

### บทที่ 3

#### วิธิตำเนินการวิจัย

แผนการวิจัยแบ่งเป็นขั้นตอนคือ การศึกษาองค์ประกอบสำหรับใช้ในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอ โดยเน้นการศึกษารูปแบบและความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดที่เหมาะสม การออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวปอต้นแบบ การศึกษาความเร็วการล้าเลียงต้นปอ และความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวปอ การปรับปรุง ทดสอบและประเมินผลเครื่องเก็บเกี่ยวปอโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การศึกษาองค์ประกอบในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอ

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอ คือ รูปแบบใบมีดตัด ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดในการตัดปอ และลักษณะการล้าเลียงต้นปอ ดังมีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

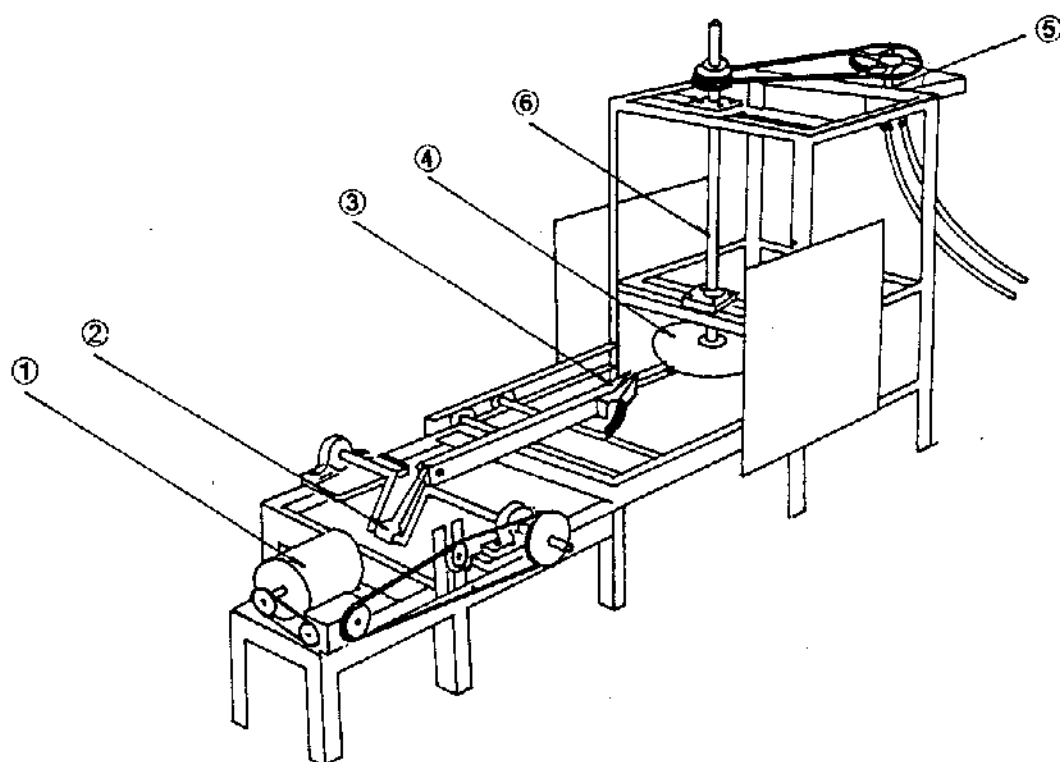
##### 3.1.1 การศึกษารูปแบบและความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดที่เหมาะสมในการตัดปอ

การศึกษาขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบของใบมีดตัดและความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดที่เหมาะสมในการตัดปอ โดยเบื้องต้นพิจารณาจากหลักการทำงานของเครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดตัดหมุนเหวี่ยง (rotary mower) ซึ่งสามารถตัดต้นพืชที่มีความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางได้ถึง 7.5 เซนติเมตร ทำงานได้สะดวกรวดเร็วกว่าแบบใบมีดตัดเลื่อน (cutter bar) เนื่องจากลักษณะของเครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดตัดเลื่อนเหมาะที่จะใช้ตัดต้นพืชที่มีขนาดลำต้นเล็ก (ประชุม, 2534) ดังนั้นการศึกษารูปแบบของใบมีดตัดปอ จึงใช้ใบมีดตัดแบบหมุนเหวี่ยง โดยใช้ใบมีดตัด 3 แบบ คือ ใบมีดตัดแบบใบจักรฟันถี่ ใบมีดตัดแบบใบจักรฟันห่าง และใบมีดตัดแบบหยักใบ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ในการศึกษาครั้งนี้ทำการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาทดสอบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ชุดตัดและชุดป้อนต้นปอ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ชุดตัดมีเพลารับใบมีดตัด โดยยึดติดกับใบมีดตัดให้หมุนตามเพล่า ซึ่งอาศัยกำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฮดรอลิก สามารถปรับความเร็วรอบได้ ส่วนชุดป้อนประกอบด้วยปากกาจับต้นปอที่ต่อเข้ากับข้อเหวี่ยง เพื่อทำหน้าที่ป้อนต้นปอเข้าหาใบมีดตัด

โดยอาศัยกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้า ในการทดสอบเบื้องต้นใช้ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดอยู่ในช่วง 21.99 - 40.32 เมตรต่อวินาที (1,200-2,200 รอบต่อนาที) หากใช้ความเร็วรอบสูงกว่าระดับ 40.32 เมตรต่อวินาที (2,200 รอบต่อนาที) แล้วเครื่องมือการลั่นอย่างรุนแรงซึ่งอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้ จึงได้กำหนดความเร็วเชิงเส้นสูงสุดในการทดสอบเท่ากับ 40.32 เมตรต่อวินาที (2,200 รอบต่อนาที) ดังนั้นจึงแบ่งความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดเป็น 6 ระดับ คือ 21.99, 29.32, 32.99, 36.65 และ 40.32 เมตรต่อวินาที (1,200, 1,400, 1,600, 1,800, 2,000 และ 2,200 รอบต่อนาที) ตามลำดับ สำหรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดป้อนอยู่ในระดับ 0.55 เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเท่ากับช่วงความเร็วรถไถเดินตามที่เกษตรกรใช้งาน ทำการทดสอบการตัดกับปอแก้วพันธุ์พื้นเมือง โดยแบ่งปอออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นเฉลี่ย 14, 16 และ 18 มิลลิเมตรตามลำดับ เพื่อให้การทดสอบครอบคลุมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นปอ ซึ่งมีหลายขนาดโดยแต่ละขนาดจะมีตมรวมกันเป็นกำ ๆ กำละ 7 ต้น เพื่อให้สะดวกในการป้อนต้นปอเข้าหาใบมีด ทั้งนี้



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของใบมีดตัดที่ใช้ทดสอบ



- 1 มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อน
- 2 เฟลาขับเคลื่อน
- 3 ปากกาจับต้นปอ
- 4 ไม้ทดสอบ
- 5 มอเตอร์ไฮดรอลิก
- 6 เฟลาขับไม้ทดสอบ

ภาพที่ 3.2 อุปกรณ์ทดสอบไม้ทดสอบ

จากการสำรวจ พบว่าจำนวนต้นปอต่อหลุมที่เกษตรกรปลูก โดยเฉลี่ยมีจำนวน 7 ต้นต่อหลุม ซึ่งในการทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการปรับความเร็วไม้ทดสอบให้ได้ตามที่กำหนด โดยปรับที่ลิ้นควบคุมปริมาณการไหลไฮดรอลิก
2. นำปอตัวอย่างที่จะทำใส่ที่ปากกาจับต้นปอ ซึ่งด้านบนต้นปอใช้มือจับด้วย
3. เปิดสวิตช์มอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าทำหน้าที่ขับเคลื่อนปากกาจับต้นปอเพื่อให้ต้นปอ

เลื่อนเข้าหาใบมีดตัด จนใบมีดหมุนตัดปอขาดหมด

ในการทดสอบ ใช้ใบมีดแต่ละแบบกับความเร็วที่กำหนดที่ละระดับกับปอ 3 ขนาด ขนาดละ 3 ชั่วโมงครบ ค่าเฉลี่ยในการทดสอบเบื้องต้นใช้เปอร์เซ็นต์การตัดขาดเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

### 3.1.2 การศึกษาหลักการลำเลียงต้นปอ

การศึกษาลักษณะการลำเลียงต้นปอ ใช้หลักการเครื่องเก็บเกี่ยวข้าววางราย ที่ลำเลียงออกด้านข้าง โดยนำเครื่องเกี่ยวข้าววางรายไปทดสอบเก็บเกี่ยวปอ ซึ่งพบว่าเครื่องไม่สามารถลำเลียงต้นปอออกมาได้ เนื่องจากต้นปอมีลำต้นสูง ตำแหน่งชุดลำเลียงอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งลำเลียงมีขนาดเล็ก ทำให้ปอล้มไม่มีทิศทางไม่สามารถลำเลียงออกมาได้ ดังนั้นจึงนำหลักการดังกล่าวมาปรับปรุงโดยเปลี่ยนตำแหน่งชุดลำเลียงให้สูงและขยายซึ่งลำเลียงให้ยาวขึ้น จึงนำเครื่องออกทำการทดสอบ ดังภาพที่ 3.3 ซึ่งพบว่าการลำเลียงยังติดขัดในตำแหน่งที่ปอจะเปลี่ยนทิศทางการลำเลียงออกทางด้านข้าง จึงปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทิศทางการลำเลียงจากการลำเลียงทางด้านข้างมาเป็นการลำเลียงออกทางด้านหลัง เพื่อให้มีระยะทางการลำเลียงสั้น ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.3 เครื่องเก็บเกี่ยวปอแบบลำเลียงออกทางด้านข้าง



ภาพที่ 3.4 ลักษณะชุดลำเลียงของเครื่องเก็บเกี่ยวปอภายหลังการปรับปรุง

### 3.1.3 การออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอ

จากการศึกษาองค์ประกอบในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอ จึงได้กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบ ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบขึ้น โดยกำหนดการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือ การกำหนดเกณฑ์ในการออกแบบและรายละเอียดในการออกแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1) เกณฑ์ในการออกแบบ

