เครื่องย่อยใบไม้

เสรี วงส์พิเชษฐ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สมโภชน์ สุดาจันทร์
อาจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศิริศักดิ์ แก้วมณี **เตชิต ผ่องแผ้ว**
นันทพล ลาเสือ **ขวัญชัย แสนร่มเย็น**
นักศึกษาปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การลดขนาดใบไม้ก่อนนำไปทำปุ๋ยหมักช่วยลดระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมักได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ใช้ปุ๋ยหมักเป็นอย่างมาก วัตถุประสงค์ของโครงการนเป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรสำคัญๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยใบไม้ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและปรับปรุงเครื่องย่อยใบไม้ ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ควรใช้ถังป้อนแบบมีใบพัดช่วยป้อน โดยมีความเร็วเชิงเส้นของปลายใบพัด 0.2-0.3 เท่าของความเร็วชี่ตี
2. ควรใช้ชี่ตีแบบมีคมบนสันของชี่ตี โดยมีความเร็วเชิงเส้นของปลายชี่ตี 40.21-44.23 ม./วินาที
3. ควรใช้ตะแกรงเหล็กเส้น ซึ่งมีขนาดของรูตะแกรงในช่วง 24x24-32x24 มม.^{2}
4. สมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยใบไม้

- อัตราการย่อยใบไม้ 700 - 1100 กก./ชม.
- ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อย 4.9 - 5.4 มม.
- โมดูลัสความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้หลังการย่อย (หยาบ:ปานกลาง:ละเอียด) 8:2:0 - 9:1:0

Leaf Shattering Machine

Saree Wongpichet
Assistant Professor
Department of Agricultural Engineering
Faculty of Engineering Khon Kaen University

Sompose sudajan
lecturer
Department of Agricultural Engineering
Faculty of Engineering Khon Kaen University

Sirisak Kaewmance **Thaechit Phongphaew**
Nantaphon lasue **Khvanchai Saenromyen**
Senior student
Department of Agricultural Engineering
Faculty of Engineering Khon Kaen University

Abstract

The reduction of leaf size was considered useful in lessening the time for compost formation. The objective of this project was to study about the criteria for the design and modification of the leaf shattering machine. Test results were drawn as follows:

1) Forced flow hopper was recommended. Feeding speed should be 0.2-0.3 times the shattering teeth speed..
2) Shattering teeth having sharpness were recommended. Shattering teeth speed should be 40.21-44.23 m/s
3) Concave rod spacing should be 24x24-32x24 $mm.^2$
4) Performances of the Leaf Shattering Machine were:

- Working capacity 700 - 1100 kg/hr.
- Average leaf size 4.9 - 5.4 mm.
- Modulus of uniformity (Coarse:medium:fine) 8:2:0 - 9:1:0

บทนำ

จากการสำรวจดินพบว่า พื้นที่ไม่ต่ำกว่า 60% ของพื้นที่ทั่วประเทศ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1% ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาการเกษตรของไทย เนื่องจากสภาพดังกล่าวทำให้พืชได้รับธาตุอาหารไม่พอเพียง แม้ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมี แต่การใช้ปุ๋ยเคมีจะได้ผลเต็มที่ก็ต่อเมื่อใช้ในพื้นที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุพอเพียง ดังนั้นการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ฯลฯ จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาการเกษตรของไทย เพราะปุ๋ยอินทรีย์นอกจากจะช่วยเพิ่มอินทรีย์และเพิ่มธาตุอาหารในดินแล้วยังมีราคาถูกและสามารถจัดหาหรือจัดทำได้ง่ายในทุกพื้นที่[1] แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่ผ่านมาจึงมีนโยบายส่งเสริมการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ ซึ่งใบไม้แห้งเป็นอินทรีย์วัตถุชนิดหนึ่งที่หาได้ง่ายและมีเป็นจำนวนมากแต่มักถูกเผาทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้น การนำใบไม้มาเป็นวัตถุดิบสำคัญในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินโดยทำเป็นปุ๋ยหมักจึงเป็นแนวทางที่ควรส่งเสริมแนวทางหนึ่ง[2]

ขนาดของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ช่วยให้ได้ปุ๋ยเร็วหรือช้า ถ้าวัสดุมีขนาดเล็กและสภาวะอื่นๆ เหมาะสม การสลายตัวของวัสดุจะเป็นไปอย่างรวดเร็วภายใน 1 สัปดาห์ก็สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ แต่ถ้าวัสดุมีขนาดใหญ่ เช่น หญ้าทั้งต้น เป็นต้น ก็อาจใช้เวลานานหลายเดือนหรือนานถึง 1 ปี จึงจะใช้เป็นปุ๋ยได้[3] แต่การย่อยสับเพื่อลดขนาดวัสดุเป็นงานที่สิ้นเปลืองเวลาและแรงงานมาก โครงการนี้จึงมุ่งศึกษาและพัฒนาเครื่องทุ่นแรงเพื่อใช้ในการย่อยลดขนาดวัสดุเกษตรโดยเฉพาะใบไม้แห้ง

จากการศึกษาเบื้องต้น โดยการทดสอบการทำงานของเครื่องย่อยใบไม้แบบ Hammer Mill ซึ่งมีการผลิตขายพบว่ามีผลการทำงานดังนี้

1. สมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยใบไม้
   - อัตราการทำงาน 320 กก./ชม.
   - ขนาดเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย 2.5 มม.
   - ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย 7:1:2

