การพัฒนาเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา
The Development of a Para Rubber Fertilizer Distributer

มงคล คธาพันธ์[1]

Received: August 2008; Accepted: March 2009

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และประเมินผลเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา โดยมีแนวทางการศึกษาประกอบไปด้วย การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของยางพารา ปุ๋ยเคมีที่ใช้กับยางพารา เพื่อใช้ในการออกแบบ และสร้างเครื่องโรยปุ๋ยยางพาราต้นแบบ สำหรับการทดสอบและประเมินผลเครื่องต้นแบบใช้การแปรความเร็วของเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา มุมของจานเปิดร่อง ซึ่งมีค่าชี้ที่สำคัญ คือ ความลึกของการเปิดร่อง(มิลลิเมตร) ประสิทธิภาพการโรยปุ๋ย (%) ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย (%) และความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง) ซึ่งมีรายละเอียดเงื่อนไขของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ปลูกยางพาราไม่ควรน้อยกว่า 7 ไร่ และใส่ปุ๋ยในช่วงฤดูฝน ปีละ 2 ครั้ง คือ ต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน เพราะดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอ

2. ปุ๋ยที่ให้กับต้นยางพารา เป็นปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด มีธาตุหลัก 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5-3 มิลลิเมตร

3. เครื่องโรยปุ๋ยยางพาราต้นแบบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงเครื่อง ถังบรรจุปุ๋ย ชุดโรยปุ๋ย ชุดเปิดและกลบร่องดิน และชุดปรับตั้งความลึกของร่องที่เปิด

4. การประเมินผลเครื่องโรยปุ๋ยยางพาราต้นแบบ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 รอบต่อนาที ตำแหน่งเกียร์ 1 และผานจานเปิดร่องทำมุม 30 องศากับทิศทางการเคลื่อนที่

จากการทดสอบพบว่าได้ความลึกเฉลี่ยของการเปิดร่อง เท่ากับ 52.3 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพของการโรยปุ๋ย เท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของการกลบปุ๋ย เท่ากับ 98.939 เปอร์เซ็นต์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 8 ไร่ต่อลิตร และความสามารถในการทำงานเท่ากับ 5 ไร่ต่อชั่วโมง

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพ และความสามารถในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยยางพาราเปรียบเทียบกับปริมาณปุ๋ยที่ใช้กับยางพาราและพื้นที่เพาะปลูกแล้ว ชี้ให้เห็นว่า เครื่องโรยปุ๋ยยางพารา

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา*

ต้นแบบมีประสิทธิภาพสูงสามารถใส่ปุ๋ยได้ตามความต้องการ และลดเวลาในการใส่ปุ๋ยยางพาราได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีแนวโน้มพัฒนาให้เป็นประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ : ยางพารา เครื่องโรยปุ๋ย

Abstract

This research study aims to design, build and evaluate a Para Rubber Fertilizer Distributor. It also includes the study of the properties of the para rubber and chemical fertilizer consumption inorder design and build the prototype machine in the test and determination part. Varying the speed of the machine and varying of the angle opening-canal disc plow were conducted in the study which the important indexes are the depth of opening-canal in millimeter, the percentage of scattering and filling fertilizer efficiency and the ability of prototype machine in rai per hour. The conditions of studying were found as follow.

1) The planting area of para rubber should not be less than 7 rai with a double time of fertilization in the beginning and the end of rainy season, because during this time the soil will have proper moisture suitable for fertilization.

2) The fertilizer was the pellet chemical substance which contains the composition of Nitrogen, Phosphorous and Potassium, and it has a 2.5-3 millimeter in diameter.

3) The prototype machine consists of frame, fertilizerhopper, scatter set and opening and filling set and opening-canal depth adjustable set.

4) The evaluation of the prototype Para Rubber Fertilizer Distributor when opening-canal disc angle is 30 degree of direction, and engine speed is 700 revolutions per minute at first gear.

It was found that the average depth of opening-canal was 52.3 millimeter, the percentages of scattering and filling fertilizer are 97 and 98.939 respectively, the rate of fuel consumption is 8 rai per litre and the ability of prototype machine was 5 rai per hour. The efficiency and the ability of the machine when compared with the amount of fertilizer and planning area, they indicated that the prototype machine had high efficiency of fertilizer consumption. Furthermore, it could save time, hence this research study recommends to expand it at a commercial scale.

Keywords : Para Rubber, Fertilizer Distributor

บทนำ

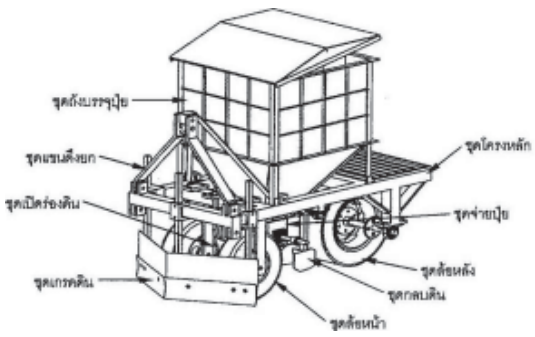
ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและชีวิตความเป็นอยู่ของประชากรกว่า 6 ล้านคน หรือร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศในปี 2544 ผลิตภัณฑ์ยาง และผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารา ทำรายได้จากการส่งออกให้กับประเทศ คิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 135,280 ล้านบาท แยกเป็นมูลค่าการส่งออกยางในรูปวัตถุดิบ 58,703 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ยาง 48,496 ล้านบาท และผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา 28,081 ล้านบาท เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2543 ซึ่งมีมูลค่า 123,642 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกในปี 2544 เพิ่มขึ้น ร้อยละ 9.4 แต่เมื่อพิจารณาแยกรายสินค้า มูลค่าการส่งออกยางในรูปวัตถุดิบลดลงร้อยละ3.3การส่งออกผลิตภัณฑ์ยางและผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.4 และร้อยละ 34.5 ตามลำดับ ปริมาณการผลิตยางของไทยในปี 2544 จำนวนทั้งสิ้น 2.319 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 32 ของการผลิตทั้งหมดของโลก และส่งออกยางปริมาณ 2.042 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 40 ของการส่งออกยางทั้งหมดของโลก (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในส่วนประกอบของยางพารา 1 ตัน มีธาตุอาหารไนโตรเจน 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5 กิโลกรัม

