

การศึกษาวงศ์การเพิ่มความแม่นยำในการปลูกของเครื่องปลูกกระเทียม  
แบบจานกระพ้อ

STUDY OF THE METHODS FOR IMPROVING PLANTING  
PRECISION OF THE BUCKET DISC GARLIC PLANTER

สมชาย ประดิษฐ์สุวรรณ  
SOMCHAI PRADITSUWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ภาควิชาคณิศรปริณญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การศึกษาวิธีการเพิ่มความแม่นยำในการปลูกของเครื่องปลูกกระเทียม  
แบบจานกระพ้อ**

**STUDY OF THE METHODS FOR IMPROVING PLANTING  
PRECISION OF THE BUCKET DISC GARLIC PLANTER**

**สมชัย ประดิษฐ์สุวรรณ  
SOMCHAI PRADITSUWAN**

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **75111**  
วัน,เดือน,ปี **19 ต.ค. 2550**

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2550**

**STUDY OF THE METHODS FOR IMPROVING PLANTING  
PRECISION OF THE BUCKET DISC GARLIC PLANTER**

**SOMCHAI PRADITSUWAN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2007**

**COPYRIGHT 2007**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาวิธีการเพิ่มความแม่นยำในการปลูกของเครื่องปลูกกระเทียมแบบจานกระพ้อ
นักศึกษา	นายสมชาย ประดิษฐ์สุวรรณ
รหัสประจำตัว	48061202
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีเป้าหมายที่จะพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียม ให้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น โดยทดสอบกับเครื่องปลูกกระเทียมต้นแบบจำนวน 10 แถว ขนาดหน้ากว้างในการทำงาน 1 ม. มีกลไกชุดหยอดกลีบกระเทียมเป็นจานหยอดกระพ้อ โดยตัดกลีบกระเทียมและเหวี่ยงลงสู่ร่องปลูกด้วยท่อนำเมล็ด อุปกรณ์เปิดร่องเป็นแบบปลั้วจัดวาง 2 แถว เป็นแถวหน้ากับแถวหลัง แถวละ 5 ชุด ตัวกลบดินเป็นแผ่นยาง ซึ่งในการศึกษาจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือช่วงที่ 1 เป็นการศึกษาความแม่นยำในระบบหยอด โดยทดสอบในแปลงเกษตรกรที่ อ.ฝางและอ.แม่แตง พบว่าเครื่องปลูกมีความสามารถในการทำงาน 0.37-0.75 ไร่/ชม. ที่ความเร็วในการทำงาน 1.27-1.61 กม./ชม. ได้ค่า Precision ร้อยละ 27-28 มีระยะระหว่างต้นเฉลี่ย 13-18 ซม. ความลึกในการปลูก 2.6-3.4 ซม. ร้อยละการกลบ 64-84 เวลาในการเดินที่หัวงาน 5-30 วินาที ได้ผลผลิตในแปลงเกษตรกร อ.ฝาง 2,969 กก./ไร่ และแปลงเกษตรกร อ.แม่แตง 4,307 กก./ไร่ ซึ่งการใช้เครื่องปลูกมีความแม่นยำน้อยกว่าการปลูกโดยเกษตรกรร้อยละ 22-28 ทำให้ผลผลิตที่ปลูกได้มีน้อยกว่าการปลูกโดยเกษตรกรร้อยละ 11-21 ดังนั้นช่วงที่ 2 จึงศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มความแม่นยำ โดยการศึกษาเส้นทางเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมลงสู่ดิน เพื่อใช้ในการออกแบบส่วนลำเลียงกลีบกระเทียมให้เคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอ ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมที่ความเร็วรอบจานหยอด 30-70 รอบ/นาที เป็นสมการการเคลื่อนที่รูปพาราโบลา มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.9 เมื่อเปรียบเทียบเส้นทางเคลื่อนที่จากแบบจำลองกับผลจากการทดลอง พบว่าเมื่อความเร็วรอบจานหยอดสูงขึ้น กลีบกระเทียมมีแนวโน้มเหวี่ยงไกลขึ้น ดังนั้นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการออกแบบคือ รัศมีจานกระพ้อ ความเร็วรอบจานหยอด และตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้คือรูปร่างของกลีบกระเทียม และลักษณะการวางตัวในกระพ้อ ส่วนอีกประการหนึ่งคือ การศึกษากลศาสตร์รถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้าต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว พบว่าการปรับสมดุลแรง โดยเพิ่มระยะแขนและปรับระยะเครื่องยนต์อีก 70 และ 50 ซม.ตามลำดับ มีผลให้แรงกระทำที่แขนลดลงร้อยละ 50 ผลการทดสอบในรางดินห้องปฏิบัติการ ทำให้ความแม่นยำในการปลูกเพิ่มขึ้นร้อยละ 1

<b>Thesis Title</b>	Study of the Methods for Improving Planting Precision of the Bucket Disc Garlic Planter
<b>Student</b>	Mr. Somchai Praditsuwan
<b>Student ID.</b>	48061202
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Agricultural Engineering
<b>Year</b>	2007
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof. Jiraporn Benjaphragairat

### **ABSTRACT**

This study is aimed at developing the garlic planter for improving planting precision of seed spacing in the 10-row garlic planter. The working width is 1 m. The metering system is a bucket disc type. The bucket scoops up the cloves and delivers the seed into the tube and places it into soil furrow. The furrow opener is a shovel type, placed in 2 lines and each line has 5 sets. The covering device is a rubber plate. This study is conducted by 2 steps. The first is the study of metering precision. Experiments have been conducted in farmers field's in Fang and Mae Tang Districts of Chiang Mai. The results of the 10-row garlic planter capacity is 0.37-0.75 rai/hr at a forward speed of 1.27-1.61 km/hr. Planting depth is in the range of 26-34 mm with the soil covering of 64-84%. Turning time at the headland is about 5-30 seconds. Precision value for the 10-row garlic planter is between 27-28 % while planting spacing ranges between 13-18 cm. Garlic production of the garlic planter in the Fang District is 2,969 kg/rai and in the Mae Tang District is 4,307 kg/rai. Because the precision value of the planter is lower than that of farmer planting by about 22-28%, the production of garlic is reduced by about 11-21%. Therefore, the second step studies the equations of clove displacement in the furrow. While the equations are used for design purposes, the delivery of seeds into the furrows requires uniformity. Testing results of the clove movement disc at a revolution of 30-70 rpm were presented as the 2<sup>nd</sup> order polynomial relation or parabolic equations which were over 0.9. In comparison with the testing results, the increased speed of the disc revolutions will increase trajectory distance of the cloves. The major design parameters are the bucket disc radius and the disc revolutions, and the uncontrolled parameter are the clove shape and placing orientation. And the study of the mechanics of the 5 hp, power tiller when attached to a 10-row garlic planter, were found to be improved in stability by increase the arm and the engine distance to 70 and 50 cm respectively, were increase precision value about 1 %

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างเรียบร้อย เนื่องจากการสนับสนุนจากท่านผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ ที่คอยช่วยเหลือแนะนำสั่งสอน และหาทุนวิจัยให้ อ.สัตย์ลักษณ์ กิ่งทอง อาจารย์ที่แสนดีคอยให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และคุณเลอภูษิตชัยคนนี้อย่างดีตลอดมา ขอขอบคุณพี่กบที่ให้ความช่วยเหลืออยู่เบื้องหลังด้วย ขอขอบคุณอ.ปรีชานันท์ ศรีแก้ว สำหรับคำแนะนำต่างๆ และขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่น ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือกันมาโดยตลอด ขอขอบคุณพี่เบิร์ด (อ.จรัสชัย เข็นพยัค) สำหรับแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณคุณจกกล และคุณสุรพงษ์ ที่ช่วยเหลือในการสร้างและทดสอบเครื่องปลูกด้วยกันมาตลอด

I would like to express my deeply many thanks to Dr. Hai Sakurai (Ph.D.), JIGA Expert and advisor ,Japan, for all advises about my thesis.

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่สนับสนุนทุนวิจัยในดำเนินงาน และขอขอบคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ศูนย์วิจัยพืช อ.ฝาง รวมถึงคุณลุง คุณป้า และคุณพี่ เกษตรกรเจ้าของแปลงที่ ต.แม่คะ อ.ฝางและอ.แม่แตง ที่ให้ยืมแปลงในการทดสอบ พร้อมทั้งดูแลให้ได้อย่างเรียบร้อย

ขอบคุณน้องอิรัชญ์ และน้องปาริชาติ ที่ได้ร่วมกันทำงานอย่างเต็มกำลัง และขอบคุณน้อง ๆ ทุกคน ในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เข้ามาร่วมรับผิดชอบ เหน็ดเหนื่อย และช่วยเหลือ ให้กระผมทำวิทยานิพนธ์สำเร็จได้ ขอขอบคุณมากครับ

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชายและน้องสาว ที่เป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สมชัย ประดิษฐ์สุวรรณ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1    ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2    วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3    สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4    แนวความคิดที่ใช้ในการออกแบบ.....	3
1.5    ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6    ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
1.7    ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....	5
2.1    การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมที่ผ่านมา.....	5
2.2    การทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว.....	6
2.3    การศึกษาส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปลูกกระเทียม.....	9
2.4    การประเมินความแม่นยำกลไกการหยอดของเครื่องปลูกพืช.....	12
2.5    การเคลื่อนที่วัสดุจากกระพ้อลำเลียง.....	15
2.6    การหาคุณสมบัติของดินและกลีบกระเทียม.....	23
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการ.....	26
3.1    ทฤษฎีการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมลงสู่ดิน.....	26
3.2    ทฤษฎีกลศาสตร์รถไถเดินตาม.....	29
บทที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	40
4.1    การศึกษาเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวในห้องปฏิบัติการ.....	40

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แฉวในแปลงเกษตรกร.....	41
4.3 การศึกษาการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมลงสู่ดิน.....	41
4.4 การศึกษากลศาสตร์รถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า.....	42
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง.....	51
5.1 การทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แฉวในห้องปฏิบัติการ.....	51
5.2 การทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แฉวในแปลงเกษตรกร.....	62
5.3 การทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมลงสู่ดิน.....	70
5.4 การทดสอบความคล่องตัวในการทำงานรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า.....	75
บทที่ 6 การออกแบบและปรับปรุงคันแบบ.....	84
6.1 การปรับปรุงถังบรรจุกระเทียม.....	84
6.2 การปรับปรุงการสมดุลน้ำหนักของเครื่องปลูก.....	86
บทที่ 7 การทดสอบและผลการทดสอบเครื่องคันแบบที่ปรับปรุงแล้ว.....	87
7.1 การทดสอบการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมหลังจากปรับปรุงถังบรรจุ.....	87
7.2 การทดสอบความแม่นยำหลังจากปรับสมดุลน้ำหนัก.....	91
บทที่ 8 สรุปผลและวิจารณ์.....	95
8.1 เงื่อนไขการใช้งานเครื่องปลูกกระเทียมที่เหมาะสม.....	95
8.2 การใช้สมการการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมลงสู่ดิน.....	95
8.3 การปรับความสมดุลของน้ำหนักในการทำงาน.....	96
เอกสารอ้างอิง.....	97
ภาคผนวก.....	99
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์การปรับสมดุลน้ำหนักในการทำงานของเครื่องปลูก.....	100
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ได้เผยแพร่.....	104
ประวัติผู้เขียน.....	107

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ความแม่นยำของอุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ด (กรณีโรยเป็นแถว)..... 12
2.2	รายละเอียดที่ใช้ในการคำนวณขนาดเมล็ดดินเฉลี่ย..... 23
5.1	สรุปขนาดกระเทียมทั้ง 3 ขนาดที่ใช้ในการออกแบบกระพ้อ ปี 2546 เป็นกระเทียมพันธุ์จีน..... 51
5.2	สรุปขนาดกระพ้อทั้ง 3 ขนาดที่ออกแบบ..... 51
5.3	ขนาดกระเทียมเฉลี่ยทั้ง 3 ขนาดปี 2548..... 51
5.4	สมรรถนะเครื่องขณะทดสอบใช้กระพ้อกลาง กับกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง..... 53
5.5	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO โดยใช้กลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง..... 53
5.6	สมรรถนะเครื่องขณะทดสอบโดยใช้กระพ้อเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดเล็ก..... 55
5.7	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO โดยใช้กลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดเล็ก..... 55
5.8	สมรรถนะเครื่องขณะทดสอบโดยใช้กระพ้อเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลาง..... 57
5.9	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO โดยใช้กลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลาง..... 57
5.10	แสดงอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดเล็ก ที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่าง ๆ กัน..... 59
5.11	แสดงอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดกลาง ที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่าง ๆ กัน..... 60
5.12	แสดงความเร็วรอบเครื่องชนิดที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว..... 61
5.13	สรุปคุณสมบัติของพื้นที่ทดสอบ..... 62
5.14	ผลการทดลองปลูกกระเทียมในแปลงเกษตรกร โดยใช้เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว..... 63
5.15	แสดงผลความแม่นยำของระยะห่างระหว่างคันระหว่างเครื่องปลูก กับเกษตรกรในปี 2548..... 66

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.16	แสดงผลความแม่นยำของระยะห่างระหว่างต้นระหว่างเครื่องปลูก กับเกษตรกรในปี 2546..... 66
5.17	แสดงผลผลิตกระเทียมที่ได้จากเครื่องปลูกเทียบกับคนปลูก ปี2548..... 68
5.18	แสดงผลผลิตกระเทียมที่ได้จากเครื่องปลูกเทียบกับคนปลูก ปี2546..... 68
5.19	ลักษณะกลีบกระเทียมและกระพ้อที่ใช้ในการทดสอบ เส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียม..... 72
5.20	แสดงผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อปรับระยะของเครื่องยนต์..... 80
5.21	แสดงผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อปรับความยาวแขน..... 81
5.22	แสดงผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อปรับระยะของเครื่องยนต์และความยาวแขน..... 82
7.1	ลักษณะกลีบกระเทียมและกระพ้อที่ใช้ในการทดสอบเมื่อปรับถึงบรรจุ..... 87
7.2	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) และร้อยละของกลีบกระเทียมที่เคลื่อนที่ชนขอบถังบรรจุ..... 90
7.3	ลักษณะกลีบกระเทียมและกระพ้อที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำในรางดิน..... 91
7.4	สมรรถนะเครื่องคันแบบขณะทดสอบโดยใช้กระพ้อเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง..... 91
7.5	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO ของเครื่องคันแบบ โดยใช้กลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง..... 92
7.6	สมรรถนะเครื่อง โดยปรับแทนเครื่องเป็นระยะ 50 cm ใช้แขนจับยาว 170 cm ขณะทดสอบใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง..... 93
7.7	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO ของเครื่อง เมื่อปรับแทนเครื่องและแขนแล้วโดยใช้กลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง..... 93

# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ปริมาณการส่งออกกระเทียมสดในปี 2546-2549.....	1
1.2	มูลค่าการส่งออกกระเทียมสดในปี 2546-2549.....	1
2.1	เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว ปี 2547.....	6
2.2	ตะแกรงที่ใช้คัดแยกขนาดกลีบกระเทียม.....	7
2.3	ตัวกลบที่ใช้กับเครื่องปลูกกระเทียม.....	8
2.4	การฉีดยาฆ่าเชื้อราและยาคุมหญ้า.....	8
2.5	การคลุมแปลงปลูกด้วยฟางข้าว.....	8
2.6	การรดน้ำหลังจากทำการคลุมฟางแล้ว.....	9
2.7	ลักษณะกระพ้อ งานหยอด และถับบรรจุกะเทียมที่ผ่านมา.....	9
2.8	เปรียบเทียบความจุของถังปี 2547 กับ ชุดใหม่ปี 2548.....	10
2.9	แสดงตำแหน่งการติดตั้งแบบใหม่.....	11
2.10	ตัวเปิดร่องทั้ง 3 แบบ ที่ใช้ในการขบวนการทดสอบและพัฒนา.....	11
2.11	เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวปี 2548.....	12
2.12	การแบ่งกราฟแท่งออกเป็น 5 ช่วง.....	13
2.13	ลักษณะกระพ้อลำเลียง.....	16
2.14	ลักษณะการปล่อยวัสดุออกของกระพ้อลำเลียง.....	16
2.15	ตำแหน่งวัสดุกระทบปากกระพ้อขณะกำลังหมุน.....	20
2.16	ระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อ.....	22
2.17	ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาควัสดุ.....	22
3.1	แสดงแรงกระทำ และเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมที่เวลา t ใด ๆ.....	26
3.2	การกระจายน้ำหนักของรถไถเดินตาม.....	30
3.3	ไถหัวหมูคิดรถไถเดินตาม.....	32
3.4	แรงภายนอกกระทำต่อรถไถเดินตามกับไถหัวหมู.....	33
3.5	แรงภายนอกกระทำในแนวระดับ.....	34
3.6	แรงภายนอกกระทำในแนวตั้ง.....	35
3.7	แสดงการหาจุดศูนย์ถ่วงด้วยวิธีแขวน.....	36
3.8	แสดงการหาจุดศูนย์ถ่วงด้วยวิธีสมดุล.....	36
3.9	แสดงการหาจุดศูนย์ถ่วงด้วยวิธีชั่ง.....	37

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10	แสดงการหาระนาบใหม่เพื่อหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางด้วยวิธีการซัง..... 38
3.11	การขยายรูปล้อหลังเพื่อแสดงวิธีหาค่า $X'$ และมุม $\beta_1$ ที่ถูกต้องมากขึ้น..... 39
4.1	แสดงขั้นตอนในการทำงาน..... 40
4.2	การวิเคราะห์แรงกระทำในสถานะสถิต..... 44
4.3	แสดงแผนผังการทำงานหลักและการส่งต่อข้อมูลของโปรแกรม..... 44
4.4	แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหาจุดศูนย์กลางมวล..... 45
4.5	แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหาแรงที่แขน..... 46
4.6	แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมรักษาสมดุล..... 47
4.7	แสดงตำแหน่งของแขนบังคับและแผ่นยางกลบร่อง..... 48
4.8	กราฟแสดงการเลือกความยาวแขน..... 48
4.9	ความยาวแขนต่าง ๆ ที่เลือกใช้ทดสอบ..... 49
4.10	กราฟแสดงการเลือกระยะเครื่องยนต์ที่ความยาวแขน 160 cm..... 49
4.11	แท่นรองเครื่องยนต์ใหม่..... 50
5.1	แสดงลักษณะกระพ้อและกลีบกระเทียมที่ใช้ทดสอบ..... 52
5.2	กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียม โดยใช้กระพ้อกลาง กับกลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง..... 54
5.3	กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียม โดยใช้กระพ้อเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดเล็ก..... 56
5.4	กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียม โดยใช้กระพ้อเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลาง..... 58
5.5	แสดงอัตราการหยอดที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่างๆ กันของกลีบกระเทียมขนาดเล็ก..... 60
5.6	แสดงอัตราการหยอดที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่างๆ กันของกลีบกระเทียมขนาดกลาง..... 61
5.7	การหาขนาดก้อนดิน (MMD)..... 62
5.8	การวัดความต้านทานการแทงทะลุดิน (Cone Index)..... 62
5.9	แปลงเกษตรปลูก..... 63
5.10	แปลงใช้เครื่องปลูก ศูนย์วิจัยพืช อ.ฝาง..... 63
5.11	ลักษณะแปลงที่ศูนย์วิจัยพืช อ.ฝาง..... 65
5.12	ตัวอย่างที่สุ่มเก็บข้อมูล..... 65
5.13	ผลผลิตกระเทียมที่ปลูกโดยเครื่องปลูก..... 65

## สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.14	ผลผลิตกระเทียมที่ปลูกโดยเกษตรกร..... 65
5.15	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียม..... 71
5.16	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่กระเทียมขนาดเล็กที่ได้จากการ คำนวณและการทดสอบ..... 73
5.17	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่กระเทียมขนาดกลางที่ได้จากการ คำนวณและการทดสอบ..... 73
5.18	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่กระเทียมขนาดใหญ่ที่ได้จากการ คำนวณและการทดสอบ..... 74
5.19	แสดงการหาจุดศูนย์กลางมวลโดยการแขวนด้านหน้าและด้านข้าง..... 75
5.20	แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของเครื่องปลูกกระเทียม 10 แถว..... 76
5.21	แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของเครื่องยนต์..... 76
5.22	แสดงการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลโดยการชั่งน้ำหนัก..... 77
5.23	แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของไถเดินตาม..... 78
5.24	แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตาม..... 78
5.25	แสดงจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียม 10 แถว..... 78
5.26	แสดงการทดสอบทางตรงและขณะเดียว..... 79
5.27	แสดงการทดสอบหาความยาวแขน..... 80
5.28	แสดงการทดสอบเครื่องเมื่อปรับระยะเครื่องยนต์และความยาวแขน..... 82
5.29	แสดงลักษณะเครื่องปลูกกระเทียมที่ปรับปรุงแล้ว..... 83
5.30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีวงเลี้ยวกับเวลาในการเลี้ยว..... 83
6.1	รูปด้านข้างของเครื่องแสดงขอบด้งด้านล่างที่เกิดปัญหา (ก) ..... 84
6.2	แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ของกระเทียมเปรียบเทียบกับ กับผลที่ได้จากสมการก่อนที่จะปรับปรุงเครื่องปลูกขนาด 10 แถว..... 85
6.3	แสดงการออกแบบ(เส้นหนา)ปรับปรุงขอบด้งด้านล่างเครื่องปลูกลง 3 cm..... 85
7.1	แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมขนาดเล็กเมื่อปรับขอบด้ง..... 88
7.2	แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมขนาดกลางเมื่อปรับขอบด้ง..... 88
7.3	แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมขนาดใหญ่เมื่อปรับขอบด้ง..... 89
7.4	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดเล็ก..... 89

## สารบัญรูป (ต่อ)

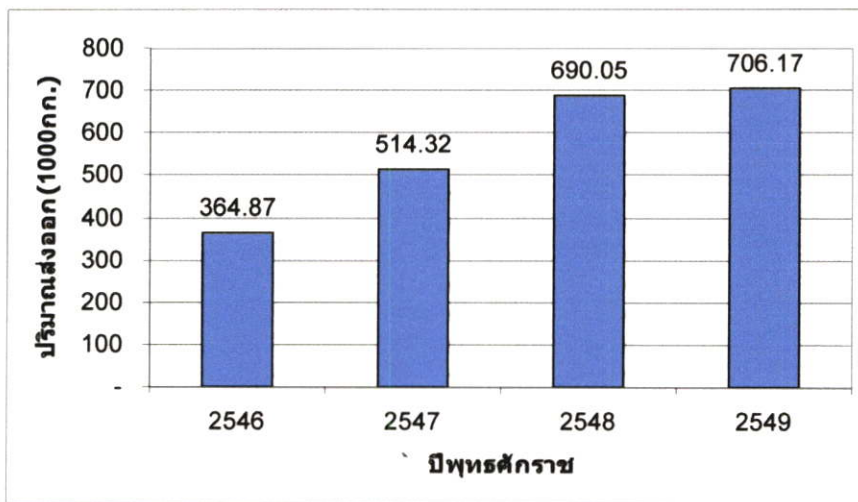
รูปที่		หน้า
7.5	กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียมต้นแบบโดยใช้กระพ้อเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง.....	92
7.6	กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียมที่ปรับแทนเครื่อง 50 cm และความยาวแขน 170 cm โดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง.....	94

# บทที่ 1

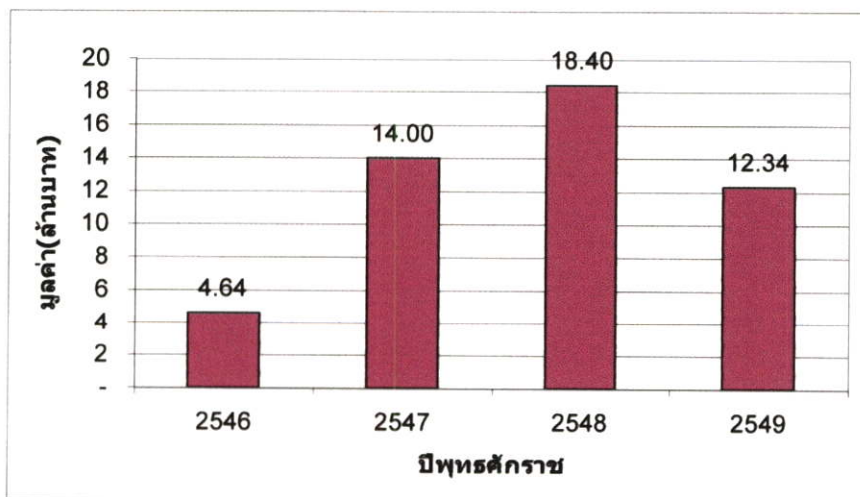
## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในบรรดาพืชเศรษฐกิจที่ประเทศไทยส่งออกนั้น มีพืชสำคัญๆ หลายชนิดด้วยกัน หนึ่งในจำนวนนั้นก็คือการส่งออกกระเทียม สามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณและมูลค่าการส่งออกกระเทียมสด ตั้งแต่ปี 2546 ถึง 2549 ตามรูปที่ 1.1 และ 1.2 [1] จึงได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมขึ้นมาใช้แทนแรงงานคน



รูปที่ 1.1 ปริมาณการส่งออกกระเทียมสดในปี 2546 - 2549



รูปที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกกระเทียมสดในปี 2546 - 2549

ความมุ่งหมายในการสร้างเครื่องปลูกกระเทียมก็เพื่อเพิ่มความสามารถในการปลูก และลดต้นทุนในการผลิตกระเทียมของเกษตรกร เนื่องจากในปัจจุบันขั้นตอนในการปลูกกระเทียมยังคงใช้แรงงานคนทำการปลูก โดยการปักค้ำกลีบกระเทียมให้ส่วนรากจึ้มลงไปในดินที่เปียกชุ่มลึกลับประมาณ สามส่วนสี่ของความยาวกลีบกระเทียม ทำการจึ้มกลีบกระเทียมที่ละกลีบให้มีระยะห่างระหว่างต้นและระหว่างแถวประมาณ 10 cm ดังนั้นในขั้นตอนการปลูกจึงต้องการแรงงานคนจำนวนมากถึง 25 คนต่อ 1 ไร่ และเนื่องจากเป็นงานที่มีความเมื่อยล้าสูงจึงมีความสามารถในการทำงานเพียง 0.29 ไร่/คน/วัน ค่าจ้างในการปลูกแบบเหมาจ่ายประมาณ 2,500 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.9 ของต้นทุนการผลิตกระเทียม

ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมผ่านการดำเนินงานเป็นขั้นตอน มาตั้งแต่ปี 2542 ถึง 2548 โดยแนวทางหลักในการพัฒนาคือ กลไกการทำงานของเครื่องปลูกต้องไม่ซับซ้อนง่ายแก่การสร้างและซ่อมบำรุง ใช้เทคโนโลยีภายในประเทศเป็นหลัก และสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของเกษตรกรได้ ซึ่งในการศึกษาและพัฒนาเครื่องต้นแบบที่ผ่านมา สามารถสร้างเป็นเครื่องปลูกต้นแบบ เครื่องปลูกกระเทียมแบบกระพ้อลำเลียงขนาด 8 แถว ต่อพ่วงรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ในปีพ.ศ.2547[2] ซึ่งสามารถปลูกกระเทียมในแปลงเกษตรกรได้ และเกษตรกรมีความพอใจกับผลผลิตที่ได้จากเครื่องปลูก แต่เนื่องจากจุดประสงค์ของเครื่องปลูกกระเทียมต้องการเครื่องปลูกเป็นระยะที่สม่ำเสมอ ซึ่งเครื่องปลูกยังมีกลไกการทำงานเป็นแบบโรยกลีบกระเทียมอยู่ ทำให้มีความแม่นยำในการปลูกน้อย และประกอบกับลักษณะการปลูกกระเทียมเป็นการปลูกที่ต้องการระยะห่างระหว่างกลีบที่สม่ำเสมอประมาณ 10 cm จึงจะได้ผลผลิตดีที่สุด[3] ทำให้เป็นเหตุผลของการศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มความแม่นยำและสมรรถนะของเครื่องปลูก

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาแนวทางในการพัฒนาความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว
- 1.2.2 ปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียมให้สามารถปลูกได้อย่างแม่นยำ คือทำการหยอดเมล็ดพันธุ์ให้มีระยะห่างระหว่างกลีบกระเทียม 10 cm และระยะห่างระหว่างแถว 10 cm
- 1.2.3 เพิ่มความสามารถและความคล่องตัวในการทำงานแก่เครื่องปลูก

## 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 การศึกษาหาแนวทางในเพิ่มความแม่นยำ
- 1.3.2 การศึกษากลศาสตร์ของรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ต่อพ่วงกับเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว

## 1.4 แนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 หาขนาดกระทู้กับขนาดกลีบกระเทียมที่เหมาะสมกัน

1.4.2 ศึกษาการลำเลียงกลีบกระเทียมจากงานกระทู้ และเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมลงสู่ดิน

1.4.3 ศึกษาการสมดุลแรงกระทำที่เกิดขึ้นกับรตไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ต่อพ่วงกับเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว โดยรักษาเสถียรภาพในขณะที่ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานมีความสะดวกสบาย ในการทำงานทางตรงและการเลี้ยวหัวงาน

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ศึกษาหาแนวทางในการที่จะพัฒนา ความเหมาะสมของกลไกการหยอดกับถังบรรจุ ที่ทำให้เครื่องปลูกกระเทียมมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

1.5.2 ศึกษาการปรับสมดุลแรงกระทำที่เกิดขึ้นกับรตไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ต่อพ่วงกับเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว เพื่อลดแรงกระทำที่แขนทำให้มีความคล่องตัวมากขึ้น

1.5.3 ประเมินผลความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียมแบบดิครตไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1236-2537 [4] และ ISO[5]

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1.6.1 ทดสอบความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียม แบบงานหยอดกระทู้ขนาด 10 แถวที่สร้างขึ้นในปี 2548 ในโรงทฤษฎีห้องปฏิบัติการ และวิเคราะห์ผลตามมาตรฐาน ISO

1.6.2 ปรับปรุงกลไกเพิ่มเติม และหาเงื่อนไขในการทำงานในแปลงเกษตรกร

1.6.3 ทำการทดสอบในแปลงปลูกกระเทียมของเกษตรกร จ.เชียงใหม่

1.6.4 สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขจากผลการทดสอบเครื่องปลูกต้นแบบขนาด 10 แถว และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียม

1.6.5 ศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการปลูกกระเทียม

1.6.6 สร้างและปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียมเพื่อให้เครื่องปลูกมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

1.6.7 ทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมที่ปรับปรุงแล้วในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เพิ่มความสะดวกสบาย และประหยัดเวลาในการปลูกกระเทียมของเกษตรกร อีกทั้งยังสามารถปลูกได้ทันฤดูกาลเพาะปลูก

1.7.2 ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกกระเทียมของเกษตรกร

1.7.3 การใช้เครื่องปลูกกระเทียมที่มีความแม่นยำในการปลูก ทำให้เกษตรกรมีความมั่นใจที่จะขยายพื้นที่การปลูกกระเทียม จึงทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น

1.7.4 เครื่องปลูกกระเทียมได้ภายใต้เทคโนโลยีการผลิตภายในประเทศซึ่งเกษตรกรสามารถใช้งาน และซ่อมแซมเครื่องปลูกได้เอง เนื่องจากกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

#### 2.1 การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมที่ผ่านมา

จากการศึกษาที่ผ่านมา ตั้งแต่การเริ่มต้นศึกษากลไกของเครื่องปลูกกระเทียมจนถึงขั้นตอนการพัฒนากลไก เพื่อให้สามารถทำการหยอดกลีบกระเทียมได้จริงนั้น ผ่านขั้นตอนและกระบวนการต่างๆ มากมาย จึงได้เป็นเครื่องต้นแบบเครื่องปลูกกระเทียมแบบกลไกงานหยอดกระเทียมอัตโนมัติตามขนาด 5 แรงม้า ดังนั้น จะสรุปสาระสำคัญที่ได้เป็นดังนี้

1. การทดลองปลูกกระเทียมด้วยวิธีต่างๆ 6 วิธีการ โดยมีการปลูกแบบปักรากลงดิน รากขึ้น หงายกลีบ คว่ำกลีบ ตะแครง และแบบโรย ผลจากการทำการปลูก 15 วัน การปลูกโดยวิธีดำและการโรยมีอัตราการงอกสูงกว่า 50 % และเมื่อปลูกได้ 29 วัน อัตราการงอกของการปลูกโดยวิธีดำและการโรยมีอัตราการงอก ราก 93 % การปลูกโดยวิธีจุ่มปลายลงดิน ให้อัตราการงอกต่ำสุดประมาณ 15% สรุปได้ว่า การปลูกแบบโรยมีอัตราการงอกเท่ากับกระเทียมที่ปลูกโดยใช้วิธีแบบเกษตรกร

2. การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมแบบงานหยอด 2 แถว ในปี 2542 ผลการทดลองจะเห็นว่าอัตราการไหลออกของกระเทียมที่ลูกหยอดเมื่อกระเทียมบรรจุเต็มถึงจะมากกว่ากระเทียมที่บรรจุครึ่งถึง 2.91% อีกทั้งรูหยอดวงนอกจะมีอัตราการหยอดกระเทียมสูงกว่ารูหยอดวงใน และทั้งสองรูมีอัตราการหยอดกระเทียมสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้

3. การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมแบบงานหยอดแนวตั้ง 1 แถว ในปี 2543 พบว่าการทดสอบในช่วงต้นๆ สามารถหยอดกระเทียมได้ในระยะที่ต้องการ กลีบกระเทียมลงมาอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อทดสอบเป็นเวลานาน พบว่า กลีบกระเทียมมีการอุดตันทางออกระหว่างท่อนำเมล็ด เนื่องจากการเสียดสีของงานหยอดทำให้เศษกระเทียมอุดตัน

4. การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมแบบงานหยอด 4 แถว ในปี 2545 พบว่า ไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ เนื่องจากเกิดการติดขัดของระบบหยอด เมื่อทำการทดสอบไปประมาณ 30 นาที เนื่องจากกลีบกระเทียมที่แตกก่อนหน้าจับกันเป็นกาวเหนียวทำให้งานหยอดหมุนฝืดมาก

5. การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมแบบงานหยอดกลไกสปริง ปี 2545 พบว่าเครื่องปลูกแบบนี้มีการปล่อยกระเทียมปริมาณมากกว่าที่ออกแบบไว้ (10กลีบต่อเมตร) และมีการจ่ายกระเทียมไม่สม่ำเสมอเมื่อกระเทียมเต็มถัง ส่วนผลการจ่ายกระเทียมเมื่อบรรจุ 1/5 ถึง พบว่าค่อนข้างสม่ำเสมอแต่ปริมาณมากเกินไป ส่วนค่าการแตกหักพบว่าเมื่อความเร็วมากขึ้นการแตกหักก็มากขึ้นด้วย

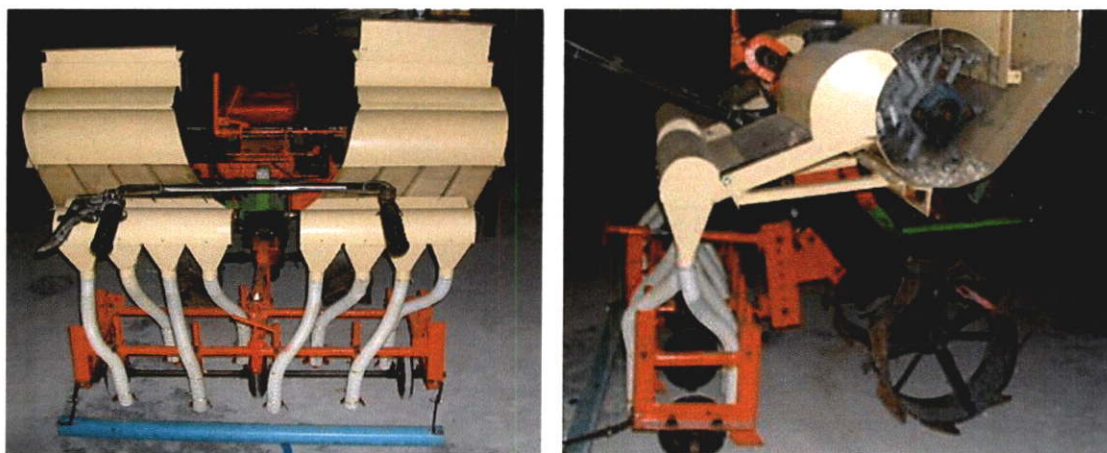
6. การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมแบบจานหยอดแนวตั้ง 12 แถว ในปี 2545 พบว่า มีการอุดตันในช่องทางออกและกระพ้อ เมื่อกระเทียมมีขนาดใหญ่ และเนื่องจากช่องว่างระหว่างแถวน้อย จึงทำให้เกิดการพุนของดินหน้าชุดเปิดร่องทำให้กำลังฉุดลากของเครื่องไม่พอ มีการสิ้นเปลืองมาก

7. การพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมแบบจานหยอดกระพ้อแนวตั้ง 8 แถว ในปี 2547 เป็นเครื่องปลูกที่มีจานหยอดกระพ้อพลาสติก และมีการปรับปรุงรูปแบบและขนาดกระพ้อลำเลียงให้ ไม่มีการอุดตันสามารถนำไปใช้งานได้ในแปลงเกษตรกร แต่ปัญหาที่พบคือมีความแม่นยำในการปลูกน้อยกว่าการปลูกของเกษตรกร

## 2.2 การทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว

มีส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้

1. ระบบหยอด
2. ถังบรรจุเมล็ดพันธุ์
3. ชุดลำเลียงเมล็ดพันธุ์สู่ร่องปลูก
4. ตัวเปิดร่อง
5. ตัวกลบดิน
6. ระบบทศรอบ



รูปที่ 2.1 เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว ปี 2547 [2]

ลักษณะการทำงานของกลไกการหยอด ในเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว ใช้กลไกแบบจานกระพ้อในการลำเลียงกลีบกระเทียมทีละกลีบ จากด้านล่างของถังบรรจุหมุนขึ้นมาจนถึงจุดปล่อย ซึ่งตำแหน่งในการปล่อยถูกออกแบบมาให้สัมพันธ์กับมุมเสียดทานของเมล็ดพันธุ์กับผิววัสดุ แล้วเมล็ดพันธุ์จะถูกปล่อยด้วยแรงเหวี่ยง เข้าไปสู่รางเอียง แล้วไหลผ่านกรวยรับ เพื่อนำกลีบกระเทียมไหลลงสู่ท่อ นำเมล็ดเพื่อไปวางตัวอยู่บนร่องหยอดทีละกลีบ ให้มีระยะห่างระหว่างกลีบ

10 cm จากกระบวนการหยอดที่ได้อธิบายไปแล้วจะพบว่า กลไกหลักที่ใช้ในการหยอดมีเพียง งานหยอด (แบบงานกระพ้อ) และถังบรรจุเท่านั้น ลักษณะการทำงานก็เป็นการหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของเครื่องปลูก ทำการครอบโดยใช้เฟืองโซ่ เป็นกลไกการทำงานที่ง่ายมาก สามารถซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้ไม่ยาก มีวิธีการปลูกโดยใช้งานเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว ดังนี้

### 2.2.1 การคัดขนาดกลีบกระเทียม

ก่อนการทำการปลูกต้องทำการคัดขนาดกลีบกระเทียมก่อนโดยใช้ตะแกรงร่อน 2 ขนาด ดังรูปที่ 2.2 เพื่อคัดแยกขนาดกลีบกระเทียมออกเป็น 3 ขนาด ให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับกระพ้อที่ออกแบบมาให้เหมาะสมกับกระเทียมแต่ละขนาดเท่านั้น



รูปที่ 2.2 ตะแกรงที่ใช้คัดแยกขนาดกลีบกระเทียม

### 2.2.2 การเตรียมแปลง (เหมาะสำหรับแปลงปลูกที่เป็นดินทราย)

หลังจากทำการขุดร่องปลูกแล้ว (ในกรณีปลูกแบบขุดร่อง) ให้ทำการไถพรวน โดยใช้โรตารี ทำการตีพรวนดินที่ระดับความลึก 5 cm เพียงเที่ยวเดียว โดยการตีพรวนต้องทำอย่างช้าๆ เพื่อให้ใบมีดตีพรวนดินให้ละเอียดที่สุดในการทำงานเที่ยวเดียว สาเหตุที่ไม่แนะนำให้ทำการไถพรวนหลายครั้งเพราะเนื่องจากจะเสียค่าใช้จ่ายมากแล้ว จะทำให้หัวกระเทียมฝังตัวอยู่ลึกเนื่องจากดินนิ่มและทำให้การถอน (เก็บเกี่ยว) ทำได้ยากขึ้น

### 2.2.3 การใช้งานเครื่องปลูก

ความเร็วที่เหมาะสม ในการใช้งานเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว คือ ใช้เกียร์ 1 เร่งรอบเครื่องยนต์ที่ 1300 rpm (ประมาณ 80% ของความเร็วรอบสูงสุด) โดยปรับตัวเปิดร่องให้กินดินลึก 1.5 cm ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้กลบร่องที่ใช้ในแปลงเกษตรกรเป็นลักษณะพุน้ำหนักแบบลากกลบแทนการใช้ตัวกลบแบบใบกวาด ดังรูปที่ 2.3



ก) ตัวกลบแบบใบกวาด



ข) ตัวกลบลักษณะท่อน้ำหนักแบบลากกลบ

### รูปที่ 2.3 ตัวกลบที่ใช้กับเครื่องปลูกกระเทียม

#### 2.2.4 ขั้นตอนหลังจากการปลูกเพื่อจบกระบวนการปลูกกระเทียม

หลังจากทำการปลูกด้วยเครื่องปลูกเรียบร้อยแล้ว จึงปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

##### 1. ฉีดขี้เถ้าหรือปุ๋ยคอกหมัก



รูปที่ 2.4 การฉีดขี้เถ้าหรือปุ๋ยคอกหมัก

##### 2. คลุมฟาง



รูปที่ 2.5 การคลุมแปลงปลูกด้วยฟาง

### 3. รดน้ำด้วยรูป

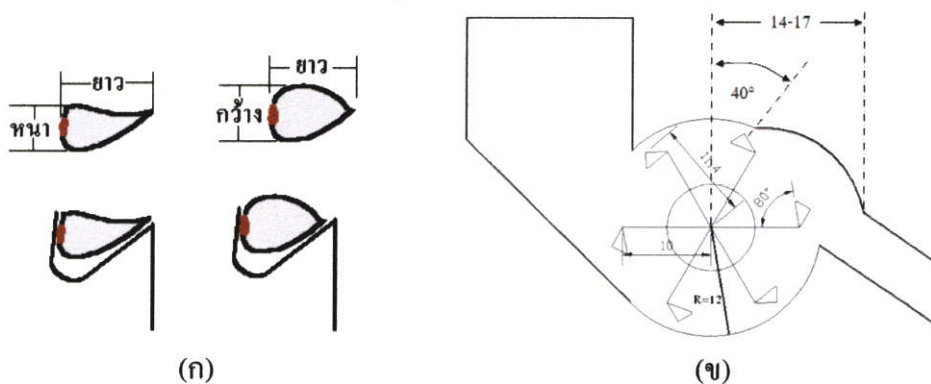


รูปที่ 2.6 การรดน้ำหลังจากทำการคลุมฟางแล้ว

### 2.3 การศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปลูกกระเทียม

การศึกษางานวิจัยในปี 2547 พบว่า เป็นการแยกศึกษา และพัฒนาส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปลูกกระเทียม เพื่อให้มีประสิทธิภาพการปลูกที่ดีขึ้น โดยการศึกษาดังกล่าวแบ่งส่วนประกอบของเครื่องปลูกกระเทียมเป็น 3 ส่วน ดังนี้

#### 2.3.1 งานหยอดกลีบกระเทียมและถักรู [6]



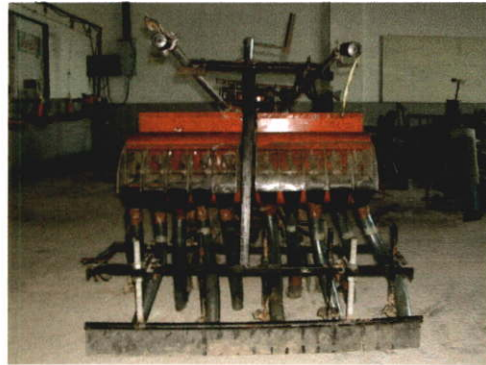
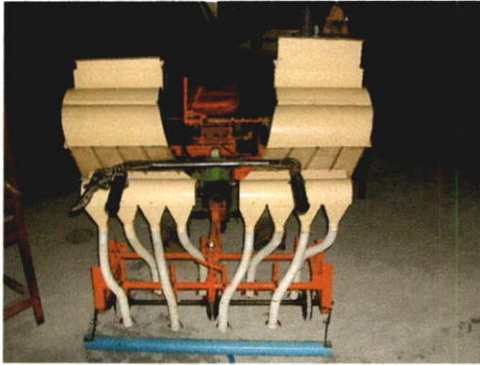
รูปที่ 2.7 ลักษณะกระพ้อ งานหยอด และถักรูกระเทียมที่ผ่านมา

สรุปผลได้ดังนี้

- กระพ้อมีลักษณะคล้ายร่องสามเหลี่ยม งานหยอดเป็นวงกลมแบนวางตัวในแนวตั้ง มีกระพ้อลำเลียงอยู่ 6 ชุด ต่อ 1 งานตามรูปที่ 2.7 (ก) และ(ข) ตามลำดับ
- มุมเอียงของกระพ้อ มีขนาดเท่ากับ 80 องศา เทียบกับแกนของกระพ้อ
- มุมปล่อยกระเทียมของกระพ้อเป็น 40 องศาเทียบกับแนวตั้งผ่านจุดศูนย์กลางงานหยอดและแนวขอบถึงห่างออกมาประมาณ 14 -17 cm ดังรูปที่ 2.7 (ง)

ง. จำนวนชุดหยอดเพิ่มจาก 8 เป็น 10 ชุด ถังบรรจุจึงมีความจุกระเทียมจาก 12 เป็น 15 kg ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 20 % เมื่อเทียบกับเครื่องปลูกปี 2546 ตามรูปที่ 2.8

จ. จุดติดตั้งถังบรรจุให้อยู่ใต้แขนของรถไถ เพื่อดึงเข้าใกล้จุดศูนย์ถ่วงของเครื่องยนต์ และให้ต่ำลงใกล้พื้นดินมากขึ้น ทำให้ระยะการเคลื่อนที่กระเทียมสั้นลง



รูปที่ 2.8 เปรียบเทียบความจุของถังปี 2547 กับ ชุดใหม่ปี 2548

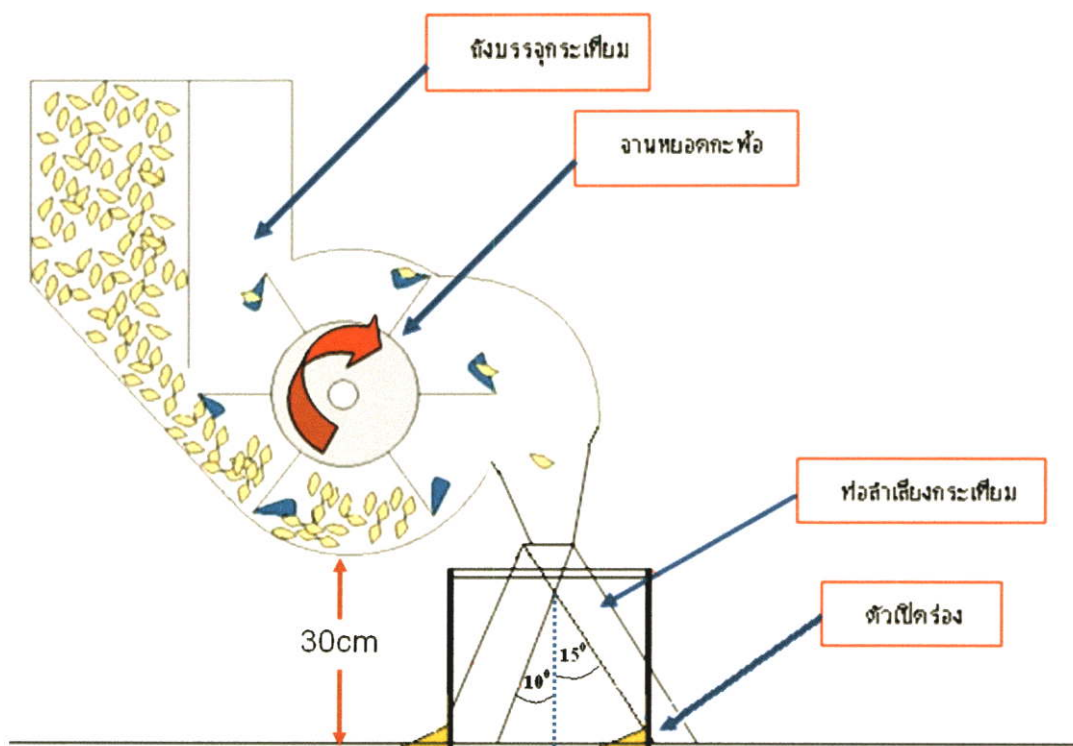
### 2.3.2 ชุดลำเลียงกระเทียมลงดิน [7]

ในการศึกษาใช้แนวคิดในการออกแบบว่า ต้องทำให้ระยะทางและเวลาที่กระเทียมเคลื่อนที่ลงดินน้อยที่สุด และการปรับมุมเอียงรับการตกของเมล็ดทำให้เมล็ดไหลผ่านท่อนำเมล็ดลงสู่ร่องปลูกโดยไม่มีการกระเด็นในท่อนำเมล็ด ตามรูปที่ 2.9 สรุปผลได้ดังนี้

1. ความสูงของท่อนำเมล็ดกระเทียมในแนวตั้ง เท่ากับ 30 cm
2. ขนาดท่อนำเมล็ดที่เหมาะสม เท่ากับ 3 cm
3. เนื่องจากตัวเปิดร่องมี 2 แถว แบ่งเป็นแถวหน้ากับหลัง ทำให้มีมุมเอียงต่อด้านหน้าได้ 10 องศา ส่วนมุมเอียงกับด้านหลังเป็น 15 องศา โดยให้ค่าความแม่นยำของข้อมูลดีที่สุด และความแปรปรวนข้อมูลน้อยที่สุด
4. ท่อที่ใช้ได้ดีเป็นท่อยางใสผิวเรียบ

### 2.3.3 ตัวเปิดร่องและตัวกลบดิน [8]

ในการออกแบบตัวเปิดร่องและตัวกลบดินมีเงื่อนไขว่า สามารถสร้างและประกอบได้ง่าย เปิดร่องได้แคบ มีความลึกในการปลูกสม่ำเสมอและปรับความลึกในการปลูกได้ โดยได้ทดสอบเปรียบเทียบตัวเปิดร่อง 3 แบบ แสดงในรูปที่ 2.10 พบว่า ในการทดสอบรางดินอุปกรณ์เปิดร่องแบบจอบให้ค่าแรงฉุดลากต่ำสุด ประมาณ 0.84 kgf/แถว ส่วนอุปกรณ์เปิดร่องแบบพลั่วให้ค่า performance index สูงสุด[9] และให้ค่าร้อยละการงอกสูงสุด ที่ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เปิดร่องแถวหน้าและแถวหลัง 27 cm ดังนั้นจึงเลือกใช้ตัวเปิดร่องแบบพลั่ว มาประกอบเป็นเครื่องปลูกกระเทียมแบบใหม่



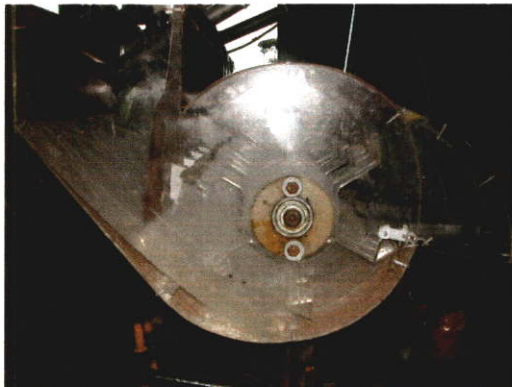
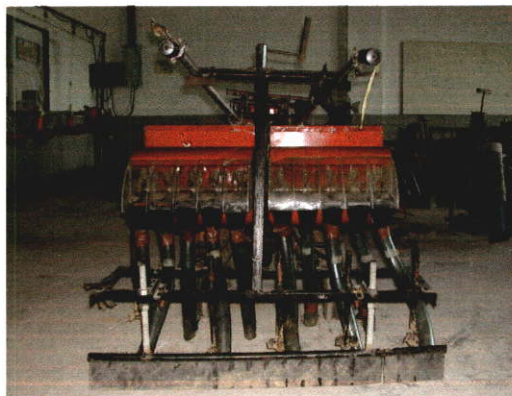
รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งการติดตั้งแบบใหม่



(ก)ตัวเปิดร่องแบบรองเท้า(shoe type) (ข)ตัวเปิดร่องแบบจอบ (hoe type) (ค)ตัวเปิดร่องแบบพลั่ว (shovel type)

รูปที่ 2.10 ตัวเปิดร่องทั้ง 3 แบบ ที่ใช้ในการขบวนการทดสอบและพัฒนา

ส่วนตัวกลบดินนั้น จากการศึกษาในปี 2547 เป็นเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 8 แถว[2] ได้เป็นตัวกลบร่องแบบทูลาก แต่ในการทำงานจริงยังไม่สามารถกลบดินได้โดยเฉพาะก้อนดินขนาดใหญ่ จึงเปลี่ยนเป็นแผ่นยางแบบหนาแทน ดังนั้น จึงได้สร้างเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวขึ้นในปี 2548 แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องปลุกกระเทียมขนาด 10 แลวปี 2548 [10]

## 2.4 การประเมินความแม่นยำกลไกการหยอดของเครื่องปลุกพืช

หลังจากได้เก็บรวบรวมข้อมูลการพัฒนาเครื่องปลุกกระเทียมที่ผ่านมาแล้ว จึงทำการศึกษาหาแนวทางในการพัฒนาเครื่องปลุกให้มีความแม่นยำ โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องหยอดเมล็ดพืช (มอก.1236-2537)[4] และมาตรฐานของ International Organization for Standardization [5] มีรายละเอียดดังนี้

### 2.4.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของเครื่องหยอดเมล็ดพืช

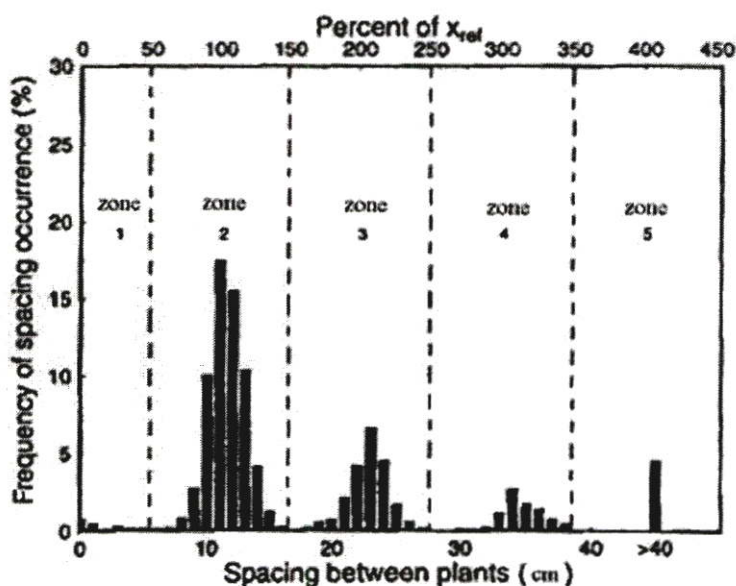
ตารางที่ 2.1 ความแม่นยำของอุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ด (กรณีโรยเป็นแถว)

จำนวนเมล็ดที่กำหนด โดยอุปกรณ์กำหนด เมล็ดต่อระยะทาง 1 เมตร	จำนวนเมล็ดในระยะทาง 1 เมตร
10 ถึง 20	R +3 -2
21 ถึง 40	R +6 -3
41 ถึง 80	R +12 -6
มากกว่า 80	R +16 -8

หมายเหตุ R ค่าเฉลี่ยของจำนวนเมล็ดต่อระยะทาง 1 เมตร ที่ผู้วิจัยระบุ

## 2.4.2 มาตรฐาน ISO 7256/1-1984 (Theoretical spacing, $X_{ref}$ )

เป็นวิธีการหนึ่งที่น่ามาใช้พิจารณาความแม่นยำ โดยใช้กราฟแท่งของระยะระหว่างต้น กระจายที่ได้จากการวัด ซึ่งรูปแบบกราฟจะมีหลายลักษณะ กล่าวคือ ค่าระยะห่างระหว่างต้น กระจายจะมีหลายค่า เป็นค่าระยะห่างที่มีความถี่สูง และระยะห่างความถี่ต่ำ ซึ่งค่าความถี่เหล่านี้ สามารถแบ่งเป็นช่วง ๆ เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการ ในรูปของการแปลความหมาย จากกราฟแท่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.12 การแบ่งกราฟแท่งออกเป็น 5 ช่วง

### 2.4.2.1 ให้แบ่งช่วงกราฟออกเป็น 5 ช่วงดังนี้

$$\text{Zone 1} = [0, 0.5 X_{ref}]$$

$$\text{Zone 2} = (0.5X_{ref}, 1.5 X_{ref}]$$

$$\text{Zone 3} = (1.5X_{ref}, 2.5 X_{ref}]$$

$$\text{Zone 4} = (2.5X_{ref}, 3.5 X_{ref}]$$

$$\text{Zone 5} = (3.5X_{ref}, \infty]$$

เมื่อ (a,b] หมายถึง ระยะที่มากกว่า a (แต่ไม่นับรวม a) จนถึง b (นับรวม b ด้วย)

โดย  $X_{ref}$  เป็นระยะปลูกทางทฤษฎี

$n_1$  = จำนวนของระยะระหว่างต้นที่อยู่ใน Zone 1

$n_2$  = จำนวนของระยะระหว่างต้นที่อยู่ใน Zone 2

$n_3$  = จำนวนของระยะระหว่างต้นที่อยู่ใน Zone 3

$n_4$  = จำนวนของระยะระหว่างต้นที่อยู่ใน Zone 4

$n_5$  = จำนวนของระยะระหว่างต้นที่อยู่ใน Zone 5

$N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5$  = จำนวนของระยะระหว่างต้นทั้งหมดที่บันทึก

2.4.2.2 ให้นำค่าที่ได้ไปแทนในสูตรต่างๆ จะได้ผลต่างๆ ดังนี้

ก. ดัชนีแสดงคุณภาพการหยอด (Quality of feed index ,A)

คือร้อยละของจำนวนของระยะระหว่างต้นที่มากกว่า 0.5 เท่า และไม่เกิน 1.5 เท่าของระยะต้นทางทฤษฎี(อยู่ใน Zone 2) เป็นตัววัดว่าเกิดระยะทางทฤษฎีบ่อยแค่ไหน

$$A = \frac{n_2}{N} \times 100 \quad (2.1)$$

ดังนั้นค่า A ยิ่งมากแสดงว่าคุณภาพในการหยอดยิ่งสูง

ข. ดัชนีแสดงการหยอดหลายเมล็ด (Multiple index ,D)

เป็นดัชนีบ่งบอกลักษณะการปลูกที่ชิดติดกัน(หยอดที่ละหลายเมล็ด) คือร้อยละของจำนวนของระยะระหว่างต้นที่น้อยกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางทฤษฎี

$$D = \frac{n_1}{N} \times 100 \quad (2.2)$$

ดังนั้นถ้าค่า D น้อย แสดงว่าคุณภาพการหยอดมีสูง

ค. ดัชนีแสดงการเว้น (Miss index , M)

ดัชนีการเว้นคือ ร้อยละของจำนวนของระยะระหว่างต้นที่มากกว่า 1.5 เท่าของระยะทางทฤษฎี

$$M = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{N} \times 100 \quad (2.3)$$

ดังนั้นถ้าค่า M น้อยแสดงว่าคุณภาพการหยอดมีสูง

ง. ความแม่นยำในการหยอด (Precision , C)

ความแม่นยำเป็นดัชนีวัดความแปรปรวนของระยะห่างระหว่างต้น ซึ่งได้ผลกระทบจากการเกิด การลงหลายเมล็ด(Multiple) และการเว้น (Miss) ความแม่นยำเป็นสัมประสิทธิ์ของการแปรปรวนที่เกิดขึ้นในช่วงของระยะต้นที่ใกล้กับระยะทางทฤษฎี (Zone 2)

$$C = \frac{S_2}{X_{ref}} \times 100 \quad (2.4)$$

โดย  $S_2$  เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในช่วง Zone 2

ค่าความแม่นยำต่างจากค่าสัมประสิทธิ์การแปรปรวน(CV) ตรงที่ใช้ระยะทางทฤษฎีเป็นตัวหาร และการพิจารณาค่าความแม่นยำที่ยอมรับได้ในทางปฏิบัติต้องไม่เกิน ร้อยละ 29

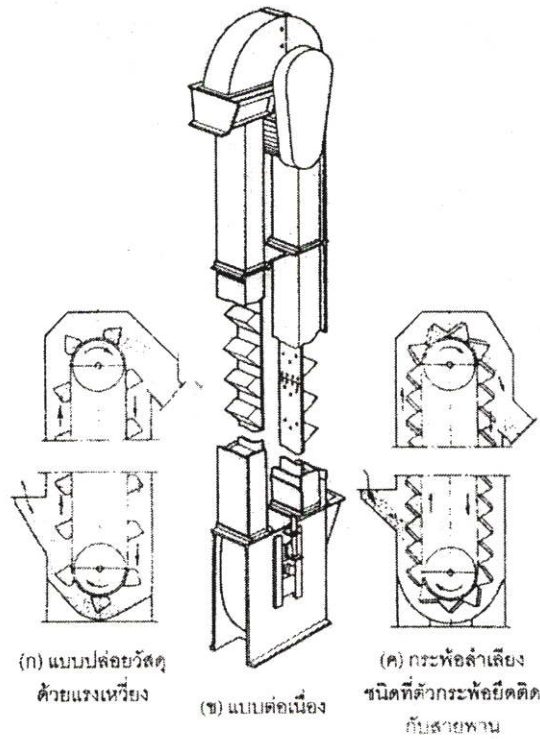
## 2.5 การเคลื่อนที่ของวัสดุจากกระพ้อลำเลียง

เนื่องจากกลไกการทำงานของชุดหยอด เป็นแบบงานกระพ้อลำเลียงเป็นวงกลมพลาสติก อยู่ในแนวตั้ง จึงพิจารณาลักษณะการทำงานของกระพ้อลำเลียงและการเคลื่อนที่ของวัสดุออกจากกระพ้อลำเลียง [11] มีรายละเอียดแบ่งเป็นสองประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. กระพ้อลำเลียงแบบปล่อยวัสดุด้วยแรงเหวี่ยง กระพ้อลำเลียงชนิดนี้เหมาะกับการขนถ่ายวัสดุแบบการไหลอิสระ วัสดุที่ละเอียดหรือชิ้นเล็กๆ เช่น ถ่านหิน ดิน หรือ ผงแห้ง ตัวกระพ้อจะวางห่างกันในระยะที่เหมาะสม และการป้อนวัสดุให้กระพ้อลำเลียงในปริมาณเพิ่มขึ้นได้โดยการตก แม้ว่าบางครั้งการป้อนวัสดุอาจเกิดขึ้นจากการไหลเข้าแทนที่โดยตรง ความเร็วของกระพ้อลำเลียงจะต้องสูงเพียงพอที่จะประกันได้ว่าวัสดุจะถูกปล่อยออกด้วยแรงเหวี่ยงเมื่อตัวกระพ้อผ่านไปบนล้อขับเคลื่อนบน ลักษณะเด่นของการออกแบบกระพ้อลำเลียงแบบปล่อยวัสดุด้วยแรงเหวี่ยงที่จะแสดงในรูปที่ 2.13 (ก)

2. กระพ้อลำเลียงแบบต่อเนื่องที่แสดงในรูป 2.13(ข) เป็นอีกชนิดหนึ่งที่ตัวกระพ้อจะวางให้มีระยะห่างใกล้เคียงกันมากจนไม่มีช่องว่างระหว่างตัวกระพ้อเลย สามารถขนถ่ายวัสดุได้ทั้งวัสดุปริมาณมวลที่เบาและหนัก อีกทั้งยังใช้ได้กับวัสดุปริมาณมวลที่เป็นชิ้นเล็กและชิ้นใหญ่การทำงานของกระพ้อลำเลียงแบบต่อเนื่องมีความเร็วต่ำกว่าชนิดแรงเหวี่ยง และปล่อยวัสดุออกโดยแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อตัวกระพ้อตัวหนึ่งผ่านไปบนล้อขับเคลื่อน กระพ้อตัวหน้าจะทำหน้าที่เสมือนรางช่วยนำวัสดุที่ถูกปล่อยออกไปยังช่องทางปล่อยวัสดุ การป้อนวัสดุให้กระพ้อลำเลียงจะใช้วิธีดั้งเดิมด้วยการปล่อยวัสดุให้ไหลเข้าสู่ตัวกระพ้อโดยตรง มากกว่าจะใช้วิธีการป้อนวัสดุโดยการตก

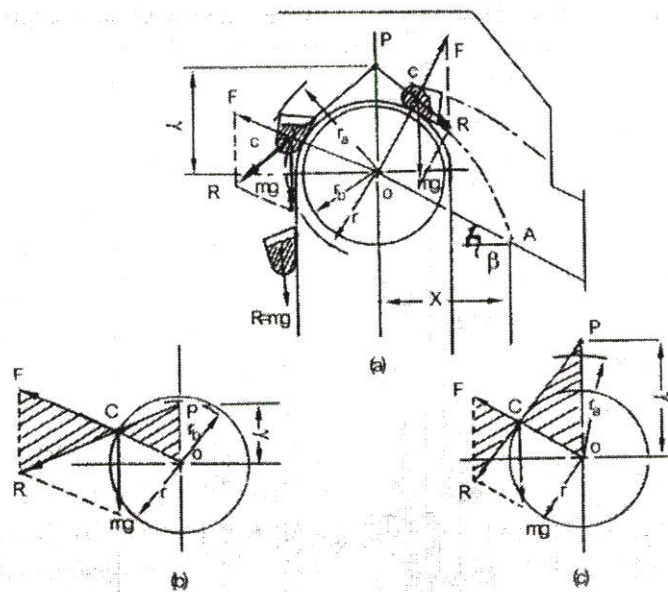
ถึงแม้ว่าแนวคิดของกระพ้อลำเลียงจะค่อนข้างง่าย แต่กระพ้อลำเลียงก็มีจุดที่น่าสนใจทั้งทางด้านการออกแบบและสมรรถนะ ลักษณะเด่นของการออกแบบและสมรรถนะทางกล ได้มีนักวิชาการทางเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุหลายท่านได้วิเคราะห์ไว้ และได้คัดเลือกบางส่วนมานำเสนอ ดังแสดงไว้ในเอกสาร อ้างอิงในที่นี้จะกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านสมรรถนะและขั้นตอนการออกแบบกระพ้อลำเลียง โดยจะเน้นเฉพาะกระพ้อลำเลียงชนิดสายพาน