   หมายเหตุ : ความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี 38 ม./วินาที, ขนาดรูตะแกรง 20 มม.
2. ประเด็นปัญหาที่พบ ประกอบด้วย
   (ก) ไม่สามารถนำเครื่องย่อยใบไม้ไปใช้งานในสนามได้ เนื่องจากใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังจึงต้องรวบรวมใบไม้มายังที่ตั้งเครื่องซึ่งมีกระแสไฟฟ้าใช้ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมมากขึ้นเนื่องจากใบไม้แห้งก่อนย่อยลดขนาดจะมีปริมาตรมากเมื่อเทียบกับใบไม้ที่ผ่านการย่อยแล้วและด้วยรูปแบบการทำงานดังกล่าวยังส่งผลให้มีอัตราการทำงานต่ำเพราะเวลาส่วนใหญ่ (ประมาณ 85%) หมดไปกับการเก็บรวบรวมใบไม้เพื่อนำมายังเครื่องย่อย

   (ข) ซี่ตีหักหรือคดงอได้ง่าย เมื่อมีเศษกิ่งไม้ปะปนเข้าไปในห้องย่อยใบไม้ ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงการคัดแยกเพื่อให้เหลือเฉพาะใบไม้ก่อนนำไปย่อยเป็นภาระที่เสียเวลาพอสมควร

   (ค) การปรับเครื่องเพื่อให้ย่อยใบไม้ได้หลายขนาดขึ้นกระทำได้ยาก เนื่องจากใช้ตะแกรงเหล็กแผ่นเจาะรูและดัดโค้งซึ่งสร้างได้ยาก โดยเฉพาะในเขตชนบทเพราะมักจะขาดแคลนเครื่องมือที่จำเป็น

จากผลการศึกษาเบื้องต้น จึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาไว้ดังนี้

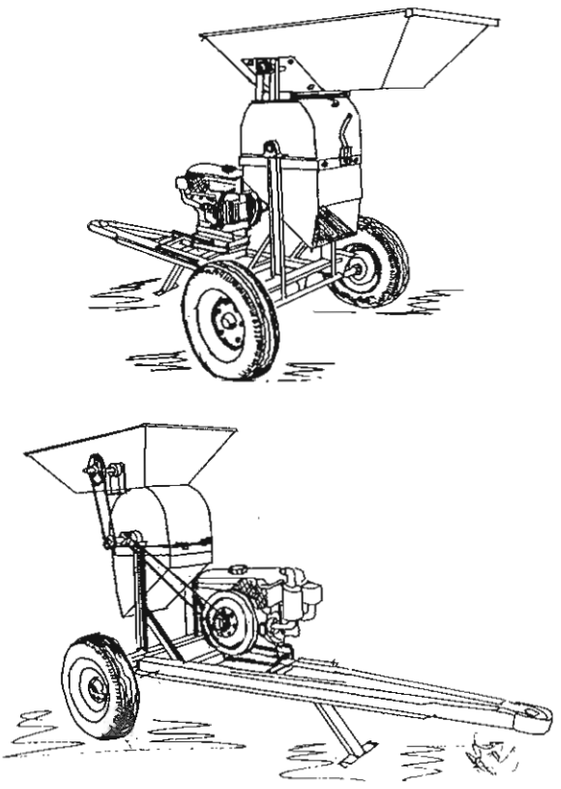
1. ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบของถังป้อน รูปแบบของซี่ตี ความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี และขนาดของรูตะแกรง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบปรับปรุงและพัฒนาเครื่องย่อยใบไม้
2. ศึกษารูปแบบการใช้งานเครื่องย่อยใบไม้ในเมื่อใช้งานในสนาม

วิธีการศึกษา

จากประเด็นปัญหาที่พบในการศึกษาเบื้องต้นช่วยให้สามารถกำหนดแนวทางการปรับปรุงเครื่องย่อยใบไม้ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นปัญหา	แนวทางการปรับปรุง
1.ไม่สามารถนำเครื่องย่อยใบไม้ ไปใช้งานในสนามได้ทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมใบไม้เพื่อนำมาย่อย และมีอัตราการทำงานต่ำ	--ปรับปรุงต้นกำลังโดยเปลี่ยนจากมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องยนต์ และติดตั้งเครื่องย่อยใบไม้บนอุปกรณ์ลากจูง เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย --เพิ่มอัตราการป้อนและความเร็วในการย่อยใบไม้ โดยการปรับปรุงถังป้อน รูปแบบของซี่ตี ความเร็วของซี่ตี ขนาดและพื้นที่ของรูตะแกรง
2.ซี่ตีหักหรือคดงอ เมื่อมีเศษกิ่งไม้ปะปนเข้าไปในห้องย่อยใบไม้	--ปรับปรุงจุดต่อระหว่างซี่ตีกับเพลา จากรูปแบบเดิมซึ่งเชื่อมซี่ตีเข้ากับเพลา เป็นรูปแบบใหม่ซึ่งซี่ตีสามารถหมุนเอนได้ เมื่อซี่ตีฟาดตีกับวัสดุซึ่งมีความแข็งมากๆ
3.การเปลี่ยนแปลงขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยโดยผู้ใช้งานกระทำได้ยาก โดยเฉพาะผู้ใช้งานในเขตชนบท	--ปรับปรุงห้องย่อยใบไม้ให้สามารถถอดเปลี่ยนตะแกรงได้ และเปลี่ยนจากตะแกรงเหล็กแผ่นเจาะรูกลมดัดโค้งเป็นตะแกรงเหล็กเส้น เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงการจัดทำหรือจัดหาโดยผู้ใช้งาน

จากแนวทางการปรับปรุงดังกล่าวข้างต้น จึงได้สร้างเครื่องย่อยใบไม้เพื่อการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องย่อยใบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ

ขั้นตอนการศึกษา

1. การศึกษาเพื่อคัดเลือกรูปแบบของถังป้อนที่เหมาะสม

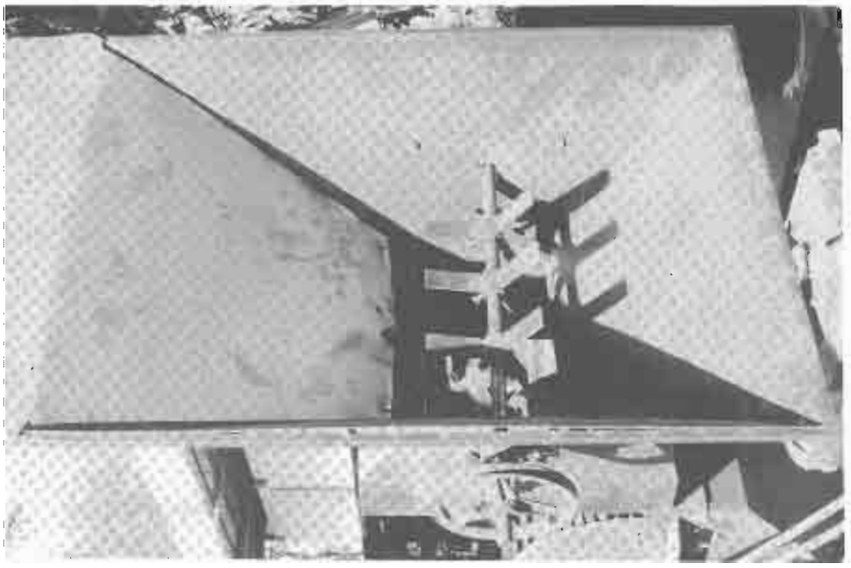
ถังป้อนที่นำมาศึกษามีสองรูปแบบ คือ ถังป้อนแบบไม่มีใบพัดช่วยป้อน (gravity flow hopper) และถังป้อนแบบมีใบพัดช่วยป้อน (force flow hopper) ซึ่งถังป้อนทั้งสองรูปแบบมีช่องป้อนที่ปรับขนาดได้ โดยมีขนาด 350x0 มม.^{2} ถึง 350x230 มม.^{2} สำหรับความเร็วเชิงเส้นของปลายใบพัดมีค่า 0.235 เท่าของความเร็วซี่ตี รูปที่ 2 แสดงถังป้อนแบบมีใบพัดช่วยป้อน

ส่วนเงื่อนไขของการทดสอบเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังนี้

(ก) ชุดอุปกรณ์ย่อยใบไม้ ใช้อุปกรณ์ย่อยใบไม้ซึ่งออกแบบใหม่ตามแนวทางการปรับปรุงที่กล่าวมาข้างต้น กล่าวคือ

- ซี่ตี เป็นซี่ตีแบบไม่มีคมมีดบนสันของซี่ตี สามารถหมุนเอนได้เมื่อฟาดตีกับวัสดุซึ่งแข็งมาก
- ตะแกรง เป็นตะแกรงเหล็กเส้นซึ่งมีพื้นที่ตะแกรงมากกว่าตะแกรงเดิม 25% และมีขนาดของรูตะแกรงคงที่ตลอดการทดลอง (24x24 มม.^{2})

(ข) ใบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นใบไม้แห้งคละหลายพันธุ์ (ส่วนใหญ่เป็นใบหูกวาง ขนาดโดยเฉลี่ย กว้างxยาว เท่ากับ 100x140 มม.^{2} และมีความชื้น 10%wb)



รูปที่ 2 ถังป่นแบบมีใบพัดช่วยป่น

2. การศึกษาเพื่อคัดเลือกรูปแบบของซี่ตีที่เหมาะสม

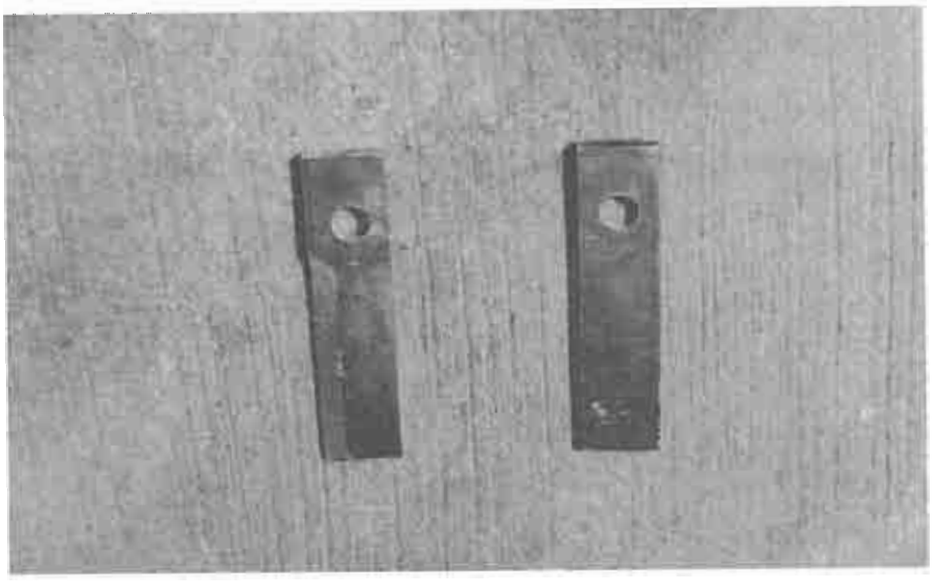
ซี่ตีที่นำมาศึกษามีสองรูปแบบ คือ ซี่ตีแบบไม่มีคมบนสันของซี่ตี และแบบมีคมบนสันของซี่ตี (รูปที่ 3) ซึ่งทั้งสองแบบมีขนาด กว้างxหนาxสูง เท่ากับ 38x10x165 มม.^{3} และมีจำนวน 4 แถวๆ ละ 11 ซี่ นอกจากนี้ซี่ตีทั้งสองแบบเป็นซี่ตีที่สามารถหมุนเอนได้เมื่อฟาดตีกับวัสดุซึ่งแข็งมาก การทดสอบเปรียบเทียบผลการทำงานของซี่ทั้งสองแบบ เป็นการทดสอบ ณ ความเร็วของซี่ตี 4 ระดับ โดยจัดรูปแบบการทดสอบแบบ Factorial