โพแทสเซียม 25 กิโลกรัม จากปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวในปี 2546 มีการประเมินว่าเฉพาะธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ถูกนำออกไปในรูปของเนื้อยาง มีปริมาณ 143,000 ตัน ของเนื้อปุ๋ย หรือเป็นปุ๋ยผสมสูตร 20-11-30 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$) ประมาณ 286,000 ตัน แต่จากรายงานของ FAO ปี 2544 ระบุว่าประเทศไทยใช้ปุ๋ยประมาณ 11.2 กิโลกรัม ธาตุอาหาร (N-P-K) ต่อไร่ต่อปี ต่ำกว่าอัตราแนะนำของทางราชการที่แนะนำให้ใช้ในอัตรา 42.4 กิโลกรัม ธาตุอาหารต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณปุ๋ยที่ใช้เพียงร้อยละ 26 ของอัตราแนะนำ ดังนั้นหากพิจารณาปุ๋ยที่สูญเสียไปกับเนื้อยาง ในปี 2546 จำนวน 286,000 ตัน แต่มีการใส่ปุ๋ยร้อยละ 26 ทำให้ดินขาดสมดุล N ถึง 211,640 ตัน ดังนั้นหากต้องการพัฒนาประเทศไทยให้มีศักยภาพการผลิตและส่งออกยางเป็นอันดับ 1 ของโลกอย่างยั่งยืนแล้ว การให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมีความจำเป็นอย่างมาก (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2549)

ผศ.มงคล คฑาพันธ์ และนายยงยุทธ์ เสียงดัง ได้ประดิษฐ์เครื่องโรยปุ๋ยยางพาราเมื่อปี 2547 มีลักษณะการทำงานโดยต่อพ่วง 3 จุดติดท้ายรถแทรกเตอร์ และโรยปุ๋ยเป็นแถวเดียว ความเร็วในการขับเคลื่อน 2.98 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการโรยปุ๋ย 558 กรัมต่อการหมุนของล้อ 1.5 รอบ ความสามารถในการทำงาน 13.1 ไร่ต่อชั่วโมง



รูปที่ 1 เครื่องโรยปุ๋ยยางพารา (มงคล คณาพันธ์ และยงยุทธ์ เสียงดัง, 2547

ดังนั้นการให้ปุ๋ยยางพาราเป็นสิ่งที่ต้องทำควบคู่ไปกับการพัฒนาศักยภาพการผลิตยางพาราของประเทศ จึงนับว่าในขั้นตอนการให้ปุ๋ยยางพารามีความสำคัญมากขั้นตอนหนึ่งที่สมควรได้รับการศึกษาเพื่อให้การผลิตยางพารามีประสิทธิภาพ แต่จากการให้ปุ๋ยโดยคนเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาและแรงงานมาก ส่วนเครื่องโรยปุ๋ยที่มีอยู่ก็ใช้พ่วงต่อกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งเกษตรกรมีกำลังทรัพย์ไม่เพียงพอ หากมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทุ่นแรงราคาไม่สูงมากช่วยให้ปุ๋ยยางพาราเกษตรกรก็สามารถลดต้นทุนการผลิตยางพาราได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อออกแบบสร้าง ทดสอบและประเมินผลเครื่องโรยปุ๋ยยางพาราโดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา
2. ออกแบบ สร้างเครื่องต้นแบบ ทดสอบ และประเมินผลเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา

ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษา ได้พิจารณาศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับต้นยางพาราเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้อง ศึกษาองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา จากนั้นนำผลที่ได้มาออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ และทำการวิจัย โดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังลากจูงซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- รถไถเดินตามยี่ห้อ สิงห์สยาม รุ่น MSM สภาพการใช้งานประมาณ 60%
- เครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ ขนาด 11 แรงม้า ยี่ห้อ Kubota รุ่นสยามคูโบต้า สภาพการใช้งาน 50%
- ใช้ล้อขับเคลื่อนเป็นล้อเหล็กสำหรับไถนา ขนาด 84 เซนติเมตร
- ขนาดมู่เล่ขับ 10 เซนติเมตร
- ขนาดมู่เล่ตาม 26 เซนติเมตร

สำหรับเครื่องโรยปุ๋ยมีรายละเอียดดังนี้

- ขนาดล้อ 65 เซนติเมตร

- ขนาดผานจานเปิดและกลบร่อง 39 เซนติเมตร

ในการทดสอบการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยและประเมินผลการให้ปุ๋ยยางพารา โดยใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ต้นยางพาราเป็นชนิดแบบผสม 15-7-18 ในการทดสอบใช้สถานที่ศูนย์ฝึกหนองระเวียงซึ่งมีพื้นที่ปลูกต้นยางพาราทั้งหมดประมาณ 140 ไร่

วิธีการประเมินผลและการทดสอบเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา

ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อแสดงวิธีการประเมินผลการใส่ปุ๋ยและวิธีการทดสอบเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้มีค่าชี้ผลและปัจจัยหลักของการทดสอบ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ค่าชี้ผลการทดสอบ สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้ คือ