รูปที่ 2.13 ลักษณะกระพ้อลำเลียง

### 2.5.1 ลักษณะการจ่ายวัสดุของการปลอ่ยวัสดุออก

ลักษณะการจ่ายวัสดุออกจากตัวกระพ้อจะประกอบด้วย แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง แรงโน้มถ่วงของโลก หรือแรงโน้มถ่วงของโลกกับแรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็ว และระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อ กลไกการจ่ายวัสดุสามารถศึกษาได้จากรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ลักษณะการปลอ่ยวัสดุออกของกระพ้อลำเลียง

การวิเคราะห์ลักษณะการปล่อยวัสดุออกจากตัวกระพ้ออย่างง่าย สามารถทำได้โดยการ สมมติว่าวัสดุที่อยู่ในตัวกระพ้อถูกกระทำให้เป็นมวลก้อนเดียวกันที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ตรงตำแหน่ง C และความเร็วของวัสดุตรงตำแหน่งใดๆ มีความสัมพันธ์กับตัวกระพ้อ

แรงที่กระทำกับมวลนี้เมื่อตัวกระพ้อเปลี่ยนตำแหน่งไปได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 จะกระทำ ผ่านจุดศูนย์กลางตรงตำแหน่ง C ตลอดช่วงเวลาในตัวกระพ้อยกขึ้นและเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงใน แนวตั้ง แรงลัพธ์จะเกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงของโลกเพียงอย่างเดียว ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R = mg$$

$$R = \text{แรงลัพธ์}$$

$$m = \text{มวลของวัสดุที่บรรจุอยู่ในตัวกระพ้อ (kg)}$$

$$g = \text{ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก (m/s}^2\text{)}$$

ขณะที่ตัวกระพ้อเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางบนส่วน โค้งตรงปลายด้านหัวหรือล้อขับของกระ พ้อลำเลียง วัสดุที่บรรจุอยู่ในตัวกระพ้อจะถูกแรงหนีศูนย์กลางหรือแรงเหวี่ยงกระทำดังนี้

$$F = m \frac{v_B^2}{r} \tag{2.5}$$

$$F = \text{แรงหนีศูนย์กลาง (N)}$$

$$v_B = \text{ความเร็วเชิงเส้นตรงจุดศูนย์กลางถ่วงของวัสดุที่อยู่ในกระพ้อ (m/s)}$$

$$r = \text{รัศมีของการเคลื่อนที่ ที่จุดศูนย์กลางล้อขับถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของ วัสดุ (m)}$$

แรงลัพธ์ R สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งขนาดและทิศทางขณะที่ตัวกระพ้อเคลื่อนที่บนส่วน โค้งตรงล้อขับ ถ้าต่อเวกเตอร์ R ออกไปก็จะตัดกับเส้นตรงในแนวตั้งที่ลากมาจากจุดศูนย์กลางของ ล้อที่จุด P และเรียกจุดนี้ว่า จุดขั้ว ( pole point ) ขณะที่ตัวกระพ้อเคลื่อนที่บนเส้น โค้งตรงตำแหน่ง ใดก็ตามแรงลัพธ์ R ก็จะมีทิศทางผ่านจุด P จุดเดียวกันเสมอ

การคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุด P กับจุดศูนย์กลางของล้อขับจะพิจารณาจากสามเหลี่ยม คล้าย OCP และ CFR ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{l}{r} = \frac{mg}{\frac{m}{r}v_B^2}$$

$$l = \frac{gr^2}{v_B^2} \quad (2.6)$$

ความเร็วของตัวกระพ้อตามเส้นทางบนส่วนโค้งของล้อขับ ( $v_B$ ) จะคำนวณได้ดังนี้

$$v_B = \frac{2\pi rn}{60} \quad (2.7)$$

ดังนั้นตำแหน่งของจุดขับจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของล้อขับเพียงอย่างเดียว การจำแนกลักษณะการปล่อยวัสดุออกจากตัวกระพ้อจะพิจารณาจากตำแหน่งของจุดขับ (P) โดยใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

$$l < r_b \text{ (รูปที่ 2.14(b))}$$

ในกรณีที่ 1 จุดขับจะอยู่ภายในเส้นรอบวงของล้อขับ แรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นวัสดุในตัวกระพ้อจะถูกสาดออกสู่ผนังด้านนอกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง โดยวัสดุจะถูกปล่อยออกทางผนังด้านบนของตัวกระพ้อ

$$l > r_a \text{ (รูปที่ 2.14(c))}$$

ในกรณีที่ 2 จุดขับจะอยู่นอกเส้นรอบวงล้อขับ แรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นวัสดุในตัวกระพ้อจะไหลออกสู่ผนังด้านนอกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยวัสดุจะถูกปล่อยออกทางด้านล่างของตัวกระพ้อ

$$r_b < l < r_a$$

ในกรณีที่ 3 จุดขับจะอยู่ระหว่างเส้นรอบวงของล้อขับรัศมี  $r$  กับเส้นรอบวงของปากตัวกระพ้อด้านบนรัศมี  $r$  การปล่อยวัสดุออกจากตัวกระพ้อจะอยู่ตรงรอยต่อระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลก กับแรงหนีศูนย์กลาง

การปล่อยวัสดุของกระพ้อลำเลียงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง จะเกิดขึ้นเมื่อตัวกระพ้อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระหว่าง 1-2.3 m/s กระพ้อลำเลียงจะเป็นชนิดตัวกระพ้อยึดติดกับสายพานที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ ในการปฏิบัติงานขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับที่สอดคล้องกับขนาดของสายพานที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ในสมการที่ (2.5)

การปล่อยวัสดุด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกโดยตรงจะใช้กับกระพ้อลำเลียงความเร็วต่ำ โดยทั่วไป จะมีความเร็วระหว่าง 0.4 - 1.0 m/s

## 2.5.2 เส้นโค้งการปล่อยวัตถุและระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อ

2.5.2.1 กล่าวโดยทั่วไป เมื่อวัตถุออกจากตัวกระพ้อก็จะเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่เป็นส่วนโค้งพาราโบลาทางด้านบนของตัวเรือนกระพ้อลำเลียง และตกลงตรงรางปล่อยวัตถุออก ดังนั้น ตำแหน่งขอบด้านบนของรางปล่อยวัตถุออกที่แสดงด้วยจุด A ในรูปที่ 2.14 (a) ควรจะปรับแต่งเพื่อหลีกเลี่ยงวัตถุที่ปล่อยออกจากตัวกระพ้อแล้วจะตกลงภายในตัวเรือนกระพ้อลำเลียง ขณะเดียวกันก็ต้องพยายามลดการบดหรือการเกิดฝุ่นให้มีค่าน้อยที่สุดและไม่เกินขีดจำกัด ตำแหน่งของรางปล่อยวัตถุออกตามปกติจะกำหนดโดยมุมปล่อยวัตถุออก ดังแสดงในรูปที่ 2.14(a) สำหรับกระพ้อลำเลียงที่ปล่อยวัตถุออกด้วยแรงหนีศูนย์กลางและแรงโน้มถ่วงของโลก จะใช้มุมปล่อยวัตถุระหว่าง 30 และ 45 องศา ค่าต่ำสุดจะใช้กับวัตถุที่แห้งและไหลได้อย่างอิสระ ขณะที่ค่าสูงสุดจะใช้กับวัตถุที่มีแรงยึดเกาะตัวระหว่างโมเลกุลมากเนื่องจากความชื้น โดยทั่วไปแล้วมุม  $\theta$  ยิ่งสูงก็จะมีผลดีมากกว่า รางปล่อยวัตถุที่เป็นส่วนโค้งจะดีกว่าแบบตรง ทั้งนี้ก็เพื่อให้การปล่อยวัตถุออกราบเรียบตรงจุด A และลดการสูญเสียพลังงานที่ตกกระทบให้น้อยที่สุด

2.5.2.2 แนวโค้งของวิถีการปล่อยวัตถุ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับการออกแบบและตำแหน่งของรางปล่อยวัตถุขึ้นอยู่กับความรู้เรื่องแนวโค้งของวิถีการปล่อยวัตถุ

การวิเคราะห์แบบง่าย ๆ อาจจะทำโดยไม่พิจารณาความเร็วสัมพัทธ์ต่างๆที่มีผลกระทบเกี่ยวกับการเริ่มต้นเคลื่อนตัวของวัตถุบนพื้นผิวด้านในของตัวกระพ้อก่อนที่จะถูกปล่อยออกไป และผลกระทบเกี่ยวกับความต้านทางอากาศก็ถือว่ามีค่าน้อยมากเช่นกัน

พิจารณาจากรูปที่ 2.15 อนุภาคของวัตถุที่บรรจุอยู่ในตัวกระพ้อจะถูกปล่อยออกที่มุม  $\theta = \theta_L$  เมื่อแรงหนีศูนย์กลางของวัตถุเท่ากับแรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุที่แตกแรงมาตั้งฉากกับส่วนล่างของตัวกระพ้อและสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = m \frac{v_B^2}{r} = mg \cos \theta_L$$

$$\cos \theta_L = \frac{v_B^2}{rg} \quad (2.8)$$

ถ้ากำหนดให้การเคลื่อนที่ของวัตถุในอากาศเป็นอิสระ โดยมีแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นแบบคงที่ด้วยความเร็วต้น  $v$  เมื่อตัวกระพ้อทำมุม  $\theta_L$  กับแนวตั้ง ดังนั้นจะได้

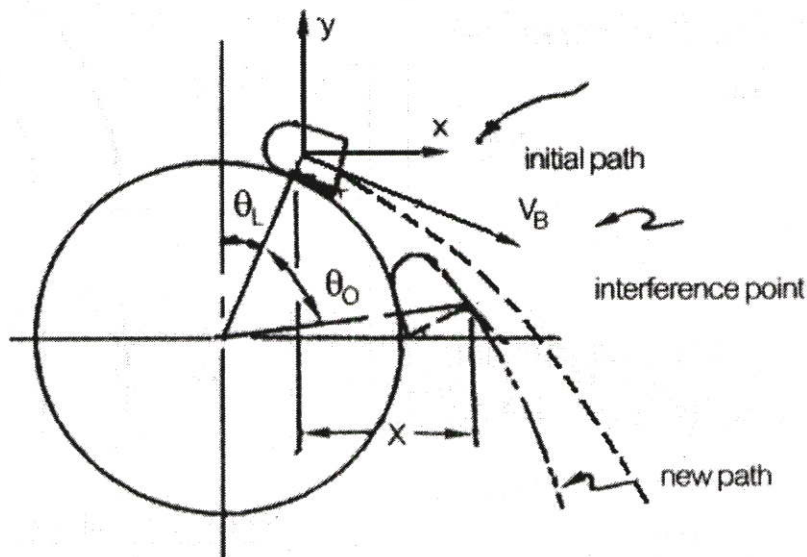
$$x = v_B \cos \theta_L t$$

$$y = -v_B (\sin \theta_L) t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2.9)$$

สมมุติว่าการปล่อยออกจากตัวกระพ้อจะไม่มีวัสดุไปกระทบกับส่วนบนและปากของตัวกระพ้อเลย

การกำจัดตัวแปร  $t$  ออกจากสมการที่ 2.9 และแทนค่า  $\theta_L$  จากสมการที่ 2.8 จะสามารถแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่แบบพาราโบลาของจุดศูนย์กลางถ่วงของมวลที่สมมุติเป็นก้อนเดียวกันที่บรรจุอยู่ในตัวกระพ้อดังนี้

$$y = -\left[ \sqrt{\left(\frac{gr}{v_B^2}\right)^2 - 1} \right] x - \frac{1}{2r} \left[ \frac{gr}{v_B^2} \right]^3 x^2 \quad (2.10)$$



รูปที่ 2.15 ตำแหน่งวัสดุกระทบปากกระพ้อขณะกำลังหมุน

ดังนั้นการออกแบบรางปล่อยวัสดุออกจะมีรูปทรงตามเส้นทางที่ได้จากสมการที่ 2.10 โดยกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของรางปล่อยวัสดุตรงจุด A ดังแสดงในรูปที่ 2.14(a)

ถ้าแนวโค้งของวิธีการปล่อยวัสดุออกจากตัวกระพ้อที่กำลังหมุน แล้ววัสดุเคลื่อนที่เป็นอิสระอยู่ในอากาศ จนกระทั่งไปกระทบปากกระพ้อดังแสดงในรูปที่ 2.15 ก็จะทำให้อนุภาคของวัสดุถูกเปลี่ยนทิศทางเป็นพาราโบลาเส้นใหม่เริ่มต้นตรงตำแหน่งที่มุม  $\theta_0$  [11]

เวลาที่ตัวกระพ้อใช้สำหรับเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นปล่อยวัสดุจนถึงตำแหน่งของมุม  $\theta_0$  จะคำนวณได้ดังนี้

$$t = \frac{\theta_0}{\omega} = \frac{30\theta_0}{\pi N} \quad (2.11)$$

$\omega$  = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

$N$  = ความเร็วรอบล้อขับ (rev/min)

สำหรับตำแหน่งที่กระพ้อเริ่มปล่อยวัสดุจะมีความเร็วเริ่มต้น  $v$  ระยะทาง  $X$  ซึ่งอยู่ระหว่างตำแหน่งที่เริ่มปล่อยวัสดุกับตำแหน่งที่วัสดุกระทบปากกระพ้อ จะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$X = \left( \frac{30\theta_o}{\pi N} \right) v_B \cos \theta_L \quad (2.12)$$

ส่วนที่เกี่ยวข้องกับค่า  $Y$  สามารถหาได้โดยแทนค่า  $X$  ลงไปในสมการที่ (2.10) ถ้าหากว่าค่าที่แท้จริงของ  $x$  ที่จุดวัสดุกระทบปากกระพ้อมีค่ามากกว่าค่า  $X$  ก็แสดงว่าวัสดุไม่กระทบกับปากกระพ้อ

2.5.2.3 ระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อแบบปล่อยวัสดุโดยใช้แรงหนีศูนย์กลาง แนวความคิดก่อนหน้าสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ว่า ระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อสามารถกำหนดให้แน่นอนตายตัวได้ เพื่อหลีกเลี่ยงวัสดุที่ปล่อยออกมาไปตกกระทบกับกระพ้อตัวถัดไป

จากรูปที่ 2.16 ตรงจุด II จะเป็นจุดจำกัดขอบเขตของตำแหน่งที่วัสดุที่ถูกปล่อยออกมาจะตกกระทบกับกระพ้อตัวถัดไปสำหรับอนุภาคของวัสดุที่เคลื่อนที่โดยอิสระที่มีจุดเริ่มต้นมาจากจุด I ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่นี้จะเท่ากับ  $\Delta t$  และสามารถคำนวณหาได้จากสูตรต่อไปนี้

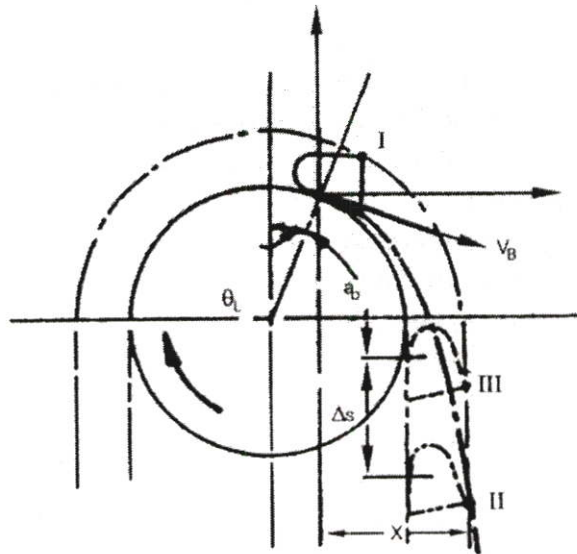
$$\Delta t = \frac{X}{V_B \cos \theta_L} \quad (2.13)$$

ดังนั้นถ้ากระพ้ออยู่ในตำแหน่งที่จุด III ก็จะหาระยะห่างได้ดังนี้

$$\Delta s = V_B \Delta t \quad (2.14)$$

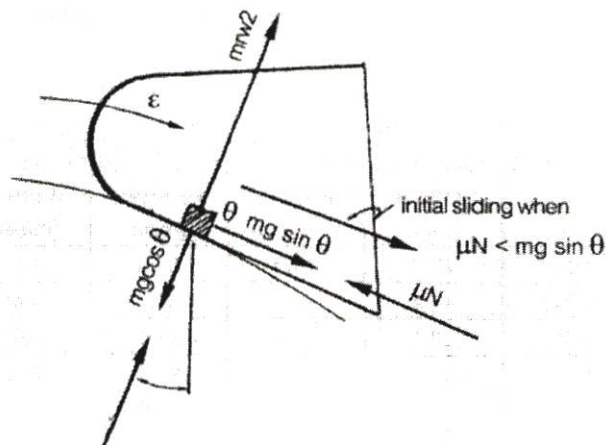
จากสมการที่ (2.14) หมายความว่า ตัวกระพ้อจะเคลื่อนที่จากจุด III ถึงจุด II ตลอดระยะทาง  $\Delta s$  ในช่วงเวลา  $\Delta t$  จุด II จะอยู่ในเส้นทางแนวโค้งของวิธีการปล่อยวัสดุซึ่งเป็นแบบพาราโบลาที่เคลื่อนที่อย่างอิสระมาจากจุด I มายังจุด II จะเท่ากับ  $\Delta t$  ตามที่กล่าวมาแล้ว ก่อนหน้านี้

เพื่อหลีกเลี่ยงการตกกระทบของวัสดุที่กระพ้อตัวถัดไป ระยะห่างระหว่างจุด III ถึงจุด II ควรจะเท่ากับหรือน้อยกว่า  $\Delta s = V_B \Delta t$  โดยพื้นฐานแล้วระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อจะมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ  $a_b$  ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ระยะห่างระหว่างตัวกระพ้อ

2.5.2.4. การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอนุภาควัสดุโดยละเอียด ได้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอนุภาควัสดุโดยละเอียดจะพิจารณาการเคลื่อนที่ที่สัมผัสของวัสดุกับตัวกระพ้อในขณะเดียวกัน วัสดุก็เลื่อนไถลไปตามพื้นผิวด้านล่างของตัวกระพ้อที่เอียงก่อน ที่จะเริ่มต้นเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระ ผลที่เกิดขึ้นนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.17 สำหรับคำอธิบายที่สมบูรณ์ของการวิเคราะห์ในหัวข้อนี้ผู้เขียน[9]ได้แนะนำให้หาอ่านได้จากหนังสือของ Fort, J. C. "Berechnung und Auslegung von Becherwerken" (calculation and Design of bucket Conveyors)



รูปที่ 2.17 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาควัสดุ

## 2.6 การหาค่าคุณสมบัติของดินและกลีบกระเทียม

### 2.6.1 การหาขนาดเฉลี่ยของเม็ดดิน[12]

ขนาดของเม็ดดินเฉลี่ยโดยมวล (Mean mass diameters, MMD) ใช้เครื่องแยกขนาดดินทำการแยกดินแต่ละขนาด โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ผิวแปลงมาร่อนผ่านเครื่องแยกขนาดดินที่ใช้คนเขย่า ไม่ต้องแรงมากแค่พอให้ดินหล่นไปตามแต่ละชั้น เขย่าจนดินไม่หล่นแล้วจึงนำดินแต่ละชั้นไปชั่งน้ำหนักแล้วกรอกข้อมูลลงตาราง

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดที่ใช้ในการคำนวณขนาดเม็ดดินเฉลี่ย

ขนาดรูตะแกรง(ม.ม.)	ขนาดเม็ดดินที่ผ่านช่อง(ม.ม.)	ขนาดเม็ดดินเฉลี่ย(ม.ม.)	น้ำหนักดิน
6	<6	3	A
10	6-10	8	B
13	10-13	11.5	C
19	13-19	16	D
25	19-25	22	E
38	25-38	31.5	F
50	38-50	44	G
75	50-75	62.5	H
	75>	N	I

$$MMD = \frac{1}{W} (3A + 8B + 11.5C + 16D + 22E + 31.5F + 44G + 62.5H + NI) \quad (2.15)$$

$$W = A + B + C + D + E + F + G + H + I$$

$N$  = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ค้างอยู่บนตาชั่งบนสุด(มม.)

### 2.6.2 เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต(Geometric mean diameter)[13]

หากวัสดุมีรูปร่างเป็นทรงกลมกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางได้เลยหากมีรูปร่างคล้ายคล้ายทรงกลมหรือไม่เป็นทรงกลม สามารถกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตซึ่งพิจารณาได้ง่ายๆ จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดเป็นระยะ  $a$  แล้วเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ  $a$  เป็น  $b$  และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ  $a$  และ  $b$  เป็น  $c$  ซึ่ง  $a$   $b$  และ  $c$  ไม่จำเป็นต้องตัดที่จุดเดียวกันแล้วนำมาคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต } GMD = (abc)^{\frac{1}{3}} \quad (2.16)$$

### 2.6.3 ความกลม(Roundness)[13]

ค่าความกลมเป็นค่าที่บ่งชี้ ความแหลม ความป้านของพื้นที่ เป็นการพิจารณาใน 2 มิติ ซึ่งค่าความกลมนี้สามารถพิจารณาได้หลายวิธี ซึ่งเป็นวิธีอธิบายความกลมของก้อนหินและกรวดต่างๆ ทางธรณีวิทยา

$$\text{ความกลม} = \frac{A_p}{A_c} \quad (2.17)$$

เมื่อ  $A_p$  = พื้นที่ภาพฉายที่ใหญ่ที่สุดของวัสดุที่วางอยู่ในสภาพเสถียร  
 $A_c$  = พื้นที่วงกลมที่เล็กที่สุดที่สามารถล้อมรอบพื้นที่ภาพฉายนั้น

$$\text{หรือ ความกลม} = \sum \frac{r}{NR} \quad (2.18)$$

เมื่อ  $r$  = รัศมีของส่วน โค้งที่ยื่นตามแฉกต่างๆของพื้นที่ภาพฉายของวัสดุที่อยู่ในสภาพเสถียร  
 $R$  = รัศมีของวงกลมที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถบรรจุอยู่ในพื้นที่ภาพฉายนั้น  
 $N$  = จำนวนแฉก  
 กรณีนี้ใช้เมื่อภาพฉายของรูปทรงที่มีส่วน โค้งยื่นเป็นรูปร่างไม่ปกติ

$$\text{หรือ อัตราส่วนความกลม (Roundness ratio)} = \frac{r}{R} \quad (2.19)$$

เมื่อ  $R$  = รัศมีเฉลี่ยของพื้นที่ภาพฉายของวัสดุที่อยู่ในสภาพเสถียร  
 $r$  = รัศมีของส่วน โค้งของแฉกที่แหลมที่สุดของพื้นที่ภาพฉายนั้น

ซึ่งค่าอัตราส่วนความกลมนี้ แสดงถึงความสำคัญของรัศมีความ โค้งของแฉกที่แหลมที่สุดเพียงแฉกเดียว ต่อความกลมของวัสดุ

#### 2.6.4 แฟกเตอร์รูปร่าง (Shape factor)[13]

การบ่งชี้รูปร่างของวัสดุจากระบุโดยแฟกเตอร์รูปร่าง เช่น ค่าความเป็นทรงกลมนับเป็นแฟกเตอร์รูปร่างชนิดหนึ่งหรือนำค่าความยาวหารด้วยความกว้างของวัสดุก็เป็นแฟกเตอร์รูปร่างเช่นกัน

$$\begin{aligned} \text{สูตร ความเป็นทรงกลม} &= \frac{(abc)^{\frac{1}{3}}}{a} \\ &= \frac{GMD}{a} \end{aligned} \quad (2.20)$$

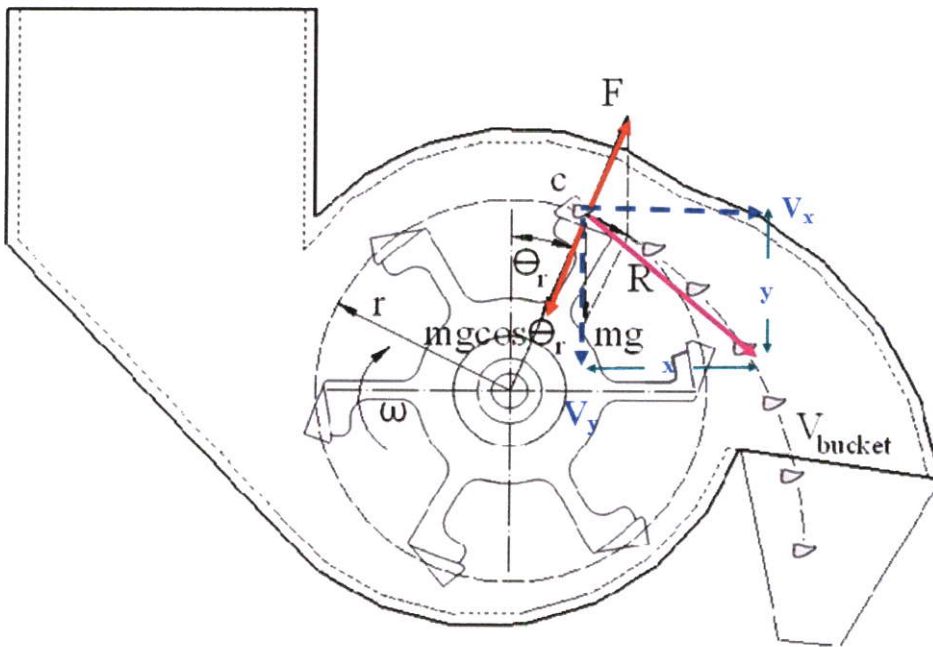
### บทที่ 3

## ทฤษฎีและหลักการ

ในการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกกระเทียมที่ผ่านมานั้น ได้อธิบายถึงทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ มาแล้ว[2] ในที่นี้จึงขอลำถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียม โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมจากกระพ้อลงสู่ดิน

หลังจากกลีบกระเทียมถูกตัดด้วยกระพ้อแล้ว กระพ้อจะหมุนและเหวี่ยงกลีบกระเทียมออกมาเป็นการเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งและตกลงสู่พื้นดิน การศึกษาในส่วนนี้เพื่อต้องการหาสมการเส้นโค้งของการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมเพื่อหาส่วนโค้ง บริเวณช่องปล่อยของถังบรรจุที่สัมพันธ์กับความเร็รรอบของจานหยอดกระพ้อที่ใช้จริง มีตัวแปรต่างๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงแรงกระทำ และเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมที่เวลา t ใด ๆ

-ตัวแปรเริ่มต้น ได้แก่

ขนาดกระพ้อ รัศมีและความเร็รรอบจานหยอด กับขนาดและน้ำหนักกลีบกระเทียม

-ตัวแปรที่ต้องการ ได้แก่

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะแนวแกน x และ y เพื่อแสดงสมการการเคลื่อนที่กลีบกระเทียม

### 3.1.1 พิจารณาการหมุนของจานหยอดกระป๋อง

จากสูตร ความเร็วรอบจานหยอด  $n = \frac{60\omega}{2\pi}$

ระยะทางเชิงมุม  $s = r\theta_{release}$

ความเร็วเชิงมุม  $\omega = \frac{\theta_{release}}{t} = \frac{2\pi n}{60}$

ความเร็วเชิงเส้นของกระป๋อง  $V_{bucket} = \frac{2\pi r n}{60}$  (3.1)

โดยที่  $n$  = ความเร็วรอบจานหยอด (rev/min)

$S$  = ระยะทางเชิงมุม (rad)

$\omega$  = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

$V_{bucket}$  = ความเร็วเชิงเส้นตรงจุดศูนย์กลางถ่วงของกระเทียมที่อยู่ในกระป๋อง (m/s)

$r$  = รัศมีของการเคลื่อนที่ ที่จุดศูนย์กลางล้อขับเคลื่อนถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของกระเทียม (m)

### 3.1.2 พิจารณาแรงเหวี่ยงกระเทียมจากกระป๋อง

#### 3.1.2.1 ในขณะตก (กลีบกระเทียมอยู่ในกระป๋อง)

$$P = mg$$

$$m = \text{น้ำหนักกระเทียม (kg)}$$

$$g = \text{ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก (m/s}^2\text{)}$$

#### 3.1.2.2 ในขณะปล่อย(เหวี่ยงกลีบกระเทียมออก)

$$F = m \frac{V_{bucket}^2}{r}$$

$$F = \text{แรงเหวี่ยงจากกระป๋อง (N)}$$

### 3.1.3 เส้นทางเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียม

พิจารณาการหมุนของจานหยอดกระป๋อง ในช่วงที่ทำให้กลีบกระเทียมหลุด ออกมาใช้การวิเคราะห์แบบง่าย ๆ (ไม่พิจารณาความเร็วสัมพัทธ์ต่างๆ ที่มีผลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่เริ่มต้นไม่คิดความต้านทานอากาศ) โดยกำหนดให้ การเคลื่อนที่ของกระเทียม เป็นการเคลื่อนที่อิสระตาม

แนวโน้มถ่วงของโลกมีความเร็วเริ่มต้น  $V_{bucket}$  ให้กระเทียมปล่อยออกจากกระป๋องที่มุม  $\theta = \theta_{release}$  แรงกระทำตามแนวตั้งฉากระหว่างกระเทียมกับกระป๋องเป็น จะได้สมการดังนี้

$$m \frac{V_{bucket}^2}{r} = mg \cos \theta_{release}$$

$$\cos \theta_{release} = \frac{V_{bucket}^2}{rg} \quad (3.2)$$

เมื่อกระป๋องทำมุม  $\theta_{release}$  กับแนวตั้ง หาพิสัยของกลีบกระเทียม ที่มุม  $\theta_{release}$  ต่างๆ ได้ดังนี้

พิจารณาแนวแกน X ความเร็วในแนวนอนคงที่จะได้ว่า

$$a_x = 0, \quad V_x = U_x, \quad S_x = U_x t$$

$$V_x = v_{bucket} \cos \theta_{release}$$

จะได้ระยะในแนวแกน x  $S_x = V_{bucket} \cos \theta_{release} t$  (3.3)

พิจารณาแนวแกน Y ความเร่งในแนวตั้งมีค่าดังนี้

$$a_y = g$$

จากสูตรพื้นฐาน

$$v_y = u_y + a_y t$$

$$v_y^2 = u_y^2 + 2a_y g_y$$

$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

จากรูปจะได้ระยะในแนวแกน y  $S_y = -V_{bucket} (\sin \theta_{release}) t - \frac{1}{2} g t^2$  (3.4)

จากสมการที่ 3.3  $t = \frac{S_x}{V_{bucket} \cos \theta_{release}}$  (3.5)

แทนสมการที่ 3.5 ลงในสมการ 3.4 จะได้  $S_y = -S_x (\tan \theta_{release}) - \frac{g S_x^2}{2 V_{bucket}^2} \sec^2 \theta_{release}$

$$\text{หรือในจัดรูปความสัมพันธ์ของ } x \text{ และ } y \text{ ได้ } y = -x(\tan \theta_{\text{release}}) - \frac{gx_x^2}{2V_{\text{bucket}}^2} \sec^2 \theta_{\text{release}} \quad (3.6)$$

แทนสมการที่ 3.2 ลงในสมการที่ 3.6 จะได้

$$y = -\left[ \sqrt{\left( \frac{gr}{v_{\text{bucket}}^2} \right)^2 - 1} \right] x - \frac{1}{2r} \left[ \frac{gr}{v_{\text{bucket}}^2} \right]^3 x^2 \quad (3.7)$$

โดยที่สมการ 3.7 เป็นความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ระหว่างในแนวแกน  $x$  และ  $y$  เป็นสมการการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ซึ่งจะนำมาใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในบทต่อ ๆ ไป

### 3.2 ทฤษฎีกลศาสตร์รถไถเดินตาม

การศึกษากลศาสตร์รถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้าต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียม 10 แแถว ได้นำหลักการของการวิเคราะห์ กลศาสตร์รถไถเดินตามและอุปกรณ์เตรียมดิน และกลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ มาใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ เพื่อนำผลที่ได้มาเขียนโปรแกรมโดยใช้ visual c++

ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมีประโยชน์มากที่จะช่วยวิเคราะห์ เนื่องจากผลที่ได้จะสามารถกำหนดแนวทางการวิเคราะห์ เพื่อการทดสอบหาคำตอบจริงในทางปฏิบัติ และเป็นการประหยัดเวลา และงบประมาณ

#### 3.2.1 กลศาสตร์รถไถเดินตามและอุปกรณ์เตรียมดิน [14]

กลศาสตร์รถไถเดินตามก็คล้ายคลึงกับกลศาสตร์รถแทรกเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงของแรงภายนอก (external forces) ที่กระทำต่อรถไถเดินตาม นอกจากนั้นกลศาสตร์รถไถเดินตามยังเป็นปัญหาเชิงซ้อน เพราะว่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบมีจำนวนมาก และพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถมีค่าเปลี่ยนแปลงตามสภาพการใช้งานและองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงในสภาพพื้นที่ทำงานของรถไถเดินตาม และชนิดอุปกรณ์เตรียมดิน อนึ่ง องค์ประกอบบางส่วนต่อไปนี้จะมีผลทำให้การศึกษาวิเคราะห์กลศาสตร์รถไถเดินตามมีความยากมากขึ้น คือ

- (1) ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง
- (2) ชนิดอุปกรณ์ขุดลาก
- (3) การออกแบบและตำแหน่งของจุดพ่วงอุปกรณ์
- (4) คุณสมบัติแรงต้านทานของอุปกรณ์เตรียมดิน

