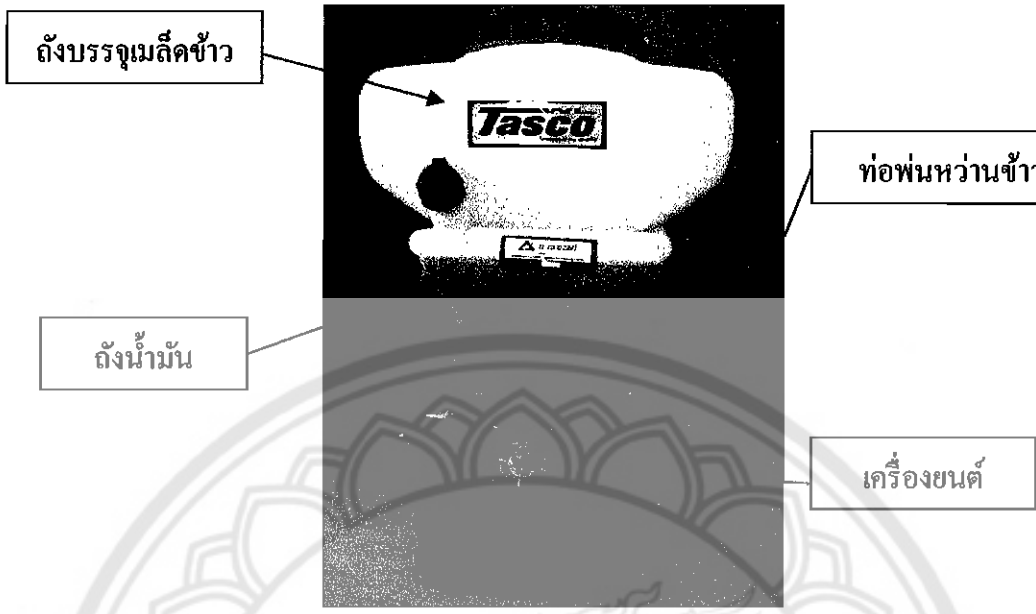
บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

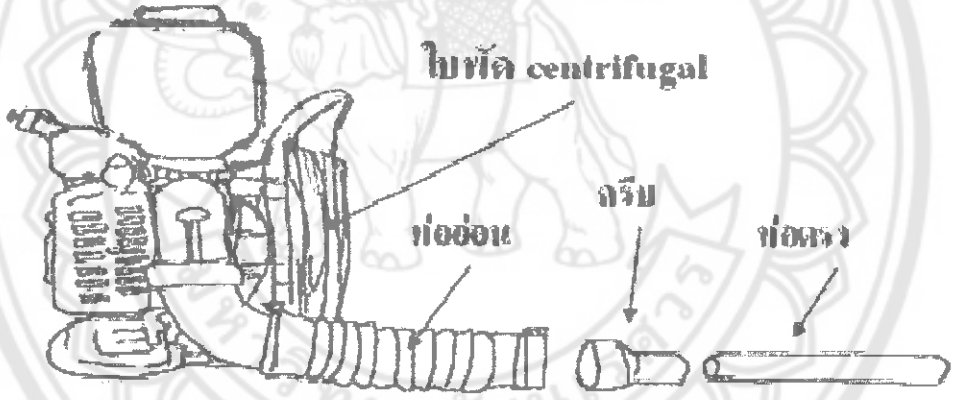
วิธีการดำเนินโครงงานประกอบด้วย การศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่อง ศึกษาพารามิเตอร์พื้นฐานของการทำงาน ออกแบบและสร้างชุดทดลองหว่านข้าว ศึกษาสมบัติทางกายภาพและอัตราการหว่านของข้าวงอก หาประสิทธิภาพและสมรรถนะในการทำงาน ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การงอกรวมถึงวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เนื้อหาโดยละเอียดมีดังต่อไปนี้

3.1 หลักการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง

เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังที่นำมาใช้ทดสอบหว่านข้าวงอกในโครงงานนี้เป็นเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังยี่ห้อ Tasco Model 3WF-2.6 (รูปที่ 3.1) เป็นเครื่องพ่นหว่านที่อาศัยแรงลมในการหว่าน ที่เกิดจากเครื่องยนต์เบนซินแบบ 1 ลูกสูบ 2 จังหวะ ปริมาณน้ำมันเบนซินต่อน้ำมันหล่อลื่น 30:1 ถ่ายกำลังไปยังเพลาเพื่อไปหมุนใบพัดแบบหอยโข่ง (รูปที่ 3.2) ทำให้เกิดแรงลมไหลออกมาตามท่อพ่นหว่านข้าวและเมล็ดข้าวจะไหลลงมารวมตัวกับลมแล้วจึงถูกพ่นออกไปตามท่อพ่นหว่าน เครื่องฉีดพ่นหว่านข้าวชนิดนี้สามารถปรับระดับแรงลมได้โดยการปรับเร่งความเร็วรอบชุดใบพัดได้ 6 ระดับ สามารถปรับระดับช่องเปิดทางลงของเมล็ดข้าวได้ 12 ระดับ (รูปที่ 3.3) ร่วมกับลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ดข้าว ในระดับ สูงสุด (maximum), ปานกลาง (medium), และต่ำสุด (minimum) (รูปที่ 3.4 และ 3.5) เมื่อทำการปรับระดับลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ดจะทำให้ลิ้นควบคุมเกิดการยกตัวทำมุมเอียงกับช่องทางลงเมล็ดด้วยมุมที่เปลี่ยนแปลงไป และทำให้ความกว้างของช่องทางลงเมล็ดเปลี่ยน เมื่อปรับให้อยู่ที่ระดับสูงสุด ลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ดจะยกตัวทำมุมเอียงกับช่องทางลงเมล็ดมากที่สุด ช่องทางลงเมล็ดมีความกว้างมากขึ้น (รูปที่ 3.5ก) มีผลทำให้มีปริมาณเมล็ดลงมาก ส่วนลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ดที่ระดับต่ำสุดจะยกตัวทำมุมเอียงกับช่องทางลงเมล็ดต่ำที่สุด ช่องทางลงเมล็ดจะแคบลง (รูปที่ 3.5ค) ทำให้มีปริมาณเมล็ดลงน้อย

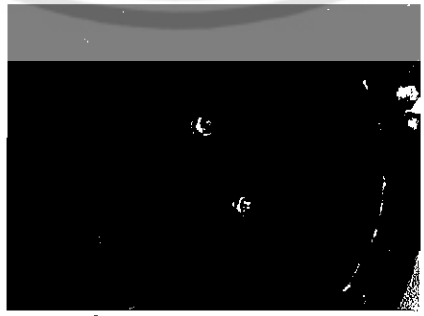


ก) ส่วนประกอบหลัก

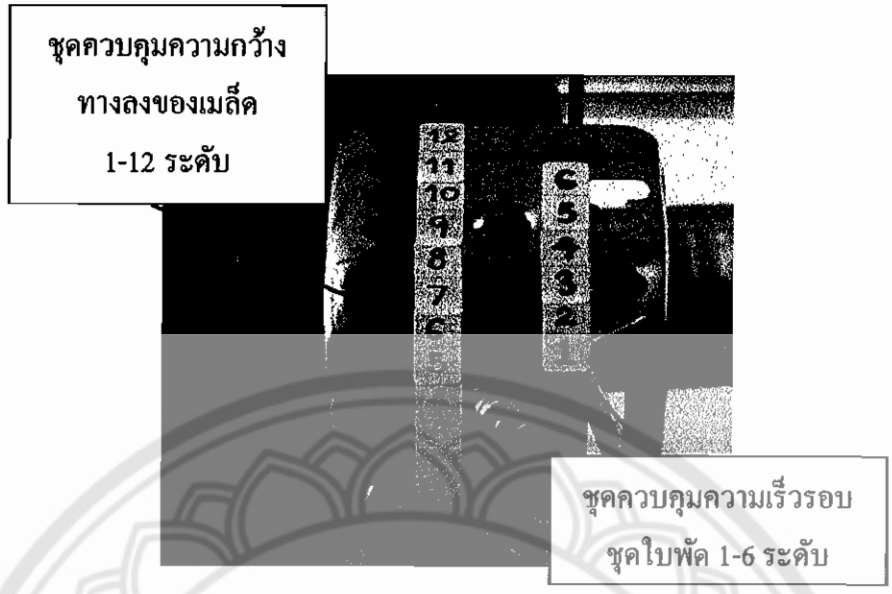


ข) ภาพสเกตช์

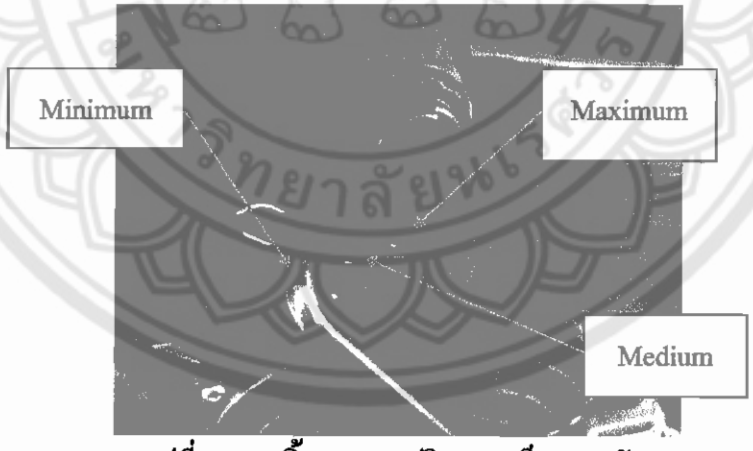
รูปที่ 3.1 เครื่องฉีดพ่นยาแบบติดเครื่องยนต์สะพายหลังยี่ห้อ Tasco Model 3WF-2.6