1.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการโรยปุ๋ย การวัดค่าใช้การวัดจากการทดสอบกับเครื่องโรยปุ๋ยโดยตรง เนื่องจากค่าที่วัดได้แสดงถึงอัตราการจ่ายปุ๋ยให้กับต้นยางพาราได้ดีหรือไม่ ซึ่งการจ่ายปุ๋ยที่ดีควรจ่ายได้ตามอัตราที่กำหนดและจ่ายได้อย่างสม่ำเสมอตลอดการทำงานเป็นสำคัญ วิเคราะห์ตามสมการที่ 1

1.2 การวิเคราะห์ความลึกและความกว้างของการเปิดร่อง การวัดค่าใช้การวัดจากการทดสอบจริงเป็นสำคัญ เนื่องจากค่าที่ได้แสดงถึงการเปิดร่องที่เหมาะสมหรือไม่ซึ่งการเปิดร่องความลึกควรอยู่ในช่วง 50-70 มิลลิเมตร ถ้าความลึกมากกว่าค่าที่กำหนดโอกาสที่การเปิดร่องและตัดรากต้นยางพาราก็สูงตามไปด้วย ส่วนความกว้างของการเปิดร่องมีผลต่อการนำปุ๋ยลงในร่องความเร็วในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยกำลังของเครื่องยนต์ การสิ้นเปลื้องน้ำมันเชื้อเพลิง การสม่ำเสมอในการเปิดร่อง และการกลบปุ๋ยในร่อง

1.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย การวัดค่าใช้การวัดจากการทดสอบจริงเป็นสำคัญ เนื่องจากค่าที่วัดได้จะแสดงถึงความสูญเสียของปุ๋ยที่รากของต้นยางพาราไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ซึ่งอาจเกิดจากการระเหยทิ้งหรือการไหลไปตามน้ำได้เมื่อมีฝนตกหนัก วิเคราะห์ตามสมการที่ 2

$$\text{ประสิทธิภาพของการโรยปุ๋ย (\%)} = \frac{\text{ปริมาณการปุ๋ยจริง (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาณการโรยปุ๋ยทางทฤษฎี (กิโลกรัม}} \quad (1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพของการกลบปุ๋ย (\%)} = \frac{\text{ระยะทางทดสอบ (เมตร) - ระยะทางทดสองที่ปุ๋ยไม่ถูกกลบ (เมตร)}}{\text{ระยะทางทดสอบ (เมตร)}} \quad (2)$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการทำงาน (ไร่ต่อลิตร)} = \frac{\text{พื้นที่ทำงาน (ไร่)}}{\text{น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทำงาน (ลิตร)}} \quad (3)$$

$$\text{ประสิทธิภาพเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา(\%)} = \text{ประสิทธิภาพการโรยปุ๋ย} \times \text{ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย} \quad (4)$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{พื้นที่ทำงานที่ได้ (ไร่)}}{\text{เวลาที่ใช้ทำงาน (ชั่วโมง)}} \quad (5)$$

1.4 การวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการทำงาน ค่าที่วัดได้แสดงถึงอัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงของต้นกำลังเป็นสำคัญ วิเคราะห์ตามสมการที่ 3

1.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา ค่าที่วัดได้แสดงถึงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่อง วิเคราะห์ตามสมการที่ 4

1.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำงาน ค่าที่วัดได้แสดงถึงความสามารถโดยรวมของเครื่อง วิเคราะห์ตามสมการที่ 5

2. ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ

2.1 ความเร็วของผานจานเปิดร่อง (เมตรต่อวินาที) คือ 0.8, 0.9 และ 1.0 (500, 600 และ 700 รอบต่อนาที ที่เกียร์ 1)

2.2 มุมผานจานเปิดร่องกระทำกับการเคลื่อนที่ (องศา) คือ 20, 30 และ 40

3. วิธีดำเนินการทดสอบ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดสอบ

- วัสดุได้แก่ ปุ๋ย
- อุปกรณ์ได้แก่ ตาชั่ง, ภาชนะสำหรับชั่งปุ๋ย
- เครื่องมือวัดรอบ
- เทปวัดระยะ
- มาตรวัดระดับน้ำ
- ตลับเมตร
- ไม้บรรทัด
- นาฬิกาจับเวลา
- อุปกรณ์ตวงปริมาณน้ำมัน
- น้ำมันดีเซล

3.2 วิธีดำเนินการทดสอบ

3.2.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการโรยปุ๋ย

ขั้นตอนการทดสอบ

1) วิธีการทดสอบขั้นต้นในห้องทดลอง

- ใส่ปุ๋ยลงในถัง
- ทำการหมุนล้อ 1.5 รอบเทียบได้ระยะทาง 3.06 เมตร
- นำปุ๋ยที่ได้จากการหมุนล้อไปทำการชั่ง แล้วบันทึกผลการทดลอง
- ทำการทดลองซ้ำจากข้อที่ 2 ถึง 3 ทั้งหมด 3 ซ้ำซ้ำละ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2) วิธีการทดสอบโดยการขับเคลื่อนจริงต่อเนื่อง จากข้อที่ 1.1

- นำภาชนะบรรจุปุ๋ยมารองรับปุ๋ยที่ช่องโรยปุ๋ย
- การทดลองได้แบ่งออกเป็นสองระยะคือ 15 เมตร และ 30 เมตรต่อหนึ่งรอบความเร็วที่เลือกเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดภาชนะที่รองรับปริมาณปุ๋ย ผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะทางการทดสอบไว้เพียง 30 เมตร
- ทำการทดลองโดยขับเคลื่อนจริง และนำปริมาณปุ๋ยที่ได้ไปชั่ง แล้วบันทึกผลการทดลอง
- กระทำซ้ำจากข้อ 2 ถึง 4 ทั้งหมด 3 ซ้ำต่อหนึ่งระยะต่อหนึ่งความเร็วรอบเครื่องที่เลือก โดยได้เลือกความเร็วรอบไว้ทั้งหมด 3 ขนาด คือ 500, 600, และ 700 รอบต่อนาที