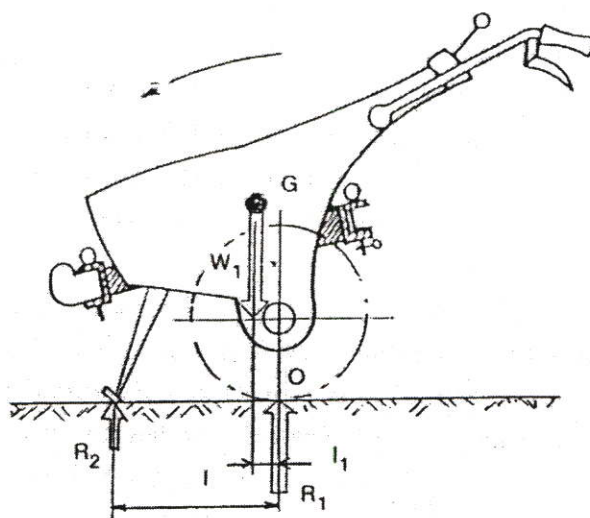
(5) สภาพพื้นที่ผิวสัมผัสของอุปกรณ์จุดลาก

(6) ความเร็วและความเร่งการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์การวิเคราะห์กลศาสตร์รถไถเดินตามและอุปกรณ์เตรียมดิน ก็เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงภายนอกที่กระทำต่อรถไถเดินตาม และอุปกรณ์เตรียมดินในสภาพการทำงานปกติ ทั้งขนาด ทิศทางและตำแหน่งของแรงภายนอกในสภาวะการทำงานดังกล่าว จะเป็นประโยชน์สำหรับใช้ออกแบบรถไถเดินตาม ล้อขับเคลื่อน และอุปกรณ์เตรียมดิน เพราะว่ารถไถเดินตามไม่สามารถทำงานได้ดีและมีเสถียรภาพ โดยปราศจากอุปกรณ์เกษตรและล้อขับเคลื่อนที่เหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.2.1.1 กลศาสตร์รถไถเดินตาม

รถไถเดินตามมีล้อขับเคลื่อนเพียงสองล้อ ดังนั้นขณะรถจอดการกระจายน้ำหนักของตัวรถไถเดินตามลงบนล้อทั้งสอง และขาตั้งหน้า การที่น้ำหนักของตัวรถกระจายมาข้างหน้ามากกว่าข้างหลัง เพราะว่าเมื่อติดอุปกรณ์เตรียมดินที่จุดพ่วงอุปกรณ์หลังก็ทำให้น้ำหนักอุปกรณ์เตรียมดิน และแรงต้านทานดินที่กระทำต่ออุปกรณ์เตรียมดินในขณะที่ทำงานช่วยถ่วงข้างหลัง ทำให้น้ำหนักตัวรถไถเดินตามงดยขึ้นมาอยู่ในตำแหน่งสมดุล บางกรณีจะต้องใช้ก้อนน้ำหนักถ่วงที่อุปกรณ์เกษตร ถ้าหากเครื่องยนต์มีน้ำหนักมาก และแรงต้านทานดินน้อย อนึ่งกรณีรถไถเดินตามขนาดเล็กใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ที่มีน้ำหนักน้อย เมื่อติดอุปกรณ์เตรียมดินทำงานก็จะทำให้น้ำหนักกระจายมาทางหลังตัวรถมากเกินไป จำต้องเอาก้อนน้ำหนักขนาดที่เหมาะสมถ่วงที่จุดพ่วงอุปกรณ์หน้า เพื่อทำให้ตัวรถไถเดินตามและอุปกรณ์เกษตรสมดุลในขณะที่ทำงาน โดยทั่วไปก้อนน้ำหนักถ่วง จะเป็นก้อนเหล็กหล่อ เพราะมีขนาดกะทัดรัด ทนง่ายและราคาถูก



รูปที่ 3.2 การกระจายน้ำหนักของรถไถเดินตาม

เมื่อรถไถเดินตามอยู่ในสภาพสมดุล สมการสมดุลของแรงภายนอกทั้งหมดในแนวตั้งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$R_1 + R_2 = W \quad (3.8)$$

และสมการโมเมนต์รอบจุด O ก็เขียนได้ดังนี้

$$R_2 \times I = W \times I_1$$

$$R_2 = \left( \frac{I_1}{I} \right) W \quad (3.9)$$

เมื่อแทนสมการที่ 3.9 ในสมการที่ 3.8 จะได้สมการหาค่าของ  $R_1$  ดังนี้

$$R_1 = \left( 1 - \frac{I_1}{I} \right) W \quad (3.10)$$

เมื่อ	$R_1$	เป็นแรงปฏิกิริยาที่ล้อ ,kN
	$R_2$	เป็นแรงปฏิกิริยาที่ขาตั้ง ,kN
	$W$	เป็นน้ำหนักรถไถเดินตาม ,kN
	$I$	เป็นระยะห่างระหว่างขาตั้งกับจุดศูนย์กลางล้อ ,cm
	$I_1$	เป็นระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางล้อกับจุดศูนย์กลางล้อ ,cm

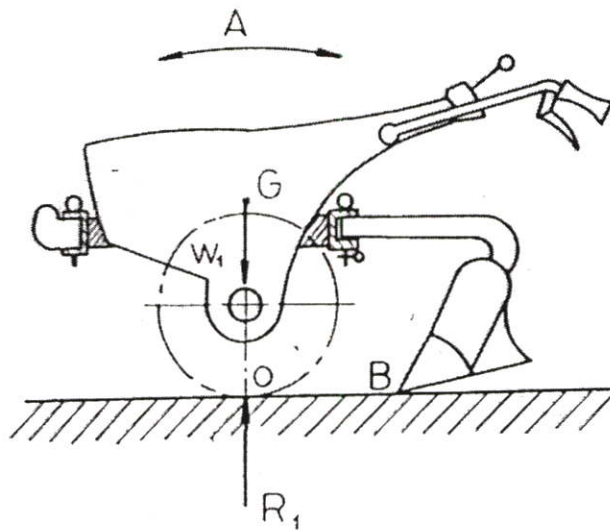
เมื่อพิจารณากลศาสตร์เฉพาะตัวรถไถเดินตามจะพบว่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางล้อจะเอียงมาทางหน้าของจุดศูนย์กลางล้อ ทำให้ตัวรถเอียงมาทางข้างหน้า ดังนั้นจึงต้องมีขาตั้งช่วยค้ำขณะจอดและขาตั้งนี้สามารถยกขึ้นเก็บได้แทนเครื่องยนต์ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่

### 3.2.1.2 กลศาสตร์ระหว่างรถไถเดินตามกับไถหัวหมู

ในการไถดิน รถไถเดินตามจะใช้ล้อเหล็กวงเดี่ยวและไถหัวหมุดที่จุดพ่วงอุปกรณ์หลังทำให้หน้าตัวรถไถเดินตามยกขึ้นและอยู่ในสภาพสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยทั่วไปเมื่อติดไถหัวหมูกับรถไถเดินตามแล้ว น้ำหนักรวม  $W_1, kN$  จะไม่ผ่านตำแหน่งจุดศูนย์กลางล้อพอดี แต่จะเอียงมาข้างหน้าตัวรถเล็กน้อย เพราะว่าจะขณะไถดินจะมีแรงต้านทานดินกระทำต่อไถหัวหมู ทำให้ตัวรถไถเดินตามถูกถ่วงเพิ่มข้างหลัง แต่ถ้าหากแรงต้านทานดินน้อยไม่เพียงพอ ก็จะต้องหาก่อนน้ำหนักถ่วงที่ไถหัวหมู เพื่อจะทำให้พอดีกับน้ำหนักส่วนที่ถ่วงข้างหน้า รถไถเดินตามก็จะมี

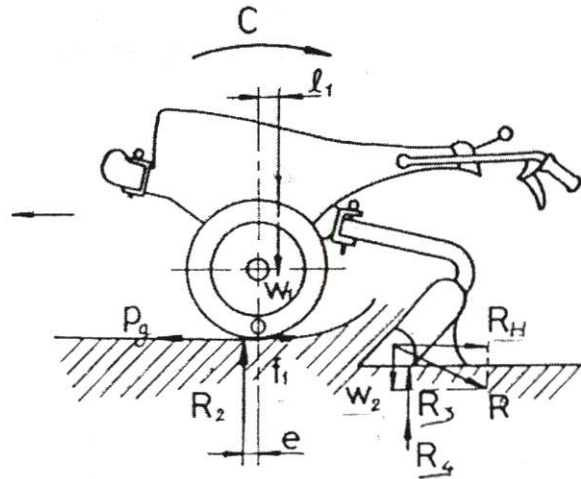
เสถียรภาพและสมดุลขณะไถดิน ผู้ใช้ก็ไม่ต้องออกแรงกดหรือยกคันมือถือมากทำให้ไม่เหนื่อยล้าทำงานได้อย่างสะดวกและปลอดภัย ดังนั้นความสมดุลระหว่างรถไถเดินตามและอุปกรณ์ที่พ่วงข้างหลังในระหว่างการทำงานนับว่ามีความสำคัญมาก

โรงงานทำรถไถรถเดินตามส่วนใหญ่ในประเทศไทยมักจะไม่ทราบและเข้าใจเรื่องการถ่วงสมดุลเพราะว่าโรงงานเหล่านี้ไม่ได้ออกแบบรถไถเดินตามและอุปกรณ์เกษตรพร้อมๆ กัน นอกจากนั้นเครื่องยนต์ก็ไม่ได้ติดตั้งจากโรงงาน ผู้ซื้อจะเลือกซื้อขนาดเครื่องยนต์ต่างหากเอง จากนั้นจึงค่อยนำเครื่องยนต์ติดบนแท่นเครื่องยนต์ของรถไถเดินตาม เครื่องยนต์ที่มีขนาดต่างกันก็จะมีน้ำหนักต่างกัน และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องยนต์ก็จะมีผลต่อการถ่วงดุล ดังนั้นจึงทำให้การออกแบบขนาดก่อนนำหนักถ่วงที่เหมาะสมได้ยาก จึงมีผลทำให้เมื่อนำรถไถเดินตามและไถหัวหมูมาใช้งานร่วมกันจึงมักจะมีปัญหาเกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นในงานวิจัยและพัฒนาการรถไถเดินตามจะเน้นเฉพาะการออกแบบและสร้างต้นแบบรถไถเดินตามอย่างเดียวไม่ได้ จะต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์เกษตรที่ใช้ทำงานร่วมกับรถไถเดินตามด้วย



รูปที่ 3.3 ไถหัวหมูติดรถไถเดินตาม

ลักษณะการสมดุลของรถไถเดินตามกับไถหัวหมู ที่มีแรงภายนอกกระทำที่จุดศูนย์กลางถ่วงล้อและไถหัวหมู แสดงในรูปที่ 3.4 แรงเหล่านี้สามารถแยกพิจารณาได้ 4 กลุ่มดังนี้



รูปที่ 3.4 แรงภายนอกกระทำต่อรถไถเดินตามกับไถหัวหมู

- 1) แรงปฏิกิริยาลัพธ์ดิน  $R_2$  , kN กระทำที่ล้อตรงตำแหน่งจุดศูนย์กลางพื้นที่ ที่สัมผัสระหว่างล้อกับพื้นดินซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางล้อเป็นระยะ  $e$  , cm
- 2) น้ำหนักรวมของรถไถเดินตามและไถหัวหมู  $W_1$  , kN กระทำที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางล้อเป็นระยะ  $l_1$  , cm
- 3) แรงปฏิกิริยาลัพธ์ดิน  $R$  , kN กระทำที่ไถหัวหมูเป็นมุมเอียงประมาณ 20 องศาจากแนวราบสำหรับไถหัวหมูแบบเอเชีย และมุมนี้มีค่าประมาณ 18 องศา สำหรับไถหัวหมูแบบยุโรป แรงลัพธ์  $R$  เกิดจากแรงต้านทานดิน และแรงต้านทานดินที่กระทำต่อไถหัวหมูและสามารถแยกออกเป็นแรงปฏิกิริยาย่อยในแนวระดับ  $R_H$  และในแนวตั้ง  $W_2$
- 4) แรงปฏิกิริยาดิน  $R_3$  , kN และแรง  $R_4$  , kN กระทำที่ฐานไถ โดยแรง  $R_3$  เป็นแรงปฏิกิริยาดินอันเนื่องมาจากน้ำหนักรวม  $W_1$  ส่วนแรง  $R_4$  เป็นแรงปฏิกิริยาอันเนื่องมาจากแรงต้านทานดินย่อยที่กระทำต่อไถในแนวตั้ง  $W_2$

### 3.2.1.3 การวิเคราะห์ความสมดุลของแรงภายนอกในแนวระดับ

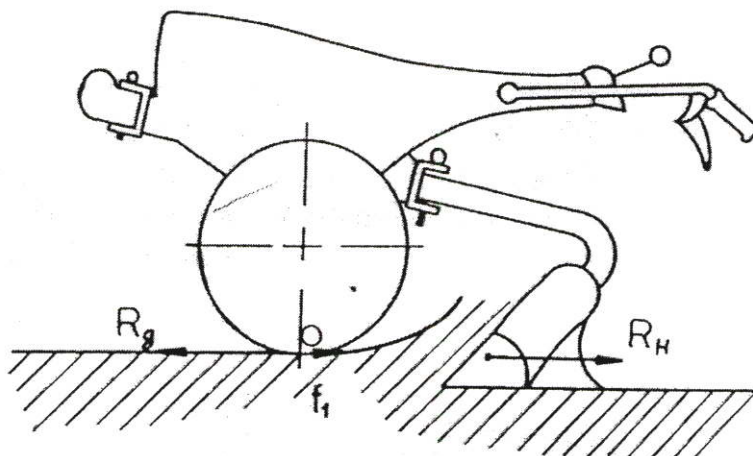
เมื่อรถไถเดินตามและไถหัวหมูทำงานอยู่ในสภาพสมดุล ผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่อยู่ในแนวระดับมีค่าเป็นศูนย์ และขณะที่รถไถเดินตามไถดินจะใช้อัตราเร็วต่ำและกงที่สม่ำเสมอทำให้แรงต้านทานความเร่งเฉลี่ย  $A$  มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นสมการความสมดุลของแรงในแนวระดับดังแสดงในรูปที่ 3.5 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P_g - f_1 - R_H = 0 \quad (3.11)$$

หรือ

$$R_H = P_g - f_1 \quad (3.12)$$

เมื่อ	$R_H$	เป็นแรงปฏิกิริยาดินกระทำต่อไถหัวหมูในแนวระดับ ,kN
	$P_g$	เป็นแรงจุดลากรวม .kN
	$f_1$	เป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่ ,kN



รูปที่ 3.5 แรงภายนอกกระทำในแนวระดับ

#### 3.2.1.4 การวิเคราะห์ความสมดุลของแรงภายนอกในแนวตั้ง

เมื่อรถไถเดินตามและไถหัวหมูทำงานไถดินร่วมกันและอยู่ในสภาพสมดุล ผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่กระทำอยู่ในแนวตั้งมีค่าเป็นศูนย์ และพื้นดินช่วยพยุงรถไถเดินตามและไถหัวหมูสองตำแหน่ง คือ ล้อขับเคลื่อน และฐานไถ จึงมีแรงภายนอกกระทำที่สองตำแหน่งนี้ด้วย ดังรูปที่ 3.6

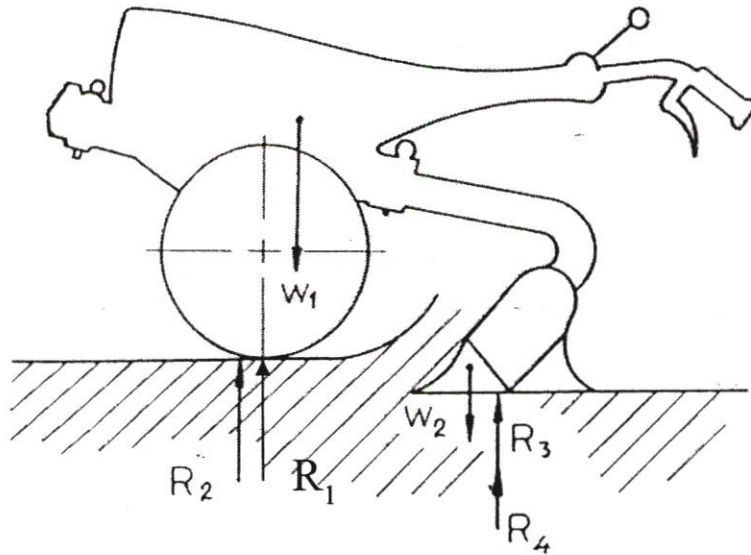
สมการสมดุลของแรงภายนอกทั้งหมดในแนวตั้งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$R_2 + R_3 + R_4 - W_1 - W_2 = 0 \quad (3.13)$$

หรือ

$$R_2 = W_1 + W_2 - R_3 - R_4 \quad (3.14)$$

แนวแรงปฏิกิริยาดินกระทำต่อล้อในแนวตั้ง  $R_2$  จะไม่ผ่านจุดศูนย์กลางล้อ แต่แนวแรงจะเยื้องไปข้างหน้าเล็กน้อย เพราะเมื่อพิจารณาจากเส้นที่ผ่านจุดศูนย์กลางล้อพื้นผิวดินที่สัมผัสล้อด้านหน้าเส้นตั้งนี้มากกว่าด้านหลัง



รูปที่ 3.6 แรงภายนอกกระทำในแนวตั้ง

สำหรับการวิเคราะห์น้ำหนักเคลื่อนย้ายของรถไถเดินตามขณะไถดิน ก็สามารถคำนวณได้จากผลต่างระหว่างแรง  $R_1$  และ  $R_2$  ได้ดังนี้

$$W.T. = R_1 - R_2$$

หรือ

$$= R_1 - W_1 - W_2 + R_3 + R_4 \quad (3.15)$$

น้ำหนักเคลื่อนย้ายของรถไถเดินตามขณะไถดินโดยทั่วไปจะมีค่าไม่มาก เพราะหากมีค่ามากผู้ใช้จะต้องออกแรงช่วยยกคันมือถือ หรือออกแบบให้มีล้อควบคุมความลึกในการไถ เพื่อรักษาความเหมาะสมของความลึกให้สม่ำเสมอ นอกจากนั้นก็อาจจะคำนวณขนาดก้อนน้ำหนักถ่วงที่เหมาะสม

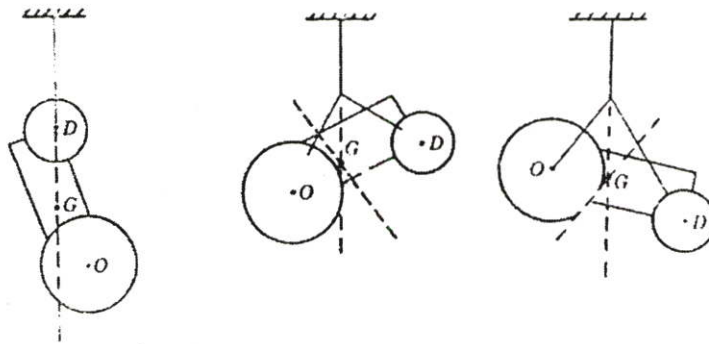
### 3.2.2 กลศาสตร์ตัวรถแทรกเตอร์

จุดศูนย์กลางถ่วงของรถแทรกเตอร์ หมายถึง จุดที่น้ำหนักทั้งหมดของตัวรถแทรกเตอร์กระทำ ดังนั้นการวิเคราะห์กลศาสตร์ของตัวรถแทรกเตอร์ ด้วยการใช้น้ำหนักทั้งหมดของรถกระทำผ่านจุดศูนย์กลางถ่วงเมื่อตัวรถแทรกเตอร์ไม่อยู่ในแนวราบจะทำได้ง่ายกว่าการแทนด้วยน้ำหนักรถ  $W_1$  และ  $W_2$  กรณีเช่นนี้จึงจำเป็นที่จะต้องหาดำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วง แต่เนื่องจากกว่ารถแทรกเตอร์ประกอบขึ้นด้วยส่วนต่างๆจึงทำให้รูปร่างของรถยากต่อการวิเคราะห์หาดำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วง

เนื่องจากตัวรถแทรกเตอร์จะสมมาตรตามระนาบแนวดิ่ง ที่ผ่านจุดกึ่งกลางของเพลาล้อรถ ดังนั้น จุดศูนย์กลางถ่วงของรถจะอยู่ในระนาบนี้ วิธีทดลองหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงรถทำได้ 3 วิธีดังนี้

(1) วิธีแขวน (Suspension Method)

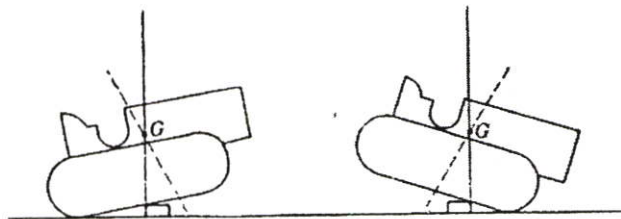
วิธีนี้จะกระทำได้ง่ายหากมีเครื่องดึงรถแทรกเตอร์ขึ้นหรือเครื่องยก ดังแสดงในรูปที่ 3.7 จุดศูนย์กลางถ่วงของรถแทรกเตอร์จะอยู่ในระนาบตั้งผ่านจุดแขวนและเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของจุดแขวนใหม่ก็จะได้แนวระนาบตั้งใหม่ จุดที่เกิดจากแนวระนาบทั้งสองตัดกันจะเป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของรถแทรกเตอร์



รูปที่ 3.7 แสดงการหาจุดศูนย์กลางถ่วงด้วยวิธีแขวน

(2) วิธีสมดุล (Balancing Method)

วิธีนี้เหมาะสำหรับการใช้หาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงอย่างประมาณของรถแทรกเตอร์ล้อตีนตะขาบ โดยการใช้ท่อนไม้ขนาดหนาไม่ต่ำกว่า 6 นิ้ว และยาวกว่าความกว้างทั้งหมดของรถวางบนพื้นราบ จากนั้นขับรถแทรกเตอร์ด้วยความเร็วช้าๆ ขึ้นบนท่อนไม้จนกระทั่งรถอยู่ในสภาวะสมดุลจะได้แนวระนาบตั้งหนึ่ง ต่อมาให้ถอยหลังรถขึ้นท่อนไม้จนกระทั่งรถอยู่ในสภาวะสมดุลบนท่อนไม้ก็จะได้แนวระนาบตั้งใหม่ซึ่งตัดกับแนวระนาบตั้งเดิมที่จุดๆหนึ่ง และจุดตัดนี้จะเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของรถ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

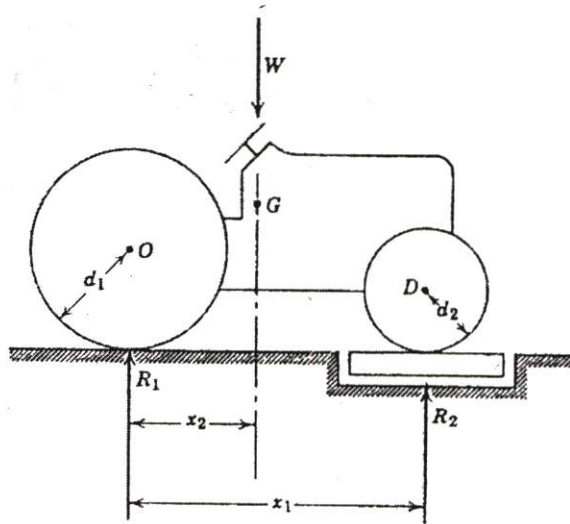


รูปที่ 3.8 แสดงการหาจุดศูนย์กลางถ่วงด้วยวิธีสมดุล

## (3) วิธีชั่ง (Weighing Method)

การหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงด้วยวิธีชั่งสามารถทำได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 3.9 และตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงจะอยู่ในระนาบค้ำซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$x_2 = \frac{R_2 x_1}{W} \quad (3.16)$$



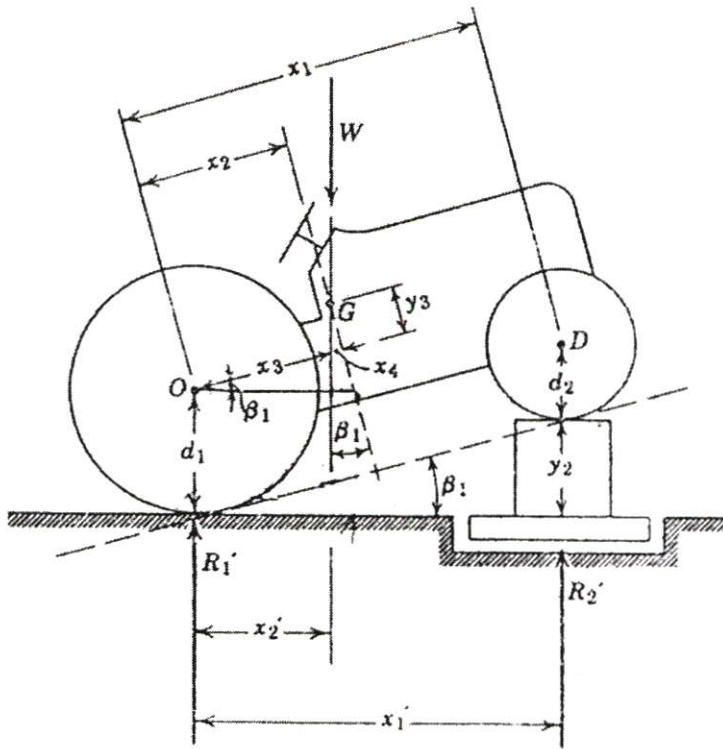
รูปที่ 3.9 แสดงการหาจุดศูนย์กลางถ่วงด้วยวิธีชั่ง

ถ้ายกล้อหน้าของรถแทรกเตอร์ให้สูงขึ้นเป็นระยะ  $y_2$  จากนั้นชั่งน้ำหนักของ  $R'_2$  ระนาบใหม่ซึ่งมีจุดศูนย์กลางถ่วงอยู่สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

$$x'_2 = \frac{R'_2 x'_1}{W}$$

การตัดกันของระนาบทั้งสองจะได้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วง  $G$  การกำหนดตำแหน่งนี้โดยการลากแนวระนาบทั้งสองไว้ข้างๆรถแทรกเตอร์ ค่าของ  $x'_1$  สามารถคำนวณอย่างประมาณได้จากสมการ

$$x'_1 \approx x_1 \cos \beta_1 \quad (3.17)$$



รูปที่ 3.10 แสดงการหาระนาบใหม่เพื่อหาดำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงโดยวิธีการซัง

จากรูปที่ 3.10 จะได้ความสัมพันธ์

$$\tan \beta_1 = \frac{x_4}{y_3} \quad (3.18)$$

$$\tan \beta_1 = \frac{(x_2 - x_3)}{y_3} \quad (3.19)$$

$$y_3 = \frac{(x_2 - x_3)}{\tan \beta_1} \quad (3.20)$$

$$\cos \beta_1 = \frac{x_2'}{x_3} \quad (3.21)$$

หรือ 
$$x_3 = \frac{x_2'}{\cos \beta_1}$$

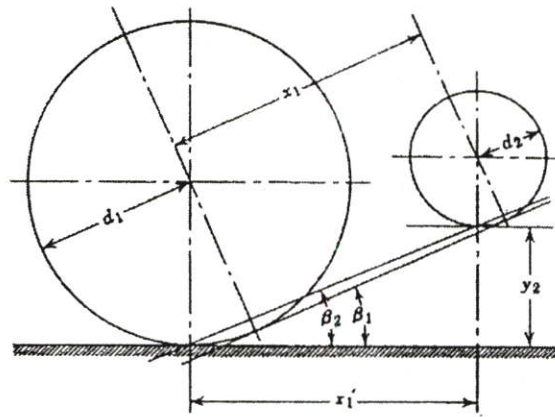
$$y_3 = \frac{X_2 - (X_2' / \cos \beta_1)}{\tan \beta_1} \quad (3.22)$$

สำหรับการหาค่าของ  $x_1'$  ให้ได้ค่าที่ละเอียดและถูกต้องยิ่งขึ้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$x_1' = [x_1 + (d_1 - d_2) \tan \beta_1] \cos \beta_1 \quad (3.23)$$

ในรูปที่ 3.11 แสดงระยะที่ถูกต้องของ  $X_1$  และมุม  $\beta_1$  ก็สามารถคำนวณได้ใกล้เคียงค่าที่ถูกต้องจากสมการนี้

$$\beta_1 \approx \frac{\tan^{-1} y_2}{x_1'} \quad (3.24)$$

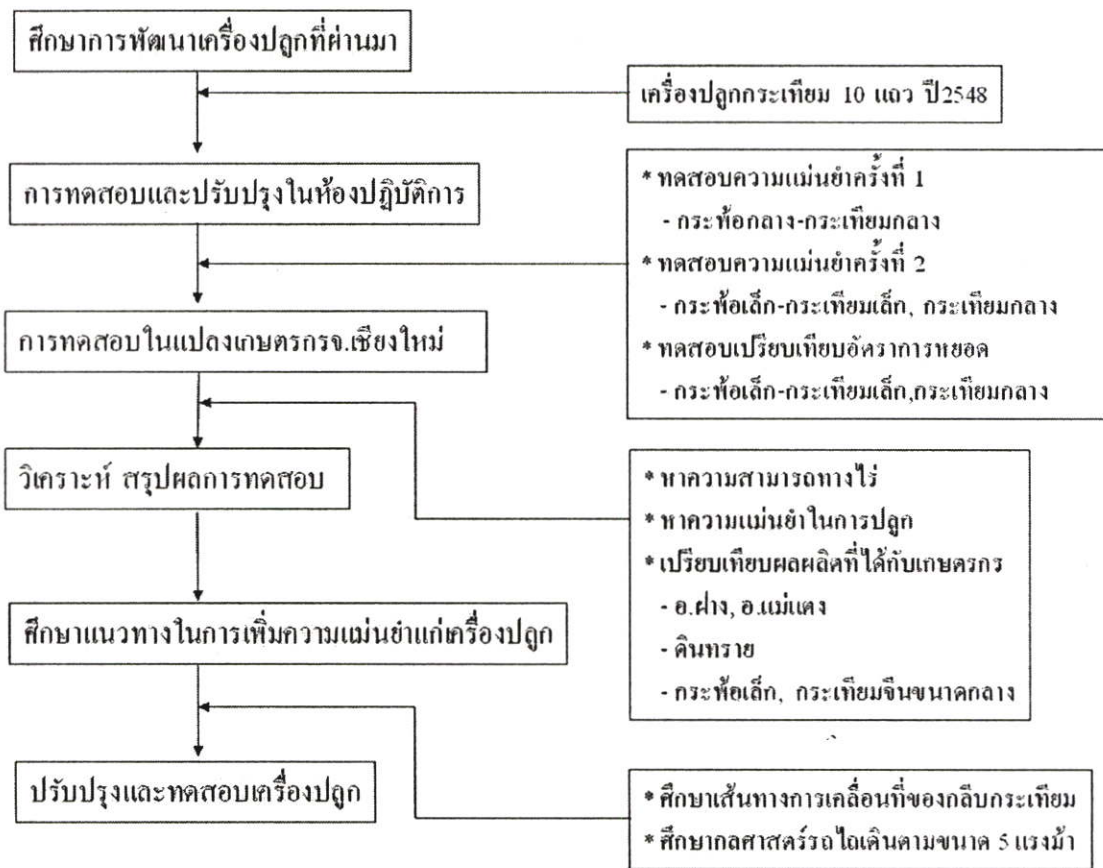


รูปที่ 3.11 การขยายรูปดัดหลังเพื่อแสดงวิธีหาค่า  $X'$  และมุม  $\beta_1$  ที่ถูกต้องมากขึ้น

## บทที่ 4

### ขั้นตอนการทำงาน

การศึกษาและพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนในขณะนี้ได้พัฒนาเป็นเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวในปี 2548[10] การศึกษาในส่วนนี้จะทดสอบและวิเคราะห์หาแนวทางในการพัฒนาความแม่นยำแก่เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานตามรูปที่ 4.1 ดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนในการทำงาน

#### 4.1 การศึกษาเครื่องปลูกขนาด 10 แถว ในห้องปฏิบัติการ

ในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปลูกโดยทั่วไป จะทดสอบเปรียบเทียบจากความสามารถทางทฤษฎีกับความสามารถทางไร่จริง แต่ในที่นี้ต้องการเครื่องปลูกเป็นระยะที่สม่ำเสมอ จึงต้องมีการทดสอบความแม่นยำของเครื่องปลูกควบคู่ไปด้วย โดยจะอ้างอิงกับมาตรฐานสำนักงาน มาตรฐานอุตสาหกรรม[4] และมาตรฐานISO[5] โดยมีการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้แก่ ระยะห่างระหว่างกลีบ

กระเทียมเฉลี่ย ค่าร้อยละระยะห่างที่ต้องการช่วง 8-13 cm ดัชนีการลงหลายเมล็ด (Multiple Index) ดัชนีการเว้น (Miss Index) ดัชนีคุณภาพการหยอด (Quality of Feed Index) และค่าความแม่นยำ (Precision) ซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

#### 4.1.1 การทดสอบความแม่นยำครั้งที่ 1

เพื่อหาค่าความแม่นยำโดยคำนวณจากระยะห่างของกลีบกระเทียม ใช้พันธุ์พื้นเมืองขนาดกลางกับกระพ้อขนาดกลาง ในรางดินห้องปฏิบัติการและหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ในการทำงาน และระยะห่างของตัวเปิดร่องแถวหน้ากับแถวหลังที่สัมพันธ์กับระยะห่างกลีบกระเทียมที่เหมาะสมได้

#### 4.1.2 การทดสอบความแม่นยำครั้งที่ 2

เพื่อหาค่าความแม่นยำโดยคำนวณจากระยะห่างของกลีบกระเทียม ใช้พันธุ์ไทยขนาดเล็กและขนาดกลางกับกระพ้อขนาดเล็กในรางดินห้องปฏิบัติการ และหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเครื่องยนต์กับระยะห่างกลีบกระเทียมที่ได้

#### 4.1.3 การทดสอบเปรียบเทียบอัตราการหยอดกลีบกระเทียม

เพื่อหาอัตราการหยอดของกลีบกระเทียม เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ และหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบชุดหยอด กับอัตราการหยอดที่เหมาะสม

