอาจเกิดอันตรายกับมอเตอร์ต้นกำลังได้ ระบบเกลียวลำเลียงไม่สามารถลำเลียงปุ๋ยได้สม่ำเสมอเพราะเกิดการติดขัดภายในจึงควรเปลี่ยนส่วนลำเลียงเป็นแบบอื่นที่มีความสามารถลำเลียงวัสดุที่เปียกชื้นได้ดีกว่า เช่นสายพานลำเลียง เป็นต้น

นอกจากนั้นถึงผสมปุ๋ยหลังจากที่ผสมเป็นระยะเวลานานจะมีผลทำให้ปุ๋ยรวมกันเป็นก้อนได้ ทำให้ไม่สามารถปล่อยลงสู่ส่วนลำเลียงได้สะดวก จึงควรเพิ่มอุปกรณ์หยุดใบกวนเมื่อต้องการหรือมีการลำเลียงปุ๋ยลงสู่ส่วนอัดให้เร็วขึ้น

การทดสอบปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดกับ คენำยอด มะเขือเทศและเป็ยเขียน

การปลูกพืชผักในกระถางและพืชกระถางที่ต้องการความสวยงามนั้น ดินในกระถางควรที่จะมีความร่วนซุย ดินไม่จับตัวกันแน่น อีกทั้งมีปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการพอเหมาะต่อการเจริญเติบโต คือดินผสมที่ประกอบด้วยมูลสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบ ในหน่วยทดลองที่มีดิน: มูลสุกร:เศษใบไม้บด อัตรา 4:1:1 โดยมูลสุกรและใบไม้บดทำให้เกิดความร่วนซุยและการระบายน้ำในดิน ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีผสมในดินปลูก ดังการทดลองในค่นำและมะเขือเทศ ที่ใช้ดินผสมปุ๋ยมูลสัตว์ ในหน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 มีการเจริญเติบโตทางลำต้นดีกว่า ดินเพียงอย่างเดียว และดินผสมปุ๋ยเคมีในหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับที่ชะงักการเจริญเติบโต แคระแกรน

ทางลำต้น จึงส่งผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นและรากที่ของหน่วยทดลองที่ 3 4 และ 5 มีค่าสูงกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 แต่ในส่วนของใบเขียนนั้นหน่วยทดลองที่ 1 และ 2 การเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ชะงัก หรือแคระแกรน เนื่องจากใบเขียนมีความทนต่อสภาพดินปลูกที่มีแร่ธาตุอาหารต่ำได้ดี ส่วนการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ให้กับพืชทั้ง 3 ชนิดในระหว่างการปลูกมีผลการเจริญเติบโตทางลำต้นดีกว่าหน่วยทดลองอื่นๆ เป็นผลเนื่องจาก ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่เพิ่มเข้าไปส่งผลต่อความสามารถของดินในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อีกทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะในปุ๋ยอัดเม็ดมีค่า CEC เท่ากับ 25 และ 32.32 meq/100 gm soil ในสูตร 1:1:1 และ 1:2:1 ตามลำดับ เมื่อเทียบค่าของดินผสมปุ๋ยมูลสุกร และดินผสมปุ๋ยเคมีก่อนปลูกจะพบว่าค่า CEC เท่ากับ 11.18 และ 6.34 meq/100 gm soil ตามลำดับ อีกทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ ซึ่งจากค่าทั้งหมดนั้นแสดงให้เห็นถึงการใช้ดินผสมมูลสุกรทำให้ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารจำเป็นของพืชในการนำไปใช้ได้ดีกว่าการใช้ดินที่ผสมปุ๋ยเคมีอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในหน่วยทดลองที่ 4 และ 5

บรรณานุกรม

- [1] กล้า สมตระกูล (2536) **เกษตรธรรมชาติ** เทคโนโลยีเกษตรแผนใหม่. ปีที่ 1(1) หน้า 6-18.
- [2] ชนิษฐา อันธธสง (2541) **อิทธิพลของดินผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- [3] ปรัชญา ธัญญาดี (2536) **ความจำเป็นในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์กับพืชและสิ่งแวดล้อม** ชาวเกษตร. 12(139): 15-25.
- [4] ประดุงเทพ แก่นมณี (2536) **เกษตรกรประเทศออสเตรเลียสะดวกใจใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด** เทคโนโลยีเกษตรแผนใหม่. 1(1): 35.
- [5] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2541) **ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดสินค้า**
- [6] **เกษตรที่สำคัญ** เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 10 / 2541 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ ฯ.

- [7] สัมฤทธิ์ เพื่องจันทร์ (2538) **ธาตุอาหารพืชสวน** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- [8] สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ (2527) **ปุ๋ยอินทรีย์กับปุ๋ยเคมีอย่างไหนดีกว่ากัน** ชาวเกษตร 3(22) : 17-18.
- [9] เสมอขวัญ ตันติกุล (2536) **การออกแบบและประเมินผลเครื่องอัดแท่งปุ๋ยคอก** วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเครื่องจักรกลเกษตร คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น