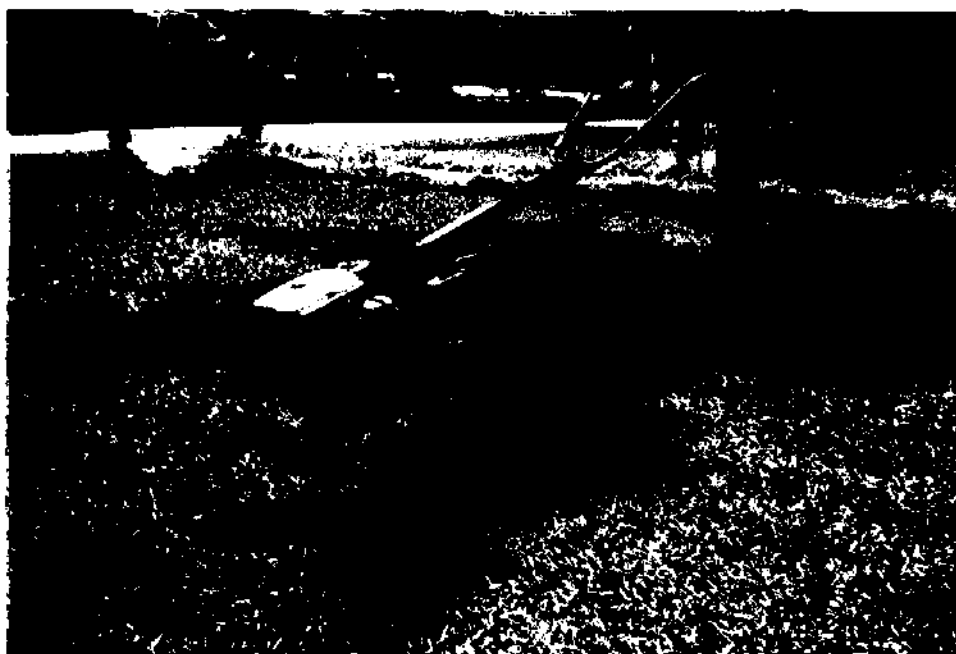
เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอต้นแบบมีข้อกำหนดที่สำคัญ ๆ คือ

- ก. เป็นเครื่องเก็บเกี่ยวปอแบบแถวเดี่ยว
- ข. เป็นเครื่องเก็บเกี่ยวปอแบบใบมีดตัดติดอยู่ด้านข้าง
- ค. เป็นเครื่องเก็บเกี่ยวปอแบบลำเลียงออกด้านหลัง
- ง. ใช้รถไถเดินตาม รุ่น F950 cm เป็นต้นกำลังในการทำงาน
- จ. สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การตัดจนถึงการลำเลียง
- ฉ. มีลักษณะการทำงานง่าย ๆ มีชิ้นส่วนและกลไกไม่ซับซ้อนมากเกินไป

## 2) รายละเอียดในการออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ เครื่องต้นกำลัง โครงหัวเก็บเกี่ยวปอ ชุดใบมีดตัด และชุดลำเลียง มีรายละเอียดของการพิจารณาการออกแบบ ดังนี้ :-

ก. เครื่องต้นกำลัง ในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวปอใช้รถไถเดินตาม รุ่น F950cm เป็นต้นกำลัง ซึ่งเป็นรถไถเดินตามที่มีน้ำหนักเบากระทัดรัด มีความคล่องตัวในการทำงาน ทั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในภาควิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อศึกษาหลักการที่จะนำไปใช้ประกอบกับรถไถเดินตามที่เกษตรกรนิยมใช้ต่อไป ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 รถไถเดินตาม รุ่น F 950 cm

ข. โครงหัวเก็บเกี่ยวปอ โครงหัวเก็บเกี่ยวปอจะทำหน้าที่เป็นแท่นลำสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นส่วนของชุดตัดและชุดลำเลียง การติดตั้ง โครงหัวเก็บเกี่ยวปอจะติดตั้งด้านหน้าของรถไถเดินตาม และติดตั้งเครื่องยนต์ต้นกำลังไว้ทางด้านหลัง ในการออกแบบจะคำนึงถึงขนาดความเหมาะสมและความแข็งแรงเป็นสำคัญ โดยมีรูปแบบของโครงหัวเก็บเกี่ยวปอ ดังแสดงในภาพที่ ก.2 (ภาคผนวก ก.)

ค. ชุดใบมีดตัด ชุดใบมีดตัดทำหน้าที่ตัดต้นปอที่เข้ามาในช่องตัดให้ขาด เพื่อให้ต้นปอ

สามารถลำเลียงผ่านออกไปได้ โดยอาศัยหลักการการหมุนของใบมีดตัดต้นปอให้ขาด ซึ่งชุดตัดปอประกอบด้วย เพลาลอย เพลารับใบมีดตัด และใบมีดตัด ซึ่งใบมีดตัดเป็นแบบใบจักรฟันถี่ ในการออกแบบเพื่อให้สะดวกในการลำเลียง จึงออกแบบให้ชุดตัดติดอยู่ทางด้านขวาของโครงเครื่องเก็บเกี่ยวปอ โดยมีความกว้างของหน้าตัด 30 เซนติเมตร จากหลักการดังกล่าวจึงออกแบบชุดตัดดังแสดงในภาพที่ ก.3 ถึง ก.5 (ภาคผนวก ก.)

ง. ชุดลำเลียง ทำหน้าที่ในการเกี่ยวต้นปอเข้าหาใบมีดตัดและลำเลียงต้นปอที่ตัดขาดแล้วออกทางด้านหลัง โดยชุดลำเลียงประกอบด้วย เกียร์ทด ไซ้ลำเลียง ไซ้ลำเลียงและซี่สปริง ภาพที่ ก.8 และภาพที่ ก.9 (ภาคผนวก ก.)