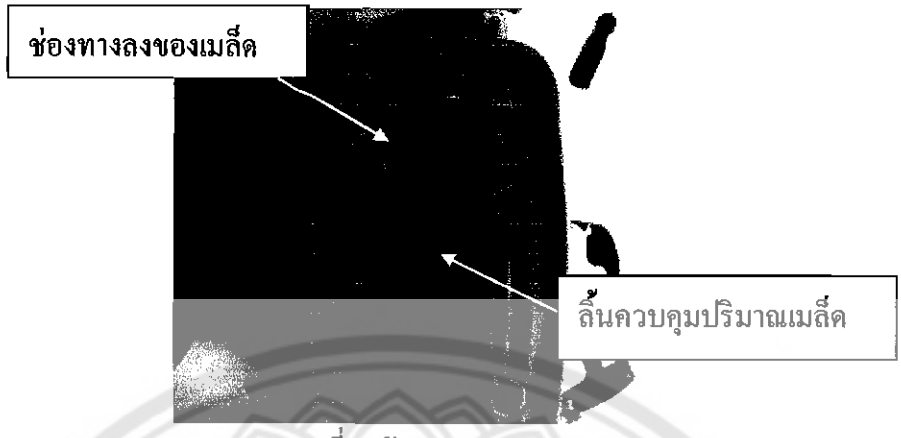
รูปที่ 3.2 ใบพัดแบบหอยโข่ง



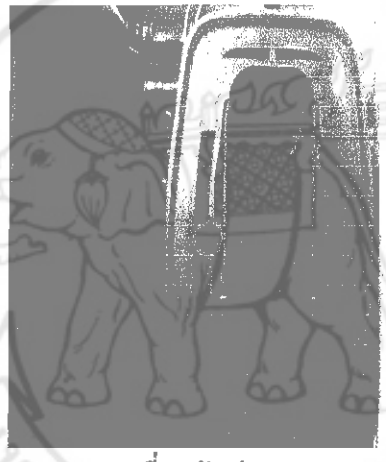
รูปที่ 3.3 ระดับความเร็วรอบชุดใบพัดและระดับช่องเปิดทางลงของเมล็ด



รูปที่ 3.4 ชุดลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ด 3 ระดับ



ก) ที่ระดับสูงสุด (maximum)

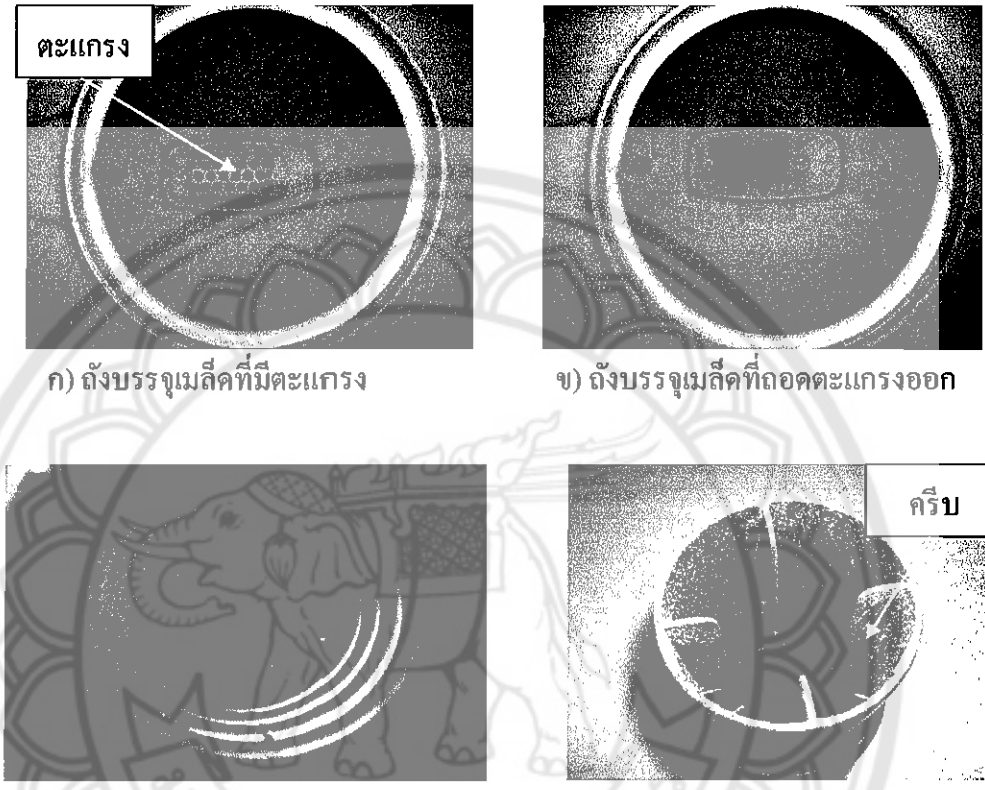


ข) ที่ระดับปลานกลาง (medium)

ค) ที่ระดับต่ำสุด (minimum)

รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ดที่ระดับต่างๆ

ช่องทางลงของเมล็ด ภายในถังบรรจุ มีตะแกรงป้องกันการอุดตันของเมล็ดปุ๋ย ตะแกรงนี้สามารถเอาออกได้ เมื่อไม่ต้องการใช้งาน (รูปที่ 3.6ก และ3.6ข)



ก) ถังบรรจุเมล็ดที่มีตะแกรง ข) ถังบรรจุเมล็ดที่ถอดตะแกรงออก

ค) ครีบภายในท่อ ง) ภาพขยายครีบภายในท่อ

รูปที่ 3.6 ตะแกรงป้องกันการอุดตันของเม็ดปุ๋ยภายในถังบรรจุเมล็ด และครีบภายในท่อพ่นหว่านข้าว

ในรูปที่ 3.6ค และ 3.6ง แสดงครีบจำนวน 4 ครีบ ที่ติดตั้งภายในท่อพ่นหว่าน (บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างท่ออ่อนกับท่อตรง) ครีบนี้มีหน้าที่ปรับการไหลของลมที่ไหลออกมาให้เป็นการไหลแบบราบเรียบ

จากการศึกษาหลักการทำงาน และส่วนประกอบของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังนี้ ผู้ดำเนินโครงงานได้ตั้งสมมติฐานว่า มีตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพ และสมรรถนะการหว่านข้าวงอกของเครื่องดังนี้ คือ ความเร็วรอบชุดใบพัด ความกว้างของช่องทางลงของเมล็ด ลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ด และตะแกรงป้องกันการอุดตันที่อยู่ภายในถังบรรจุ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรต่างๆและค่าที่ใช้แปรผันในการทดลอง

ระดับความเร็วรอบชุดใบพัด	ระดับความกว้างช่องทางลงของเมล็ด	ระดับลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ด	ตะแกรงในถังบรรจุเมล็ด
1	1	maximum	
2	2		
3	3		มี
4	4		
5	5	medium	
6	6		
	7		
	8		ไม่มี
	9	minimum	
	10		
	11		
	12		

3.1.1 การทดลองหาค่าความเร็วรอบชุดใบพัด

วัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าความเร็วรอบชุดใบพัดในแต่ละระดับ

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง

2) เครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ Extech

ขั้นตอนการทดลองหาค่าความเร็วรอบชุดใบพัด

1) ทำการถอดประกอบเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังเพื่อนำเอาโครงลวดที่ปิดบริเวณด้านหน้าของใบพัดแบบ Centrifugal ออก

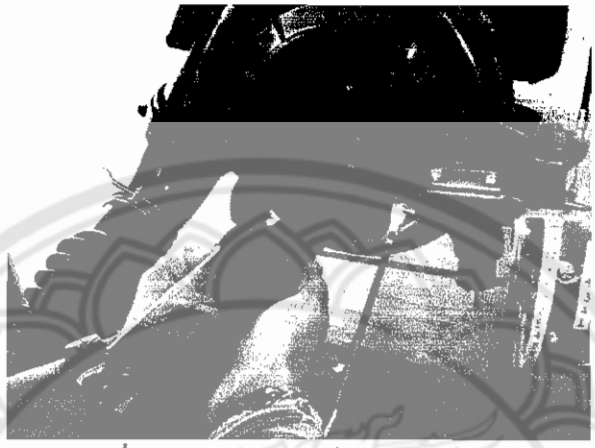
2) ติดแผ่นสะท้อนแสงที่ชุดใบพัด

3) เลือกระดับความเร็วรอบที่ระดับ 1 สตาร์ทเครื่องยนต์ แล้วทำการวัดความเร็วรอบชุดใบพัด โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ Extech โดยทำการยิงแสงเข้าไปในตำแหน่งที่มีการติดแผ่นสะท้อนแสงไว้