## 4.2 การศึกษาเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวในแปลงเกษตรกร

4.2.1 หาความสามารถทางไร่ของเครื่องปลูกโดยทดสอบหาความสามารถของเครื่องปลูกในแปลงเกษตรกรที่มีลักษณะพื้นที่แตกต่างกัน 3 แปลง

4.2.2 วิเคราะห์ความแม่นยำในการปลูกของเครื่องปลูกจากระยะต้นกระเทียม ในแปลงเกษตรกร

4.2.3 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากเครื่องปลูกกับเกษตรกรปลูก

เมื่อผ่านการทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว ทั้งในโรงทฤษฎีห้องปฏิบัติการภาควิชาและแปลงเกษตรกร จ.เชียงใหม่แล้ว ได้ทำการสรุปเป็นแนวทางในการศึกษาและปรับปรุงต่อในหัวข้อต่อไป (ดูรายละเอียดผลการทดลองในบทที่ 5)

## 4.3 การศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมลงสู่ดิน

ในการศึกษาและวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมเป็นการศึกษาต่อเนื่องจาก 2 หัวข้อที่กล่าวผ่านมาแล้ว เนื่องจากในการทดสอบที่ผ่านมา พบว่ามีปัญหาการขาดความแม่นยำเกิดขึ้น จึงได้ วิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้น โดยจะเป็นการศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมลงสู่ดิน เป็นการทดสอบโดยใช้เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวปี 2548 ต่อพ่วงกับรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า และวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยการอธิบายสมการการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียม

ลงสู่ดิน เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่กليبกระเทียม แล้วจะได้ปรับปรุงให้เกิดความแม่นยำเพิ่มขึ้น โดยมีหัวข้อในการพิจารณาดังนี้

#### 4.3.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่กليبกระเทียมจากถังบรรจุลงสู่ดิน

ในการทำงานของเครื่องปลูก โดยหลังจากกระเทียมถูกตัดด้วยกระพ้อแล้ว งานกระพ้อจะหมุนและเหวี่ยงกليبกระเทียมออกมา เป็นการเคลื่อนที่ในแนววิถีโค้งและตกลงสู่พื้นดิน การศึกษาในส่วนนี้เพื่อต้องการ หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่กليبกระเทียมลงสู่ดิน เป็นสมการเส้นทางของการเคลื่อนที่กليبกระเทียมเพื่อหาส่วนโค้ง บริเวณช่องปล่อยของถังบรรจุที่สัมพันธ์กับความเร็วรอบของงานหยอดกระพ้อที่ใช้จริง

#### 4.3.2 การหาสมการเส้นทางโค้งของการเคลื่อนที่กليبกระเทียมโดยการทดสอบ

ในการทดสอบนี้เพื่อหาสมการเส้นทางโค้งของเส้นทางการเคลื่อนที่ของกليبกระเทียม หลังจากถูกเหวี่ยงออกมาจากกระพ้อ และนำไปเปรียบเทียบกับสมการที่ได้จากการคำนวณ มีวิธีการทดสอบ โดยจะติดตั้งถังบรรจุและชุดงานหยอดกระเทียมกับต้นกำลังขนาด 5 แรงม้า ใช้ความเร็วรอบชุดหยอดที่ 30-70 rpm แล้วพิจารณาเส้นทางการเคลื่อนที่กليبกระเทียม โดยการตัดและปล่อยกระเทียมด้วยงานหยอดกระพ้อด้วยการ ใช้วิธีจับภาพเป็น VDO (กล้อง Digital Video Camera Recorder Handycam ยี่ห้อ sony รุ่น DCR-HC85E) เป็นเวลา 30 วินาที แล้วบันทึกตำแหน่งของกليبกระเทียม ในขณะที่เคลื่อนที่ออกจากกระพ้อแต่ละ 0.04 วินาที จนถึง 0.24 วินาที ซึ่งนับจำนวน 10 กลิปนำตำแหน่งต่างๆ ที่ได้ มาเขียนกราฟแล้วใช้การ fitted curve ซึ่งคำนวณโดยวิธี regression เพื่อระบุเป็นเส้นทางโค้งของแต่ละความเร็วรอบที่ทดสอบ

### 4.4 การศึกษากลศาสตร์รถไฟไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า

ในการทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวนั้น จะพบปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องทำการพัฒนาประกอบกันเพื่อให้เครื่องปลูกมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ได้แก่

(1) ความคล่องตัวในการทำงาน ซึ่งความคล่องตัวในการทำงานโดยเฉพาะช่วงการทำงานที่ต้องมีการเลี้ยวบริเวณหัวแปลงนั้นมีพื้นที่น้อยไม่สะดวกต่อการเลี้ยวที่หัวงาน ประกอบเมื่อต่อพ่วงเครื่องปลูกเข้าไปทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้รถไฟไถมีความคล่องตัวน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากรถไฟไถเดินตามขนาดเล็กที่ผลิตในประเทศไทยจะไม่มีระบบปีบเดี่ยว

(2) การจมตัวของล้อ เนื่องจากในขณะที่เครื่องปลูกกระเทียมทำงานนั้น จะต้องมีการถ่วงน้ำหนักทางด้านหน้าอย่างน้อย 30 kg เพื่อให้เกิดการถ่วงสมดุล ทำให้แรงที่เกิดกับแกนอยู่ในช่วงที่คนสามารถทำงานได้

(3) ระยะการปลูกไม่สม่ำเสมอ ตามที่ระยะการปลูกที่ต้องการนั้นคือ ระยะ 10 cm แต่เนื่องจากการจมตัวของล้อ และต้องออกแรงยกที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความเร็วในการทำงานไม่คงที่ ส่งผลต่อระยะห่างระหว่างกليبกระเทียมให้ไม่สม่ำเสมอตามไปด้วย

#### 4.4.1 แนวทางและขั้นตอนการพัฒนา

##### 4.4.1.1 แนวทางการพัฒนา

การศึกษาความรู้ทางกลศาสตร์และการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่จะทำการพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมนั้น ทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาดังนี้

(1) ลดแรงที่แขนบังคับของเครื่องปลูกกระเทียมให้อยู่ในช่วง 15 – 25 kg โดยแรงที่อยู่ในช่วงนี้เป็นช่วงของแรงที่คนสามารถทำงานได้อย่างสบายในสภาพการทำงานที่ด้อยกของที่ระดับเอว [16]

(2) ทำการปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียม โดยไม่ถ่วงน้ำหนักเพิ่ม ซึ่งการถ่วงน้ำหนักจะทำให้เกิดปัญหาการจมตัวของล้อเกิดการลื่นไถลและทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข

(3) ทำการปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียม โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อกลไกการหยอดของเครื่องปลูกกระเทียม เนื่องจากกลไกการหยอดของเครื่องปลูกกระเทียมนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาโดย รศ.จิราภรณ์ เเบญจประกายรัตน์ และคณะตั้งแต่ปี 2542 จนได้รูปแบบที่เหมาะสมแล้ว เมื่อพิจารณาแนวทางการพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมที่กล่าวมาข้างต้นแล้วพบว่า เงื่อนไขที่สามารถทำการพัฒนาได้คือ การย้ายตำแหน่งของเครื่องยนต์ต้นกำลัง และการปรับความยาวของแขนบังคับของเครื่องปลูกกระเทียม

##### 4.4.1.2 ขั้นตอนการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาที่ได้ในข้างต้น สามารถวางขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาได้ ดังนี้คือ

(1) ศึกษากลศาสตร์รถไถเดินตาม เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางและวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียม

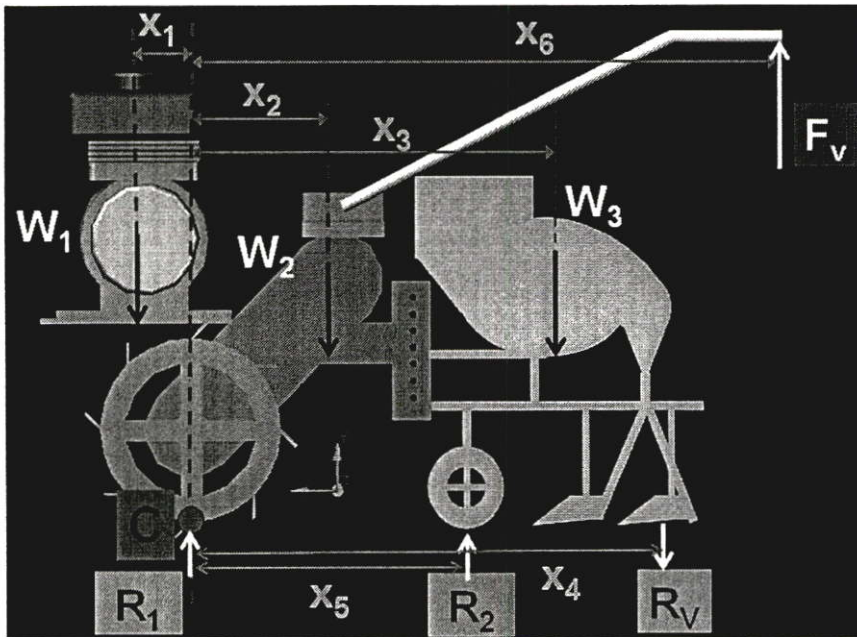
(2) จัดทำโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ หาเงื่อนไขต่างๆที่เหมาะสมในการพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมเพื่อลดแรงกระทำที่แขนจับของรถไถเดินตาม

(3) ทำการปรับปรุงและทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว

#### 4.4.2 การเขียนโปรแกรมหาเงื่อนไขในการปรับปรุง

การเขียนโปรแกรมเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมนั้น จะทำการวิเคราะห์ในสภาวะสถิตก่อน โดยมีแรงกระทำที่สำคัญตามรูปที่ 4.2 แล้ววิเคราะห์หาค่าแรงกระทำต่างๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้ มาเขียนเป็นโปรแกรมโดยเลือกใช้ภาษา C++ ทำการเขียนโปรแกรม ในโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นมานั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 โปรแกรมหลักคือ โปรแกรมหาจุดศูนย์กลางมวล โปรแกรมหาแรงที่แขน และโปรแกรมรักษาสมดุล โดยการทำงานของโปรแกรมนั้นจะทำงานตามลำดับและส่งข้อมูลให้แกกันอย่างต่อเนื่อง

## 4.4.2.1 การวิเคราะห์แรงกระทำในสภาวะสถิต



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์แรงกระทำในสภาวะสถิต

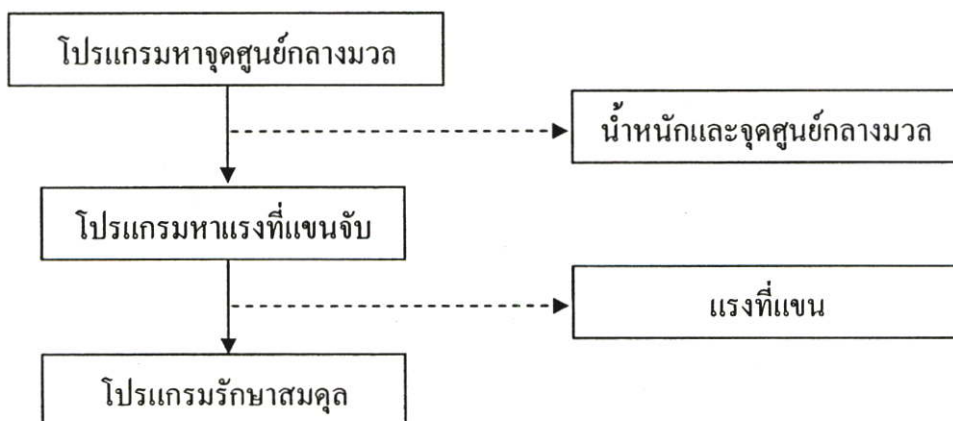
การวิเคราะห์แรงกระทำในสภาวะสถิตนั้น มีเป้าหมายที่จะเพิ่มความคล่องตัวในการทำงาน ได้แก่ การยกเลี้ยวหัวงาน (เนื่องจากใช้รถไถเดินตามขนาดเล็ก 5 แรงม้า ซึ่งไม่มีระบบบีบเดี่ยว) จึงพิจารณาแรงกระทำที่แขน (มือจับ) ในขณะยกเลี้ยว ดังนั้นจากรูปที่ 4.2 จะได้สมการ โมเมนต์ดังนี้

$$W_1X_1 + R_2X_5 + F_vX_6 = W_2X_2 + W_3X_3 + R_vX_4 \quad (4.1)$$

จะได้แรงยกเลี้ยวที่แขน ( $F_v$ )

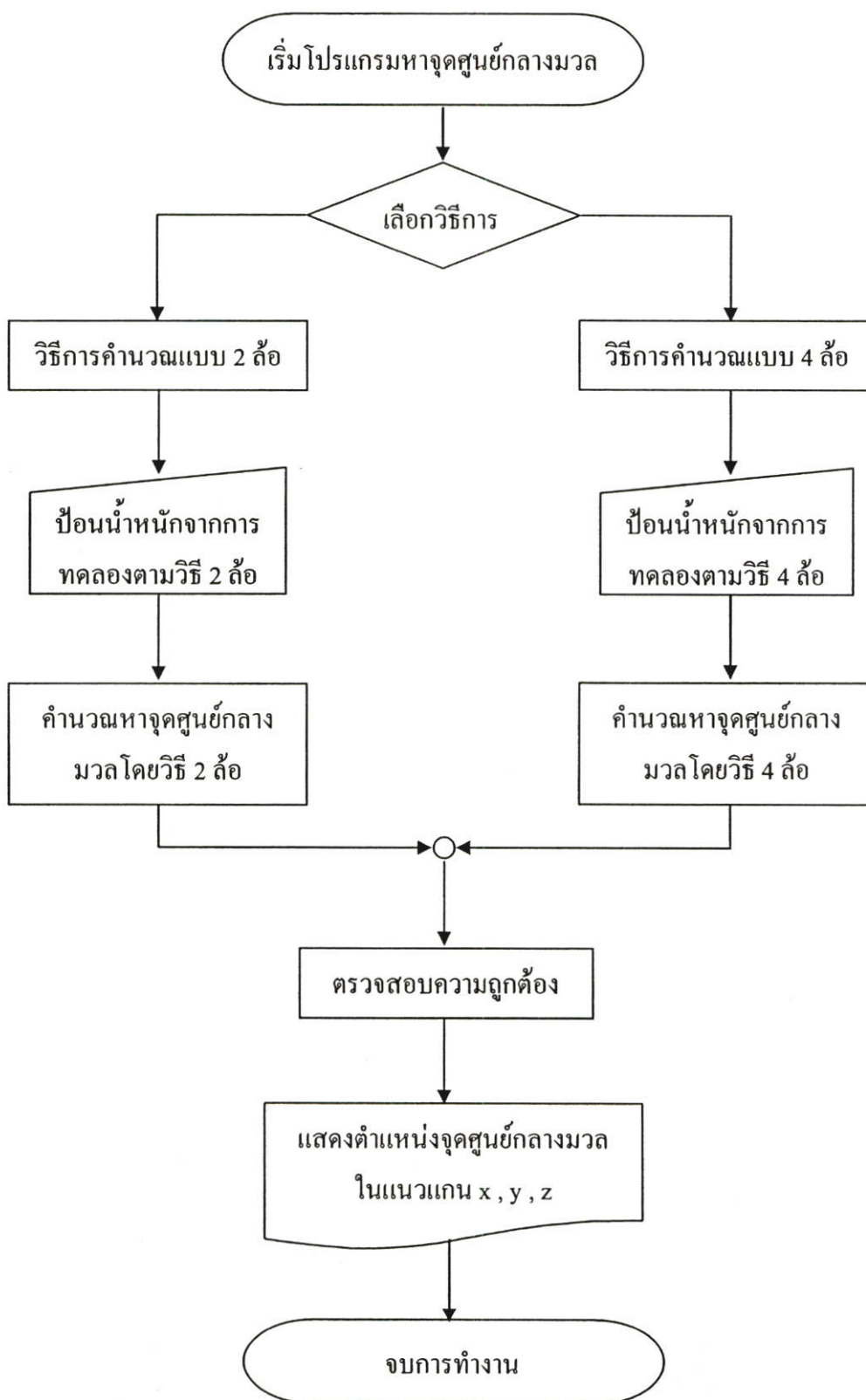
$$F_v = (W_2X_2 + W_3X_3 + R_vX_4 - W_1X_1 - R_2X_5) / X_6 \quad (4.2)$$

## 4.4.2.2 การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ภาษา C++



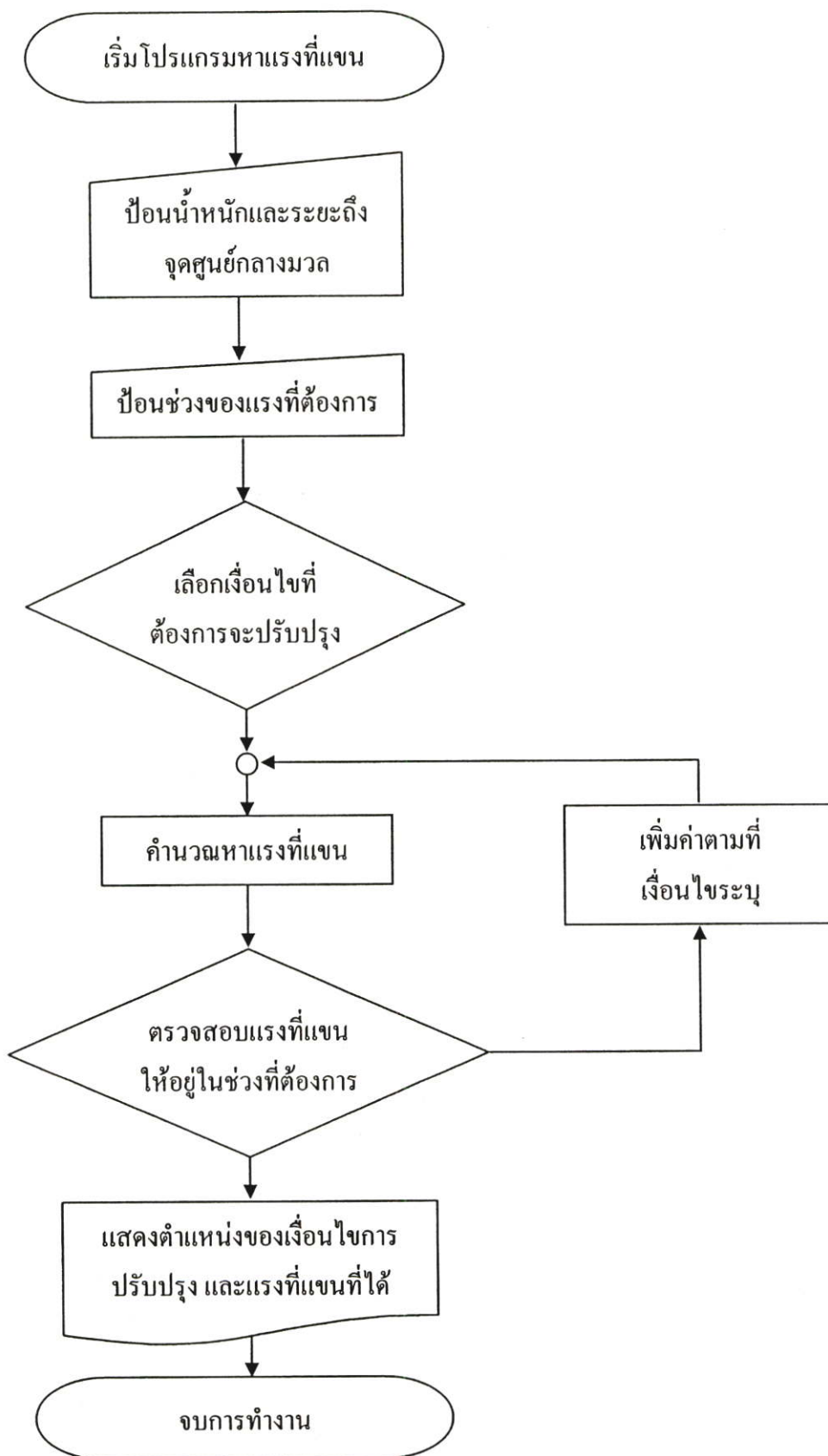
รูปที่ 4.3 แผนผังการทำงานหลักและการส่งต่อข้อมูลของโปรแกรม

## (1) โปรแกรมหาจุดศูนย์กลางมวล



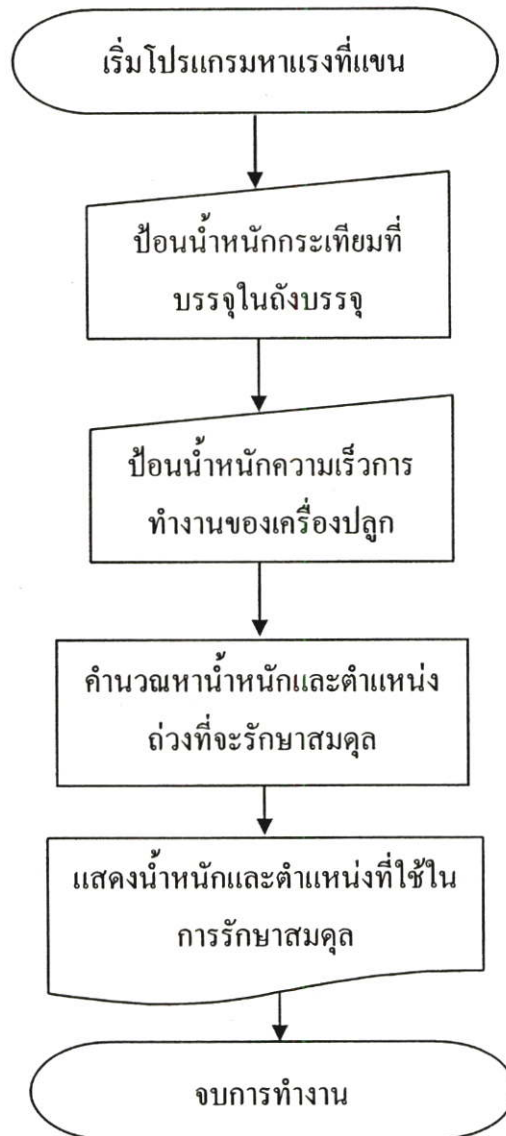
รูปที่ 4.4 แผนผังการทำงานของโปรแกรมหาจุดศูนย์กลางมวล

## (2) โปรแกรมหาแรงที่แขน



รูปที่ 4.5 แผนผังการทำงานของโปรแกรมหาแรงที่แขน

## (3) โปรแกรมรักษาสมดุล



รูปที่ 4.6 แผนผังการทำงานของโปรแกรมรักษาสมดุล

## 4.4.3 การออกแบบและปรับปรุงเครื่องปลูก

จากการพิจารณา โดยผ่านขั้นตอนต่างๆทำให้ทราบเงื่อนไข การปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียมที่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวไปแล้ว นั่นคือการปรับตำแหน่งของเครื่องยนต์ และปรับความยาวของแขนบังคับ ดังนั้นในส่วนของ การออกแบบและสร้างจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังกล่าว

## 4.4.3.1 การออกแบบและพัฒนาแขนจับเครื่องปลูกกระเทียม

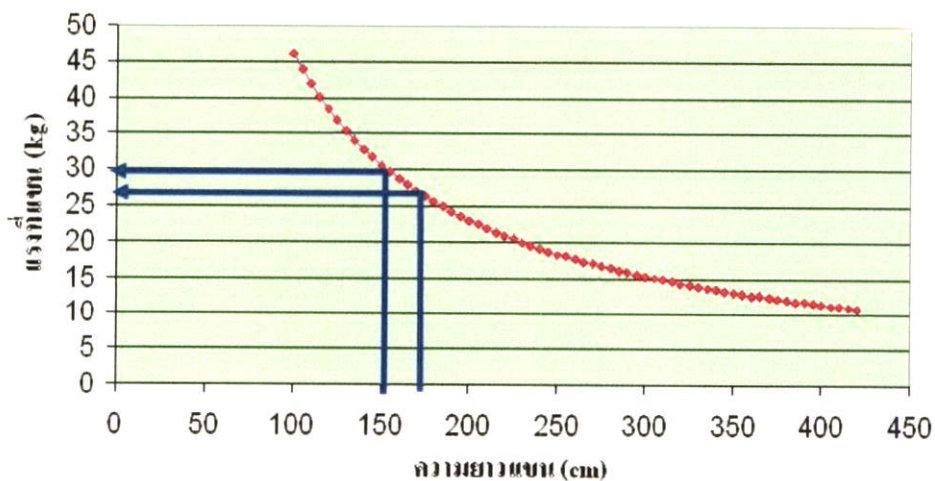
การออกแบบแขนจับของเครื่องปลูกกระเทียมนั้นจะคำนึงถึงความสะดวกสบายในการใช้งานเป็นหลัก โดยพิจารณาระยะก้าวเฉลี่ยของผู้ปฏิบัติงานเป็นสำคัญ เนื่องจากเครื่องปลูกกระเทียม

ต้นแบบตำแหน่งของแกนบังคับกับตำแหน่งของแผ่นยางซึ่งทำหน้าที่กลบร่องนั้นอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในแนวตั้ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ความคล่องตัว ในการทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมต่ำ



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งของแกนบังคับและแผ่นยางกลบร่อง

การศึกษาเพื่อหาระยะก้าวเฉลี่ยของคนไทยพบว่า ระยะก้าวเฉลี่ยของคนไทยนั้นจะอยู่ในช่วง 60 – 70 cm [15] ดังนั้นในการสร้างแกนบังคับสำหรับรถไถเดินตามต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียม 10 แถว ซึ่งเดิมมีความยาวแกน 100 cm จึงได้มีการปรับปรุงระยะความยาวแกนให้อยู่ในช่วง 160–170 cm



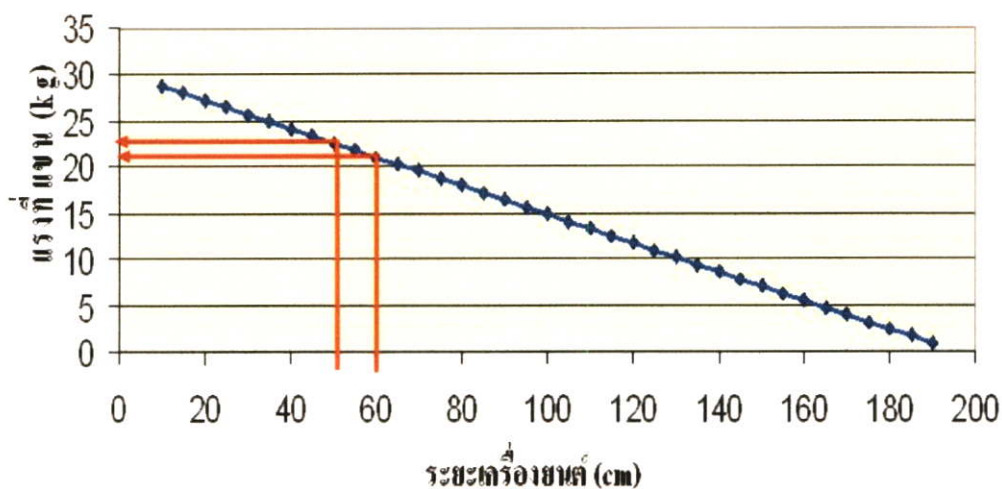
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเลือกความยาวแกน



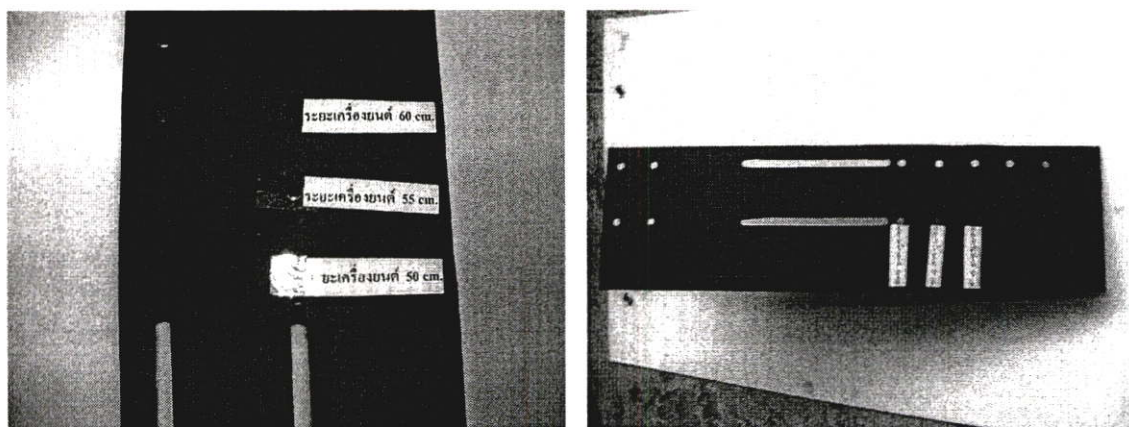
รูปที่ 4.9 ความยาวแขนต่างๆ ที่เลือกใช้ทดสอบ

#### 4.4.3.2 การออกแบบและสร้างแท่นรองรับเครื่องยนต์

การออกแบบแท่นรองรับเครื่องยนต์นั้นจะมีเป้าหมายสำคัญคือจะทำการลดแรงที่แขนให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตามแนวทางการพัฒนา คือ 15 – 25 kg [16] ซึ่งเป็นช่วงแรงที่ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกสบาย โดยมีการกำหนดความยาวแขนอยู่แล้วคือ 160 – 170 cm ระยะของเครื่องยนต์ที่มีผลทำให้แรงที่แขนอยู่ในช่วง 15 – 25 kg นั้น สามารถคำนวณได้จากโปรแกรมหาแรงที่แขนที่ได้จัดทำขึ้น และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ที่ได้จากการทำงานของโปรแกรมหาแรงที่แขน ทำให้ได้ระยะเครื่องยนต์ 50 – 60 cm ตามรูปที่ 4.10 และ 4.11 ซึ่งเป็นระยะเครื่องยนต์ที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเลือกระยะเครื่องยนต์ที่ความยาวแขน 160 cm



รูปที่ 4.11 แทนรองเครื่องชนิดใหม่

## บทที่ 5

### การทดสอบและผลการทดสอบ

#### 5.1 การทดสอบเครื่องปลุกกระเทียมขนาด 10 แถวในห้องปฏิบัติการ

ในการพัฒนาเครื่องปลุกกระเทียม มีกลไกการหยอดของเครื่องปลุกกระเทียมที่เหมาะสม เป็นแบบจานกระพ้อลำเลียงกลีบกระเทียม ดังนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมา [2] จึงกำหนดขนาดกลีบกระเทียมสำหรับกระพ้อแต่ละขนาดแสดงในตารางที่ 5.1 ,5.2 และในตารางที่ 5.3 แสดงขนาดกลีบกระเทียม และพันธุ์ที่นำมาทดสอบ

ตารางที่ 5.1 สรุปขนาดกลีบกระเทียมทั้ง 3 ขนาดที่ใช้ในการออกแบบกระพ้อ ปี2546 เป็นกระเทียมพันธุ์จีน (หน่วย : mm)

	ขนาดเล็ก			ขนาดกลาง			ขนาดใหญ่		
	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง
ค่าสูงสุด	26	11	8	28.5	13.5	14.5	28.5	24.3	23.3
ค่าต่ำสุด	11	5	3	13	8	6	17	13	10
ค่าเฉลี่ย	17.3	8.2	5.3	21	11.6	8.96	22.5	19.8	12.3
GMD	9.09			12.97			17.63		

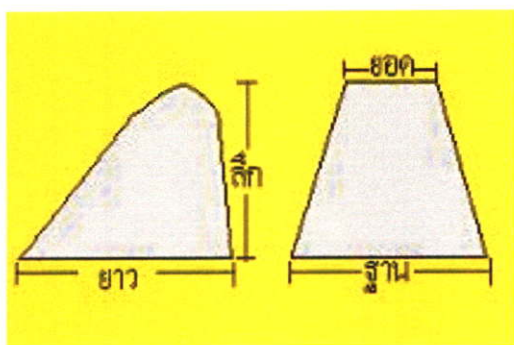
ตารางที่ 5.2 สรุปขนาดกระพ้อทั้ง 3 ขนาดที่ออกแบบ (หน่วย : mm) ปี2546\*

กระพ้อ	ขนาดเล็ก			ขนาดกลาง			ขนาดใหญ่		
	ยาว	สูง(ลึก)	ฐาน/ยอด	ยาว	สูง(ลึก)	ฐาน/ยอด	ยาว	สูง(ลึก)	ฐาน/ยอด
ขนาด	25	15	18/8	29	18	21/12	35	20	26/20

\* คูรูปที่ 5.1(ก) ประกอบ

ตารางที่ 5.3 ขนาดกลีบกระเทียมเฉลี่ยทั้ง 3 ขนาด ปี 2548 (หน่วยเป็น mm)

	พันธุ์ไทยขนาดเล็ก			พันธุ์ไทยขนาดกลาง			พันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง		
	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง
ค่าสูงสุด	19.88	8.61	9.73	28.40	12.30	13.90	28.20	21.30	19.60
ค่าต่ำสุด	9.17	3.85	4.76	13.10	5.50	6.80	11.90	8.40	9.70
ค่าเฉลี่ย	13.57	6.23	7.67	19.38	8.89	10.95	22.08	11.34	14.16
GMD	8.66			12.36			15.25		
Shape factor(%)	0.64			0.64			0.69		



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

(ก) ลักษณะกระพ้อตามตารางที่ 5.2 (ข) พันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง  
(ค) พันธุ์ไทยขนาดกลาง (ง) พันธุ์ไทยขนาดเล็ก  
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะกระพ้อและกลีบกระเทียมที่ใช้ทดสอบ