สำหรับเงื่อนไขของการทดสอบเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังนี้

(ก) ถังป่น ใช้ถังป่นซึ่งเลือกจากผลการศึกษาในข้อ 1

(ข) ชุดอุปกรณ์ย่อยใบไม้ ใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาข้อ 1 โดยที่ขนาดของรูตะแกรงมีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ แต่ความเร็วของซี่ตีมี 4 ระดับ (มีค่าในช่วง 32.17-56.30 ม./วินาที หรือ 1600-2800 รอบ/นาที)

(ค) ใบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นใบไม้แห้งคละหลายพันธุ์เช่นเดียวกับข้อ 1



รูปที่ 3 ซี่ตีแบบไม่มีคมบนสันของซี่ตี(ซ้าย)และแบบมีคมบนสันของซี่ตี(ขวา)

3. การศึกษาเพื่อคัดเลือกความเร็วของซี่ตีและขนาดของรูตะแกรงที่เหมาะสม

ความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตีที่ศึกษามี 5 ระดับ (มีค่าในช่วง 36.19-60.32 ม./วินาที หรือ 1800-3000 รอบ/นาที) ส่วนขนาดของรูตะแกรงที่ศึกษามี 4 ระดับ (มีค่าในช่วง 8x24-32x24 มม.^{2}) โดยจัดรูปแบบการทดสอบแบบ Factorial

สำหรับเงื่อนไขของการทดสอบ ประกอบด้วย

(ก) ถังป้อน ใช้ถังป้อนซึ่งเลือกจากผลการศึกษาในข้อ 1

(ข) ชุดอุปกรณ์ย่อยใบไม้ ใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาข้อ 1 โดยใช้ซี่ตีตามรูปแบบซึ่งเลือกจากผลการศึกษาในข้อ 2

(ค) ใบไม้ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นใบไม้แห้งคละหลายพันธุ์

4. การศึกษารูปแบบการทำงาน เมื่อนำเครื่องฯไปใช้งานในสนาม

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้งานเครื่องย่อยใบไม้ที่ปรับปรุงแล้ว โดยลากจูงเครื่องไปทำงานตามพื้นที่ต่างๆ ที่มีใบไม้แห้งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดรูปแบบการทำงาน และเพื่อเป็นการตรวจสอบปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในสภาพการทำงานจริง

ค่าซึ่งใช้ในการชี้ผลการทดสอบ ประกอบด้วย

- อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ (กก./ชม.)
- ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย (มม.)
- ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย (ขนาด>2.36 มม : ขนาด 0.59-2.36 มม : ขนาด<0.59 มม)

ซึ่งวิธีการหาขนาดโดยเฉลี่ยและความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย ใช้วิธีการตามข้อกำหนดของ ASAE เกี่ยวกับการหาค่าโมดูลัสความละเอียด (finess modulus) และดัชนีความสม่ำเสมอ (uniformity index)

ผลการศึกษา

จากวิธีการศึกษาดังกล่าวข้างต้น ได้ผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาเพื่อคัดเลือกรูปแบบของถังป้อนที่เหมาะสม

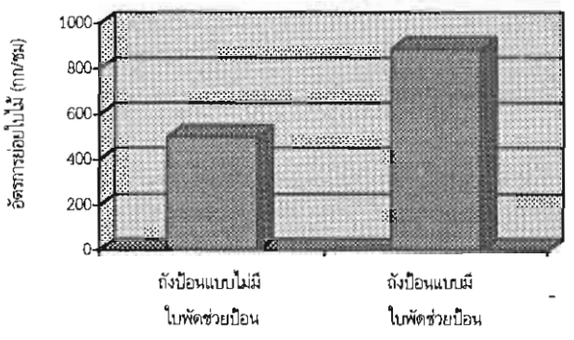
จากผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราการย่อยใบไม้ของชุดอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อติดตั้งถังป้อนทั้งสองแบบ (กราฟรูปที่ 1 ส่วนรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1) พบว่าการติดตั้งถังป้อนแบบมีใบพัดช่วยป้อนจะทำให้ชุดอุปกรณ์ย่อยใบไม้มีอัตราการย่อยใบไม้สูงกว่า 1.8 เท่า เนื่องจากใบพัดช่วยป้อนช่วยให้ใบไม้ไหลออกจากถังป้อนเข้าสู่ชุดอุปกรณ์ย่อยใบไม้ได้อย่างต่อเนื่องมากกว่า

การศึกษาเพื่อคัดเลือกรูปแบบของซี่ตีที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของซี่ตีทั้งสองแบบ ณ ความเร็วของซี่ตี 4 ระดับ (กราฟรูปที่ 2-4 ส่วนรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2-6) พบว่าการย่อยใบไม้ด้วยซี่ตีแบบ

มีคมบนสันของซี่ตี จะมีอัตราการย่อยใบไม้สูงกว่าที่ทุกระดับความเร็วฯซึ่งมีค่าสูงกว่าโดยเฉลี่ย 84 กก./ชม. และขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยมีขนาดเล็กกว่า โดยมีความแตกต่าง 1.2 มม. เมื่อใช้ความเร็ว 32 ม./วินาที แต่เมื่อเพิ่มความเร็วของซี่ตีให้มากขึ้นความแตกต่างของขนาดจะน้อยลง จนกระทั่งเมื่อใช้ความเร็วตั้งแต่ 40 ม./วินาที ขึ้นไป ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยมีขนาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อยเมื่อใช้ซี่ตีแบบมีคม จะมีความสม่ำเสมอน้อยกว่าเล็กน้อยที่ทุกระดับความเร็วซึ่งต่ำกว่า 48 ม./วินาที