4) อ่านค่าที่ได้จากเครื่องวัดความเร็วรอบ

5) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และบันทึกผล

6) ทดลองกับระดับความเร็วรอบอื่นๆจนครบ 6 ระดับ



รูปที่ 3.7 การวัดความเร็วรอบชุดใบพัด

3.1.2 การทดลองหาค่าระดับความเข้มเสียงเครื่องยนต์

วัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาค่าระดับความเข้มเสียงของเครื่องยนต์ที่ระดับความเร็วรอบต่างๆ

2) เพื่อป้องกันอันตรายจากมลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องฉีดพ่นสารเคมี**แบบ**สะพายหลัง

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง

2) เครื่องวัดระดับความเข้มเสียงยี่ห้อ Rion

ขั้นตอนการทดลองหาค่าระดับความเข้มเสียงเครื่องยนต์

1) ทำการติดตั้งเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังในพื้นที่ที่ไม่มีเสียงจากภายนอกรบกวน

2) เลือกระดับความเร็วรอบที่ระดับ 1 สตาร์ทเครื่อง

3) ทำการวัดค่าระดับความเข้มเสียงด้วยเครื่องวัดระดับความเข้มเสียง
โดยทำการวัดห่างจากเครื่องประมาณ 1 ฟุต

4) อ่านค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับความเข้มเสียง

5) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และบันทึกผล

6) ทดลองกับระดับความเร็วรอบอื่นๆจนครบ 6 ระดับ

รูปที่ 3.8 การ วัดระดับความเข้มเสียงเครื่องยนต์

ผลการวัดความเร็วรอบและระดับเสียงของเครื่องยนต์

เมื่อทำการวัดความเร็วรอบชุดใบพัด และระดับความเข้มเสียงเครื่องยนต์ในระดับความเร็วรอบของใบพัดระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 6 ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความเร็วรอบ และระดับความเข้มเสียงของเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ

ระดับความเร็วรอบชุดใบพัด	ความเร็วรอบชุดใบพัด (rpm)	ระดับความเข้มเสียง (dB)
1	2220	72.40
2	2949	74.33
3	4656	77.63
4	5002	80.87
5	5459	87.07
6	5765	93.00

จากตารางที่ 3.2 ระดับความเข้มของเสียงในระดับความเร็วรอบชุดใบพัดที่ 6 เท่ากับ 93.00 dB เป็นระดับความเข้มเสียงที่สูงเกินค่ามาตรฐานเสียง (90 dB) ในสิ่งแวดล้อมและโรงงานอุตสาหกรรมของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2512) เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 [4] ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน ดังนั้น ที่ระดับความเร็วรอบ 6 จึงไม่เหมาะกับการใช้งาน เพราะ อาจเกิดอันตรายกับผู้ใช้ได้ หรือ อาจป้องกันโดย ให้ผู้ใช้สวมใส่ที่ครอบหูขณะปฏิบัติงาน

3.1.3 การทดลองหาพารามิเตอร์พื้นฐานของการทำงาน

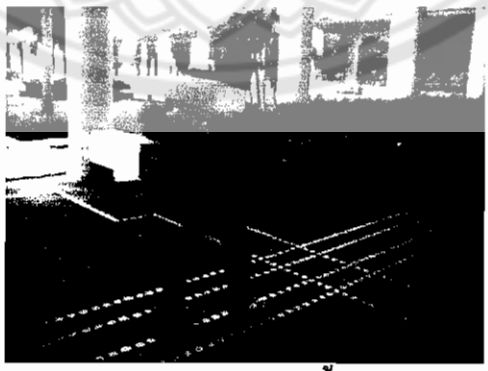
วัตถุประสงค์ **เพื่อหาค่าพารามิเตอร์พื้นฐานของการทำงาน เมื่อนำเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังมาใช้หว่านข้าว ได้แก่ความเร็วการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน, ความสูงของปากท่อพ่นจากพื้นรวมทั้งมุมที่แขนของผู้ใช้งานกวาดไป ซ้าย-ขวา ขณะทำการหว่านและความเร็วรอบของการกวาดแขน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกแบบชุดทดลองพ่นหว่านข้าวต่อไป**

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง
2) นาฬิกาจับเวลา
3) ตลับเมตรวัดระยะ
4) เชือกและตุ้มเหล็ก
5) ไม้ครึ่งวงกลมวัดมุมของแขนเหวี่ยง

ขั้นตอนการทดลองหาพารามิเตอร์พื้นฐานของการทำงาน

1) ทำการติดตั้งเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังให้กับผู้ทำการทดลองหว่าน
2) ให้ผู้ทำการทดลองเดินหว่านข้าวด้วยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง เป็นระยะทาง 50 เมตร และการจับเวลา เพื่อหาความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วรอบของแขนเหวี่ยงในการกวาดไปมา (ซ้าย-ขวา)
3) ทำการวัดระยะความสูงของปากท่อพ่นจากพื้นและวัดมุมของปากท่อพ่นที่กวาดซ้าย-ขวา
4) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และบันทึกผล



รูปที่ 3.9 การทดลองหาพารามิเตอร์พื้นฐานของการทำงาน

ผลการทดลองเฉลี่ย ที่ได้สรุปแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองหาพารามิเตอร์พื้นฐานการทำงานเมื่อใช้เครื่องฉีดพ่นสารเคมีหว่านข้าว

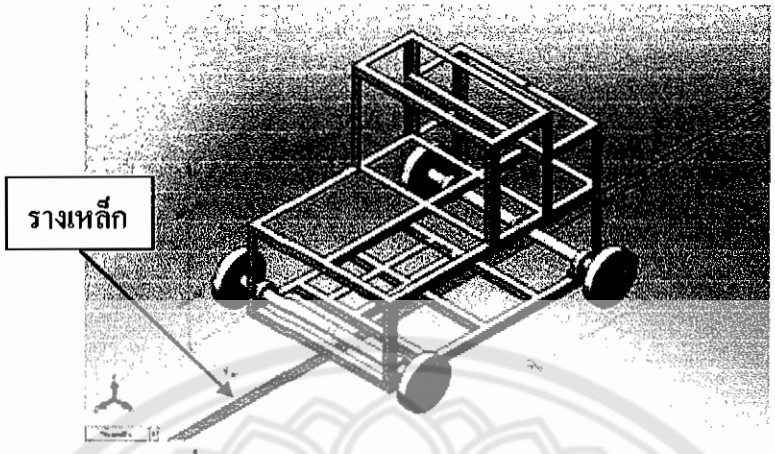
ความเร็วในการเคลื่อนที่ (km/hr)	ความเร็วรอบแขนเหวี่ยง (rpm)	มุมกวาดของแขนเหวี่ยง (องศา)	ระดับความสูงปากท่อพ่น (cm)
2.5	12	120	100

3.2 การออกแบบและสร้างชุดทดลองพ่นหว่านข้าว

การออกแบบชุดทดลองพ่นหว่านข้าวนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของคนในการทดลองการพ่นหว่าน เนื่องจากการใช้คนเพื่อทำการทดลองหว่านนั้นจะทำให้ยากต่อการควบคุมสภาวะการทำงานให้คงที่ทุกครั้ง ทำให้เกิดการแปรผันของค่าความเร็วในการเดินหว่าน ความเร็วรอบและมุมกวาดของแขนเหวี่ยงได้ กลุ่มของผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดทดลองพ่นหว่านข้าวขึ้น โดยมีส่วนประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือ โครงสร้าง, ชุดขับเคลื่อนล้อ และชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

3.2.1 โครงสร้าง

มีแนวคิดที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้รองรับเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง (และเครื่องหว่านจานเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อการวิจัยในระยะต่อไป) โดยออกแบบและสร้างให้โครงสร้างมี 2 ชั้น และสามารถถอดประกอบแยกชิ้นส่วนได้ โดยที่ชั้นที่หนึ่งเป็นโครงสร้างฐานรูปที่แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตรวางอยู่บนรางเหล็กฉากที่ใช้เป็นไกด์นำทางเพื่อให้ชุดทดลองเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และชั้นที่สองเป็นชั้นต่อเพิ่มของโครงสร้างฐานซึ่งสามารถถอดแยกออกจากส่วนที่หนึ่งได้ มีรูปที่แบบเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 30×80 เซนติเมตร มี 2 ชั้น โดยที่ชั้นที่หนึ่งสูง 50 เซนติเมตร และชั้นที่สองสูง 30 เซนติเมตรจากโครงสร้างฐาน โครงสร้างทั้งหมดประกอบขึ้นจากเหล็กฉากขนาดหน้ากว้าง 1.5 นิ้ว หนา 4 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเหล็กที่มีราคาถูก มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป และสามารถรองรับน้ำหนักที่มากระทำได้