- เกียร์ทด ทำหน้าที่ทดรอบความเร็วจากเครื่องยนต์ให้ช้าลง โดยมีอัตราทด 1:20 เนื่องจากการลำเลียงไม่ต้องการความเร็วรอบในการลำเลียงสูง เพราะถ้าความเร็วรอบสูงจะทำให้เกิดการติดขัดและเกิดความเสียหายแก่ต้นปอที่ตัด

- ไซ้ลำเลียง ทำหน้าที่ป้อนต้นปอเข้าหาใบมีดตัดและลำเลียงต้นปอที่ตัดขาดแล้วออกทางด้านหลัง โดยที่ไซ้ลำเลียงจะมีซี่เหล็กติดตั้งอยู่เป็นระยะห่างกัน 8 เซนติเมตร มีความยาวแต่ละซี่ 13 เซนติเมตร ไซ้ลำเลียงจะวางเอียงจากด้านหลังลาดเทไปด้านหน้า เพื่อต้องการให้ไซ้ลำเลียงสามารถเกี่ยวต้นปอได้ทั้งต้นเตี้ยและต้นสูง โดยด้านหน้าของไซ้ลำเลียงสูงจากพื้นดิน 60 เซนติเมตร ด้านหลังสูงจากพื้นดิน 100 เซนติเมตร

- ซี่สปริง ทำหน้าที่ช่วยประคองให้ต้นปอเข้าหาไซ้ลำเลียง ซี่สปริงมี 2 แถว แถวละ 4 ซี่ อยู่ด้านบนและล่างของไซ้ลำเลียง โดยยึดติดกับฝาข้าง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณปอที่เข้ามาในช่องลำเลียงแต่ละครั้งไม่เท่ากันทำให้ไซ้ลำเลียงไม่สามารถเกี่ยวปอได้หมด ซึ่งซี่สปริงจะช่วยดันต้นปอ เพื่อไซ้ลำเลียงเกี่ยวปอได้

จ. ระบบขับเคลื่อนและทดกำลัง ทำหน้าที่ขับเคลื่อนและทดกำลังจากเครื่องยนต์ มายังชุดห้องเกียร์ ชุดตัดและชุดลำเลียง มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ พูลเลย์และสายพาน

จากข้อจำกัดและข้อสรุปดังกล่าว จึงนำมาเป็นข้อพิจารณาในการออกแบบและสร้างเครื่องเก็บเกี่ยวปอต้นแบบ ซึ่งเป็นเครื่องเก็บเกี่ยวปอแบบแถวเดี่ยวติดรถไถเดินตาม ดังแสดงในภาพที่ 3.6 รายละเอียดของเครื่องต้นแบบเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบและรายละเอียดในการแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1.3. ซึ่งมีใบมีดตัดและส่วนประกอบ ดังแสดงในภาพที่ ก.6 และภาพที่ ก.7 (ภาคผนวก ก.) และมีชุดลำเลียงปอออกทางด้านหลัง ส่วนประกอบชุดลำเลียงดังแสดงในภาพที่ ก.8 และภาพที่ ก.9 (ภาคผนวก ก.) และมีข้อพิจารณาหรือเกณฑ์ในการออก

แบบอีกคือ ต้องการบำรุงรักษาบ่อย อุปกรณ์ชิ้นส่วนที่ชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ มีหลักการทำงานง่าย ๆ มีชิ้นส่วนและกลไกไม่ซับซ้อนมากเกินไป สามารถทำการตัดและลำเลียงได้อย่างต่อ



ภาพที่ 3.6 เครื่องเก็บเกี่ยวปอแบบเดินตาม

เนื่อง ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้สะดวกโดยไม่ลำบาก

สำหรับรายละเอียดลักษณะการใช้งาน และวิธีการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอต้นแบบสามารถอธิบายได้พอสังเขปดังนี้

1. การปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ เครื่องเก็บเกี่ยวปอจะใช้เวลาเร็วในช่วง 1-2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วระดับเดียวกันกับการไถของรถไถเดินตาม ที่เกษตรกรนิยมใช้ (จารุวัฒน์, 2534) ในการปรับความเร็วในการเคลื่อนที่กระทำโดยการเร่งความเร็วรอบของเครื่องยนต์

2. การปรับความเร็วการลำเลียง จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ความเร็วการลำเลียงสามารถที่จะทำงานได้ดีตั้งแต่ ความเร็ว 0.44-0.91 เมตรต่อวินาที (85-175 รอบต่อ