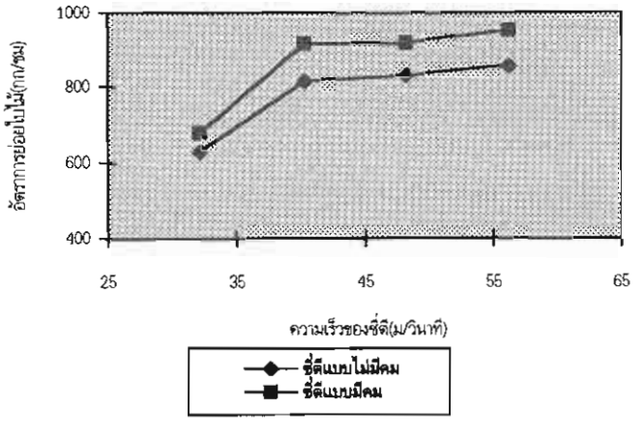
ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า เมื่อใช้ความเร็วของซี่ตีเท่ากับหรือมากกว่า 40 ม./วินาที ซี่ตีทั้งสองแบบจะย่อยใบไม้ได้ขนาดและความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันจะแตกต่างชัดเจนเฉพาะในส่วนของอัตราการย่อยใบไม้ โดยที่ซี่ตีแบบมีคมจะมีอัตราการย่อยใบไม้สูงกว่าโดยเฉลี่ย 84 กก./ชม.



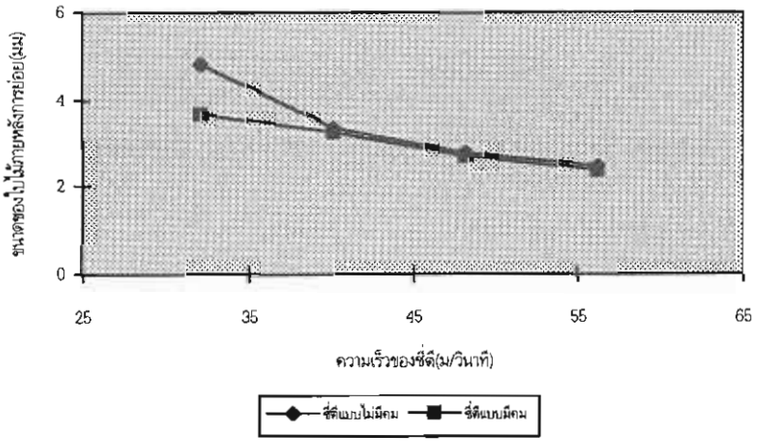
กราฟรูปที่ 1 อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อติดตั้งถังป้อนสองแบบ

ห้องสมุด
7 ต.ค. 2539

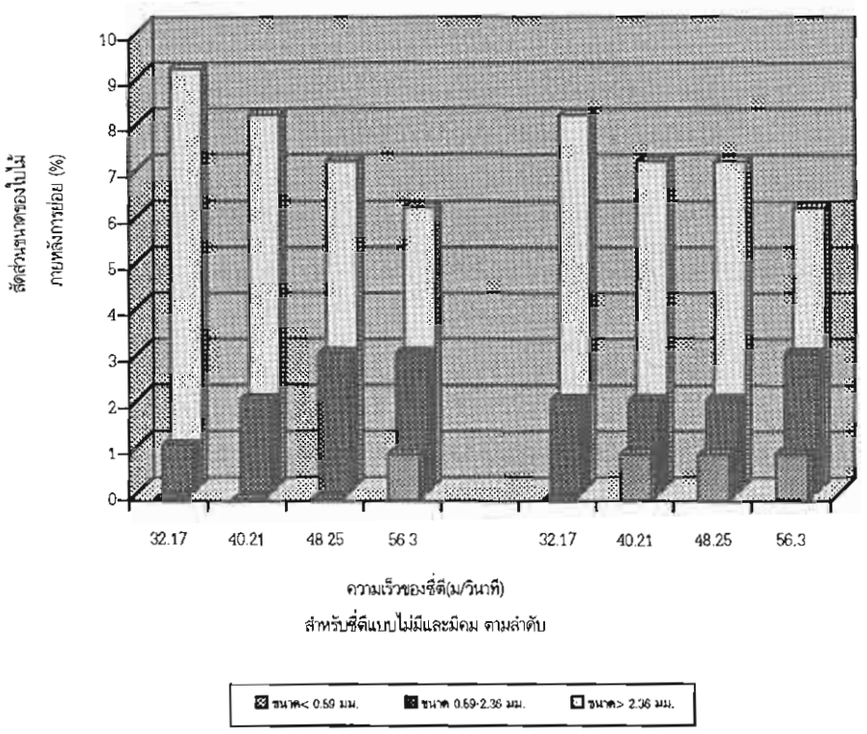
12043



กราฟรูปที่ 2 อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ



กราฟรูปที่ 3 ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ



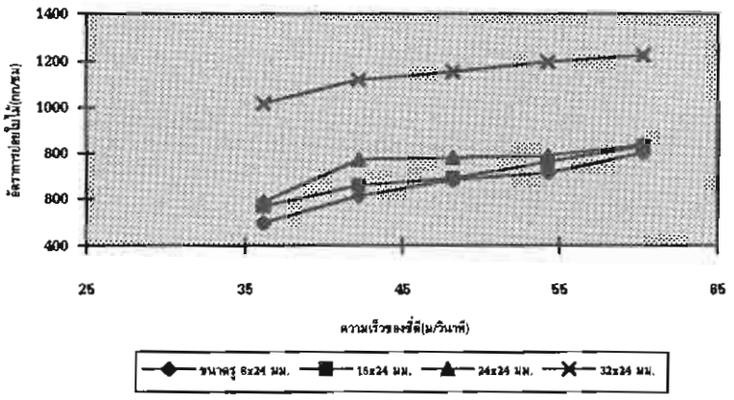
กราฟรูปที่ 4 ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ

การศึกษาเพื่อคัดเลือกความเร็วของซี่ตีและขนาดของรูตะแกรงที่เหมาะสม

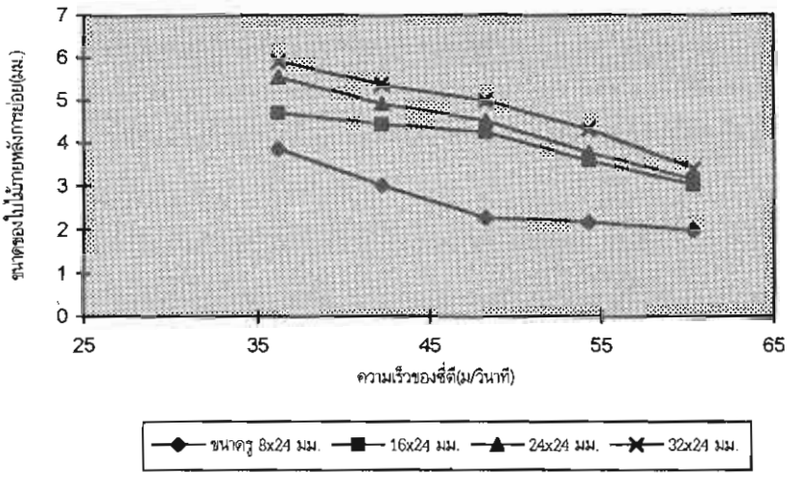
จากผลการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตีและขนาดของรูตะแกรง (กราฟรูปที่ 5-7 ส่วนรายละเอียดแสดงในตารางที่ 7-11) พบว่าการเพิ่มความเร็วของซี่ตีจะทำให้ย่อยใบไม้ได้เร็วขึ้น โดยมีอัตราการย่อยใบไม้เพิ่มค่อนข้างมากเมื่อใช้ความเร็วในช่วง 36-42 ม./วินาที แต่อัตราการย่อยใบไม้จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อใช้ความเร็วของซี่ตีสูงกว่า 42 ม./วินาที นอกจากนี้การเพิ่มความเร็วยังทำให้ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยมีขนาดเล็กลง โดยมีขนาดเล็กลงจากเดิมประมาณ 0.75 มม. เมื่อเพิ่มความเร็วของซี่ตีให้สูงกว่าเดิม 10 ม./วินาที แต่การเพิ่มความเร็วของซี่ตจะทำให้ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยมีความสม่ำเสมอน้อยลง

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของขนาดของรูตะแกรง พบว่าการเพิ่มขนาดของรูตะแกรงในช่วงที่มีขนาดไม่เกิน 24x24 มม.^{2} จะทำให้อัตราการย่อยใบไม้เพิ่มเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มขนาดของรูตะแกรงในช่วงที่มีขนาดใหญ่กว่า 24x24 มม.^{2} และการเพิ่มขนาดของรูตะแกรงจะทำให้ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยใหญ่ขึ้น โดยที่การเพิ่มขนาดของรูตะแกรงในช่วงไม่เกิน 16x24 มม.^{2} จะทำให้ได้ขนาดของใบไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าเพิ่มขนาดของรูตะแกรงในช่วงที่โตกว่า 16x24 มม.^{2} ขึ้นไป จะทำให้ได้ขนาดของใบไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้การเพิ่มขนาดของรูตะแกรงจะช่วยให้ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

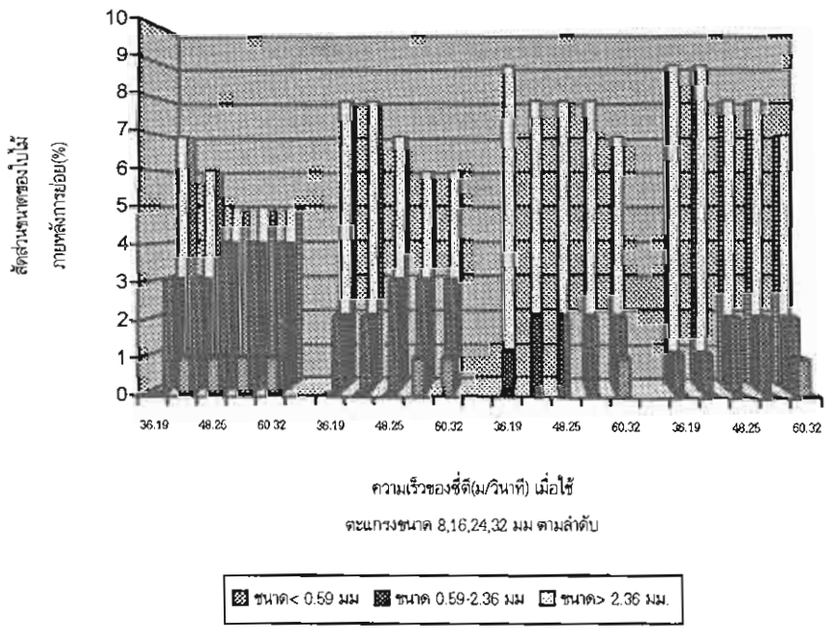
ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ควรเลือกใช้ความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตีในช่วง 40.21-44.23 ม./วินาที (2000-2200 รอบ/นาที) เพราะการใช้ความเร็วสูงกว่านี้แม้จะช่วยให้อัตราการย่อยใบไม้เพิ่มแต่ก็มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ฯจะลดลง และควรเลือกใช้ขนาดของรูตะแกรงในช่วง 24x24 มม.^{2} ถึง 32x24 มม.^{2} เพราะมีอัตราการย่อยใบไม้สูง มีความสม่ำเสมอดีกว่า และขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อยมีขนาดเฉลี่ยในช่วง 4.9-5.4 มม.^{2}



กราฟรูปที่ 5 อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้เมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรงและความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ



กราฟรูปที่ 6 ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อยเมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรง และความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ



กราฟรูปที่ 7 ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อยเมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรง และความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ

การศึกษารูปแบบการทำงาน เมื่อนำเครื่องฯไปใช้งานในสนาม

จากการศึกษาการใช้งานเครื่องย่อยใบไม้ที่ปรับปรุงแล้ว โดยลากจูงเครื่องไปทำงานตามพื้นที่ต่างๆที่มีใบไม้แห้ง ได้ผลการศึกษา ดังนี้

(ก) จำนวนเจ้าหน้าที่เก็บรวบรวมใบไม้ ควรมีจำนวน 1 คน : อัตราการย่อยใบไม้ 100 กก./ชม.