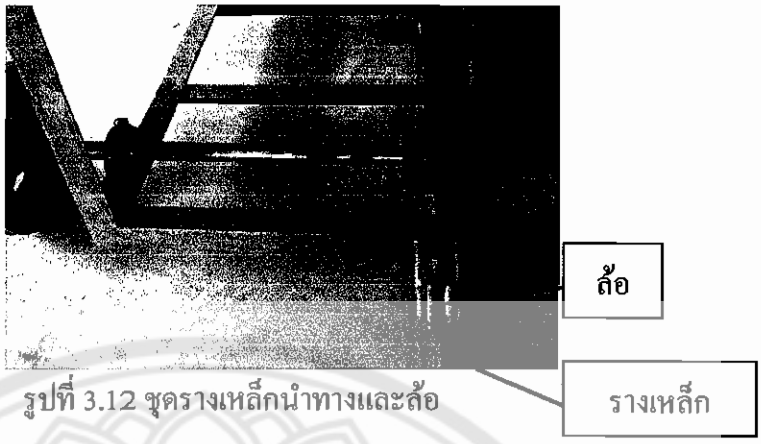


รูปที่ 3.10 โครงสร้างของชุดทดลองพ่นหว่านข้าว

3.2.2 ชุดขับเคลื่อนล้อ

ชุดขับเคลื่อนล้อมีหน้าที่ขับเคลื่อนชุดทดลองไปทางด้านหน้า เพื่อให้ได้ความเร็วของชุดทดลองพ่นหว่านข้าวที่ 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีส่วนประกอบคือ มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า 1450 rpm ต่อเข้ากับเฟืองทดอัตราส่วน 1:40 ไปหมุนพู่เล่เพื่อให้สายพานไปขับเคลื่อนพู่เล่อีกลูกหนึ่งที่สวมอยู่กับเพลาล้อดังรูปที่ 3.11 มีการบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ให้เป็นเส้นตรง โดยชุดรางเหล็กนำทางที่ทำจากเหล็กฉากยาว 12 เมตรวางคว่ำกับพื้นและล้อเหล็กที่มีร่องเป็นรูปที่ตัววีวางสัมผัสอยู่บนเหล็กฉากดังรูปที่ 3.12

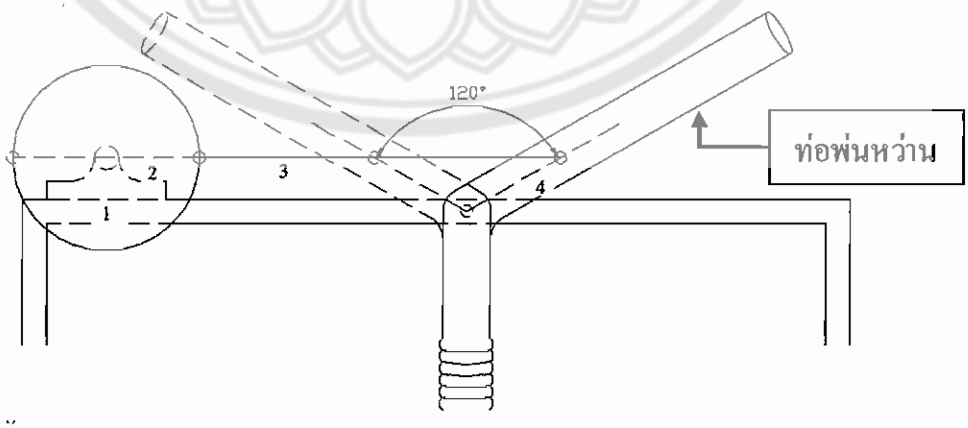
รูปที่ 3.11 ชุดขับเคลื่อนล้อของชุดทดลองพ่นหว่านข้าว



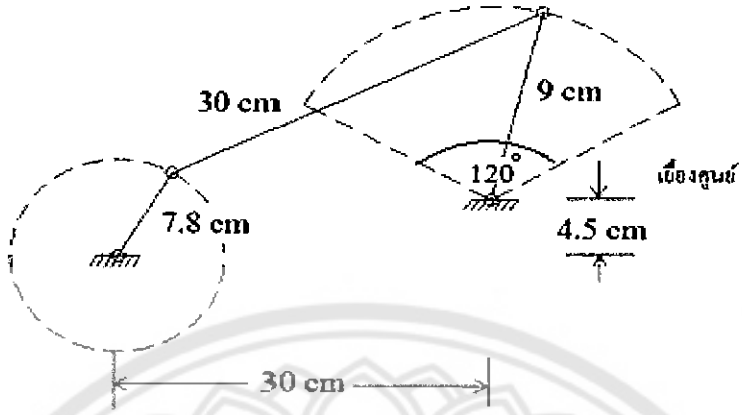
รูปที่ 3.12 ชุดรางเหล็กนำทางและล้อ

3.2.3 ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง

ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยงมีหน้าที่ยึดจับ และบังคับมุมกวาดของท่อพ่นหว่านให้มีค่าเท่ากับ 120 องศา และควบคุมความเร็วรอบของแขนเหวี่ยงให้มีค่าเท่ากับ 12 รอบต่อนาที โดยใช้กลไก four bar linkage แบบ crank rocker โดยมีส่วนประกอบ คือ มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 1400 rpm ต่อเข้ากับเฟืองทดอัตราส่วน 1:50 ไปหมุนพู่เล่เพื่อให้สายพานไปขับเคลื่อนพู่เล่อีกลูกหนึ่งที่สวมอยู่กับเพลาที่ใช้เป็นตัวส่งต่อความเร็วรอบไปยังกลไกของ 4 bar linkageในส่วนของกลไก 4 bar linkage นั้นจะประกอบไปด้วยแผ่นเหล็กกลมรัศมี 7.80 เซนติเมตรต่อเข้ากับท่ออะลูมิเนียมยาว 30 เซนติเมตร และมีท่ออะลูมิเนียมยาว 50 เซนติเมตรต่อยื่นออกมาจากโครงสร้างชุดทดลองเพื่อเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างท่ออะลูมิเนียม และเป็นตัวรองรับ ยึดจับท่อพ่นหว่านของเครื่องพ่นสารเคมีให้มีมุมกวาด 120 องศา และความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาทีดังแสดงในรูปที่ 3.13 ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยงที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแสดงในรูปที่ 3.14

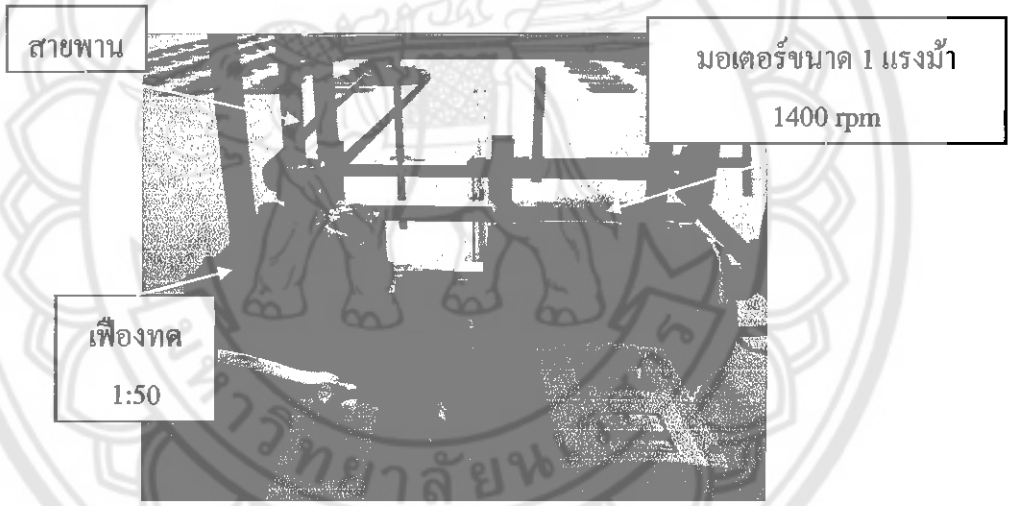


(ก) แนวคิดในการออกแบบกลไกขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง



(ข) กลไก crank rocker ที่ออกแบบ

รูปที่ 3.13 การออกแบบสร้างชุด 4 bar linkage



(ก) ชุดมอเตอร์และเฟืองทด

(ข) กลไก crank rocker ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 3.14 ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง

TS
156
.S6
2531ก
2551

สำนักหอสมุด
22 มิ.ย. 2552
เ. A523830

3.2.4 การคำนวณเพื่อกำหนดขนาดชุดขับเคลื่อน

ในหัวข้อนี้จะสรุปสมการที่ใช้คำนวณเพื่อหาขนาดส่วนประกอบของชุดขับเคลื่อนล้อและชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง สมการที่ใช้คำนวณมีดังต่อไปนี้

$$V_w = \omega \times r = 2 \times \pi \times f \times r = \frac{2 \times \pi \times n \times r}{60} = \frac{\pi \times n \times D}{60} \qquad (3.1)$$