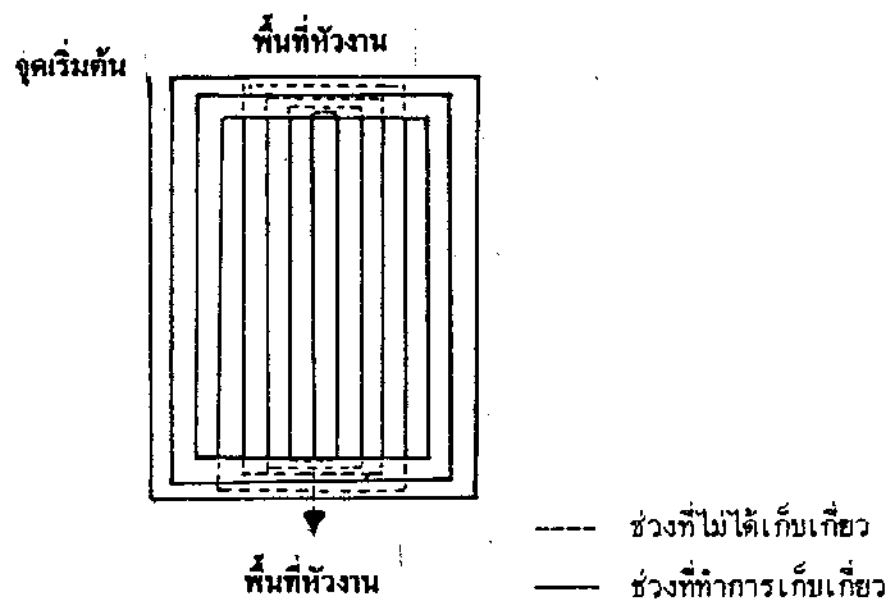
นาทึ) หากใช้ความเร็วการลำเลียงต่ำกว่านี้ จะเกิดการอุดตันที่ช่องตัดเนื่องจากการลำเลียงตัน ป้อนอกไม่ทัน ถ้าความเร็วการลำเลียงสูงกว่านี้ จะทำให้ต้นปอบางส่วนหักเพราะถูกชีลเลียง เกี้ยวและการรวบรวมต้นปอทำได้ลำบาก ดังนั้นจึงใช้ความเร็วการลำเลียงช่วง 0.44-0.91 เมตรต่อวินาที (85-175 รอบต่อนาที)

3. การปรับความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัด จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมในการตัดปออยู่ในช่วง 40.32-54.98 เมตรต่อวินาที (2,200-3,000 รอบต่อนาที) หากใช้ความเร็วเชิงเส้นต่ำกว่านี้ จะมีการติดขัดที่ใบมีดตัดทำให้การทำงานไม่ต่อเนื่อง ถ้าความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดสูงเกิน 54.98 เมตรต่อวินาที (3,000 รอบต่อนาที) จะเกิดอาการสั่นของใบมีดตัดอย่างรุนแรง ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงกำหนดความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดให้อยู่ในช่วง 40.32-54.98 เมตรต่อวินาที (2,200-3,000 รอบต่อนาที)

4. รูปแบบการทำงานในพื้นที่ รูปแบบการทำงานจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน รูปแบบพื้นที่ปฏิบัติงานที่จะให้มีประสิทธิภาพสูงนั้นจะต้องมีการสูญเสียเวลาน้อยที่สุด ในการทดสอบ จึงกำหนดรูปแบบแปลงทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะทำให้การทำงานสะดวกและเสียเวลาในการเลี้ยวบริเวณหัวงานน้อยที่สุด รูปแบบการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอในการทดสอบ โดยจะเคลื่อนที่เวียนไปทางด้านซ้ายจากขอบแปลงเข้าหาตรงกลางแปลงเรื่อย ๆ จนเสร็จสิ้นการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และ ภาพที่ 3.8

5. การตัด เมื่อเครื่องเก็บเกี่ยวปอเคลื่อนที่เข้าหาต้นปอ ต้นปอจะถูกชีลเลียงเข้าหาใบมีดตัดที่ช่องตัด ใบมีดตัดก็จะหมุนตัดต้นปอให้ขาด โดยมีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกาไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของการลำเลียง

6. การลำเลียง ขั้นตอนการลำเลียง เริ่มจากต้นปอที่อยู่ด้านหน้าช่องตัดจะถูกชีลเลียงเกี้ยวเข้ามาในช่องลำเลียง ซึ่งสปริงจะดันต้นปอไว้ทำให้ชีลเลียงสามารถจับต้นปอได้ดีขึ้น แล้วลำเลียงต้นปอเข้าหาใบมีดตัด เมื่อต้นปอถูกตัดขาดแล้วก็จะลำเลียงต่อออกไปทางด้านหลังของเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.9 หลังจากนั้นก็จะใช้คนเก็บต้นปอรวมเป็นกองไว้ เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ในรอบต่อไปโดยไม่เกิดขวางการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ



ภาพที่ 3.7 รูปแบบการปฏิบัติงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ



ภาพที่ 3.8 การทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ



ภาพที่ 3.9 ลักษณะของปอที่ถูกลำเลียงออกจากช่องลำเลียง

### 3.2 การทดสอบเบื้องต้น เพื่อหาความเร็วการลำเลียงต้นปอและความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ

ในการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวปอเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเร็วการลำเลียงต้นปอและความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม เนื่องจากการทดสอบหาความเร็วการลำเลียงไม่สามารถปฏิบัติได้ในห้องปฏิบัติการ เพราะหาความเร็วการลำเลียงจะสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่จึงทำการทดสอบพร้อมกับการทดสอบเบื้องต้น เพื่อนำมากำหนดเป็นความเร็วการลำเลียง และความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ จึงกำหนดตัวแปรที่จะทำการศึกษาดังนี้

1. ความเร็วการลำเลียง จากการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวปอพบว่าเครื่องเก็บเกี่ยวปอสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วการลำเลียง 0.45-0.92 เมตรต่อวินาที (85-175 รอบต่อนาที) ถ้าความเร็วต่ำกว่า 0.45 เมตรต่อวินาที จะทำให้ปออุดตันที่ช่องลำเลียงและใช้ความเร็วการลำเลียงเกิน 0.92 เมตรต่อวินาที (175 รอบต่อนาที) จะทำให้ต้นปอหักเสียหาย ในการทดสอบจึงแปรค่าความเร็วการลำเลียงอยู่ในช่วงดังกล่าวเป็น 4 ระดับ คือ 0.45, 0.60, 0.76, และ 0.92 เมตรต่อวินาที (85, 115, 145, และ 175 รอบต่อนาที) ตามลำดับ