3) การทดสอบในพื้นที่จริง ต่อเนื่องจากข้อที่ 1.2

3.2.2. การวิเคราะห์ความลึกและความกว้างของการเปิดร่องการทดสอบใช้เครื่องโรยปุ๋ยยางพาราทดสอบในพื้นที่จริง การทดสอบใช้ผานจานเปิดร่องที่มุมต่างๆที่กำหนดโดยไม่มีการกลบร่องเพื่อให้สามารถสุ่มวัดค่าความลึกและความกว้างของการเปิดร่องได้ โดยมีขั้นตอนการทดสอบ

- กำหนดระยะทางที่ใช้ทดสอบ (ระยะทางที่กำหนด 125 เมตร)
- ทำการตั้งรอบเครื่องยนต์ที่ 500 รอบต่อนาที และปรับมุมผานเปิดร่องที่ 20 องศา
- ทำการโรยปุ๋ยโดยให้อุปกรณ์ชุดโรยปุ๋ยทำงานในสภาวะปกติในสภาพพื้นที่จริง
- วัดความลึกและความกว้าง

ของการเปิดร่องเป็นระยะๆ และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง

- ปรับมุมของผานเปิดร่องใหม่ให้ครบ 3 มุม โดยทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ (20,30,40 องศา) แล้วทำการทดสอบซ้ำ

- ทำซ้ำตามข้อ 2 ถึง 5 โดยเปลี่ยนความเร็วรอบเครื่องเป็น 600 และ 700 รอบต่อนาที

- หาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ

3.2.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย เมื่อทราบข้อมูลของการเปิดร่องและประสิทธิภาพการโรยปุ๋ยแล้ว ในการทดสอบใช้ข้อกำหนดดังกล่าว เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย โดยการทดสอบให้เครื่องโรยปุ๋ยยางพาราปฏิบัติงานในพื้นที่จริงตามระยะทางที่กำหนดและวัดระยะทางที่ปุ๋ยไม่ถูกกลบ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

- กำหนดระยะทางที่ใช้ทดสอบ (125 เมตร)

- ปรับรอบเครื่องยนต์ให้ได้ในระดับที่ต้องการ คือ 500 รอบต่อนาที

- ปรับมุมผานจานกลบร่องกระทำกับแนวการเคลื่อนที่ 20 องศา

- กำหนดใช้เกียร์ 1 เป็นเกียร์ขับเคลื่อน เดินหน้าตรง

- ทำการโรยปุ๋ยโดยให้เครื่องโรยปุ๋ยทำงานในสภาวะใช้งานปกติ

- บันทึกค่าการทดสอบ และทำการทดสอบใหม่อีก 2 ซ้ำ

- ทดสอบซ้ำตามข้อ 1 ถึง 6 โดยปรับมุมผาน จานกลบร่องไปที่มุม 30 และ 40 องศา

- ทำการทดลองซ้ำจากข้อ 1 ถึง 7 โดยปรับเปลี่ยนความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็น 600, 700 รอบต่อนาที พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลที่ได้

3.2.4 การวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันในการทำงาน

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่ในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยยางพารานั้น หาจากการนำเครื่องโรยปุ๋ยไปทดสอบกับพื้นที่จริง ในการทดสอบนั้นทำโดยกำหนดระยะทางแล้วจับเวลา

หมายเหตุ กำหนดให้เครื่องโรยปุ๋ยโรยไปตามความยาวของแถว ซึ่งแถวหนึ่งมีความยาวในการทดสอบ 125 เมตร และ กว้าง 6 เมตร

- กำหนดระยะทางที่ใช้ทดสอบ(ระยะทางที่กำหนด 125 เมตร)

- ทำการตั้งรอบเครื่องยนต์ให้ได้ 700 รอบต่อนาที

- ทำการโรยปุ๋ยโดยให้เครื่องโรยปุ๋ยทำงานในสภาวะปกติ

- จับเวลาเมื่อเครื่องโรยปุ๋ยทำงานถึงระยะทางที่กำหนด

- ตวงน้ำมันเทลงถังเพื่อหาปริมาณน้ำมันใช้ไปแล้วบันทึกค่า

- ทำซ้ำตามข้อ 1-5 จนครบ 3 ครั้ง

- หาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง

3.2.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพรวมของเครื่องโรยปุ๋ย

ประสิทธิภาพรวมของเครื่องโรยปุ๋ย หาได้จากการคำนวณซึ่งเป็นผลคูณของประสิทธิภาพการโรยปุ๋ยกับ ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย

3.2.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ย

ทดสอบโดยให้เครื่องโรยปุ๋ยยางพาราปฏิบัติงานตามพื้นที่กำหนดแล้วจับเวลาปฏิบัติงานซึ่งได้ทำ การทดสอบแล้วจากการทดสอบลำดับที่ (4) ที่ผ่านมา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การทดสอบการจ่ายปุ๋ย

1.1 การทดสอบการจ่ายปุ๋ยของเครื่องโรยปุ๋ยในห้องปฏิบัติการ เป็นการทดสอบหาปริมาณการจ่ายปุ๋ยหลังจากที่ทำการออกแบบเสร็จแล้วโดยไม่มีตัวแปร เพื่อนำปริมาณปุ๋ยที่ได้ไปเปรียบเทียบเป็นการ

ตารางที่ 1 ตารางแสดงอัตราการจ่ายปุ๋ยเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์