เมื่อ V_w = ความเร็วของชุดทดลอง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ω = ความเร็วเชิงมุม (เรเดียลต่อวินาที)

r = รัศมีของพู่เล่ (เมตร)

f = จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 วินาที (เฮิรตซ์)

n = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ ที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของชุดขับเคลื่อนล้อ และชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยงของชุดทดลองพ่นหว่านข้าว โดยพิจารณารูปที่ 3.15 ซึ่งแสดงกลไกการทำงานของพู่เล่ที่ใช้สายพานเป็นส่งกำลัง

รูปที่ 3.15 กลไกการทำงานของพู่เล่ที่มีสายพานเป็นตัวส่งกำลัง

จากสมการที่ (3.1) จะได้ว่า $\frac{\pi \times n_2 \times D_2}{60} = \frac{\pi \times n_3 \times D_3}{60}$

ดังนั้น $$\frac{D_2}{D_3} = \frac{n_3}{n_2} \qquad (3.2)$$

โดยที่ n_2 คือ ความเร็วรอบของเกียร์ทด (รอบต่อนาที)

n_3 คือ ความเร็วรอบที่ต้องการ (รอบต่อนาที)

D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่ใช้สวมกับเกียร์ทด (นิ้ว)

D_3 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่ใช้สวมกับเพลาล้อ (นิ้ว)

1) การคำนวณชุดขับเคลื่อนล้อ

กำหนดให้

เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อชุดทดลอง (D_o)	= 10	นิ้ว
	= 25.4×10^{-2}	เมตร
ความเร็วของชุดทดลอง (V_w)	= 2.5	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
หรือ	= 0.69	เมตรต่อวินาที
ความเร็วรอบมอเตอร์ 2 hp ที่ใช้ขับเคลื่อนรถ (n)	= 1450	รอบต่อนาที
อัตราส่วนเฟืองทดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ 2 hp	= 1:40	

เนื่องจากพู่เล่ของเฟืองทดและเพลาล้อใช้สายพานเส้นเดียวกันในการขับเคลื่อน (ดูรูปที่ 3.16ก) จึงทำให้ความเร็วเชิงเส้นของพู่เล่ทั้งสองมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจากสมการ (3.1) จะได้ว่า

$$n_3 = \frac{V_w \times 60}{\pi \times D_o}$$

แทนค่า $$n_3 = \frac{(0.69 m/s)\times 60}{\pi \times (25.4\times10^{-2} m)}$$

จะได้ความเร็วรอบของเพลาล้อ $n_3 = 51.88$ รอบต่อนาที

เมื่อใช้ชุดเฟืองทดอัตรา 1:40 กับมอเตอร์ความเร็วรอบ 1450 rpm จะได้

ความเร็วรอบของพู่เล่เฟืองทด $n_2 = \frac{1450}{40} = 36.25$ รอบต่อนาที

จากสมการ (3.2) จะได้ว่า $\frac{n_2}{n_3} = 0.7$

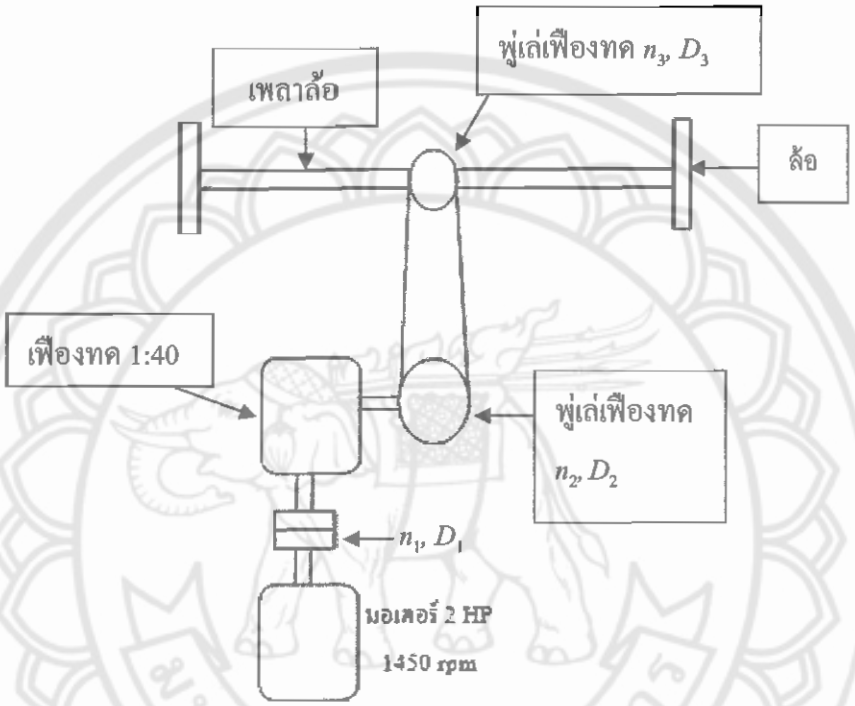
ความเร็วรอบของชุดขับเคลื่อนล้อมีความเร็วรอบ, n_3 เท่ากับ 51.88 (รอบต่อนาที) ความเร็วรอบเฟืองทด, n_2 เท่ากับ 36.25 รอบต่อนาที ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ที่เป็นไปได้ แสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผลการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่เป็นไปได้ของชุดขับเคลื่อนล้อ

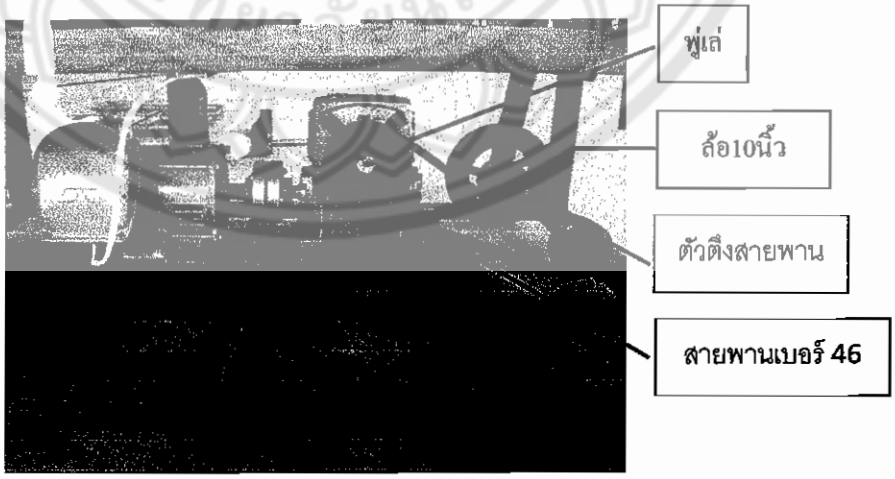
ความเร็วรถชุดทดลอง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	n_2/n_3	D_3(นิ้ว)	D_2(นิ้ว)
2.5	0.70	2.50	3.58
		3.00	4.29
		3.50	5.01
		4.00	5.72
		5.00	7.16
		6.00	8.59

จากตารางที่ 3.4 จะทำให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่จะใช้ในชุดขับเคลื่อนล้อคือ 3.50 นิ้ว (พู่เล่เพลาล้อ) และ 5 นิ้ว (พู่เล่เฟืองทด) เพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และเกิดความคลาดเคลื่อนจากผลการคำนวณน้อยหรือใกล้เคียงกับผลการคำนวณ

แผนภาพการออกแบบชุดขับเคลื่อนล้อ และชุดขับเคลื่อนล้อที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงดังในรูปที่ 3.16ก และ 3.16ข ตามลำดับ



(ก) แผนภาพชุดขับเคลื่อนล้อที่ทำการออกแบบ



(ข) ชุดขับเคลื่อนล้อเมื่อประกอบเสร็จ

รูปที่ 3.16 ชุดขับเคลื่อนเร็วล้อ

2) การคำนวณชุดขับแขนเหวี่ยง

กำหนดให้

ความเร็วรอบของชุด 4 bar linkage (n_3) = 12 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบมอเตอร์1 hp ที่ใช้ขับชุด 4 bar linkage (n) = 1400 รอบต่อนาที

อัตราส่วนเฟืองทดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ 1 hp = 1:50

เนื่องจากพู่เล่เฟืองทด และพู่เล่ขับกลไก four bar linkage (ดูรูปที่ 3.17ก) ใช้สายพานเส้นเดียวกันในการขับเคลื่อน จึงทำให้ความเร็วเชิงเส้นของพู่เล่ทั้งสองมีค่าเท่ากัน จะได้ว่า