2. ความเร็วในการเคลื่อนที่ จากการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ ซึ่งความเร็วที่เครื่องเก็บเกี่ยวปอสามารถทำงานได้ดีที่ 1.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วสูงสุดที่เครื่องทำงานได้ดีที่ 2.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงแปรค่าความเร็วการเคลื่อนที่ เป็น 4 ระดับ คือ 1.4, 1.6, 1.8 และ 2.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ส่วนความเร็วเชิงเส้นในมิตติดจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการความเร็วที่สามารถตัดขาดได้หมดของใบมีดแบบใบจักรฟันถี่ ที่ความเร็วเชิงเส้น 29.32 เมตรต่อวินาที (1,600 รอบต่อาที) ขึ้นไปแต่เมื่อนำความเร็วดังกล่าวมาทดสอบในสนามไม่สามารถตัดขาดได้หมด เนื่องจากในพื้นที่มีวัชพืชและลักษณะของต้นปอเป็นอิสระ ทำให้ต้องเพิ่มความเร็วขึ้นอีกจนถึง 40.32 เมตรต่อวินาที (2,200 รอบต่อนาที) ซึ่งสามารถตัดได้ดีจึงกำหนดเป็นปัจจัยที่คงที่ในการทดสอบ

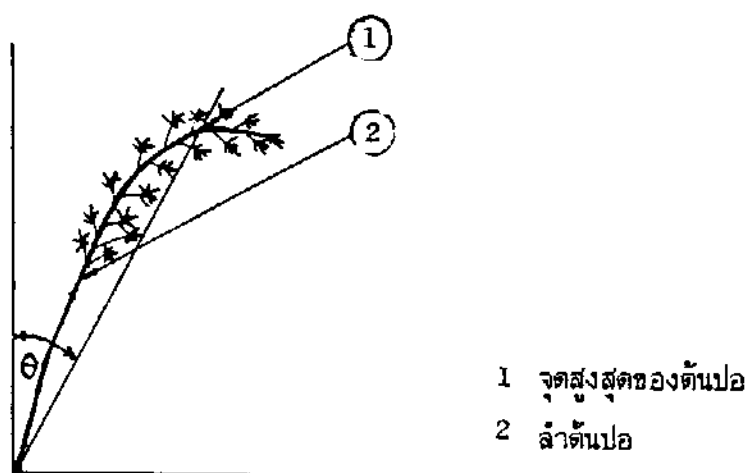
เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาตัวแปร 2 อย่าง คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วรอบการลำเลียง จึงจัดแผนการทดลองเป็น 4 X 4 แฟคตอเรียล Factorial แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design(RCBD) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ สำหรับค่าเฉลี่ยในการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวปอเบื้องต้นได้แก่ เปอร์เซ็นต์การตัดขาด เปอร์เซ็นต์การลำเลียง อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ และเปอร์เซ็นต์ปอหลงเหลือ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัดขนาดพื้นที่จัดแบ่งแปลงทดสอบออกเป็นแปลงย่อย ๆ ขนาด 1 X 10 เมตร จำนวน 3 บล็อก ๆ ละ 16 แปลง รวมเป็น 48 แปลง

2. ทำการวัดความหนาแน่นของต้นปอโดยสุ่มวัดความหนาแน่นของต้นปอ แปลงละ 1 ตารางเมตร จำนวน 20 แปลง

3. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นและความสูง จำนวน 300 ต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นวัดที่ตำแหน่งสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร ส่วนความสูงวัดจากพื้นดินถึงปลายสุดของยอดปอ

4. วัดความเอียงของต้นปอ สุ่มวัดความเอียงต้นปอในพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวน 10 แปลง การวัดความเอียงของต้นปอจากแนวตั้ง โดยวัดเป็นแนวเส้นตรงจากโคนต้นถึงจุดสูงสุดของลำต้น ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แสดงตำแหน่งการวัดความเอียงของต้นปอ

5. วัดระยะห่างระหว่างแถว จำนวน 10 แถว โดยวัดจากจุดศูนย์กลางของแถวหนึ่งถึงจุดศูนย์กลางอีกแถวหนึ่งจำนวน 10 ช่วง ช่วงละ 1 เมตร
6. วัดระยะห่างระหว่างต้น โดยในแต่ละแถววัดจากต้นหนึ่งถึงอีกต้นหนึ่ง จำนวน 10 แถว แถวละ 15 ต้น
7. วัดความหนาแน่นและความสูงของวัชพืช โดยการสุ่มนับจำนวนต้นต่อตารางเมตร และความสูงจะวัดจากพื้นถึงยอดของต้นวัชพืช จำนวน 55 แปลง แปลงละ 1 ตารางเมตร
8. จัดสิ่งทดลองลงในแต่ละบล็อกจนครบทุกแปลง
9. ดำเนินการทดสอบ โดยปรับค่าของตัวแปรต่าง ๆ ตามกำหนด ทำการเก็บเกี่ยวที่แปลงในขณะเดียวกันก็จับเวลาในการทำงานจริง เวลาในการเลี้ยว เวลาที่สูญเสียจากเครื่องติดขัด หลังจากทำการเก็บเกี่ยวเสร็จแล้วทำการรวบรวมและชั่งน้ำหนักปอที่ตัดขาด ปอที่ตัดไม่ขาด ปอที่ติดช่องลำเลียง ปอที่ลำเลียงออกมาได้ และปอหลงเหลือ เพื่อวิเคราะห์ผลการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ

### 3.3 การทดสอบและประเมินผลเครื่องเก็บเกี่ยวปอ

จากการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวปอเบื้องต้นพบว่า อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ และเปอร์เซ็นต์การตัดของเครื่องเก็บเกี่ยวปอยังต่ำ และมีปัญหาปอที่ไม่เข้าช่องตัดเครื่องจะทับให้ตันปอล้ม เป็นเหตุให้มีปอหลงเหลืออยู่มาก เพราะหน้าตัดแคบไม่สามารถครอบคลุมการตัดปอได้หมดทั้งแถว จึงจำเป็นต้องขยายหน้ากว้างของช่องหน้าตัดให้กว้างมากขึ้น จากเดิม 30 เซนติเมตร เป็น 40 เซนติเมตร ส่วนอัตราการทำงานเชิงพื้นที่จากการทดสอบจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเร็วสูงขึ้นอัตราการทำงานเชิงพื้นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องการให้เครื่องเก็บเกี่ยวปอสามารถให้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่สูงและเปอร์เซ็นต์การตัดขาดสูงขึ้น จึงได้เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วเชิงเส้นใบมีดให้สูงขึ้น โดยทำการเปลี่ยนขนาดพูลเลย์ขับ จากเครื่องต้นกำลังเดิมเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.82 เซนติเมตร เป็น 9.0 เซนติเมตร ซึ่งหากใช้พูลเลย์ที่มีขนาดใหญ่นี้นั้นแล้วจะได้รับความเร็วในการเคลื่อนที่สูงขึ้น แต่เครื่องเก็บเกี่ยวปอไม่สามารถทำการเก็บเกี่ยวปอได้ เนื่องจากกำลังไม่พอ หลังจากปรับปรุงแล้วทำการทดสอบและประเมินผล

การประเมินผลมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยหรืออิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ ตลอดจนข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ จะทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถทราบถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวปอด้านแบบ อันจะเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องเก็บเกี่ยวปอให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 การพิจารณาเลือกปัจจัยที่จะศึกษา

ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวกับปอ สภาพพื้นที่แปลงเพาะปลูกปอ และปัจจัยที่เกี่ยวกับเครื่องเก็บเกี่ยวปอ ปัจจัยที่เกี่ยวกับปอได้แก่ ความชื้นต้นปอ อายุต้นปอ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นปอ และพันธุ์ปอ ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแปลงเพาะปลูกปอได้แก่ สภาพพื้นที่ ปริมาณวัชพืช และความชื้นของวัชพืช ปัจจัยที่เกี่ยวกับเครื่องเก็บเกี่ยวปอได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัด และความเร็วเชิงเส้นการลำเลียง ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่นำเอาปัจจัยที่เกี่ยวกับปอและสภาพแปลงเพาะปลูกปอ มาทำการศึกษา เพราะการทดสอบจะทำในแหล่งเดียวกัน สภาพต่าง ๆ จึงเหมือนกัน จะเลือกเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวกับเครื่อง คือ ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัด ความเร็วในการเคลื่อนที่ มาทำการศึกษาลำเลียง ส่วนความเร็วการลำเลียงได้ศึกษาไปแล้วในการทดสอบเบื้องต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัด จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า การใช้ความเร็วใบ

มีดตัด 40.32 เมตรต่อวินาที (2,200 รอบต่อนาที) ใบมีดติดขัดบ้างเล็กน้อยและการทำงานยังไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่การใช้ความเร็วใบมีดตัดเกินกว่า 54.98 เมตรต่อวินาที (3,000 รอบต่อนาที) จะทำให้ใบมีดตัดสั่นรุนแรงจนอาจเกิดอันตราย ดังนั้นการทดสอบนี้จึงจะใช้ช่วงความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุม ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดเท่าที่ใบมีดตัดจะทำงานได้ ไปจนถึงความเร็วสูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายในการทำงาน โดยจะใช้ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดที่ทำการทดสอบ 4 ระดับ คือ 41.24, 45.82, 50.40, และ 54.98 เมตรต่อวินาที (2,250, 2,500, 2,750, และ 3,000 รอบต่อนาที) แต่เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้มีการแปรค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ด้วย ดังนั้นความเร็วของใบมีดตัดจะแปรเปลี่ยนไปตามความเร็วในการเคลื่อนที่ ความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัดแต่ละค่าที่กำหนดจะมีค่าต่างไปประมาณ 0.92 เมตรต่อวินาที (50 รอบต่อนาที)

2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ จากการทดสอบเบื้องต้นซึ่งใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ในช่วง 1.4–2.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่เครื่องเก็บเกี่ยวปอที่ทำงานได้โดยไม่เสียหาย สามารถเพิ่มขึ้นได้อีก ดังนั้นเพื่อให้ได้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จึงเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ให้มากขึ้น สำหรับการทดสอบนี้โดยทดสอบที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 4 ระดับ คือ 1.8, 2.0, 2.2, และ 2.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากผลการทดสอบและปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวปอ เพื่อเป็นการยืนยันสมรรถนะของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ จึงเลือกความเร็วที่เหมาะสมของเครื่องเก็บเกี่ยวปอ ทำการทดสอบในแปลงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวโดยเครื่องกับวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ

### 3.3.2 แผนการทดสอบ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาตัวแปร 2 อย่าง คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัด จึงจัดแผนการทดลองเป็น 4 X 4 แฟคตอเรียล Factorial แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1) วัสดุขนาดพื้นที่จัดแบ่งแปลงทดสอบออกเป็นแปลงย่อย ๆ ขนาด 5 X 15 เมตร จำนวน 3 บล็อก ๆ ละ 16 แปลง รวมเป็น 48 แปลง และขนาด 10 X 40 เมตร จำนวน 3 แปลง เพื่อให้ใช้ในการทดสอบการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องกับวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ



2) ทำการลุ่มวัดความหนาแน่นของต้นปอ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น วัดความสูง วัดความเอียงของต้น วัดระยะทางระหว่างแถว วัดระยะทางระหว่างหลุม วัดความหนาแน่นของ วัชพืช เหมือนกับการทดสอบเบื้องต้น

3) จัดสิ่งทดลองลงในแต่ละบล็อควางตามภาพแปลง

4) ดำเนินการทดสอบ โดยปรับค่าของตัวแปรต่าง ๆ ตามกำหนด ทำการเก็บเกี่ยวที่ละแปลงในขณะที่เดียวกันก็จับเวลาในการทำงานจริง เวลาในการเลี้ยว เวลาที่สูญเสียจากเครื่องติดขัด หลังจากเก็บเกี่ยวเสร็จทำการรวบรวมและชั่งน้ำหนัก ปอที่ติดขาด ปอที่ติดไม่ขาด ปอที่ติดช่องลำเลียง ปอที่ลำเลียงออกมาได้ และปอหลงเหลือ เพื่อวิเคราะห์ผลการทำงานของ เครื่องเก็บเกี่ยวปอ หลังจากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการเก็บเกี่ยวปอด้วยเครื่อง กับวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นใบมีดตัด 50.40 เมตรต่อวินาที (2,750 รอบต่อนาที) ความเร็วการลำเลียง 0.46 เมตรต่อวินาที (85 รอบต่อนาที) และ ความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วที่เครื่องสามารถทำงานได้ ดีที่สุด

### 3.3.3 ค่าชี้ผล

ค่าชี้ผลในการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวปอเบื้องต้น ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การตัดขาด อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ เปอร์เซ็นต์การลำเลียง และเปอร์เซ็นต์ปอหลงเหลือ สำหรับรายละเอียด ค่าชี้ดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

1) เปอร์เซ็นต์การตัดขาด ได้แก่ น้ำหนักปอที่ตัดขาดเมื่อเทียบกับน้ำหนักปอที่เข้ามาใน ช่องตัดหรือเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$PC = \frac{KC}{KC+WL} \times 100$$

เมื่อ PC = เปอร์เซ็นต์การตัดขาด (เปอร์เซ็นต์)

KC = น้ำหนักปอที่ตัดขาด (กิโลกรัม)

WL = น้ำหนักของปอที่ติดไม่ขาด (กิโลกรัม)

2) อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ คือ พื้นที่ที่เครื่องทำการเก็บเกี่ยวปอได้ต่อหน่วยเวลา หรือเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$CA = \frac{A}{TO} \times 100$$

เมื่อ CA = อัตราการทำงานในเชิงพื้นที่ (ไร่ต่อชั่วโมง)  
 A = พื้นที่ในการทำงาน (ไร่)  
 TO = เวลาในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)

3) เปอร์เซ็นต์การลำเลียง ได้แก่ น้ำหนักปอที่ลำเลียงออกมาได้เทียบกับน้ำหนักปอที่ตัดขาดทั้งหมดเมื่อผ่านเข้าช่องลำเลียงหรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$PF = \frac{WF}{WF+FL} \times 100$$

เมื่อ PF = เปอร์เซ็นต์การลำเลียง (เปอร์เซ็นต์)  
 WF = น้ำหนักปอที่ลำเลียงออกมาได้ (กิโลกรัม)  
 FL = น้ำหนักปอที่ติดขัดในช่องลำเลียง (กิโลกรัม)

4) เปอร์เซ็นต์ปอหลงเหลือ คือ น้ำหนักปอที่ไม่ถูกตัดเหลืออยู่ในแปลงหลังจากการเก็บเกี่ยวเสร็จเทียบกับน้ำหนักปอทั้งหมดในแปลงทดสอบ หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$KF = \frac{LL}{LL+LT} \times 100$$

เมื่อ KF = เปอร์เซ็นต์ปอหลงเหลือ (เปอร์เซ็นต์)  
 LL = น้ำหนักของปอหลงเหลืออยู่ในแปลงทดสอบ (กิโลกรัม)  
 LT = น้ำหนักของปอทั้งหมดที่เก็บเกี่ยวได้ (กิโลกรัม)

### 3.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ ใช้หลักการทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามรูปแบบแผนการทดลอง โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 5 % และ 1 % และหากผลการวิเคราะห์แสดงความแตกต่างทางสถิติ จะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 5 %