#### 5.1.1 ผลการทดสอบความแม่นยำครั้งที่ 1

โดยติดตั้งกระพ้อขนาดกลาง (ยาว29, ลึก18, ฐาน21, ยอด12mm) บรรจุกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง ขนาดGMD 15.2 mm เต็มถังประมาณ 15 kg แล้วทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3 ระดับได้แก่ ที่ เกียร์1-1000 rpm เกียร์1-1300 rpm และ เกียร์1- 1600 rpm หรือความเร็วทางตรง 1.4-2.4 km/h แต่ละความเร็วรอบจะปรับระยะห่างของตัวเปิดร่องแถวหน้าและแถวหลังเป็น 22 24 และ 27 cm และแต่ละเงื่อนไขทดสอบ 3 ชั่วโมง บันทึกระยะห่างระหว่างกลีบกระเทียม ร้อยละการสั่นไถล และความเร็วทางตรงที่เกิดขึ้น คำนวณค่าต่างๆ ดังนี้ ระยะกลีบกระเทียมเฉลี่ย ค่าร้อยละระยะห่างที่ต้องการช่วง 8-13 cm ดัชนีการลงหลายเมล็ด (Multiple Index) ดัชนีการเว้น(Miss Index) ดัชนีคุณภาพการหยอด(Quality of Feed Index) และ ค่าความแม่นยำ (Precision) ผลการทดลองสรุปได้ตามตารางที่5.4 และ 5.5 ตามลำดับ

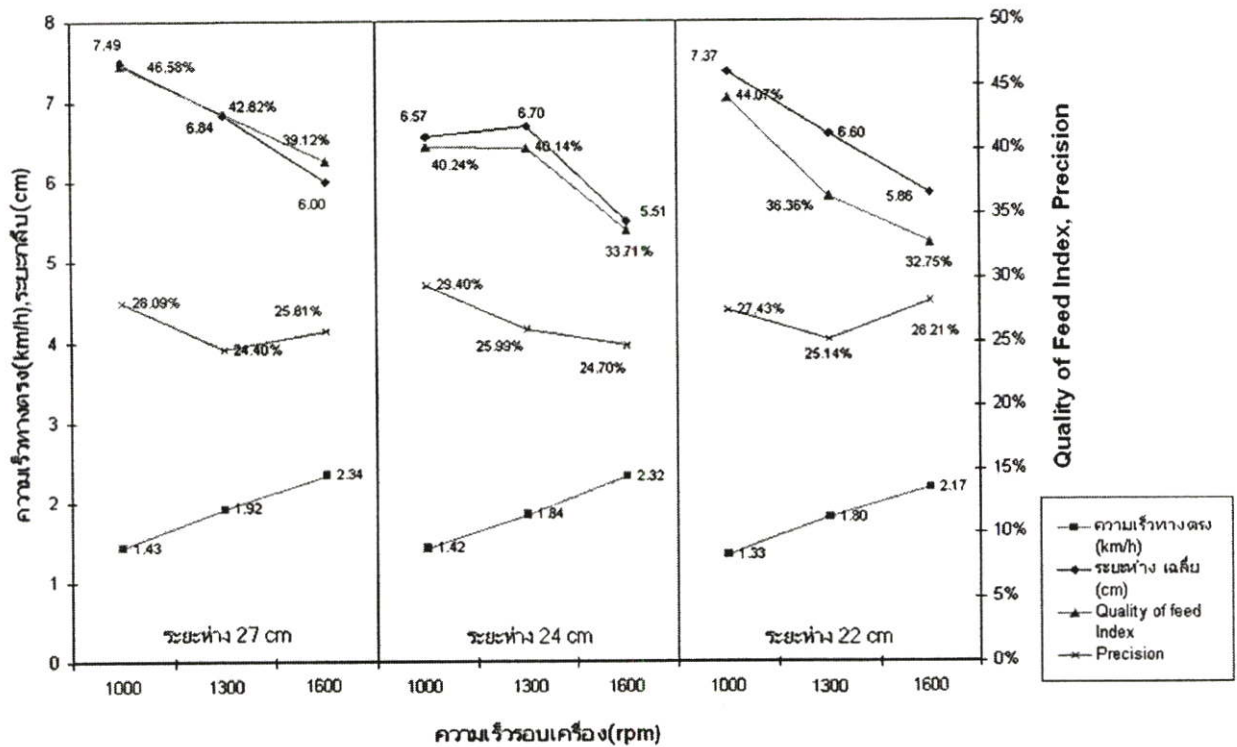
ตารางที่ 5.4 สมรรถนะเครื่องขณะทดสอบใช้กระพ้อกลางกับกลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง

เงื่อนไข	ความเร็วรอบเครื่อง ที่เกียร์ 1 (rpm)	ระยะตัวเปิดเครื่อง (cm)	ความเร็วทางตรง (km/h)	ความเร็วรอบชุด หยอด (rpm)	แรงฉุดลากตัวเปิดเครื่อง แบบพ्लัวี่47 (kgf/แถว)
1	1,000	27	1.432	39.5	-
2	1,300	27	1.916	52.8	0.76
3	1,600	27	2.341	64.5	-
4	1,000	24	1.423	39.2	-
5	1,300	24	1.841	50.7	-
6	1,600	24	2.317	63.9	-
7	1,000	22	1.332	36.7	-
8	1,300	22	1.798	49.6	0.75
9	1,600	22	2.168	59.7	-

หมายเหตุ - คือ ไม่ได้ทดสอบในปี 47

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐานISO โดยใช้กลีบกระเทียมพื้นเมือง  
ขนาดกลาง

ความเร็วรอบ(rpm), ระยะตัวเปิดเครื่อง(cm)	จำนวน N	ระยะห่าง ระหว่างกลีบ เฉลี่ย(cm)	ร้อยละ ระยะต้องการ	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision(%)
1000,27	380	7.49	27.89	5.35	44.47	8.95	46.58	28.09
1300,27	404	6.84	27.23	5.51	49.01	8.17	42.82	24.40
1600,27	478	6.00	22.38	4.85	55.44	5.44	39.12	25.81
1000,24	410	6.57	20.49	5.44	53.66	6.10	40.24	29.40
1300,24	416	6.70	26.68	5.13	52.88	6.97	40.14	25.99
1600,24	531	5.51	18.64	4.70	61.39	4.90	33.71	24.70
1000,22	388	7.37	25.26	5.52	44.59	11.34	44.07	27.43
1300,22	429	6.60	22.84	5.61	55.48	8.16	36.36	25.14
1600,22	461	5.86	16.49	4.68	61.61	5.64	32.75	28.21



รูปที่ 5.2 กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียมใช้กระพ้อกลางกับกลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ถ้าใช้การวิเคราะห์ตามสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม[4] ได้ระยะที่ต้องการซึ่งอยู่ในช่วง 8-13 cm มีค่ามากที่สุด และระยะห่างกลีบเฉลี่ยใกล้เคียงที่ต้องการที่สุด ที่ เกียร์ 1,1000 rpm ระยะตัวเปิดร่อง 27 cm แต่หากใช้การวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO [5] เมื่อพิจารณาค่า Precision ได้ว่าที่ เกียร์ 1,1300 rpm ระยะตัวเปิดร่อง 27 cm ให้ความแม่นยำมากที่สุด ส่วนค่า Quality of feed index ได้ว่า ที่ เกียร์ 1,1000 rpm ระยะตัวเปิดร่อง 27 cm ก็ให้ปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจะได้ว่าช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม ที่ เกียร์ 1,1000 rpm ถึง เกียร์ 1,1300 rpm ระยะห่างตัวเปิดร่องแถวหน้ากับหลังได้ 27 cm

เมื่อความเร็วทางตรงเพิ่มขึ้นจาก 1.4 km/h แล้วพิจารณาค่าระยะห่างกลีบเฉลี่ย ร้อยละของระยะที่ต้องการ และค่า Quality of feed index พบว่า ค่าดังกล่าวนี้ลดลงอย่างมาก เนื่องจากเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น อัตราการหยอดจะมากขึ้น และพิจารณาค่า Multiple Index ที่เพิ่มขึ้น ก็คือได้ระยะกลีบใกล้เคียงกันมากขึ้น แต่ขณะเดียวกัน ค่า Miss Index จะลดลงคือ ได้ระยะกลีบห่างๆกันน้อยลง ส่วนเมื่อพิจารณา ค่า Precision นั้น เมื่อให้ความเร็วทางตรงเพิ่มขึ้น จะให้ค่าที่ดีในช่วง 1.8-2 km/h ซึ่งเป็นความเร็วระดับกลาง ๆ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลกับการทดสอบเครื่อง 8 แถวปี 2547 [2] พบว่า ค่าที่ได้ยังน้อยกว่า แสดงว่าขนาดกระพ้อกลางกับกระเทียมขนาดกลางยังไม่เหมาะสมกัน และเนื่องจากพันธุ์

กระเทียมแตกต่างจากกระเทียมที่เคยใช้ในการออกแบบ จึงต้องมีการปรับปรุงกระพ้อเป็นขนาดเล็ก แล้วใช้พันธุ์กระเทียมที่เกษตรกรใช้จริงมาทดสอบใหม่ในครั้งที่ 2

### 5.1.2 ผลการทดสอบความแม่นยำครั้งที่ 2

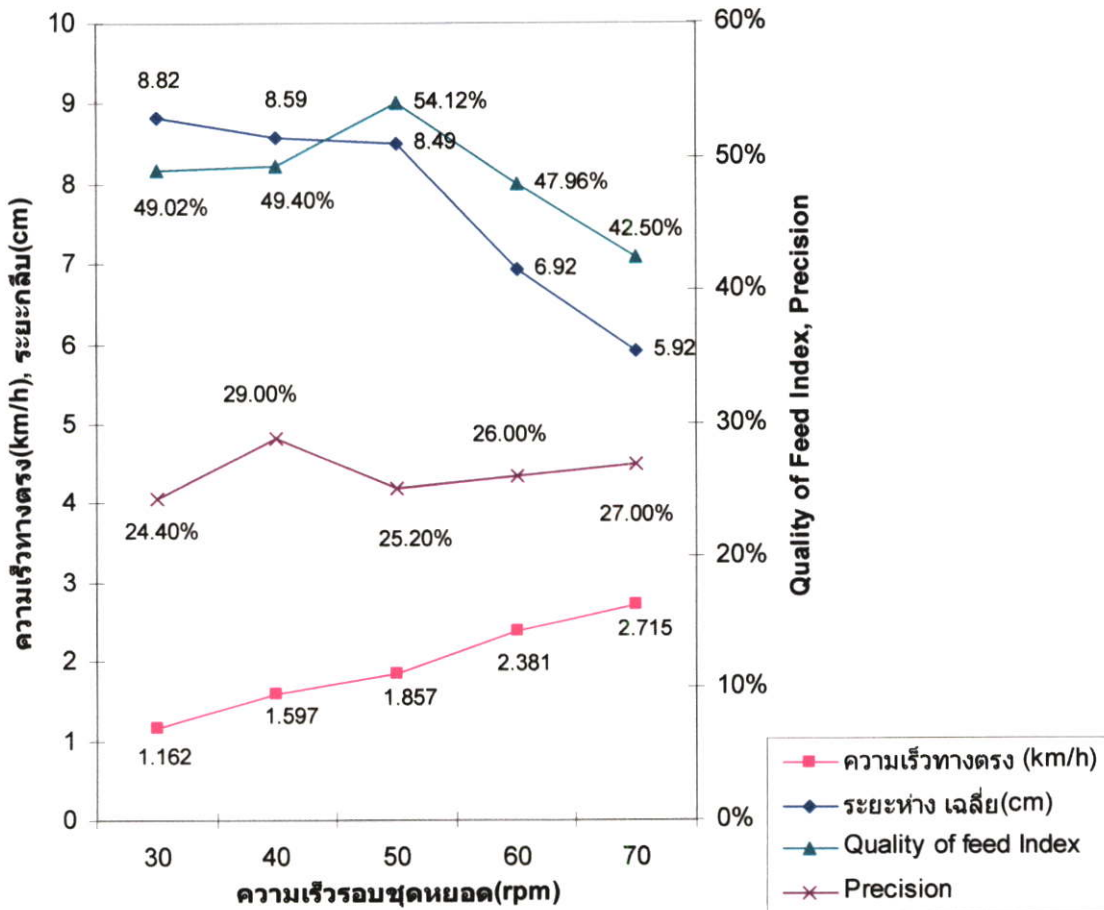
เพื่อหาระยะห่างของกลีบกระเทียมพันธุ์ไทย ขนาดเล็ก และขนาดกลาง กับกระพ้อขนาดเล็ก แล้วคำนวณหาค่าความแม่นยำในการปลูกในรางดินห้องปฏิบัติการ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเครื่องยนต์กับระยะห่างระหว่างกลีบกระเทียมที่ได้ โดยติดตั้งกระพ้อขนาดเล็ก (ยาว25, ลึก15, ฐาน 18, ขอด8mm) ติดตั้งในชุดหยอดแถวที่ 1-4 บรรจุกะเทียมพันธุ์ไทยจาก จ.เชียงใหม่แยกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ขนาดเล็ก (GMD 8.7mm) และกลาง (GMD 12.4 mm) เต็มถังประมาณ 15 kg ใช้ระยะห่างของตัวเปิดร่องแถวหน้าและแถวหลังเป็น 27 cm เพราะว่าจากการทดลองที่ผ่านมา ให้ค่าความแม่นยำดีที่สุด ทดสอบที่ความเร็วรอบชุดหยอด 5 ระดับได้แก่ 30-70 rpm และแต่ละเงื่อนไขทดสอบ 3 ซ้ำ บันทึกที่ระยะห่างระหว่างกลีบกระเทียม และความเร็วทางตรงที่เกิดขึ้น คำนวณหาค่าความแม่นยำจากผลการทดลองที่ได้

ตารางที่ 5.6 สมรรถนะเครื่องขณะทดสอบโดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดเล็ก

ความเร็วรอบชุดหยอด(rpm)	ความเร็วรอบเครื่องที่เกียร์ 1 (rpm)	ความเร็วทางตรง (km/h)
32	814	1.162
44	1177	1.597
51	1393	1.857
66	1830	2.381
75	2108	2.715

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐานISO โดยใช้กลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดเล็ก

ความเร็วรอบชุดหยอด(rpm)	จำนวน N	ระยะห่างระหว่างกลีบเฉลี่ย(cm)	ร้อยละระยะต้องการ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision(%)
32	153	8.82	32.03	6.40	34.64	16.34	49.02	24.40
44	166	8.59	25.30	5.92	36.75	13.86	49.40	29.00
51	170	8.49	37.06	5.28	32.94	12.94	54.12	25.20
66	196	6.92	29.59	4.76	46.43	5.61	47.96	26.00
75	160	5.92	22.50	4.34	55.00	2.50	42.50	27.00



รูปที่ 5.3 กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียม โดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมไทยขนาดเล็ก

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.3 ได้ว่า ระยะเฉลี่ย ดีที่สุดเท่ากับ 8.82 cm และค่า Precision ดีที่สุดเท่ากับ 24.4% ที่ความเร็วรอบขุดหยอด 32 rpm แต่ร้อยละของระยะ 8-13 cm มากที่สุด และค่า Quality of feed index มากที่สุด ที่ความเร็วรอบขุดหยอด 51 rpm เนื่องจากเป็นกลีบกระเทียมขนาดเล็ก ถ้าเลี้ยงได้ครั้งละหลายกลีบ จะทำให้ระยะห่างระหว่างกลีบน้อย แต่ก็ประกอบกับเป็นความเร็วรอบที่ไม่เร็วจนเกินไป ทำให้ยังมีระยะห่างระหว่างกลีบที่มากด้วย ทำให้ค่าระยะห่างระหว่างกลีบที่ได้อยู่ในช่วงนี้มาก

เมื่อให้ความเร็วทางตรงเพิ่มขึ้นจาก 1.16 km/h พิจารณาค่าระยะห่างระหว่างกลีบเฉลี่ย พบว่า จะมีแนวโน้มลดลง ค่าร้อยละระยะที่ต้องการมีค่าสูง ในช่วง 1.16-1.86 km/h ส่วนค่า Quality of feed index จะมีค่าสูงอยู่ประมาณ 49-54% ในช่วง 1.16-1.86 km/h เช่นกัน จากนั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเพิ่มความเร็วจนอย่างมาก (โดยสังเกตจากตารางที่ 5.6 เพิ่มขึ้นจาก 1.86 เป็น 2.4 km/h) และ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า ค่า Multiple Index จะไม่คงที่ ในช่วง 1.16-1.86 km/h แล้วหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้น ก็คือในช่วงความเร็วต่ำ ๆ ได้ระยะห่างระหว่างกลีบใกล้ ๆ กันมีค่าใกล้เคียงกัน แต่หลังจากนั้น

จะเพิ่มระยะห่างระหว่างกลีบที่ใกล้กันอย่างมาก ในขณะที่เดียวกันกับค่า Miss Index จะลดลง คือ ได้ระยะกลีบห่างๆ กันน้อยลง แสดงว่าการใช้ความเร็วทางตรง ในช่วงต่ำ ๆ ที่ 1.16-1.86 km/h กับเงื่อนไขการใช้กระพ้อขนาด เล็กกับกระเทียมขนาดเล็ก มีผลทำให้ ค่าระยะกลีบที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ส่วนค่า Precision นั้นดีที่สุดที่ 24.4 % ที่ความเร็วต่ำสุด 1.16 km/h

ดังนั้นในการทดสอบกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดเล็กกับกระพ้อขนาดเล็ก ได้ความเร็วรอบชุดหยอด ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-50 rpm หรือความเร็วทางตรงที่ 1.16-1.85 km/h ต่อมาจึงพิจารณาผลทดสอบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลาง ใช้กระพ้อเล็ก

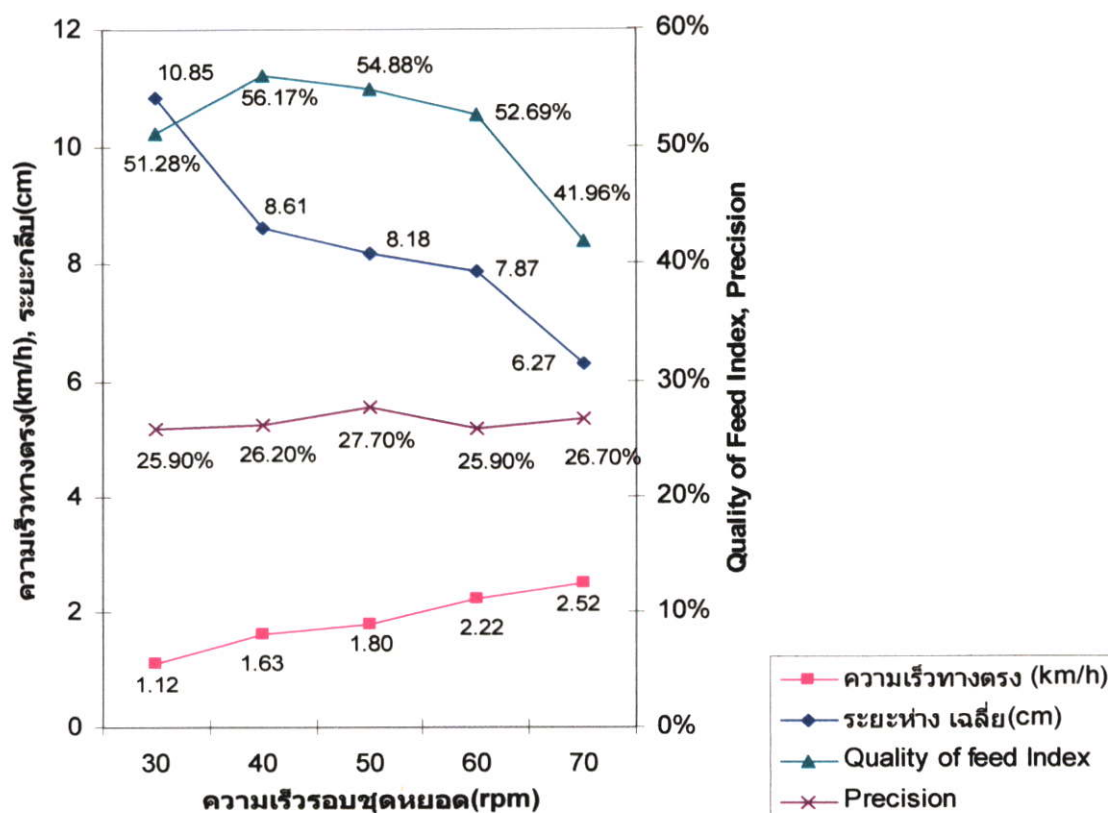
#### ผลการทดสอบ

ตารางที่ 5.8 สมรรถนะเครื่องขณะทดสอบโดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลาง

ความเร็วรอบชุดหยอด(rpm)	ความเร็วรอบเครื่องที่เกียร์ 1 (rpm)	ความเร็วทางตรง (km/h)
31	781	1.123
45	1208	1.634
50	1349	1.804
61	1699	2.224
69	1943	2.517

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐานISO โดยใช้กลีบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลาง

ความเร็วรอบชุดหยอด(rpm)	จำนวน N	ระยะห่างระหว่างกลีบเฉลี่ย(cm)	ร้อยละระยะต้องการ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision(%)
31	153	10.85	36.75	6.74	24.79	23.93	51.28	25.90
45	166	8.61	37.11	5.12	29.01	14.81	56.17	26.20
50	170	8.18	36.59	5.58	36.59	8.54	54.88	27.70
61	196	7.87	36.56	5.31	39.25	8.06	52.69	25.90
69	160	6.27	23.21	5.00	52.23	5.80	41.96	26.70



รูปที่ 5.4 กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียม โดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมไทยขนาดกลาง

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.4 ได้ว่า ระยะเฉลี่ยที่ดีที่สุดเท่ากับ 10.85 cm และค่า Precision ที่ดีที่สุด ได้ที่ความเร็วรอบชุดหยอด 31 rpm ส่วนร้อยละของระยะห่างกลีบ 8-13 cm จำนวนมากที่สุด และค่าดัชนีคุณภาพการหยอดมากที่สุด ได้ที่ความเร็วรอบชุดหยอด 45 rpm

เมื่อให้ความเร็วทางตรงเพิ่มขึ้นจาก 1.12 km/h พิจารณาค่าระยะห่างระหว่างกลีบเฉลี่ย พบว่า จะมีแนวโน้มลดลง ค่าร้อยละระยะที่ต้องการจะลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น แต่ใกล้เคียงกันในช่วงความเร็ว 1.12-2.22 km/h ส่วนค่า Quality of feed index จะมีค่าสูงอยู่ประมาณ 51-56% ในช่วง 1.63-2.22 km/h เช่นกัน จากนั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเพิ่มความเร็วจนอย่างมาก (โดยสังเกตจากตารางที่ 5.8 เพิ่มขึ้นจาก 2.2 เป็น 2.52 km/h) ทำให้ค่า Quality of feed index ที่ได้ลดลงอย่างมากเช่นกัน ส่วน ค่า Multiple Index จะเพิ่มขึ้น ก็คือได้ระยะห่างระหว่างกลีบใกล้เคียงกันมากขึ้น ขณะเดียวกันค่า Miss Index จะลดลง คือ ได้ระยะห่างระหว่างกลีบห่างๆกันน้อยลง แสดงว่า การใช้ความเร็วทางตรง ต่ำๆ กับเงื่อนไขการใช้กระพ้อขนาด เล็กกับกระเทียมขนาดกลาง มีผลทำให้ ค่าระยะห่างระหว่างกลีบที่ได้ ใกล้เคียงกันในช่วง 1.12-2.22 km/h ในส่วนค่า Precision นั้นดีที่สุดที่ 25.9% ที่ความเร็วต่ำสุด 1.12 km/h

ดังนั้นในการทดสอบกระเทียมพันธุ์ไทยขนาดกลางกับกระพ้อขนาดเล็กได้ความเร็วรอบชุดหยอดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-60 rpm หรือความเร็วทางตรงที่ 1.12-2.22 km/h

จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้งที่ผ่านมาร้อยละของระยะห่างกลีบและค่า Quality of feed index มีค่าที่ ค่อนข้างตามลำดับ แล้วเมื่อพิจารณาจากทดลอง ความเร็วรอบชุดหยอดที่ใช้แล้วอยู่ในช่วง 31-75 rpm ซึ่งจะ สังเกตเห็นว่า เป็นค่าที่ได้จาก การคำนวณจากความเร็วทางตรง เนื่องจากการตั้งความเร็วรอบเครื่องใน ตอนแรกจะตั้งให้ตรงกับความเร็วรอบชุดหยอด ที่ 30 -70 rpm แต่เมื่อทดสอบความเร็วทางตรง ลดลง ทำให้ความเร็วรอบชุดหยอดลดลงด้วย จึงใช้ความเร็วทางตรงที่ได้เป็นตัวกำหนดช่วงความเร็วที่ใช้งาน ที่เหมาะสม แต่ในขณะเดียวกันค่าความแม่นยำที่ได้ยังต่ำกว่าค่าที่ได้เกษตรกรในปี 46 จึงมีการปรับ ความเอียงของถังให้มากขึ้น เพื่อให้ เหมาะสมกับขนาดกระเทียม และทำการทดสอบเปรียบเทียบอัตรา การหยอดกลีบกระเทียม กับค่าที่ต้องการประกอบกันด้วย

### 5.1.3 การทดสอบเปรียบเทียบอัตราการหยอดกลีบกระเทียม

#### จุดประสงค์การทดสอบ

1. เพื่อหาอัตราการหยอดของกลีบกระเทียม เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบชุดหยอด กับอัตราการหยอดที่เหมาะสม

#### วิธีการทดสอบ

1. บรรจุกลีบกระเทียมพันธุ์ไทยจาก จ.เชียงใหม่แยกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ขนาดเล็ก และกลางเต็ม ถัง (ประมาณ 15 กิโลกรัม)
2. ติดตั้งเครื่องอยู่กับที่ ตั้งความเร็วรอบชุดหยอด 5 ระดับได้แก่ 30-70 rpm
3. แต่ละเงื่อนไขทดสอบ 3 ซ้ำ โดยการทดสอบนี้ใช้กะพ้อขนาดเล็ก (ยาว25, ลึก15 ,ฐาน18 ,ยอด 8mm)ติดตั้งในชุดหยอดแถวที่ 1-4 ใช้เวลาทดสอบ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 วินาที
4. นับจำนวนกลีบที่ได้ บันทึกค่าเป็นอัตราการหยอด

#### ผลการทดสอบ

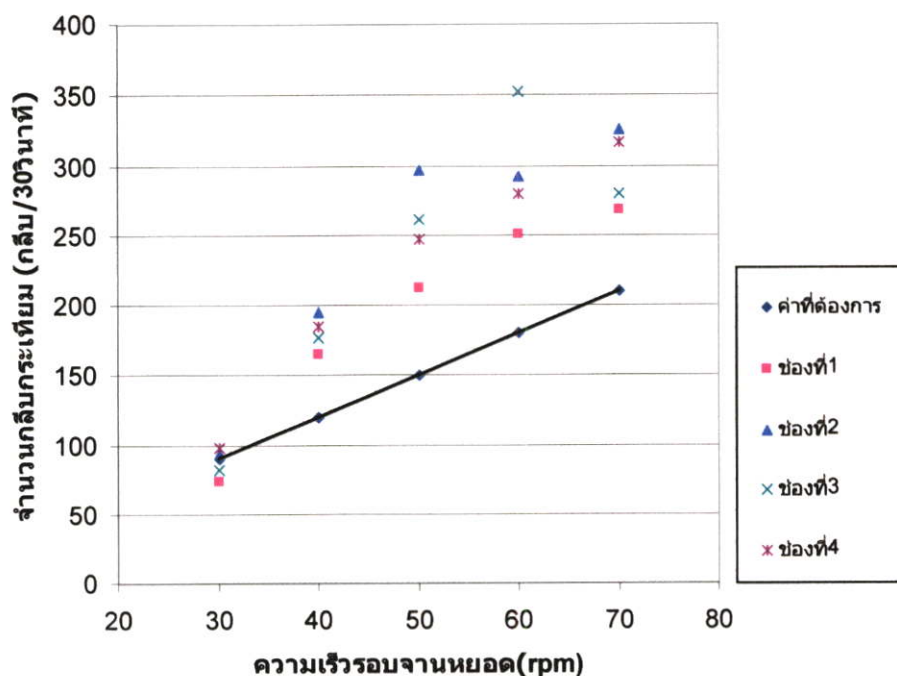
ตารางที่ 5.10 แสดงอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดเล็กที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่าง ๆ กัน

ความเร็วรอบชุดหยอด	ค่าที่ต้องการ (กลีบ)	จำนวนกลีบกระเทียม (กลีบ) ในเวลา 30 วินาที							
		ช่องที่1	%ผิดพลาด	ช่องที่2	%ผิดพลาด	ช่องที่3	%ผิดพลาด	ช่องที่4	%ผิดพลาด
30 rpm	90	74	17	94	4	82	9	98	9
40 rpm	120	165	38	196	63	177	48	185	54
50 rpm	150	213	42	298	98	261	74	247	65
60 rpm	180	251	39	292	62	352	96	280	56
70 rpm	210	268	27	326	55	280	33	317	51

หมายเหตุ ; % ผิดพลาด คือ ร้อยละความแตกต่างของค่าอัตราหยอดที่ได้กับค่าที่ต้องการ

ค่าที่ต้องการ คือ จำนวนกลีบที่คำนวณได้ในการหมุนตามความเร็วรอบในเวลา 30 วินาที

จำนวนกลีบกระเทียม คือ จำนวนกลีบที่ได้จริง ในการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างกัน ใน 30 วินาที



รูปที่ 5.5 แสดงอัตราการหยอดที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่างๆ กันของกลีบกระเทียมขนาดเล็ก

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.5 ที่ได้ จะสังเกตว่า อัตราการหยอดกลีบกระเทียมที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการหยอดที่ต้องการ แต่ยังได้ค่ามากกว่าที่ต้องการมากตามร้อยละความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงว่ากลีบกระเทียมขนาดเล็กเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับกะพ้อขนาดเล็กที่ได้จากออกแบบและสร้างขึ้นมาทดสอบ โดยที่ความเร็วรอบชุดหยอด 30 rpm ได้ค่าอัตราการหยอดใกล้เคียงที่ต้องการมากที่สุด

ผลการทดสอบ

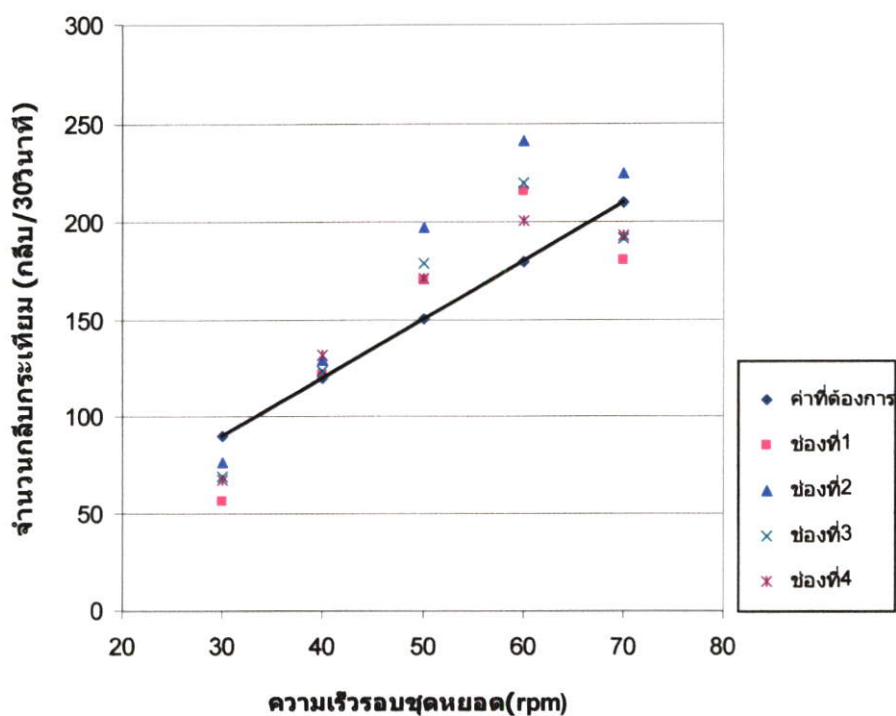
ตารางที่ 5.11 แสดงอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดกลางที่ความเร็วรอบชุดหยอดต่างๆ กัน

ความเร็วรอบชุดหยอด	ค่าที่ต้องการ (กลีบ)	จำนวนกลีบกระเทียม (กลีบ) ในเวลา 30 วินาที							
		ช่องที่1	%ผิดพลาด	ช่องที่2	%ผิดพลาด	ช่องที่3	%ผิดพลาด	ช่องที่4	%ผิดพลาด
30 rpm	90	57	37	77	15	69	23	67	25
40 rpm	120	122	2	130	8	124	3	132	10
50 rpm	150	170	14	197	32	179	19	171	14
60 rpm	180	216	20	241	34	220	22	201	11
70 rpm	210	181	14	225	7	191	9	193	8

หมายเหตุ ; % ผิดพลาด คือ ร้อยละความแตกต่างของค่าอัตราการหยอดที่ได้กับค่าที่ต้องการ

ค่าที่ต้องการ คือ จำนวนกลีบที่คำนวณได้ในการหมุนตามความเร็วรอบในเวลา 30 วินาที

จำนวนกลีบกระเทียม คือ จำนวนกลีบที่ได้จริง ในการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างกัน ใน 30 วินาที



รูปที่ 5.6 แสดงอัตราการหยอดที่ความเร็วรอบขุดหยอดต่างๆ กันของกลีบกระเทียมขนาดกลาง

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.11 และรูปที่ 5.6 จะสังเกตว่า ค่าร้อยละความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าที่ต้องการลดลง แสดงว่าอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดกลางกับกะป้อขนาดเล็ก ให้ค่าอัตราการหยอดที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ โดยเฉพาะที่ ความเร็วรอบขุดหยอด 40 rpm ใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปเงื่อนไขการใช้งานที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในแปลงปลูกเกษตรกรตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 5.12 แสดงความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม สำหรับเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว

พันธุ์กระเทียมและขนาด	GMD (mm)	ขนาดกะป้อ	ความเร็วรอบเครื่อง (rpm)	ความเร็วรอบขุดหยอด (rpm)	ความเร็วทางตรง (km/h)	ระยะห่างกลีบเฉลี่ย (cm)
พื้นเมือง ขนาดกลาง	15.2	กลาง	เกียร์ 1, 1000	40	1.43	7.5
			เกียร์ 1, 1400	50	1.80	6.8
ไทย ขนาดเล็ก	8.70	เล็กมาก	เกียร์ 1, 800	30	1.16	8.8
			เกียร์ 1, 1200	45	1.60	8.6
			เกียร์ 1, 1400	50	1.86	8.5
ไทย ขนาดกลาง	12.4	เล็ก	เกียร์ 1, 800	30	1.12	10.8
			เกียร์ 1, 1100	40	1.46	9.4
			เกียร์ 1, 1400	50	1.85	8.2
			เกียร์ 1, 1700	60	2.20	7.9

หมายเหตุ ; เล็กมาก คือ ขนาดกะป้อที่ออกแบบใหม่ เป็นขนาด ยาว22, ลึก12, ฐาน15, ยอค8mm

## 5.2 การทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แฉวในแปลงเกษตรกร

### 5.2.1 หาความสามารถทางไร่ของเครื่องปลูก

จุดประสงค์ในการทดสอบ

หาความสามารถของเครื่องปลูกในแปลงเกษตรกร ที่มีลักษณะแตกต่างกันใน 3 พื้นที่

วิธีการทดสอบ

1. เก็บข้อมูลสภาพพื้นที่ที่ทดสอบ ได้แก่ขนาดร่องปลูก ร้อยละความชื้นดิน (%Moisture Content :MC) ขนาดก้อนดิน (Mean Mass Diameter : MMD) และการวัดความต้านทานการแทงทะลุดิน(Cone Index :CI) ตามรูปที่ 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ โดยแสดงผลในตารางที่ 5.13

2.เก็บข้อมูลความสามารถต่างๆของเครื่องปลูกกระเทียม ได้แก่ ปริมาณกระเทียมที่ใช้ ความเร็วทางตรงในการทำงาน ความลึกในการปลูก ร้อยละการกลบดินของตัวกลบร่องปลูก ร้อยละการสิ้นไถล (%slip) เวลาในการเลี้ยงและความสามารถของเครื่องปลูกโดยเปรียบเทียบกับกรปลูกโดยเกษตรกร ตามรูปที่ 5.9 และ5.10 ตามลำดับ โดยแสดงผลในตารางที่ 5.14

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 5.13 สรุปคุณสมบัติของพื้นที่ที่ทดสอบ

สภาพพื้นที่	ชนิด	การเตรียมดิน	ขนาดร่อง(กxย)= ม <sup>2</sup> (เทียวยต่อร่อง)	%MC (db)	MMD (mm)	CI (N/cm <sup>2</sup> )
อ.ผาง ปลูกกระเทียมทุกปี	ทราย	ไถด้วยจอบหมุน 1 เทียว (รถแทรกเตอร์50 แรงม้า)	1.2x54.4=65.4 (1)	23.87	10.35	24-178.2
อ.แม่คะ ปีที่แล้วปลูกผัก	ทราย	ไถด้วยจอบหมุน 1 เทียว (รถไถเดินตาม5 แรงม้า)	2.16x23.2=50.1 (2)	27.84	14.72	37.2-132
อ.แม่แตง ปลูกกระเทียมทุกปี	ทราย	ไถด้วยจอบหมุน 1 เทียว (รถไถเดินตาม 5 แรงม้า)	2.75x36.74=101.03 (3)	26.52	*	30.6-146.4

\*พื้นที่เป็นดินทรายเปือก ไม่สามารถหาค่า MMD ได้ และดินร่วน ชุ่มมาก



รูปที่ 5.7 การหาขนาดก้อนดิน (MMD)



รูปที่ 5.8 การวัดความต้านทานการแทงทะลุดิน  
(Cone Index)

ตารางที่ 5.14 ผลการทดลองปลูกกระเทียมในแปลงเกษตรกร โดยใช้เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว

ว/ค/ป	สถานที่ทดลอง	รอบงานหยอด, (เกียร์, เครื่อง) (rpm)	การปลูกโดยใช้เครื่องปลูก					ประสิทธิภาพเครื่องปลูก					
			พันธุ์กระเทียม	kg/rai	กิลิป/ เมตร	SD	%CV	ความเร็ว (km/h)	การรอบ (%)	ปลูกลึก (mm)	ความสามารถ rai/h (เดี่ยว, sec)	slip (%)	
3/11/2548	อ.แม่แตง**	40, (1,1100)	จีนไม่คัดขนาด	134	14	18.12	13.28	1.27					
		45, (1,1300)	จีนไม่คัดขนาด	134	16	26.43	16.24	1.43	87	31-33	0.37(5)	6.28	
29/11/2548	อ.แม่ตะ***	42, (1,1200)	พื้นเมือง,เล็ก	134	20	26.37	12.87	1.61	64	34	0.405(20)	2.18	
29/11/2548	เครื่องอยู่กับที่	42, (1,1200)	ไทย, ใหญ่	149	9	4.39	12.04						
29/11/2548	เครื่องอยู่กับที่ 2คนปลูก/ร่อง	42,(1,1200)	พื้นเมือง,เล็ก	203	17	12.93	18.2						
			พื้นเมือง,เล็ก	107	10						0.033		
21/11/2548	อ.ฝาง***	45,(1,1300)	จีน, กลาง	141	9	14.89	8.43	1.61	84	26-29	0.75 (29.67)	2.54	
21/11/2548	เครื่องอยู่กับที่	40, (1,1150)	จีน, กลาง	221	13	4.46	9.45						
21/11/2548	เครื่องอยู่กับที่	42, (1,1200)	จีน, กลาง	251	14	5.55	9.29						
21/11/2548	2คนปลูก/ร่อง		จีน, กลาง	143	8						0.04	6.08	

หมายเหตุ: \*\*\*แปลงใน อ.ฝาง ใช้กระเทียมที่แกะ และคัดขนาดโดยเครื่องคัดกระเทียม และแปลงที่อ.แม่ตะ ใช้กระเทียมปลูก ที่จักนแกะ

\*\*แปลงอ.แม่แตง ใช้กระเทียมที่เก็บไว้ และใช้จักนแกะ ไม่มีการคัดขนาดก่อนใช้เครื่อง



รูปที่ 5.9 แปลงเกษตรกรปลูก



รูปที่ 5.10 แปลงใช้เครื่องปลูก ศูนย์วิจัยพืช อ.ฝาง

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.14 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพ เครื่องปลูกกระเทียมจำนวน 10 แถว ในแปลงเพาะปลูก อำเภอแม่แตง อำเภอแม่ตะ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องปลูกกระเทียมทำงานที่เกียร์ 1 ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,100-1,300 rpm (40-50 rpm) มีความเร็วในการทำงานตั้งแต่ 1.27-1.61 km/h มีความสามารถในการทำงาน 0.37-0.75 ไร่/ชม. แปลงที่ อ.ฝางมีความสามารถสูงสุดที่ 0.75 ไร่/ชม. ความเร็วทางตรงที่ 1.61 km/h ซึ่งมีความชันน้อยกว่าอีก 2 แปลงสามารถทำงานได้คล่องตัว

เนื่องจากแปลงมีความยาวมากทำให้มีความเร็วทางตรงค่อนข้างจะคงที่ ประกอบกับร่องขนาดเล็ก ความกว้างแต่ละร่องเพียง 1.2 m สามารถวิ่งปลูกได้เพียงเที่ยวเดียวและมีจำนวนร่องปลูกถึง 6 ร่อง แต่ละร่องจะมีร่องน้ำกัน เป็นพื้นที่ค่อนข้างใหญ่ สามารถทำงานได้สะดวก ทำให้มีพื้นที่ทำงานได้มากกว่าแปลงในอีก 2 พื้นที่

ความสามารถของเครื่องปลูกนั้นจะขึ้นอยู่กับ ความเร็วทางตรงและความคล่องตัวในการทำงาน ซึ่งจะสืบเนื่องจากสภาพดิน ได้แก่ ชนิดดิน ความชื้นดิน ขนาดก้อนดินที่ได้จากการไถเตรียมดิน ดังนั้น ถ้าดินเป็นดินทราย มีความชื้นพอเหมาะ (ไม่แฉะ) ได้รับการไถเตรียมดินที่ดีทำให้มีขนาด MMD เล็ก เครื่องปลูกก็สามารถทำงานได้ดี และมีการกลบดินค่อนข้างสมบูรณ์

ส่วนการเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องปลูกกับเกษตรกรนั้น ความสามารถของเครื่องปลูกเร็วกว่าคนปลูกประมาณ 10 -15 เท่า โดยที่เครื่องปลูกใช้คนควบคุมเพียง 1 คน ทำงานเต็มพื้นที่ แต่คนปลูกใช้คน 2 คน ต่อ 1 ร่องปลูก

เมื่อพิจารณาความคล่องตัวในการทำงาน หรือเวลาในการเลี้ยวหัวงาน จากทั้ง 3 แปลงพบว่า เวลาที่ใช้ในการเลี้ยวหัวแปลงต่อ 1 ครั้ง มีค่าตั้งแต่ 5-30 วินาที โดยที่แปลงอ.แม่แดงใช้เวลาน้อยที่สุด 5 วินาที เนื่องจากบริเวณหัวแปลงมีพื้นที่สำหรับเลี้ยวพอดี แปลง อ.แม่จะมีการเว้นพื้นที่ หัวแปลงไว้สำหรับเลี้ยวแต่เนื่องจากเป็นดินเหนียว และมีฝนตกลงมาก่อนการทดสอบ สภาพดินแฉะ ทำให้ลื่นและเลี้ยวยากขึ้น จึงใช้เวลาเลี้ยวไปถึง 20 วินาที ส่วนแปลงอ.ฝางนั้นการเลี้ยวหัวแปลงแต่ละครั้งคือการกลับรถเพื่อไปเริ่มต้นร่องใหม่ จึงทำให้ใช้เวลาไปถึง 30 วินาที เพราะฉะนั้น ปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาในการเลี้ยวคือ ลักษณะดิน และหัวแปลง และตัวกำหนดระยะ (marker)

จากตารางที่ 5.14 ในการปลูกจริง เมื่อพิจารณาปริมาณกระเทียมที่ใช้ พบว่า เครื่องปลูกจะใช้กระเทียมมากกว่าเกษตรกร ประมาณ 20% ส่วนอัตราการหยอด (กลีบต่อเมตร) เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องปลูก จะใช้กระเทียมกลีบเล็กมากกว่ากลีบขนาดกลางประมาณ 20 -55 %

ส่วนอัตราการหยอด (กลีบต่อเมตร) ได้ค่าเฉลี่ยในช่วง 9-20 กลีบต่อเมตร โดยที่อ.ฝางมีค่าดีที่สุดคือ 9 กลีบต่อเมตร เนื่องจากใช้กระเทียมที่คัดขนาดแล้วมีค่าใกล้เคียงกับกระเทียมพันธุ์ไทย ขนาดกลางที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ในแปลงอ.แม่แดงเนื่องจากใช้กระเทียมที่ยังไม่คัดขนาดแต่มีขนาดใกล้เคียงกันและเล็กกว่าที่ทดสอบที่ อ.ฝาง ได้ 14-16 กลีบต่อเมตร ส่วนที่อ.แม่จะใช้กระเทียมมากที่สุดถึง 20 กลีบต่อเมตร เนื่องจากใช้กระเทียมขนาดเล็ก

การกลบดินของอุปกรณ์กลบดินขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และวิธีการเตรียมดิน โดยจากตารางที่ 5.14 ผลการทดสอบร้อยละ การกลบ ของแปลงเกษตรกรที่อำเภอแม่ทะ มีค่าต่ำสุด คือ 64 % เนื่องจากสภาพดินเป็นดินเหนียวปนทราย และก้อนดินมีขนาดใหญ่สุด MMD มีค่า 14.72 mm ดังนั้น ทำให้อุปกรณ์กลบดินทำงานได้ไม่สะดวก ดินจะมีการอุดตันอยู่ที่หน้าตัวเปิดร่องและอุปกรณ์กลบเป็นแผ่นยางไม่มีแรงเพียงพอจะกวาดดินกลบร่องได้ ส่วนร้อยละการกลบในแปลงปลูกที่อำเภอแม่แดง และอำเภอฝาง มีค่ามากกว่า 80% ทั้งนี้เนื่องจากดินเป็นดินทราย และก้อนดินมีขนาดเล็ก ที่มีการเตรียมดิน

อย่างดี อำเภอฟางค่า MMD มีค่า 10.35 mm และที่อำเภอแม่แตง สภาพดินเป็นดินทราย พื้นที่ที่มีการไถเตรียมดินอย่างดี ก้อนดินมีขนาดเล็ก และมีความชื้นในขณะที่ทำกรทดสอบ จึงไม่มีการหาค่า MMD จากการประมาณค่าจากสภาพพื้นที่ ที่พบเห็น ค่า MMD มีค่าน้อยกว่า 8 mm และนอกจากนี้ยังต้องพิจารณาความแม่นยำของระยะดันกระเทียมและผลผลิตที่ได้ควบคู่กันไปด้วย

### 5.2.2 ความแม่นยำในการปลูกของเครื่องปลูก

หลังจากปลูกไปแล้วประมาณ 120 วัน ก็จะวัดค่าระยะห่างระหว่างต้นของแต่ละแถว ใน 1 ตารางเมตร ความลึกของหัวกระเทียมในดิน ขนาดGMD หัวกระเทียม และน้ำหนักต่อ 1 ต้น แล้วนำไปคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าร้อยละของระยะต้นที่ต้องการช่วง 8-13 cm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของระยะต้นที่ต่างกัน ดัชนีการลงหลายเมล็ด (Multiple Index) ดัชนีการเว้น(Miss Index) ดัชนีคุณภาพการหยอด(Quality of Feed Index) และ ค่าความแม่นยำ (Precision) ดังแสดงในตารางที่ 5.15 และ5.16 ตามลำดับ และรูปแสดงลักษณะแปลง ตัวอย่างที่สุ่มเก็บข้อมูล ผลผลิตกระเทียมที่ปลูกโดยเครื่องปลูก โดยเกษตรกร ตามรูปที่ 5.11 ถึง5.14



รูปที่ 5.11 ลักษณะแปลงที่ศูนย์วิจัยพืช อ.ฟาง



รูปที่ 5.12 ตัวอย่างที่สุ่มเก็บข้อมูล



รูปที่ 5.13 ผลผลิตกระเทียมที่ปลูกโดยเครื่องปลูก



รูปที่ 5.14 ผลผลิตกระเทียมที่ปลูกโดยเกษตรกร

ตารางที่ 5.15 แสดงผลความแม่นยำของระยะห่างระหว่างต้นระหว่างเครื่องปลูกกับเกษตรกรในปี 2548

ตัวอย่างที่	จำนวน N	ระยะห่างระหว่าง กลีบเฉลี่ย(cm)	ร้อยละ ระยะต้องการ	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานรวม	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision (%)
แปลงที่ อ.ฝาง								
เกษตรกรปลูก	120	17.27	34.98	8.66	2.08	36.44	61.48	19.50
เครื่องปลูก	113	17.59	23.08	12.67	19.39	44.39	36.23	27.24
แปลงที่ อ.แม่แตง								
เกษตรกรปลูก	193	12.27	58.35	6.67	9.69	17.26	73.05	21.61
เครื่องปลูก	198	12.61	24.69	10.93	29.91	28.96	41.59	27.64

หมายเหตุ แปลงที่ อ.แม่แตง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เนื่องจากพ่อค้าคนกลางมารับซื้อถึงที่ เกษตรกรจึงขายไปทันที

ตารางที่ 5.16 แสดงผลความแม่นยำของระยะห่างระหว่างต้นระหว่างเครื่องปลูกกับเกษตรกรในปี 2546

แปลงที่ อ.แม่แตง	จำนวน N	ระยะห่างระหว่าง กลีบเฉลี่ย(cm)	ร้อยละ ระยะต้องการ	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานรวม	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision (%)
เกษตรกรปลูก	238	11.80	71.78	4.12	1.68	14.71	83.61	20.93
เครื่องปลูก	239	11.73	37.53	6.28	17.32	25.35	57.33	27.22

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.15 ได้ว่า เมื่อพิจารณา ระยะต้นกระเทียมเฉลี่ย ดีที่สุดเท่ากับ 12.27 เซนติเมตร ร้อยละของระยะห่างกลีบ 8-13 เซนติเมตรจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 58.35% และค่าดัชนีคุณภาพการหยอดมากที่สุดที่ 73.05% เกิดขึ้นในแปลงเกษตรกรที่ อ.แม่แตง ส่วนค่าความแม่นยำที่ดีที่สุดเกิดขึ้นในแปลงเกษตรกรที่ อ.ฝาง แต่ก็ใกล้เคียงกับแปลงเกษตรกรที่ อ.แม่แตง ส่วนในการปลูกกับเครื่องปลูก ยังได้ค่าความแม่นยำและค่าดัชนีคุณภาพการหยอดไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากเกษตรกร และส่งผลให้ค่าอื่น ๆ ยังไม่ดีเช่นเดียวกัน

พิจารณาระยะห่างต้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12-17 cm เมื่อเปรียบเทียบกับในแต่ละพื้นที่ ระหว่างเกษตรกรกับเครื่องปลูก มีค่าใกล้เคียงกัน แต่สังเกตว่าแปลง อ.ฝาง มีระยะต้นมากทั้งเกษตรกรและเครื่องปลูก แสดงว่ามีความสามารถในการงอกต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก พันธุ์กระเทียมที่ใช้ไม่ค่อยสมบูรณ์นัก เปรียบเทียบกับใน แปลงที่ อ.แม่แตง ได้ระยะเพียง 12 cm ซึ่งเป็นพันธุ์กระเทียมที่เกษตรกรเก็บไว้ขยายพันธุ์ นอกจากนี้เมื่อเทียบกับระยะต้นจากตารางที่ 16 ในปี 46 ก็มีค่าใกล้เคียงกัน เพียงแต่ถ้าเป็นพื้นที่ที่ปลูกกระเทียมทุก ๆ ปีก็จะมีความสามารถในการงอกน้อยลง

เมื่อพิจารณาร้อยละระยะปลูกที่ต้องการในช่วง 8-13 cm ตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม แล้วพบว่า แปลงเกษตรกรมีค่าสูงกว่าเครื่องประมาณ 34-58% แสดงว่าเครื่องปลูกยังให้ระยะที่ต้องการน้อยอยู่ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาร้อยละของระยะต้นที่ต้องการ โดยเปรียบเทียบกับระหว่าง อ.ฝาง กับ อ.

แม่แดง ของเกษตรกรปลูกจะสังเกตได้ว่ามีค่าต่างกันประมาณ 40% ทั้งนี้เนื่องจากพันธุ์กระเทียมที่ใช้ และการบำรุงดูแลรักษาของเกษตรกรด้วย

ค่า Multiple Index หรือค่าดัชนีบ่งบอกลักษณะการปลูกที่ชิดติดกัน โดยที่แปลงของเครื่องปลูก นั้นมีมากกว่าประมาณ 68-89% เมื่อเทียบกับแปลงเกษตรกร แสดงให้เห็นว่า แปลงของเครื่องปลูกมีต้นที่ชิดติดกันมาก ตามอัตราการหยอด และปริมาณกระเทียมที่มาก และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้ง 2 แปลงพบว่า แปลงที่ อ.แม่แดงมีค่า Multiple Index สูงกว่า เนื่องจากมีความสามารถในการงอกสูงกว่า

ค่า Miss Index หรือค่าดัชนีบ่งบอกการเว้นว่าง เป็นระยะต้นห่างกัน โดยเครื่องปลูกมีมากกว่า เกษตรกรประมาณ 18-40% แสดงให้เห็นว่า เครื่องปลูกยังให้ระยะต้นที่มากไปอีกด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกัน 2 พื้นที่ พบว่า แปลงที่ อ.แม่แดงมีค่า Miss Index น้อยกว่ามาก แสดงว่า ความสมบูรณ์ พันธุ์กระเทียมที่ใช้ในการปลูกมีผลสำคัญต่อความสามารถในการงอก

ค่า Quality of feed index หรือค่าดัชนีแสดงคุณภาพการหยอด โดยเครื่องปลูกมีค่าน้อยกว่า เกษตรกรประมาณ 41-43% แสดงให้เห็นว่า เครื่องปลูกยังให้ระยะต้นที่เหมาะสมน้อยเกินไป และเมื่อเปรียบเทียบกัน 2 พื้นที่ พบว่า แปลงที่ อ.แม่แดงมีค่า Quality of feed index มากกว่าทั้งนี้เป็นผลจากความสมบูรณ์ของพันธุ์กระเทียมที่ใช้ในการปลูก

ค่า Precision หรือ ค่าความแม่นยำของเครื่องปลูก ที่ อำเภอฝาง อำเภอแม่แดง ได้ประมาณ 27% ซึ่ง เครื่องปลูกมีประสิทธิภาพความแม่นยำในการปลูกแตกต่างจากเกษตรกรอยู่ประมาณ 21.8-28.4% แสดงให้เห็นว่า เครื่องปลูกยังไม่มีความแม่นยำ เนื่องจากกลไกการหยอดยังมีประสิทธิภาพน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างฤดูการปลูกปี 2546 กับ 2548 ในแปลง อ.แม่แดง พบว่า ระยะห่างเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกัน แต่ร้อยละของระยะที่ต้องการและค่าดัชนีแสดงคุณภาพการหยอด ต่างกันมาก แต่มีแนวโน้มลดลง ทั้งการปลูกโดยเกษตรกรและเครื่องปลูก ทั้งนี้มีสาเหตุจากปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ความสมบูรณ์พันธุ์กระเทียมที่ใช้ในการปลูก ความสมบูรณ์ของดิน ที่ปลูกแต่ละปี และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ไม่สามารถควบคุมได้

### 5.2.3 การเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้กับเกษตรกร

เมื่อเก็บข้อมูล และคำนวณต่างๆ ออกมาเปรียบเทียบกันแล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเก็บผลผลิตกระเทียมที่ได้จากเครื่องปลูกเปรียบเทียบกับเกษตรกรปลูก โดยมีการวัดค่าต่างๆ ได้แก่ ความลึกของหัวกระเทียมที่อยู่ภายในดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometric Mean Diameter: GMD) น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น และผลผลิตเป็นกิโลกรัมต่อไร่ แสดงตามตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 แสดงผลผลิตกระเทียมที่ได้จากเครื่องปลูกเปรียบเทียบกับคนปลูก ปี2548

ตัวอย่างที่	ปลูกลึก (mm)	ผลผลิต (kg/rai)	GMD (mm)	จำนวนต้น ใน 1 ตร.ม.	น้ำหนักต้น ใน 1 ตร.ม.	น้ำหนักต่อ ต้น (g)
แปลงที่ อ.ฝาง เกษตรกรปลูก	26.7	3,760	33.1	47	2.35	51
	เครื่องปลูก	24.6	2,969	29.3	51	1.86
แปลงที่ อ.แม่แตง เกษตรกรปลูก	24.9	4,867	30.9	73	3.04	41.94
	เครื่องปลูก	25.2	4,307	30.5	72	2.69

ตารางที่ 5.18 แสดงผลผลิตกระเทียมที่ได้จากเครื่องปลูกเปรียบเทียบกับคนปลูก ปี2546

ตัวอย่างที่	ปลูกลึก (mm)	ผลผลิต (kg/rai)	GMD (mm)	จำนวนต้น ใน 1 ตร.ม.	น้ำหนักต้น ใน 1 ตร.ม.	น้ำหนักต่อ ต้น (g)
แปลงที่ อ.แม่แตง เกษตรกรปลูก	-	3,250	31.7	82	-	-
	เครื่องปลูก	34.0	2,217	31.7	83	2.9

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 5.17 จะเห็นว่า เมื่อพิจารณาในปี 2548 ผลผลิตที่ได้จากแปลงเกษตรกรสูงกว่าผลผลิตที่ได้จากเครื่องปลูก คิดเป็นร้อยละอยู่ในช่วง 11-21% โดยที่แปลงเกษตรกร มีน้ำหนักต่อต้นมากกว่า ในขณะที่ขนาด GMD มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกัน 2 พื้นที่ พบว่า แปลงที่ อ.แม่แตงได้ผลผลิตมากกว่า ทั้งนี้เป็นผลจาก ความสมบูรณ์ของพันธุ์กระเทียมที่ใช้ในการปลูก และการบำรุงดูแลรักษาของเกษตรกร

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลผลิตจากตารางที่ 5.18 แปลงเกษตรกรในปี 2546 เทียบกับ 2548 ผลผลิตเพิ่มขึ้นในช่วง 13-27% ทั้งนี้เนื่องจากเป็นจากสภาพอากาศที่ดีกว่าทำให้มีน้ำหนักต่อต้น มากกว่า

#### 5.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องปลูกขนาด 10 แถว

จากการทดสอบและปรับปรุงเครื่องในห้องปฏิบัติการแล้วนำไปทดสอบใช้จริงในแปลงเกษตรกร ผลลัพธ์ ที่ได้ออกมา มีหลายประการดังนี้

5.2.4.1 สามารถนำเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวมีหน้ากว้างในการทำงาน 1 เมตร ลงใช้ในพื้นที่เกษตรกรที่ต่างกัน 3 ลักษณะได้แก่ แปลงขนาด 1.2 เมตร เป็นดินทราย แปลงขนาด 2.16 เมตรเป็นดินเหนียวปนทรายที่แฉะ และแปลงขนาด 2.75 เมตรเป็นดินทรายชั้น

5.2.4.2 เครื่องปลูกมีความเร็วในการทำงาน ที่เหมาะสมคือ 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะให้ความสามารถ ของเครื่องปลูกมากที่สุดที่ 0.75 ไร่ต่อชั่วโมง (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพดินและขนาดความกว้างของแปลงด้วย) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องปลูกกับเกษตรกรนั้น ความสามารถของเครื่องปลูกเร็วกว่าคน ประมาณ 10 -15 เท่า โดยที่เครื่องปลูกใช้คนควบคุมเพียง 1 คน แต่คนปลูกใช้คน 2 คน ต่อ 1 ไร่ปลูก

5.2.4.3 เครื่องปลูกมีความแม่นยำน้อยกว่าเกษตรกร ประมาณ 25 % ร้อยละของระยะต้นที่ต้องการน้อยกว่าเกษตรกรปลูกประมาณ 46% ส่วนในการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมานั้น แสดงให้เห็นว่า ค่าที่ได้ยังไม่เป็นที่พอใจ ของเกษตรกรและผู้วิจัยเอง

5.2.4.4 ผลผลิตที่ได้จากเกษตรกรปลูกมีมากกว่าจากเครื่องปลูก โดยที่ผลผลิตที่ได้จากแปลงแม่แดง มีมากกว่า แปลง อ.ฝาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัยได้แก่ พันธุ์กระเทียมที่ใช้ปลูกต้องสมบูรณ์ เก็บรักษาอย่างดี ไม่มีเชื้อรา อายุพอเหมาะในการทำพันธุ์ประมาณ 8-10 เดือน ต่อมาเป็นปัจจัยของสภาพดินที่ต้องมีความสมบูรณ์พอประมาณ สภาพอากาศที่ต้องหนาวเป็นช่วงเวลานานก็มีผลทำให้ขนาดหัวกระเทียมโต และมีน้ำหนักต่อหัวมาก นอกจากนี้ยังรวมถึงการดูแลรักษาที่ดีเป็นส่วนประกอบด้วย

จากผลสรุปการทดสอบพบว่า เครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แแถว นั้นสามารถทำงานได้ในพื้นที่เกษตรกรจริง แต่ยังมีปัญหาระยะระหว่างกลีบและต้นกระเทียมยังได้ไม่สม่ำเสมอในช่วง 8-13 cm เกิดจากปัญหาที่สำคัญดังนี้

- ก. ความไม่แน่นอนในตัดกระเทียมของกะพ้อ จากตั้งบรรจุกว่าตัดได้ครั้งละ 1 กลีบหรือไม่
- ข. ปัญหาจานหยอดกะพ้อ กับตั้งบรรจุที่ยังไม่เหมาะสมกัน ทำให้ไม่ได้ระยะกระเทียมที่ต้องการ เนื่องจากเมื่อเปลี่ยนขนาดกะพ้อให้เหมาะกับขนาดกระเทียมแล้ว แต่ลักษณะถังยังคงเดิม
- ค. ในการเหวี่ยงกระเทียมสู่ร่องปลูกนั้น โดยผ่าน ช่องทางออก และท่อลำเลียงนั้น ยังใช้งานได้ไม่ดี
- ง. เนื่องจากต้องการระยะห่างระหว่างแถวเพียง 10 cm ดังนั้น ถ้าตัวเปิดร่อง เปิดร่องขนาดกว้างเกินไป ทำให้เมื่อกลีบกระเทียม ลงมาอาจมีระยะใกล้กันจนทำให้มีความคลาดเคลื่อนระหว่างแถวได้
- จ. ความลึกในการปลูกที่มาจากการเปิดร่องไม่จำเป็นต้องมาก แต่ต้องลึกสม่ำเสมอเนื่องจากถ้าลึกมากจะทำให้กระเทียมโตช้า

## 5.2.5 แนวทางการปรับปรุงเครื่องปลูกให้มีความแม่นยำ

จากการนำเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถวไปทดสอบในแปลงเกษตรกรแล้วพบว่า ค่าต่างๆ ที่ต้องการเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกเกษตรกรยังไม่มีเท่าที่ควร ต้องมีการปรับปรุงในด้านต่างๆ ดังนี้

5.2.5.1 เนื่องจากเครื่องปลูกมีกลไกในการทำงานไม่ซับซ้อน ควรมีการคัดขนาดกลีบกระเทียมก่อนการใช้งานเครื่องปลูก

5.2.5.2 ต้องปรับปรุงกลไกการหยุด หรือลำเลียงกลีบกระเทียมให้สามารถหยุดได้ที่ละกลีบ โดยต้องปรับปรุงถังบรรจุ ที่ทำให้การไหลของกระเทียมจากถังส่วนบนให้น้อยลง โดยปรับช่องที่กระเทียมไหลลงมาให้เล็กลง สามารถปรับได้ตามขนาดกระเทียม ปรับความเอียงของถังให้กระเทียมสามารถไหลได้พอดีกับที่กะพ้อสามารถตักกลีบกระเทียมได้ที่ละ 1 กลีบ

5.2.5.3 ปรับลักษณะงานหยุด กับกะพ้อ ให้สามารถเปลี่ยนขนาด และปรับความยาวของแขนกะพ้อที่พอดีกับกระเทียมแต่ละขนาด โดยที่สามารถเปลี่ยนได้ง่าย

5.2.5.4 ส่วนช่องปล่อย ควรมีแผ่นยางกันขณะปล่อยลงสู่ ช่องรับที่ขนาดพอดี ที่ไม่ให้กระเทียมตกคืนถัง ช่องรับควรเป็นกรวย ต่อกับท่อ และท่อลำเลียงควรบรรจบวนเส้นการเดินทางของกระเทียมน้อยที่สุด

5.2.5.5 เนื่องจากต้องการระยะห่างระหว่างแถวเพียง 10 cm ดังนั้น ชุดเปิดร่องไม่จำเป็นต้อง มีความกว้างในการเปิดร่องมาก และไม่จำเป็นจะต้อง ให้ร่องลึกด้วย

5.2.5.6 ควรมีตัวปรับระดับดินไว้ด้านหน้าชุดเปิดร่องด้วยเพื่อให้ดินเรียบสามารถทำงานได้ง่าย

5.2.5.7 ควรมีช่องถ่ายกระเทียมออกด้วย เพื่อความสะดวกในการทำความสะดวก

แนวทางดังกล่าวมาแล้วนี้เป็นแนวทางคร่าว ๆ ในการที่จะแก้ไขปัญหาที่เครื่องปลูกยังขาดความแม่นยำอยู่ จึงได้ศึกษาต่อถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการหยุดด้วยกะพ้อลำเลียง โดยจะพิจารณาตั้งแต่การเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมจากการตักด้วยกะพ้อและเหวี่ยง ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อที่ 5.3

### 5.3 การทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมลงสู่ดิน

5.3.1 การคำนวณการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมจากสมการ

จากสมการการเคลื่อนที่ ที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 นำมาใช้คำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียม โดยมีเงื่อนไขการคำนวณและใช้สมการดังนี้

5.3.1.1 คำนวณหาค่ามุมปล่อย ( $\theta_{release}$ ) และตำแหน่งการปล่อยของกลีบกระเทียมจากงานกะพ้อ โดย

- จากสมการ 3.1  $V_{bucket} = \frac{2\pi rn}{60}$  หาค่าความเร็ว  $V_{bucket}$  จากความเร็วรอบ  $n$  ในช่วง 30 -70 rpm และใช้ค่ารัศมี  $r$  เป็น 0.104 ,0.105 และ 0.107 เมตรตามลำดับ (รัศมีนี้ได้จากครึ่งหนึ่งของด้านความหนาของกลีบกระเทียมแต่ละขนาดใช้ 3 ขนาด โดยสมมติให้เป็นลักษณะการวางตัวของกลีบกระเทียมก่อนที่จะหลุดออกจากกะพ้อ)

- จากสมการ 3.2  $\cos\theta_{release} = \frac{V_{release}^2}{rg}$  หาค่ามุมปล่อยกลีบกระเทียมจากงานกะพ้อ

- หาค่าตำแหน่งการปล่อยโดยคำนวณจากค่ารัศมี และจากค่ามุมปล่อยที่ได้ ซึ่งเทียบด้วยวิธีตรีโกณมิติ