ความเร็วรอบของเพลาขับกลไก four bar linkage $n_3 = 12$ รอบต่อนาที

เมื่อใช้ชุดเฟืองทดอัตราส่วน 1:50 กับมอเตอร์ความเร็วรอบ 1400 rpm จะได้

ความเร็วรอบพู่เล่เฟืองทด $n_2 = \frac{1400}{50} = 28$

จากสมการ (3.2) จะได้ว่า $\frac{n_2}{n_3} = 2.33$

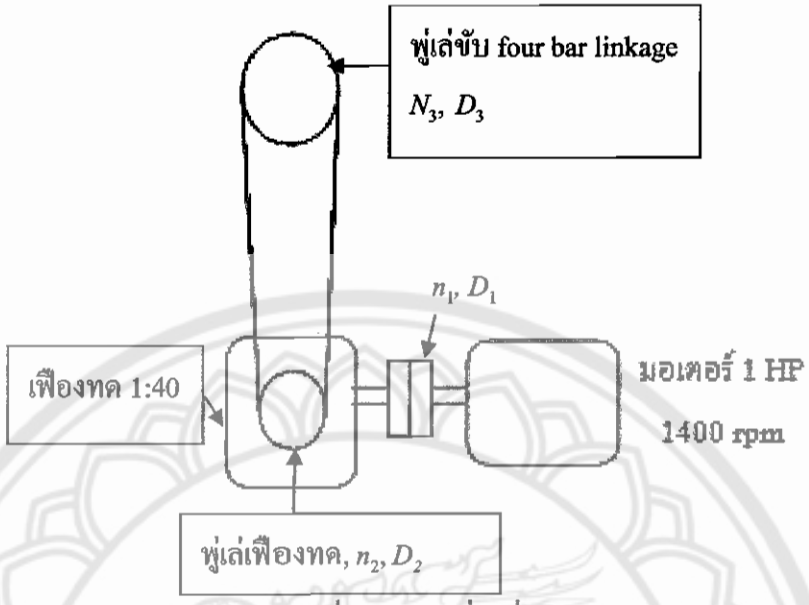
ความเร็วรอบของชุดขับแขนเหวี่ยงมีความเร็วรอบ, n_3 เท่ากับ 12 รอบต่อนาที ความเร็วรอบเฟืองทด, n_2 เท่ากับ 28 รอบต่อนาที ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพู่เล่ที่เป็นไปได้ แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่เป็นไปได้ของชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง

ความเร็วรอบ 4 bar-linkage,n_3 (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบเฟืองทด n_2 (รอบต่อนาที)	n_2/n_3	D_2(นิ้ว)	D_3(นิ้ว)
12	28.00	2.33	2.50	5.83
			3.00	6.99
			3.50	8.16
			4.00	9.32
			5.00	11.65

จากตารางที่ 3.5 จะทำให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่จะใช้ในชุดขับแขนเหวี่ยงคือ 2.5 นิ้ว (พู่เล่เฟืองทด) และ 6 นิ้ว (พู่เล่เพลา four bar linkage) เพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาถูก และมีขนาดใกล้เคียงกับผลการคำนวณ

แผนภาพการออกแบบชุดขับแขนเหวี่ยง และชุดขับแขนเหวี่ยงที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงดังในรูปที่ 3.17ก และ 3.17ข ตามลำดับ

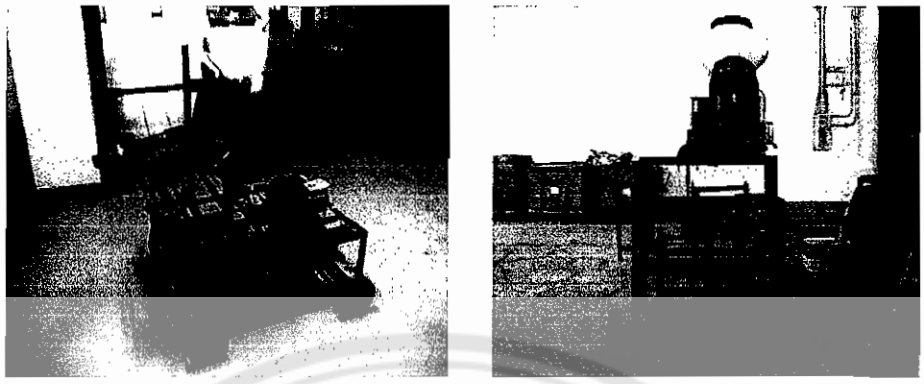


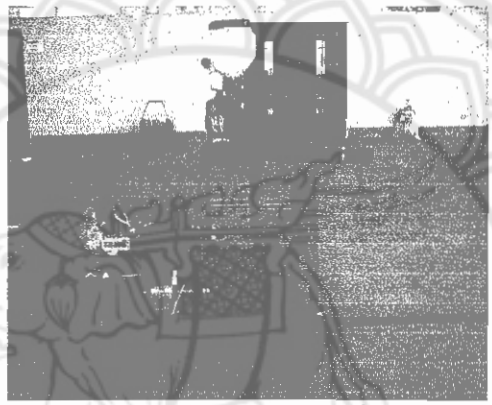
(ก) ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยงที่ทำการออกแบบ

(ข) ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยงเมื่อประกอบเสร็จ

รูปที่ 3.17 ชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยง

ชุดทดลองพ่นหว่านข้าวต้นแบบที่สร้างเสร็จแล้วและนำเครื่องฉีดพ่นสารเคมีมาติดตั้งบนโครงสร้างเรียบร้อยแล้วแสดงในรูปที่ 3.18





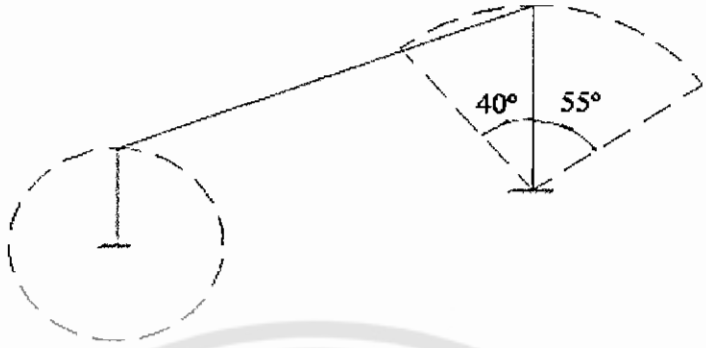
รูปที่ 3.18 ชุดทดลองพ่นหว่านข้าวที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

หลังจากสร้างชุดทดลองพ่นหว่านข้าวเสร็จสมบูรณ์ ได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดทดลอง ว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ผลการทดลองสรุปในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบค่าออกแบบกับค่าจริงของชุดทดลองพ่นหว่านข้าว

	ความเร็วชุดทดลอง (km/hr)	มุมกวาดของแขนเหวี่ยง (องศา)	ความเร็วรอบแขนเหวี่ยง (rpm)	ระดับความสูงปากท่อพ่น (cm)
ออกแบบ	2.5	120	12	100
ทำงานจริง	2.5	95	12	100

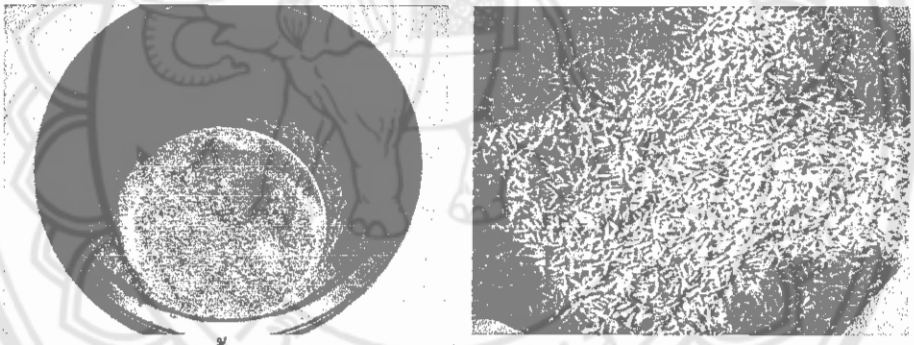
จากตารางที่ 3.6 พบว่าค่ามุมกวาดของแขนเหวี่ยงเมื่อชุดทดสอบทำงานจริง ไม่เป็นไปตามค่าที่ได้ออกแบบไว้คือมีค่าเท่ากับ 95° จากที่ออกแบบไว้ 120° ดังรูปที่ 3.19 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดที่เกิดจากการประกอบชุดแขนเหวี่ยงเช่นความยาวของชิ้นต่อโยงมีขนาดไม่ตรงตามที่ออกแบบไว้ ตำแหน่งในการเจาะรูเพื่อยึดจับชุดแขนเหวี่ยงมีการคลาดเคลื่อน



รูปที่ 3.19 มุมกวาดจริงของแขนเหวี่ยงของชุดทดลองพ่นหว่านข้าว

3.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

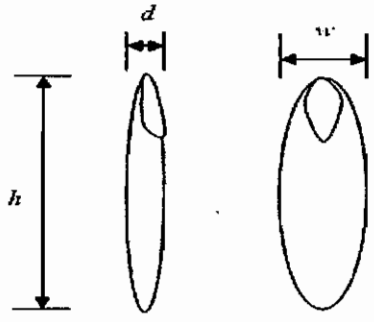
การเตรียมเมล็ดข้าวงอก ทำโดยการนำเมล็ดข้าวเปลือกแช่น้ำ 24 ชั่วโมงและนำไปหุ้ม เพื่อให้เกิดความชื้นอีก 48 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.20