(ข) พื้นที่ในการเก็บรวบรวมใบไม้แต่ละครั้งซึ่งเจ้าหน้าที่สามารถเก็บรวบรวมใบไม้ได้ทันกับการทำงานของเครื่อง มีพื้นที่ 200-900 ตร.ม.

(ค) สัดส่วนเวลาซึ่งเครื่องทำงาน:เวลาซึ่งใช้ในการเคลื่อนย้ายและอื่นๆ มีค่า 1:1

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ควรใช้ถังป้อนแบบมีใบพัดช่วยป้อน โดยมีความเร็วเชิงเส้นของปลายใบพัด 0.2-0.3 เท่าของความเร็วซี่ตี
2. ควรใช้ซี่ตีแบบมีคมบนสันของซี่ตี โดยที่ซี่ตีสามารถหมุนเอนได้เมื่อฟาดตีกับวัสดุซึ่งแข็งมาก
3. ควรใช้ความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี 40.21-44.23 ม./วินาที (2000-2200 รอบ/นาที)
4. ควรใช้ตะแกรงเหล็กเส้น ซึ่งมีขนาดของรูตะแกรงในช่วง 24x24 มม.^{2} - 32 x24 มม.^{2}
5. ควรใช้เจ้าหน้าที่เก็บรวบรวมใบไม้ 7-11 คน ในการใช้เครื่องย่อยใบไม้แต่ละครั้ง
6. สมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยใบไม้
   - อัตราการย่อยใบไม้ 700 - 1100 กก./ชม.
   - ขนาดของใบไม้ภายหลังการย่อย 4.9 - 5.4 มม.
   - ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย 8:2:0 - 9:1:0

เอกสารอ้างอิง

1. โสภิณ ทองปาน, ***โครงการเกษตรศึกษา***, สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2528
2. บัณฑิต และคณะ, ***บางอย่างเกี่ยวกับปุ๋ยหมัก***, ข่าวสารเกษตรศาสตร์ ปีที่ 28 ฉบับที่ 3 มิ.ย.-ก.ค. 2526 หน้า 23-42.
3. เรวดี ดีมาก และ จันทิรา พ่อค้า, ***ปัจจัยที่ควบคุมระยะเวลาเป็นปุ๋ยหมัก,*** กสิกร ปีที่ 57 ฉบับที่ 5 ก.ย.-ต.ค. 2527 หน้า 308-312.

ตารางที่ 1

อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อติดตั้งถังป่นสองแบบ

แบบของถังป่น	อัตราการย่อยใบไม้ (กก./ชม.)			
	1	2	3	เฉลี่ย
ถังป่นแบบไม่มีใบพัดช่วยป่น	456	549	498	501
ถังป่นแบบมีใบพัดช่วยป่น	873	947	848	889

ตารางที่ 2

อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ

แบบของซี่ตี	ความเร็วของซี่ตี	อัตราการย่อยใบไม้ (กก./ชม.)			
	(ม./วินาที)	1	2	3	เฉลี่ย
ซี่ตีแบบไม่มีคมบนสัน	32.17	661.20	668.00	564.00	631.07
	40.21	825.30	807.60	815.56	816.15
	48.25	877.10	795.50	821.10	831.23
	56.30	927.90	823.40	820.10	857.13
ซี่ตีแบบมีคมบนสัน	32.17	665.55	695.00	676.80	679.38
	40.21	921.80	922.90	909.92	918.21
	48.25	906.80	901.20	951.43	919.81
	56.30	967.50	944.30	958.90	953.57

ตารางที่ 3

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับอัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P-value
แบบของซี่ตี	1	42954.80	42954.80	33.92**	0.0000
ความเร็วของซี่ตี	3	239528.30	79842.77	63.04**	0.0000
Interaction	3	2829.54	943.18	0.74	0.5410
Error	16	20263.68	1266.48		
Total	23	305576.32			

ตารางที่ 4

ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ

แบบของซี่ตี	ความเร็วของซี่	ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย (มม.)			
	(ม./วินาที)	1	2	3	เฉลี่ย
ซี่ตีแบบไม่มีคมบนสัน	32.17	4.52	5.02	4.98	4.84
	40.21	3.26	3.57	3.29	3.37
	48.25	2.54	2.84	2.98	2.79
	56.30	2.31	2.80	2.32	2.48
ซี่ตีแบบมีคมบนสัน	32.17	3.45	4.10	3.52	3.69
	40.21	2.92	3.31	3.57	3.27
	48.25	2.82	2.61	2.69	2.71
	56.30	2.39	2.26	2.51	2.39

ตารางที่ 5

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P-value
แบบของซี่ตี	1	0.76	0.76	12.30**	0.0029
ความเร็วของซี่ตี	3	11.66	3.89	62.64**	0.0000
Interaction	3	1.26	0.42	6.76**	0.0037
Error	16	0.99	0.06		
Total	23	14.68			

ตารางที่ 6

ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อติดตั้งซี่ตีสองแบบ

แบบของซี่ตี	ความเร็วของซี่	ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย			
	(ม./วินาที)	1	2	3	เฉลี่ย
ซี่ตีแบบไม่มีคมบนสัน	32.17	9:1:0	9:1:0	9:1:0	9:1:0
	40.21	8:2:0	8:2:0	7:2:1	8:2:0
	48.25	6:3:1	7:3:0	7:2:1	7:3:0
	56.30	6:3:1	6:3:1	6:3:1	6:3:1
ซี่ตีแบบมีคมบนสัน	32.17	8:2:0	8:2:0	8:2:0	8:2:0
	40.21	7:2:1	7:2:1	8:2:0	7:2:1
	48.25	7:2:1	6:3:1	7:2:1	7:2:1
	56.30	6:3:1	6:3:1	6:3:1	6:3:1