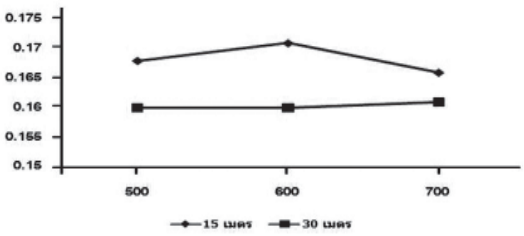
รอบของเครื่องยนต์ (rpm)	ระยะทางที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนครั้งในการทดลองเทียบกับเวลา						เฉลี่ย (kg/m)
		1 (kg)	เวลา(S)	2 (kg)	เวลา(S)	3 (kg)	เวลา(S)	
500	15 m	2.6	19.88	2.5	19.34	2.5	19.29	0.168
	30 m	4.8	35.6	4.8	36.02	4.8	36.17	0.160
600	15 m	2.6	14.77	2.5	14.66	2.6	14.87	0.171
	30 m	4.8	33.40	4.8	34.75	4.8	34.6	0.160
700	15 m	2.5	13.56	2.5	13.29	2.5	13.64	0.166
	30 m	4.8	28.43	4.9	28.49	4.8	28.39	0.161

จ่ายปุ๋ยของสกรูทางทฤษฎีโดยมีเงื่อนไขในการทดสอบคือ หมุนล้อ 1.5 รอบ (ได้ระยะทางเท่ากับ 3 เมตร) สกรูต้องจ่ายปุ๋ยเท่ากับ 500 กรัม ต้นยางหนึ่งต้นต้องการปุ๋ยประมาณครึ่งกิโลกรัม โดยที่ระยะห่างระหว่างต้นยาง เท่ากับ 3 เมตร ความกว้างระหว่างแถวเท่ากับ 6 เมตร ภายในหนึ่งต้นเฉลี่ยการโรยปุ๋ยออกข้างละ 1.5 เมตร ต้องทำการจ่ายปุ๋ยให้ต้นละ 500 กรัม ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบขั้นต้นของการจ่ายปุ๋ยของสกรูลำเลียง

ทดสอบ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ครั้ง โดยที่หมุนล้อ 1.5 รอบ จากการทดสอบพบว่าเครื่องโรยปุ๋ยจ่ายปุ๋ยเฉลี่ยเท่ากับ 0.167 กิโลกรัมต่อเมตร ดังนั้นค่าแฟคเตอร์ของอัตราการจ่ายปุ๋ยทางทฤษฎีเทียบการจ่ายปุ๋ยเป็นเมตร จึงพิจารณาให้มีค่าเท่ากับ 0.167 กิโลกรัมต่อเมตร

1.2 การทดสอบโดยการขับเคลื่อนจริง เป็นการทดสอบบนพื้นดินโล่ง การทดลองได้แบ่งออกเป็นสองระยะคือ 15 เมตรและ 30 เมตร เพื่อหาอัตราการจ่ายปุ๋ยจริง

จากตารางบันทึกผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบอัตราการจ่ายปุ๋ยของเครื่องโรยปุ๋ยนั้น พบว่าการทดสอบครั้งที่ 1 ถึง 3 ปริมาณการจ่ายปุ๋ยของเครื่องโรยปุ๋ยทำการจ่ายปุ๋ยในปริมาณที่ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ซึ่งความเร็วรอบเครื่องยนต์



ความเร็วรอบ (Rpm)

รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจ่ายปุ๋ยเทียบกับความเร็วรอบ

เปลี่ยนไปนั้นอาจมีผลเพียงเล็กน้อย แต่ความแตกต่างของการจ่ายปุ๋ยมีค่าไม่มากนัก ดังนั้นจึงต้องหาค่าเฉลี่ยของการจ่ายปุ๋ยของสกรูลำเลียง การคำนวณหาอัตราการจ่ายปุ๋ยจริงในระยะทางที่ทำการทดสอบตามตารางที่รอบเครื่องต่างๆ พบว่าอัตราการจ่ายปุ๋ยเฉลี่ยเท่ากับ 0.164 กิโลกรัมต่อเมตร

ผลที่ได้จากกราฟทดสอบอัตราการจ่ายปุ๋ยเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ พบว่าที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์มีผลต่ออัตราการจ่ายปุ๋ยน้อยมากหรือแทบไม่มีผลเลย ส่วนอัตราการจ่ายปุ๋ยเทียบกับระยะทางถ้าดูจากกราฟ พบว่าระยะทางทดสอบ 15 เมตร อัตราการจ่ายปุ๋ยไม่สม่ำเสมอและมีปริมาณมาก เมื่อเทียบกับระยะทางทดสอบ 30 เมตร อัตราการจ่ายปุ๋ยสม่ำเสมอกว่าและมีปริมาณน้อย

ทั้งนี้เป็นเพราะว่ามีปุ๋ยจำนวนหนึ่งตกค้างอยู่ภายในท่อลำเลียงปุ๋ย ทำให้ปริมาณปุ๋ยที่จ่ายออกมาในระยะทางสั้นมีค่ามากกว่า

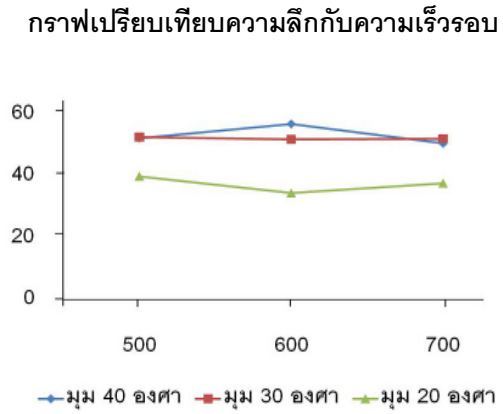
1.3 วิธีการทดสอบในสภาพพื้นที่จริง จากผลการทดสอบหัวข้อที่ 1.2 พบว่ารอบของเครื่องยนต์มีผลต่ออัตราการจ่ายปุ๋ยน้อยมากแทบไม่มีผลเลย ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงสุดคือ 700 รอบต่อนาที โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 1.2 เพียงแต่ทดสอบในพื้นที่จริงข้อมูลที่ได้แสดงตามตารางบันทึก ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงอัตราการจ่ายปุ๋ยเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบกับแปลงจริง

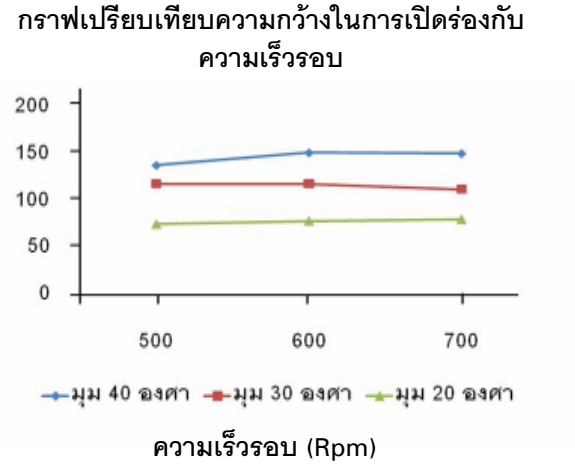
รอบ (rpm)	ระยะทาง (m)	ปริมาณปุ๋ยที่จ่าย (g)										เฉลี่ย (g)
700	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		4500	5500	5200	4500	5200	4600	4500	4500	4500	5500	4850

ตารางที่ 3 ทดสอบความลึกกับความกว้างของการเปิดร่องเทียบกับความเร็วรอบและมุมต่าง ๆของ
ผ่านตารางที่ 3 ทดสอบความลึกกับความกว้างของการเปิดร่องเทียบกับความเร็วรอบและมุมต่าง ๆ ของผาน

รอบของเครื่องยนต์ (rpm)	มุมผานความ	ความลึก/กว้าง	จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบเทียบกับระยะทาง						เฉลี่ย (mm)
			1 (20m)	2 (40 m)	3 (60 m)	4 (80 m)	5 (100 m)	6 (120 m)	
500	40°	ลึก (mm)	45	60	60	40	45	65	52.5
		กว้าง (mm)	140	130	130	138	140	150	138
	30°	ลึก (mm)	37	55	65	45	55	60	52.8
		กว้าง (mm)	100	110	140	110	120	130	118.3
	20°	ลึก (mm)	40	50	30	30	45	45	40
		กว้าง (mm)	60	90	50	70	95	90	75.8
600	40°	ลึก (mm)	65	50	52	50	60	65	57
		กว้าง (mm)	160	140	135	140	165	170	151.6
	30°	ลึก (mm)	60	45	50	50	52	55	52
		กว้าง (mm)	120	120	120	120	110	120	118.3
	20°	ลึก (mm)	40	28	35	30	40	35	34.6
		กว้าง (mm)	80	75	90	80	80	70	79.1
700	40°	ลึก (mm)	35	55	47	48	65	55	50.8
		กว้าง (mm)	135	150	150	160	170	140	150.8
	30°	ลึก (mm)	55	47	52	50	60	50	52.3
		กว้าง (mm)	120	125	110	111	125	85	112.7
	20°	ลึก (mm)	35	50	30	25	49	38	37.8
		กว้าง (mm)	80	85	70	70	90	90	80.8



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกเทียบกับความเร็วรอบ



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างในการเปิดร่องเทียบกับความเร็วรอบ

ความต้องการปุ๋ยของต้นยางพารา 500 กรัมต่อต้น หรือ 3 เมตร ต่อปุ๋ย 500 กรัม จากการทดลองจ่ายปุ๋ยในพื้นที่สวนยางจริงได้ปริมาณปุ๋ย 485 กรัมต่อต้น(คิดที่ระยะทาง 3 เมตร)

ดังนั้นประสิทธิภาพการโรยปุ๋ย $= \frac{485}{500} \times 100 = 97\ \%$

2. การทดสอบความลึกกับความกว้างของการเปิดร่อง

การหาความลึกและความกว้างของการเปิดร่องดินของเครื่องโรยปุ๋ยยางพารานั้นหาจากการนำเครื่องไปทดสอบกับพื้นที่จริง ในการทดสอบนั้นทำโดยกำหนดระยะทางและจับเวลา ซึ่งผลที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ผลที่ได้จากกราฟทดสอบความลึกและความกว้างเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ พบว่าที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์มีผลต่อความลึกและความกว้างในการเปิดร่อง ส่วนมุมผานเทียบกับความเร็วรอบถ้าดูจากกราฟ พบว่ามุมผานที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเลือกใช้งานคือมุม 30 องศา เนื่องจากมุม 30 องศา มีความลึกและความกว้างของร่องที่สม่ำเสมอและความลึกอยู่ในระยะที่กำหนดคือ 50-70 มิลลิเมตร

3. การทดสอบประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย

การทดสอบหาประสิทธิภาพการกลบปุ๋ยในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยยางพารานั้น หาจากการนำเครื่องโรยปุ๋ยไปทดสอบกับพื้นที่จริง และระยะทางที่ทำการทดสอบคือ 125 เมตร

ตารางที่ 4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกลบปุ๋ยไม่หมดเทียบกับมุมผาน

รอบเครื่อง (rpm)	มุมผาน (องศา)	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			เฉลี่ย (m)
		แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	แถวที่ 1	แถวที่ 2	แถวที่ 3	
700	20	10.40m	3.9m	1.50m	0.30m	1.50m	0.50m	0.37m	3.70m	2.00m	2.686
	30	0.10m	0.60m	1.65m	0.26m	2.10m	2.00m	1.60m	1.52m	2.10m	1.326
	40	0.47m	0.30m	0.50m	0.90m	0.43m	1.00m	0.58m	0.70m	0.65m	0.614