ก) แช่น้ำ ข) หุ้มข้าวในถุงกระสอบ

รูปที่ 3.20 การเตรียมเมล็ดข้าวงอก

สมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวที่ผ่านการเตรียมดังกล่าว ที่ทำการศึกษาในโครงงานนี้ คือ ขนาดเมล็ด (ดังรูปที่ 3.21) ความยาวรากและความชื้น รายละเอียดของการทดลองมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.21 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว

วัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาค่าความชื้นของเมล็ดข้าวงอก

2) เพื่อหาความยาวของรากที่งอกของเมล็ดข้าวงอก

3) เมล็ดข้าวงอก

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เวอร์เนียร์

2) เครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ Morita รุ่น MS-3L

ขั้นตอนการทดลอง

1) ทำการสุ่มตัวอย่างของเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่และหุ้มมาจำนวน 10 เมล็ด

2) นำเวอร์เนียร์วัดขนาด และความยาวรากของเมล็ดข้าว

3) บันทึกผล

4) ทำการสุ่มตัวอย่างของเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่และหุ้มมาจำนวน 10 เมล็ด มาทดลองโดยใช้เครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ Morita รุ่น MS-3L

5) บันทึกผล

ผลการทดลองสรุปแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 สมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวงอก

พันธุ์ข้าว	ยาว, h (mm)	กว้าง, w (mm)	หนา, d (mm)	ความยาวราก (cm)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%w.b.)
พิษณุโลก 2	10.52	1.96	1.63	0.553	26.27

3.4 การทดลองหาอัตราการพ่นหว่านของเมล็ดข้าว

สมการสำหรับคำนวณค่าอัตราของการหว่าน (ทรรศวรรธ และศิวพงษ์ [3])

$$Q = 0.624\,VLm \qquad (3.3)$$

Q = อัตราการหว่านของเมล็ดข้าว (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

V = ความเร็วของผู้ใช้งาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

L = ความกว้างของการทำงานของเครื่องหว่านใน 1 เที่ยว (เมตร)

m = อัตราการหว่านหรือปริมาณเมล็ดต่อพื้นที่ (กิโลกรัมต่อไร่)

เพื่อหาอัตราการหว่านข้าวของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี (m) ที่สภาวะการทำงานต่างๆ จะต้องทำการทดลองหาอัตราการหว่าน Q (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ก่อน และถ้าทราบความกว้างการทำงานและความเร็วของผู้ใช้งาน สามารถนำแทนลงในสมการ (3.3) ก็จะคำนวณหาอัตราการหว่าน (กิโลกรัมต่อไร่) ได้ รายละเอียดการทดลองเพื่อหา Q มีดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ **เพื่อหาอัตราการพ่นหว่านเมล็ดข้าวที่สภาวะการทำงานต่างๆ ดังนี้**

ความเร็วรอบชุดใบพัด: 1-6 ระดับ

ความกว้างช่องทางลงเมล็ด: 1-12 ระดับ

ระดับลิ้นควบคุมปริมาณเมล็ด: 3 ระดับ (maximum, medium, minimum)

การใส่ตะแกรงป้องกันการอุดตันภายในถังบรรจุเมล็ด: ใส่-ไม่ใส่

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง
2) ถุงผ้ามู่ลี่
3) เครื่องชั่งน้ำหนัก ขนาด 3 กิโลกรัม
4) เมล็ดข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก 2

ขั้นตอนการทดลอง

1) ใส่ตะแกรงหรือถอดตะแกรงออกจากถังบรรจุตามต้องการแล้วจึงนำเมล็ดข้าวงอกที่เตรียมไว้ใส่ในถังบรรจุเมล็ดของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี
2) ตั้งระดับความเร็วรอบชุดใบพัด ความกว้างช่องทางลงเมล็ด ระดับลิ้นควบคุมที่ต้องการ
3) นำถุงผ้ามาปิดล้อมปากพ่นของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี เพื่อกั้นไม่ให้เมล็ดข้าวกระเด็นไปไกล ดังรูปที่ 3.22
4) สตาร์ทเครื่องยนต์ให้เครื่องทำการพ่นเป็นเวลา 1 นาที
5) ดับเครื่อง นำเมล็ดข้าวในถุงไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
6) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
7) ปรับตั้งสภาวะการทำงานใหม่ตามต้องการ และทำการทดลองจนครบทุกสภาวะ

รูปที่ 3.22 การทดลองหาอัตราการหว่าน

ผลการทดลองหาอัตราการหว่านเมล็ดข้าว

จากผลการทดลองอัตราการหว่าน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)โดยละเอียด (แสดงในภาคผนวก ข) พบว่าสภาวะการทำงานของเครื่องที่ ให้ค่าอัตราการหว่านอยู่ในช่วง 15-30 กิโลกรัมต่อไร่ มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.8 สภาวะการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่ให้อัตราการหว่านของเมล็ดข้าวอยู่ในช่วง 15-30 กิโลกรัมต่อไร่

ระดับลิ้นควบคุม	ตะแกรง	ระดับช่องเปิด	ความเร็วรอบ (rpm)	อัตราการหว่าน (กก./ไร่)* L=8 m V=2.5 km/hr
ปานกลาง (medium)	มี	12	5459	14.78
	ไม่มี	9	5459	13.50
		12	5002	17.98
			5459	26.78
สูงสุด (maximum)	มี	9	5459	19.97
		12	5002	14.53
			5459	26.62
	ไม่มี	9	5002	20.80
			5459	23.04
		12	5002	23.71
			5459	32.00

*ค่าอัตราการหว่าน (กก./ไร่) คำนวณจากสมการ (3.3) เมื่อกำหนดให้ความกว้างของการทำงาน (L) เท่ากับ 8 เมตรและอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ (V) เท่ากับ 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ทั้งนี้ได้มีการตัดค่าที่ความเร็วรอบเท่ากับ 5765 rpm (ระดับ 6) ออกไปแม้ว่าจะให้ค่าอัตราการหว่านในช่วง 15-30 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากที่ระดับ 6 นี้มีระดับความเข้มเสียงที่ เกินค่ามาตรฐานความปลอดภัย

จากผลการทดลองวัดระดับความเข้มเสียงและอัตราการหว่านเมล็ดข้าวของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังนี้ ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตค่าของตัวแปรที่จะแปรผันในการทดลองหาประสิทธิภาพและสมรรถนะการทำงานของเครื่องได้ดังตารางที่ 3.9 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3.9 ค่าขอบเขตของตัวแปรในการทดลองหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี

ระดับลิ้นควบคุม	ตะแกรง	ระดับช่องเปิด	ความเร็วรอบ (rpm)
ปานกลาง (medium)	มี	12	5
	ไม่มี	9	5
		12	4, 5
สูงสุด (maximum)	มี	9	5
		12	4, 5
	ไม่มี	9	4, 5
		12	4, 5

3.5 การหาประสิทธิภาพและสมรรถนะในการทำงาน

ประสิทธิภาพการหว่านในโครงงานนี้ถูกบ่งชี้โดยค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของเมล็ดข้าวและเปอร์เซ็นการงอกของเมล็ดที่ผ่านการหว่าน การหว่านที่มีสัมประสิทธิ์การกระจายตัวสูง (เข้าใกล้ 100%) หมายถึงเมล็ดข้าวได้ถูกหว่านอย่างสม่ำเสมอ โดย ความหนาแน่นของเมล็ดข้าวที่ตกมีค่าใกล้เคียงกันตลอดพื้นที่

สมการสำหรับการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์กระจายตัวของเมล็ดข้าว (จากทรรศวรรธ และศิวพงษ์[3])

$$Cu = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} |x_i - \bar{x}|}{N\bar{x}} \right] \qquad (3.4)$$

Cu = สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (เปอร์เซ็นต์)

x_i = น้ำหนักของเมล็ดข้าวที่ตกในกรอบที่วัด (กรัมต่อตารางเมตร)

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเมล็ด (กรัมต่อตารางเมตร)

N = จำนวนจุดที่วัดหรือจำนวนกรอบที่วัด

นอกจากนี้เมล็ดข้าวที่หว่านแล้ว ควรมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่สูง เมล็ดไม่เกิดความเสียหายจากการทำงานของเครื่องหว่าน สมรรถนะการทำงานของเครื่องหว่านในที่นี้ หมายถึงความสามารถในการทำงาน คือ พื้นที่ที่หว่านได้ต่อชั่วโมง

ความสามารถในการทำงานอุดมคติ หรือ สมรรถนะทางทฤษฎี คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Ct = \frac{V_w \times W}{1600} \qquad (3.5)$$

เมื่อ Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง (ไร่ต่อชั่วโมง)

V_w = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดทดลองพ่นหว่าน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

W = ความกว้างการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง (เมตร)

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและสมรรถนะการทำงานของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีเมื่อนำมาใช้หว่านข้าวที่สภาวะการทำงานต่างๆ มีอุปกรณ์และขั้นตอนดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้