ตารางที่ 7

อัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรงและความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตีระดับต่างๆ

ขนาดของรูตะแกรง	ความเร็วของซี่ตี	อัตราการย่อยใบไม้ (กก./ชม.)			
(มม.xมม.)	(ม./วินาที)	1	2	3	เฉลี่ย
8x24	36.19	424.72	633.84	431.62	496.73
	42.22	614.17	500.03	730.43	614.88
	48.25	561.84	644.70	840.03	682.19
	54.28	830.54	793.38	516.67	713.53
	60.32	858.13	737.97	810.99	802.36
16x24	36.19	496.44	705.96	502.59	568.33
	42.22	787.44	499.05	693.44	659.97
	48.25	601.41	871.57	599.02	690.67
	54.28	783.28	839.73	661.27	761.42
	60.32	728.34	863.08	899.72	830.38
24x24	36.19	826.26	574.90	358.99	586.72
	42.22	644.21	840.64	835.47	773.44
	48.25	875.99	725.35	737.88	779.74
	54.28	759.52	849.95	760.81	790.09
	60.32	881.34	784.20	851.76	839.10
32x24	36.19	944.65	1128.16	987.61	1020.14
	42.22	1314.05	1054.00	987.99	1118.68
	48.25	1024.20	1361.43	1078.81	1154.81
	54.28	1044.50	1278.87	1268.60	1197.33
	60.32	1062.46	1356.14	1254.95	1224.51

ตารางที่ 8

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับอัตราการย่อยใบไม้ของอุปกรณ์ย่อยใบไม้ เมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรงและความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P-value
ความเร็วของซี่ตี	4	441080.66	110270.17	6.33**	0.0005
ขนาดของรูตะแกรง	3	2213265.64	737755.24	42.10**	0.0000
Interaction	12	24117.04	2009.75	0.17	0.9999
Error	40	697175.13	17429.38		
Total	59	3375638.47			

ตารางที่ 9

ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรงและความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ

ขนาดของรูตะแกรง	ความเร็วของซี่ตี	ขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย (มม.)			
(มม.xมม.)	(ม./วินาที)	1	2	3	เฉลี่ย
8x24	36.19	3.96	3.95	3.68	3.87
	42.22	2.80	3.45	2.82	3.03
	48.25	2.25	2.47	2.16	2.29
	54.28	2.38	2.08	2.12	2.19
	60.32	1.89	2.15	1.96	2.00
16x24	36.19	4.78	4.93	4.41	4.71
	42.22	4.31	4.89	4.15	4.45
	48.25	4.32	4.08	4.39	4.26
	54.28	3.32	3.52	3.97	3.60
	60.32	3.23	2.75	3.17	3.05
24x24	36.19	5.43	5.13	6.12	5.56
	42.22	4.44	5.37	4.99	4.93
	48.25	4.65	4.95	3.99	4.53
	54.28	3.65	3.48	4.21	3.78
	60.32	2.90	3.46	3.16	3.17
32x24	36.19	4.19	5.90	7.64	5.91
	42.22	5.05	5.31	5.74	5.37
	48.25	5.62	5.15	4.24	5.00
	54.28	4.23	4.91	3.84	4.33
	60.32	3.05	2.83	4.35	3.41

ตารางที่ 10

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับขนาดโดยเฉลี่ยของใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรงและความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P-value
ความเร็วของซี่ตี	4	32.16	8.04	26.10**	0.0000
ขนาดของรูตะแกรง	3	38.33	12.78	41.48**	0.0000
Interaction	12	2.29	0.19	0.62	0.8120
Error	40	12.42	0.31		
Total	59	85.16			

ตารางที่ 11

ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย เมื่อใช้ขนาดของรูตะแกรงและความเร็วเชิงเส้นของปลายซี่ตี ระดับต่างๆ

ขนาดของรูตะแกรง	ความเร็วของซี่ตี	ความสม่ำเสมอของขนาดใบไม้ภายหลังการย่อย			
(มม.xมม.)	(ม./วินาที)	1	2	3	เฉลี่ย
8x24	36.19	7:3:0	8:2:0	7:3:0	7:3:0
	42.22	6:3:1	7:3:0	6:3:1	6:3:1
	48.25	5:4:1	5:4:1	5:4:1	5:4:1
	54.28	6:3:1	5:5:0	5:4:1	5:4:1
	60.32	5:4:1	5:4:1	5:4:1	5:4:1
16x24	36.19	9:1:0	8:2:0	8:2:0	8:2:0
	42.22	8:2:0	9:1:0	8:2:0	8:2:0
	48.25	8:2:0	7:3:0	7:3:0	7:3:0
	54.28	6:3:1	7:3:0	7:2:1	6:3:1
	60.32	7:3:0	6:3:1	6:3:1	6:3:1
24x24	36.19	8:2:0	9:1:0	9:1:0	9:1:0
	42.22	8:2:0	9:1:0	8:2:0	8:2:0
	48.25	8:2:0	8:2:0	8:2:0	8:2:0
	54.28	8:2:0	7:3:0	8:2:0	8:2:0
	60.32	7:2:1	7:3:0	7:2:1	7:2:1
32x24	36.19	8:1:1	9:1:0	9:1:0	9:1:0
	42.22	9:1:0	8:2:0	9:1:0	9:1:0
	48.25	9:1:0	8:2:0	8:2:0	8:2:0
	54.28	8:2:0	8:2:0	7:2:1	8:2:0
	60.32	8:2:0	6:3:1	8:2:0	7:2:1