หมายเหตุ กำหนดให้เครื่องโรยปุ๋ยโรยไปตามความยาวของแถวแปลงยางพารา ซึ่งแถวหนึ่งมีความยาวในการทดสอบ 125 เมตร และกว้าง 6 เมตร

นำค่าเฉลี่ยจากตารางมาคำนวณหาประสิทธิภาพ การกลบปุ๋ยเฉลี่ย

ถ้ากลบปุ๋ยได้ 125 เมตร ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ยเท่ากับ 100 %

ที่มุมผานจานเปิดร่อง 20 องศา กลบปุ๋ยได้

125 - 2.686 = 122.314 เมตร

คิดเป็นร้อยละ (122.314x100)/125 = 97.85 %

ที่มุมผานจานเปิดร่อง 30 องศา กลบปุ๋ยได้

125 - 1.326 = 123.674 เมตร

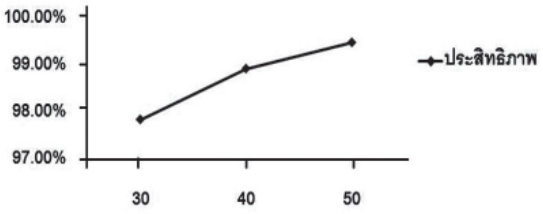
คิดเป็นร้อยละ (123.674x100)/125 = 98.939 %

ที่มุมผานจานเปิดร่อง 40 องศา กลบปุ๋ยได้

125 - 0.614 = 124.386 เมตร

คิดเป็นร้อยละ (124.386x100)/125 = 99.50 %

กราฟเปรียบเทียบความลึกกับความเร็วรอบ



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกลบปุ๋ยเทียบกับมุมผาน

ผลจากการคำนวณพบว่าประสิทธิภาพในการกลบปุ๋ยของมุมผานทั้งสามให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากและจากกราฟแสดงประสิทธิภาพของการกลบปุ๋ยเทียบกับมุมผานถ้าดูจากกราฟพบว่ามุมผานที่เหมาะสมมีอยู่ 2 มุม ด้วยกันคือ มุม 30 และ 40 องศา แต่จากผลการทดสอบตั้งแต่ต้นพบว่ามุมที่ดีที่สุดที่ควรเลือกใช้ก็คือมุม 30 องศา ดั้งนั้นการทดสอบหาประสิทธิภาพในการกลบปุ๋ยจึงเลือกมุม 30 องศา ในการทดสอบ

หมายเหตุ ความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิในการกลบปุ๋ยเลือกใช้ความเร็วรอบที่ 700 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็วรอบที่ 500 และ 600 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ไม่สามารถฉุดลากได้ ขณะที่ใส่ปุ๋ยเติมอัตราคือ 500 กิโลกรัม เมื่อทำการทดสอบ

4.การทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่

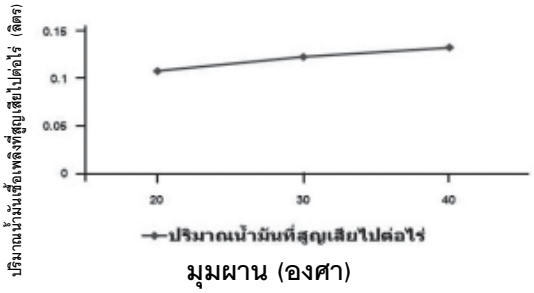
เครื่องโรยปุ๋ยถูกกำหนดให้โรยไปตามความยาวของแถวแปลงยางพารา ซึ่งแถวหนึ่งมีความยาวในการทดสอบ 125 เมตร และ กว้าง 6 เมตร

ทำการตั้งรอบเครื่องยนต์ที่ 700 รอบต่อนาที และให้เครื่องโรยปุ๋ยทำงานในสภาวะปกติ จับเวลาเมื่อเครื่องโรยปุ๋ยทำงานถึงระยะทางที่กำหนดแล้วทำการตวงน้ำมันเชื้อเพลิงเทกลับลงถังให้อยู่ในตำแหน่งเดิม เพื่อหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไป บันทึกค่าลงตาราง จากนั้นทำซ้ำตามข้อ 1-5 จนครบ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบหามุมที่เหมาะสมกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟ

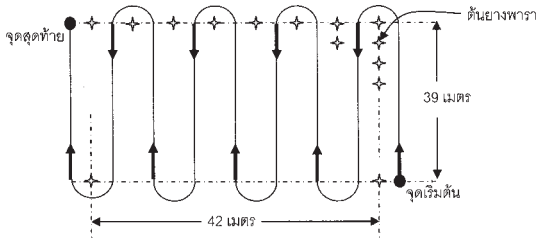
ตารางที่ 5 บันทึกผลการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่

รอบเครื่อง (rpm)	มุมผาน (องศา)	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อไร่			เฉลี่ย (ลิตรต่อไร่)
		1 ลิตร	2 ลิตร	3 ลิตร	
700	20	0.107	0.110	0.113	0.110
	30	0.126	0.122	0.128	0.125
	40	0.132	0.134	0.138	0.135

กราฟแสดงปริมาณการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่เทียบกับมุมผาน



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่



รูปที่ 7 รูปพื้นที่สำหรับการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา

<u>หมายเหตุ</u> ความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบหาความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงเลือกใช้ความเร็วรอบที่ 700 รอบต่อนาที เนื่องจากที่ความเร็วรอบ 500 และ 600 รอบต่อนาที เครื่องยนต์ไม่สามารถฉุดลากขณะทำการทดสอบได้เมื่อบรรทุกปุ๋ยเต็มอัตราคือ 500 กิโลกรัม