1) ชุดทดลองพ่นหว่านข้าว
2) เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง
3) ถุงพลาสติกใสขนาด 5×8 นิ้ว
4) เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Denver Instrument Company รุ่น TC-205 ความละเอียดของทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5) เมล็ดข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก 2
6) ที่เย็บกระดาษ ปากกาเคมี กระดาษกาวหนังไก่
7) ถาดพลาสติก
8) ผ้าตาข่ายบางละเอียด

ขั้นตอนการทดลอง

1) นำผ้าตาข่ายบางละเอียดมาตัดตามขนาดของถาดพลาสติกเพื่อทำการคลุมถาดพลาสติก แล้วนำมาวางห่างกัน 30 เซนติเมตรเพื่อครอบคลุมบริเวณขนาด 10×15 เมตรดังแสดงในรูปที่ 3.23
2) ติดตั้งเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังลงบนชุดทดลองพ่นหว่านข้าว ทำการปรับระดับปากพ่นให้สูงจากพื้นเป็นระยะ 1 เมตร
3) ปรับตั้งระดับความเร็วรอบ ระดับความกว้างช่องทางลงเมล็ด ระดับลิ้นควบคุม และการใส่-ไม่ใส่ตะแกรงตามความต้องการโดยทำการทดลองให้ชุดทดลองเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2.5 กิเมตรต่อชั่วโมงเป็นระยะทาง 10.8 เมตร
4) ชั่งน้ำหนักเมล็ดที่ตกในถาดพลาสติกและบันทึกผลการทดลอง คำนวณหาน้ำหนักเมล็ด

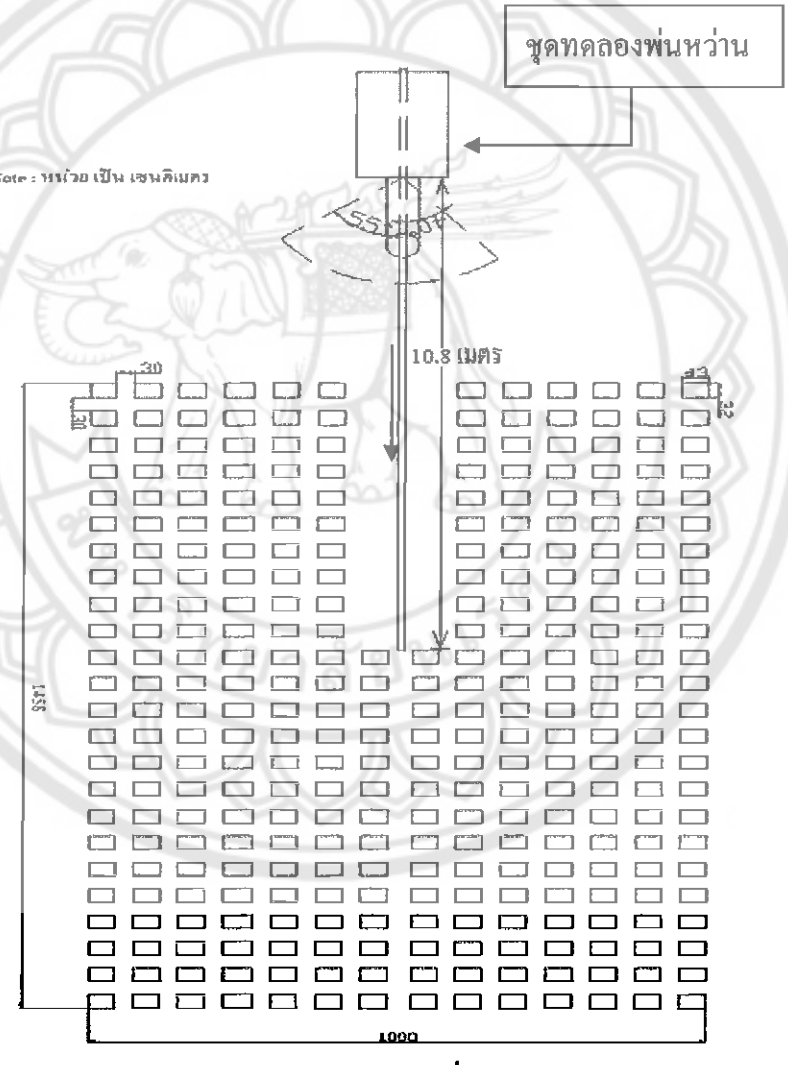
ข้าวที่ตกเป็นกรัมต่อตารางเมตรและคำนวณหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (สมการ (3.4))

5) สุ่มเมล็ดข้าว จำนวน 100 เมล็ดไปเพาะเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอก

6) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

7) ปรับตั้งสภาวะการทำงานใหม่ ทำการทดลองครบทุกสภาวะ

8) นำผลการทดลองเขียนเส้น Contour แสดงความหนาแน่นของเมล็ดในบริเวณที่เมล็ดตก แผนผังแสดงตำแหน่งของถาดที่ใช้ในการทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว



(ก) แผนผังแสดงตำแหน่งของถาดที่ทำการออกแบบ

(ข) การวางถาดในห้องทดลอง

รูปที่ 3.23 การทดลองหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว

3.6 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว

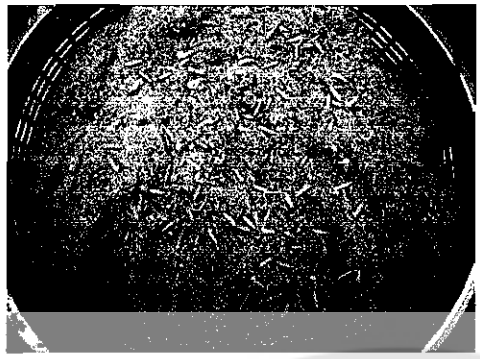
วัตถุประสงค์ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวที่ผ่านการหว่านด้วยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เมล็ดข้าวงอกพันธุ์พิษณุโลก 2 จำนวน 100 เมล็ดสุ่มมาจากการทดลองหาประสิทธิภาพการหว่าน
2) ตะกร้า
3) ทราย

ขั้นตอนการทดลอง

1) นำทรายมาใส่ในตะกร้าสูงประมาณ 2 เซนติเมตร
2) นำเมล็ดข้าวงอกที่ยังไม่ผ่านการพ่นหว่านด้วยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง จำนวน 100 เมล็ด (ชุดควบคุม) ไปปลูกในตะกร้าที่มีทรายเตรียมไว้ ดังรูปที่ 3.24
3) ทำการสุ่มเมล็ดข้าวงอกที่ผ่านการพ่นหว่านด้วยเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง แล้วจำนวน 100 เมล็ดต่อ 1 การทดลอง ไปปลูกในตะกร้าที่มีทรายเตรียมไว้
4) ทำการนับจำนวนต้นข้าวที่งอกแล้วทำการบันทึกผล หลังจาก 14 วันโดยประมาณ
5) คำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว



ก) ตะกร้าเพาะเมล็ด

ข) แปลงเพาะเมล็ด

รูปที่ 3.24 การทดลองหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว

การทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีเมื่อนำมาใช้หว่านข้าวที่ความเร็วรอบใบพัดต่างๆ มีอุปกรณ์และขั้นตอนดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง
2) น้ำมันเบนซินผสมน้ำมันหล่อลื่น 30:1
3) กระบอกตวงปริมาณน้ำมันทรงกระบอก
4) เวอร์เนียร์

ขั้นตอนการทดลอง

1) เทน้ำมันเชื้อเพลิงลงในภาชนะตวงให้เต็มแล้วทำการขีดเส้นระดับสูงของน้ำมันเพื่อใช้ในการวัดปริมาณน้ำมันก่อนใช้งาน
2) เทน้ำมันเชื้อเพลิงลงในถังน้ำมันของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลัง แล้วทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ จับเวลา 1นาที
3) เทน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากถังน้ำมันลงในภาชนะตวง แล้วใช้เวอร์เนียร์ทำการวัดระดับความสูงของน้ำมันเชื้อเพลิง
4) ทำการคำนวณหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยสมการการหาปริมาตรทรงกระบอก (ปริมาตร= $\pi \times r^2 \times h$) แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง
5) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ทุกความเร็วรอบใบพัด

ผลการทดลองหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตาราง 3.10 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ใน 1 นาที

ระดับความเร็วรอบที่	V_1 (ลิตร)	V_2 (ลิตร)	V_t (ลิตร)
1	0.2331638	0.2283575	0.0048063
2	0.2331638	0.2245477	0.0086162
3	0.2331638	0.2193604	0.0138034
4	0.2331638	0.2159608	0.0172030
5	0.2331638	0.2110080	0.0221558
6	0.2331638	0.2075205	0.0256433

โดยที่ V_1 = ปริมาตรน้ำมันก่อนใช้งาน

V_2 = ปริมาตรน้ำมันหลังใช้งาน

V_t = ปริมาณน้ำมันที่เครื่องใช้งาน

3.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ทำการวิเคราะห์หลักทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้หลักการของ Donnell Hunt (1976) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line Method) และคิดว่าเกษตรกรมีเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังอยู่แล้ว โดยราคาของเครื่องเท่ากับ 3,000 บาท แล้วทำการคำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยใช้สมาการ (2.1), (2.2), (2.3), (2.4)