ถ้าดูจากกราฟแสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อไร่พบว่ามุมผานที่เหมาะสมและประหยัดน้ำมันคือมุม 20 องศา กับ มุม 30 องศา มุม 20 องศาประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงแต่มีสาเหตุหลายอย่างที่ไม่ควรเลือกมาทำการทดสอบ เนื่องจากการเปิดร่องได้แคบเม็ดปุ๋ยกระเด็นออกจากร่องมากเป็นต้น ส่วนมุม 30 องศานั้นเป็นมุมที่มีความเหมาะสมทั้งการเปิดร่องและการกลบร่องซึ่งมีความเหมาะสมกว่ามุมอื่นจึงควรที่เลือกใช้มุม 30 องศา สำหรับการปฏิบัติงานจริง

5. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องโรยปุ๋ย

คำนวณได้จากสมการ

ประสิทธิภาพเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา

= ประสิทธิภาพการโรยปุ๋ย x ประสิทธิภาพการกลบปุ๋ย

= 95.97 %

6. การวิเคราะห์ความสามารถในการทำงาน

ได้จากการทดสอบในสภาพพื้นที่จริงและจับเวลาในการทำงานบนพื้นที่ 1 ไร่

การทดลองหาข้อมูลความสามารถในการทำงานโดยการกำหนดขนาดพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 42 x 39 ตารางเมตรแทนพื้นที่ 1 ไร่ และทำการโรยปุ๋ยมีลักษณะทิศทางตามรูป

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ความสามารถในการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยเท่ากับ 5 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 รอบต่อนาที

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องโรยปุ๋ยยางพาราที่ได้พัฒนา ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่ โดยมีอุปกรณ์การทำงานที่สำคัญได้แก่ ผานจานเปิดร่อง ผานจานกลบร่อง ถังบรรจุปุ๋ยและสกรูลำเลียงเม็ดปุ๋ย เครื่องโรยปุ๋ยสามารถทำงานได้ดีขึ้น ในการทดสอบขั้นต้นและทดสอบสถานที่จริง เครื่องโรยปุ๋ยสามารถ

ตารางที่ 6 บันทึกผลการทดสอบความสามารถในการโรยปุ๋ยต่อไร่

รอบเครื่อง (rpm)	มุมผาน (องศา)	เวลาที่ใช้ในการโรยปุ๋ยต่อไร่ (นาทีต่อไร่)			เฉลี่ย (ลิตรต่อไร่)
		การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2	การทดสอบครั้งที่ 3	
700	30	12.2	11.8	12.0	12.0

ทำงานได้ดี กล่าวคือ สกรูลำเลียงปุ๋ยสามารถทำงานได้ดีทำให้ไม่เกิดการอัดตัวของปุ๋ยบริเวณก้นถังและปุ๋ยไม่เกิดการจับตัวกันเป็นก้อน ทำให้สกรูลำเลียงจ่ายปุ๋ยได้สม่ำเสมอ ชุดผานเปิดร่องและกลบปุ๋ยเครื่องโรยปุ๋ยช่วยลดปัญหาการกีดขวางของเศษวัชพืชและกิ่งไม้ เนื่องจากใบผานจานสามารถกลิ้งตัดเศษวัชพืชและกิ่งไม้ได้ ใช้แรงงานคนเพียงคนเดียวในการขับรถไถเดินตาม ทำให้ประหยัดเวลาและแรงงาน

จากผลการทดสอบเครื่องโรยปุ๋ยยางพาราสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 700 รอบต่อนาที ที่เกียร์ 1 มุมผานจานเปิดร่อง 30 องศากับแนวการเคลื่อนที่ ความลึกเฉลี่ยในการเปิดร่อง 52.3 มิลลิเมตรประสิทธิภาพในการโรยปุ๋ย 97% หรือจ่ายปุ๋ยได้ 485 กรัมต่อต้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 8 ไร่ต่อลิตร ความสามารถทำงานได้จริง คือ 5 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพรวมของเครื่องโรยปุ๋ยยางพารา 95.97 %

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อเนื่องหรือการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

1. ควรทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น อาจได้รอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกว่านี้ ทำให้ประหยัดเวลา ลดแรงงาน ลดค่าใช้จ่าย และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

2. ควรปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ให้มีสภาพใหม่ ซึ่งมีผลต่อความสามารถของเครื่องโรยปุ๋ย

3. ควรเพิ่มชุดเปิดและกลบร่องเป็น 2 ชุด เพื่อแบ่งโรยปุ๋ยเป็นสองแถว

4. สำหรับเกษตรกรรายย่อย (ไม่เกิน 10 ไร่) ควรลดขนาดเครื่องให้เล็กลงบรรจุปุ๋ยได้ครั้งละ 50 กิโลกรัม เนื่องจากราคาเครื่องจะถูกลง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร.(2549). **ข้อมูลการเกษตร:ข้อมูลพืชชนิดต่าง ๆ.** ประเภทของสื่อ [ออนไลน์]. จาก http://www.doa.go.th/pl_data/RUBBER/1stat/st01.htm.

จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์. (2544). **เครื่องจักรกลเกษตร เล่ม 2.** กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. (2536). **พืชหลักปักใต้.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ปิรามิด.

มงคล กวางวโรภาส. (2529). หลักการทำงานของไถสิ่วและไถดินดาน. **วารสารวิศวกรรมเกษตร.**

มงคล คธาพันธ์ และ ยงยุทธ์ เสียงดัง. (2547). **เครื่องโรยปุ๋ยยางพารา.** นครราชสีมา. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

รัตน์ เพชรจันทร์. (2527). **ยางพารา.** เอกสารนิเทศก์การศึกษา ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

วิโรจน์ มาศเนตร, สมชาย ปกรโณดม และ สมชาย ติลกเลิศ. (2520).**การเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวเปลือกจากการปลูกโดยการเตรียมดินด้วยวิธีไถแบบปกติ แบบประหยัดและไม่ไถ.** งานวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. (2549). **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.** ประเภทของสื่อ [ออนไลน์]. จาก http://www.geocities.com/apsrdo/data.htm.l