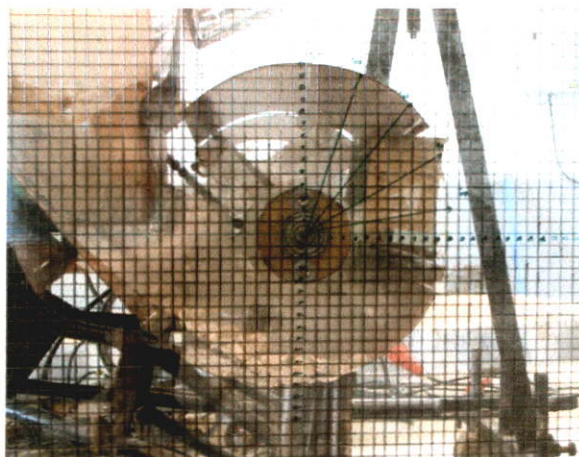
5.3.1.2 จำนวนหาความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y จากสมการ 3.7

$$y = - \left[ \sqrt{\left( \frac{gr}{v_{bucket}^2} \right)^2 - 1} \right] x - \frac{1}{2r} \left[ \frac{gr}{v_{bucket}^2} \right]^3 x^2$$

จะได้สมการเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้

### 5.3.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ที่กลีบกระเทียม

การทดสอบนี้เพื่อหาสมการเส้นโค้งของเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียม หลังจากถูกเหวี่ยงออกมาจากกระพ้อ และนำไปเปรียบเทียบกับสมการที่ได้จากการคำนวณ มีวิธีการทดสอบ โดยจะติดตั้งถังบรรจุและชุดจานหยอดกระเทียมกับต้นกำลังขนาด 5 แรงม้า ตามรูปที่ 5.15 ใช้ความเร็วรอบชุดหยอดที่ 30-70 rpm แล้วพิจารณาเส้นทางการเคลื่อนที่ที่กลีบกระเทียม ใช้กระเทียมขนาดเล็ก กลาง กับกระพ้อขนาดเล็ก และกระเทียมขนาดใหญ่กับกระพ้อขนาดกลาง โดยการตัดและปล่อยกระเทียมด้วยจานหยอดกระพ้อด้วยการ ใช้วิธีจับภาพด้วยกล้องบันทึกภาพ (กล้อง Digital Video Camera Recorder Handycam ยี่ห้อ sony รุ่น DCR-HC85E) เป็นเวลา 30 วินาที แล้วบันทึกตำแหน่งของกลีบกระเทียมในขณะที่เคลื่อนที่ออกจากกระพ้อ โดยความสามารถกล้องจับภาพได้ 25 ภาพ ในเวลา 1 วินาที ซึ่งนับจำนวน 10 กลีบนำค่าแห่งต่างๆ ที่ได้ มาเขียนกราฟแล้ว ใช้วิธี fitted curve เพื่อระบุเป็นเส้นโค้งของแต่ละความเร็วรอบที่ทดสอบ



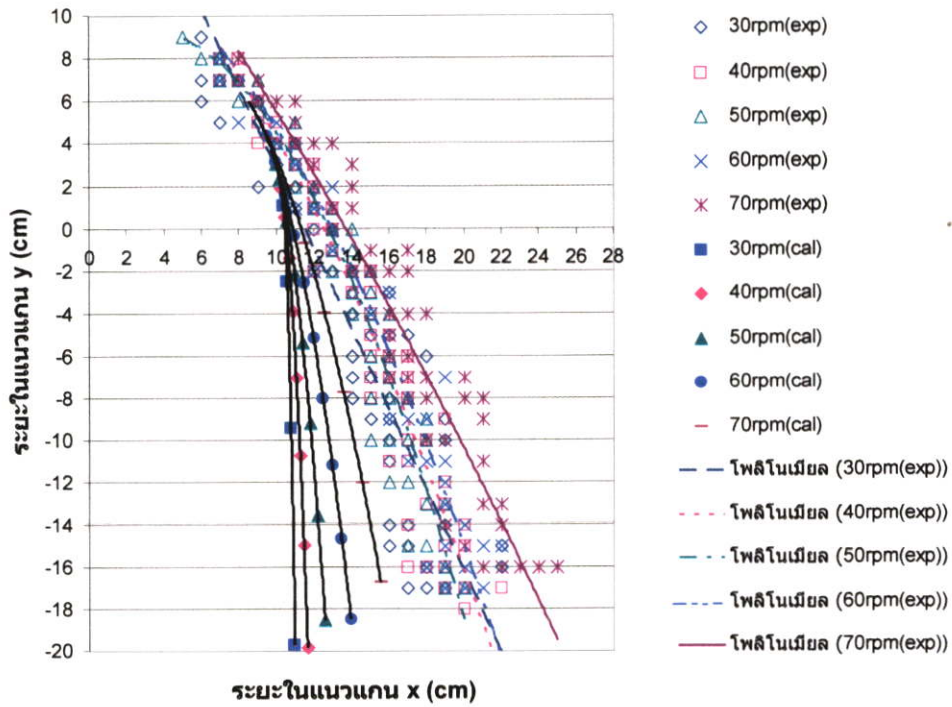
รูปที่ 5.15 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ที่กลีบกระเทียม

### ผลการศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่กليبกระเทียม

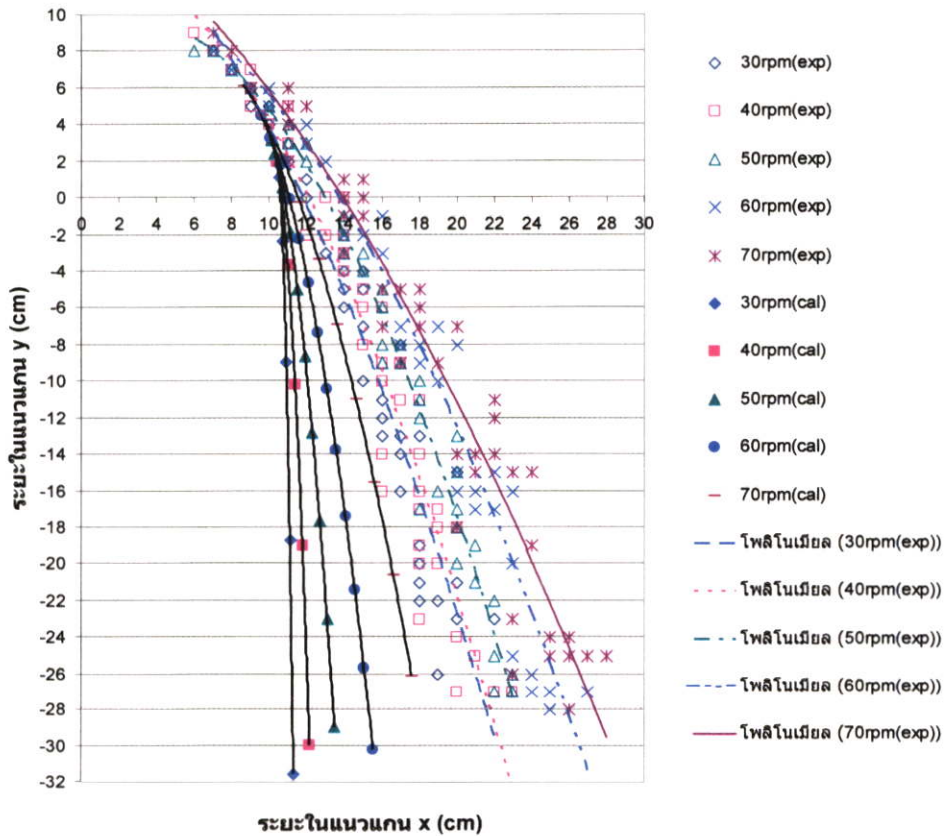
ผลการทดสอบจะเป็นการเปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ระหว่าง เส้นทางที่ได้จากการคำนวณสมการการเคลื่อนที่กับเส้นทางที่ได้จากการทดสอบ แสดงตามรูปที่ 5.16 ,5.17 และ 5.18 ซึ่งเป็นผลจากการใช้กระเทียมทั้ง 3 ขนาดมีคุณสมบัติต่างๆ ตามตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 ลักษณะกليبกระเทียมและกระพ้อที่ใช้ในการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กليبกระเทียม

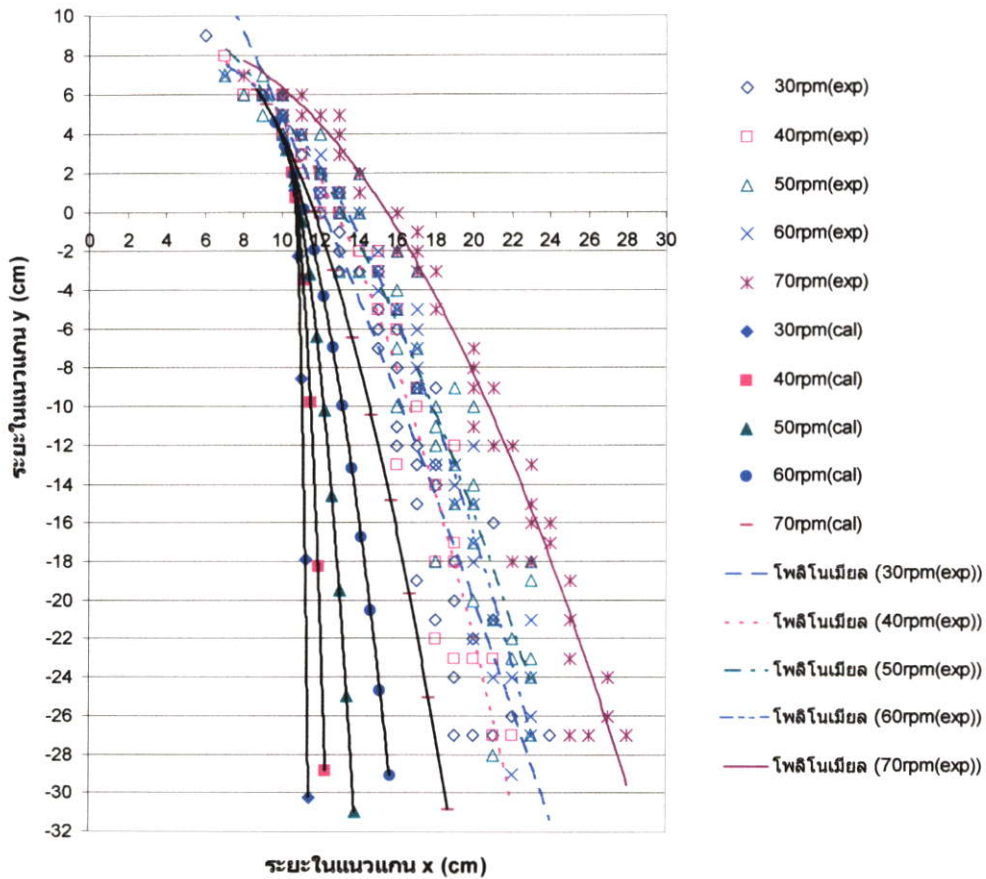
	พันธุ์จีนขนาดเล็ก			พันธุ์จีนขนาดกลาง			พันธุ์จีนขนาดใหญ่		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
ค่าสูงสุด	27	14	10.7	28.5	13.5	14.5	34	23.8	21
ค่าต่ำสุด	16	7.9	6	13	8	6	15.5	9.5	9
ค่าเฉลี่ย	20.1	10.55	8.4	23.48	14.75	11.49	29.89	18.08	13.86
GMD	12.12			15.78			18.71		
Shape factor	0.60			0.67			0.70		
นน./กليب(g)	0.575			1.909			2.986		
กระพ้อ	กระพ้อเล็ก			กระพ้อเล็ก			กระพ้อกลาง		
	ยาว	สูง(ลิค)	ฐาน/ยอด	ยาว	สูง(ลิค)	ฐาน/ยอด	ยาว	สูง(ลิค)	ฐาน/ยอด
ขนาด	25	15	18/8	25	15	18/8	29	18	21/12



รูปที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่กระเทียมขนาดเล็กที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบ



รูปที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่กระเทียมขนาดกลางที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบ



รูปที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่กระเทียมขนาดใหญ่ที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบ

#### สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดสอบ

จากการศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียม โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการใช้สมการการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ จากการลำเลียงโดยจานกระพ้อ และการทดสอบการเคลื่อนที่จริงพบว่า ในสมการการเคลื่อนที่ (สมการ 3.7) ปัจจัยที่มีผลต่อเส้นทางการเคลื่อนที่ ก็คือ ความเร็วรอบจานหยอดที่ใช้งาน และรัศมีในการเคลื่อนที่ของกระเทียมในกระพ้อ (ขึ้นอยู่กับขนาดกระเทียม) ส่วนในผลการทดสอบนั้น เกิดจากปัจจัยหลายประการซึ่ง มีปัจจัยตามสมการการเคลื่อนที่ที่กล่าวมาแล้วด้วย และปัจจัยจากลักษณะการวางตัวกลีบกระเทียมในกระพ้อในขณะที่กำลังจะหลุดออกมาจากกระพ้อ ทำให้เกิดมุมในการปล่อยของกระเทียมในกระพ้อและเส้นทางการเคลื่อนที่ที่แตกต่างจากสมการการเคลื่อนที่ ส่วนมุมตกของจานกระพ้อที่ใช้งาน (มุมเอียงของตัวกระพ้อเทียบกับแกนของจานหยอด) มีเพียง 80 องศา ซึ่งแตกต่างจากการพิจารณาตามสมการตามทฤษฎี ที่กระพ้อจะตั้งฉากกับล้อขับ และการวิเคราะห์มุมปล่อยนั้น ในสมการจะกล่าว ถึงแรงเหวี่ยงที่ทำให้วัสดุหลุดออกมา ซึ่งเป็นผลจากความเร็วยรอบและรัศมีการเคลื่อนที่วัสดุในกระพ้อ ซึ่งจะแตกต่างกับผลการทดสอบ เนื่องจากในช่วงความเร็วรอบต่ำ (30-40 rpm) นั้นกระเทียมจะหลุดออกมาด้วย มวลของกระเทียมที่มีแรงมากกว่า แรงเสียดทานระหว่างกลีบกระเทียมกับก้นของกระพ้อ ซึ่งในขณะที่ปล่อยความเอียงของส่วนฐานกระพ้อก็จะมากกว่ามุมเสียดทาน

ระหว่างพลาสติกที่ใช้ทำกระพ้อทำให้กระเทียมหลุดออกมาได้ ส่วนในความเร็วยกสูงขึ้นนั้นนุ่มป่ล่อย จึงจะเกิดขึ้นจากการเหวี่ยงและเมื่อพิจารณา เส้นทางการเคลื่อนที่หลังจากหลุดจากกระพ้อแล้วพบว่า ในสมการการเคลื่อนที่ที่จะต้องมี่ปัจจัยของแรงต้านอากาศ และลักษณะรูปร่างของกระเทียมเข้าเกี่ยวข้องด้วย

## 5.4 การทดสอบความคล่องตัวในการทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว

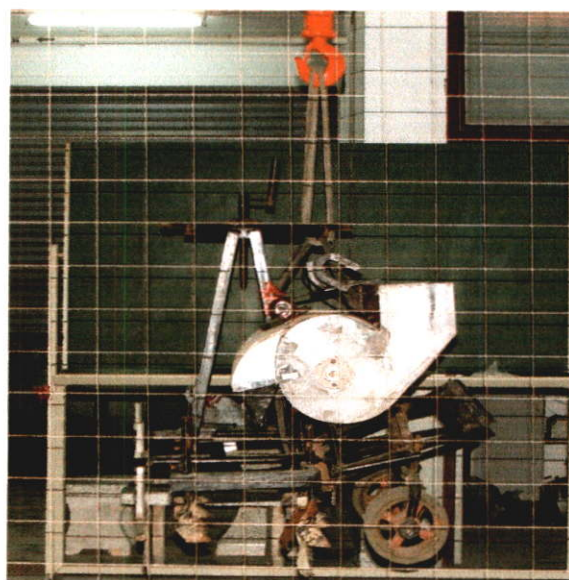
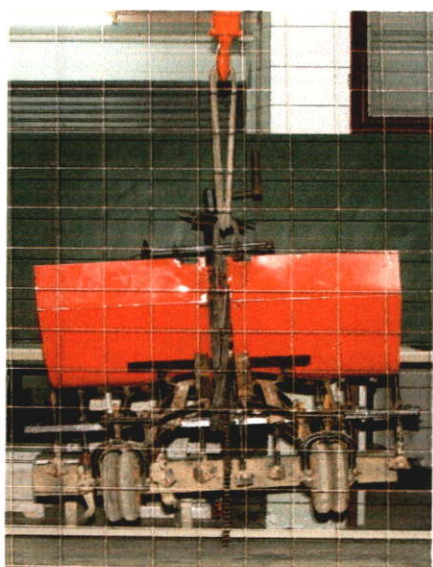
### 5.4.1 การหาจุดศูนย์กลางมวลโดยวิธีแขวน

การใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาเงื่อนไขต่างๆ ที่ต้องการนั้น จำเป็นต้องป้อนค่าตัวแปรให้แก่โปรแกรมก่อน ตัวแปรก็คือ ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล เป็นค่าระยะในแนวพิกัดต่างๆ ซึ่งการหาจุดศูนย์กลางมวล โดยจากการศึกษาทศศาสตรร์รฎไถเดินตามสามารถหาได้ 2 วิธีคือ วิธีการแขวนและการชั่งน้ำหนัก

โดยวิธีแขวนนี้จะกระทำได้ง่าย หากมีเครื่องดึงรถแทรกเตอร์ขึ้นหรือเครื่องยก จุดศูนย์กลางมวล ของรถแทรกเตอร์จะอยู่ในระนาบตั้งผ่านจุดแขวนซึ่งจะแสดงแนวเส้นที่ผ่านจุดสมมูลด้านซ้ายขวา และเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของจุดแขวนใหม่ก็จะได้แนวเส้นที่ผ่านจุดสมมูลด้านหน้าและหลัง จุดที่เกิดจากแนวระนาบทั้งสองตัดกันจะเป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลที่ต้องการ

การทดสอบนี้ใช้หาจุดศูนย์กลางมวลของเครื่องยนต์และชุดปลูกกระเทียม แสดงดังรูปที่ 5.19 ซึ่งมีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องยก เชือก ดาข่ายรูดขนาด โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

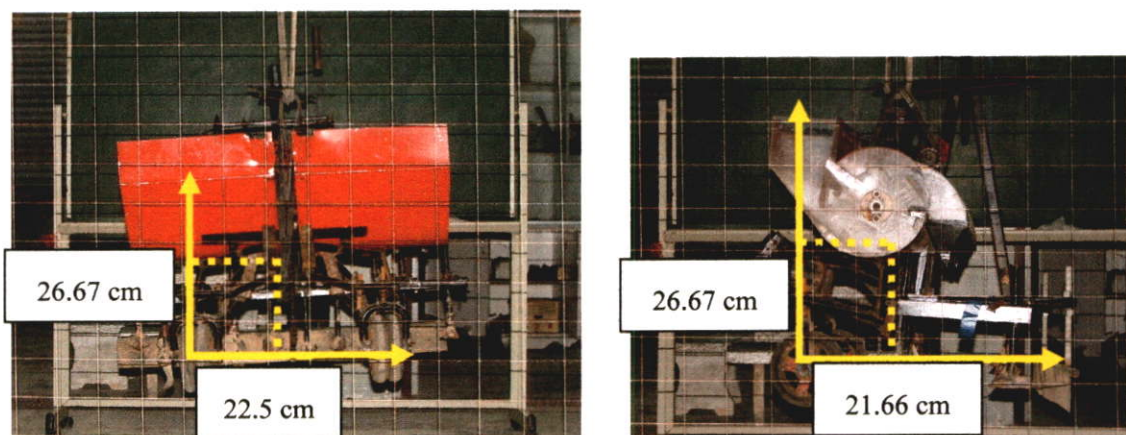
- 1 ยกเครื่องยนต์ขึ้น สังเกตว่าอยู่ตำแหน่งไหนของดาข่าย
- 2 เปลี่ยนตำแหน่งแขวนใหม่ สังเกตว่าอยู่ตำแหน่งไหนของดาข่าย
- 3 ยกชุดปลูกขึ้น แล้วทำตาม ข้อ 1 และ 2 แล้ววิเคราะห์ผลที่ได้



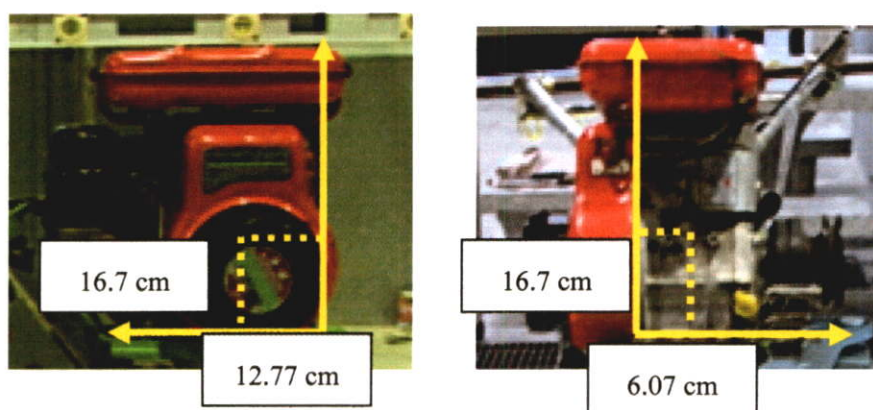
รูปที่ 5.19 แสดงการหาจุดศูนย์กลางมวลโดยการแขวนด้านหน้าและด้านหลัง

ผลที่ได้จากการทดลอง

ได้จุดศูนย์กลางมวลของเครื่องปลูกกระเทียม 10 แถว ที่ตำแหน่ง  $x = 21.66$  ,  $y = 26.67$  และ  $z = 22.5$  cm และเครื่องยนต์ที่  $x = 12.77$  ,  $y = 16.7$  และ  $z = 6.07$  cm แสดงตามรูปที่ 5.20 และ 5.21 ตามลำดับ



รูปที่ 5.20 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของเครื่องปลูกกระเทียม 10 แถว



รูปที่ 5.21 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของเครื่องยนต์

#### 5.4.2 การหาจุดศูนย์กลางมวลโดยวิธีชั่งน้ำหนัก

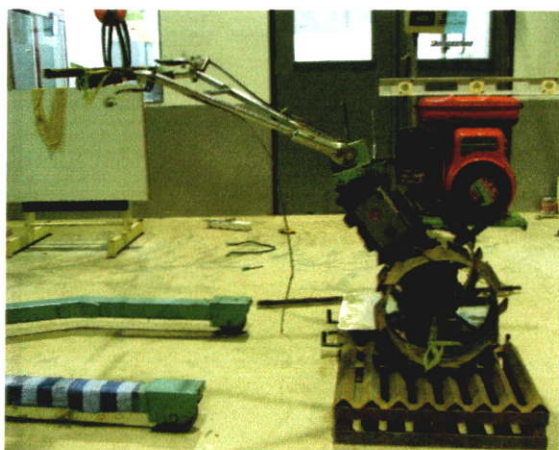
การหาจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตามและโครงรถไถเดินตามนั้นจะใช้วิธีการชั่ง ซึ่งจะทำการชั่งน้ำหนักที่ล้อทั้งสองข้าง ทำการเอียงรถแล้วทำการชั่งน้ำหนักล้อที่อยู่ด้านบน นำค่าที่ได้มาคำนวณโดยโปรแกรมหาจุดศูนย์กลางมวลที่จัดทำขึ้น เพื่อหาดำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตามและโครงรถไถเดินตาม ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 5.22 โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

- (1) รถไถเดินตาม
- (2) โครงรถไถเดินตาม
- (3) เครื่องชั่งแบบสปริง

- (4) เครื่องชั่งแบบแท่น
- (5) โครงเหล็กกรองล้อยี่สูงเท่าแท่นของเครื่องชั่ง
- (6) เทปวัดระยะ
- (7) ลูกค้ำ
- (8) ซอด้ก

#### ขั้นตอนการทดสอบ

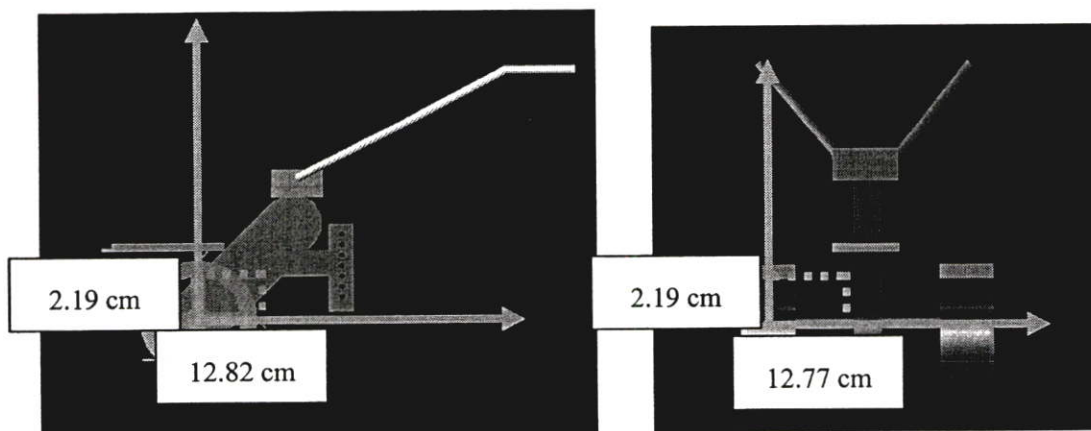
- (1) วัดระยะห่างระหว่างล้อ
- (2) ชั่งน้ำหนักรถทั้งคัน
- (3) ชั่งน้ำหนักล้อทีละข้าง โดยให้ล้ออยู่ในระดับเดียวกัน
- (4) ใช้แท่นรองหนุนล้อข้างใดข้างหนึ่งให้สูงขึ้น
- (5) ชั่งน้ำหนักล้อทีละข้างขณะตัวรถเอียง
- (6) นำค่าที่ได้ป้อนให้โปรแกรมวิเคราะห์จะได้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล



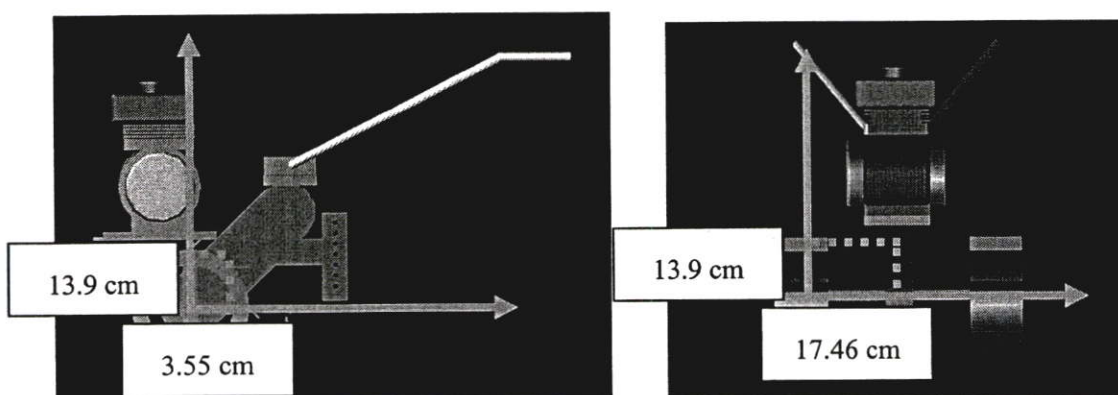
รูปที่ 5.22 แสดงการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลโดยการชั่งน้ำหนัก

ผลที่ได้จากการทดลอง

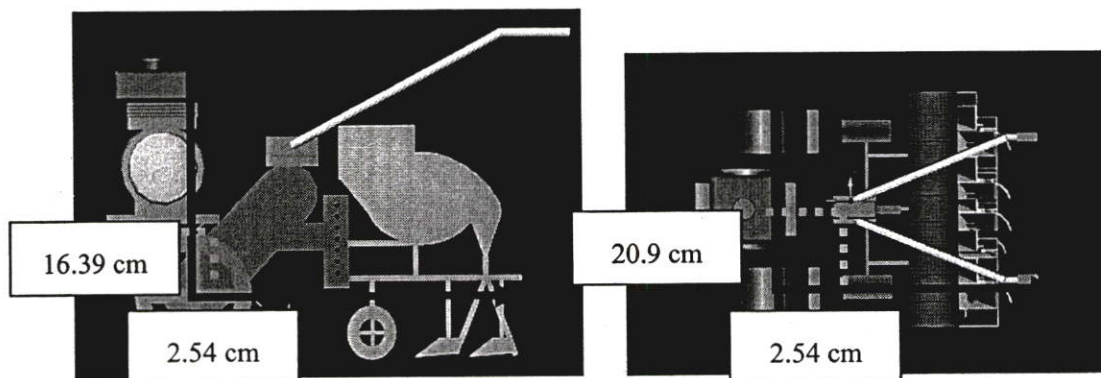
ได้จุดศูนย์กลางมวลของโครงรถไถเดินตาม ที่ตำแหน่ง  $x = 12.82$  ,  $y = 2.19$  และ  $z = 12.77$  cm  
จุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตาม ที่  $x = 3.55$  ,  $y = 13.9$  และ  $z = 17.46$  cm และจุดศูนย์กลางมวลของ  
รถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า ต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียม 10 แถว ที่  $x = 2.54$  ,  $y = 16.39$  และ  $z = 20.9$   
cm แสดงตามรูปที่ 5.23 , 5.24 และ 5.25 ตามลำดับ



รูปที่ 5.23 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของโครงรถไถเดินตาม



รูปที่ 5.24 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตาม



รูปที่ 5.25 แสดงจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้าต่อพ่วงเครื่องปลูก  
กระเทียม 10 แถว

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้โปรแกรมทำให้เราเลือกข้อมูลที่มีความเหมาะสมมาปรับปรุงเครื่อง การปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียมนั้นได้เลือกปรับปรุงในส่วนของการติดตั้งเครื่องยนต์และความยาวแขน เนื่องจากตัวแปรดังกล่าว ไม่มีผลกระทบต่อกลไกการหยอดที่ได้มีการพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้แล้ว โดยได้ปรับระยะเครื่องยนต์อยู่ในช่วง 50 – 60 cm และความยาวแขนในช่วง 160 – 170 cm และหลังจากปรับปรุงแล้วได้นำไปทดสอบในแปลงภาควิชา

### 5.4.3 การทดสอบเมื่อปรับระยะของเครื่องยนต์

เพื่อศึกษาความรู้สึของผู้ปฏิบัติงาน เมื่อปรับระยะของเครื่องยนต์ในช่วง 50-60 cm และไม่ปรับความยาวแขน (คงที่ที่ 100 cm)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- (1) รถไถเดินตามต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียมจำนวน 10 แถว
- (2) แทนเครื่องใหม่ที่ปรับระยะได้
- (3) สายพานปรับระยะได้
- (4) นาฬิกาจับเวลา
- (5) เทปวัดระยะ

ขั้นตอนการทดสอบ

(1) คัดเลือกผู้ทดสอบเพศหญิง 10 คน ที่มีน้ำหนักและส่วนสูงแตกต่างกัน ทำการทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมที่ความเร็ว 1.68 km/h ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1300 rpm

(2) ทำการทดสอบเครื่องปลูกดินแบบตามรูปที่ 5.26 และปรับระยะเครื่องยนต์ 50, 55 และ 60 cm โดยทดสอบทางตรงประมาณ 10 m และการเลี้ยวหัวแปลงเป็นมุม 360 องศา

(3) บันทึกเวลาในการเลี้ยว รัศมีวงเลี้ยว [17] ความรู้สึกของผู้ทดสอบในทางตรงและขณะเลี้ยว โดยกำหนดไว้ 5 ระดับ คือ สบาย เบา หนักปานกลาง หนักมาก และยกไม่ขึ้น



รูปที่ 5.26 แสดงการทดสอบทางตรงและขณะเลี้ยว

ผลที่ได้จากการทดสอบ

จากการทดสอบเครื่องดินแบบและเมื่อปรับระยะเครื่องยนต์ไปที่ 50, 55 และ 60 cm นั้นได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.20 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อปรับระยะของเครื่องยนต์

ระยะเครื่องยนต์ (cm)	เวลาในการเกี่ยว (s)	รัศมีวงเกี่ยว (cm)	แรงที่ได้จากการ คำนวณ(kg)	ความรู้สึก ทางตรง	ความรู้สึก ขณะเกี่ยว
10 (ต้นแบบ)	11.58	281.0	46.10	เบา	หนักมาก
50 (ปรับปรุง)	7.20	146.0	36.18	เบา	หนักมาก
55 (ปรับปรุง)	7.02	175.6	34.94	เบา	หนักมาก
60 (ปรับปรุง)	4.83	130.4	33.70	เบา	หนักปานกลาง

#### 5.4.4 การทดสอบเมื่อปรับความยาวแขน

เพื่อหาความยาวแขนที่ทำให้แรงที่แขนน้อยที่สุด โดยไม่ปรับระยะเครื่องยนต์(คงที่ที่ 10 cm) และในขณะปฏิบัติงานสามารถก้าวเดินได้อย่างสะดวกสบาย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- (1) รถไถเดินตามต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียมจำนวน 10 แถว
- (2) แขนที่มีความยาว 160, 165 และ 170 cm
- (3) นาฬิกาจับเวลา
- (4) เทปวัดระยะ

ขั้นตอนการทดสอบ

- (1) คัดเลือกผู้ทดสอบเพศหญิง 10 คน ที่มีน้ำหนักและส่วนสูงแตกต่างกัน ทำการทดสอบเครื่องปลูกกระเทียมที่ความเร็วใช้งาน 1.68 km/h ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1300 rpm
- (2) ทำการทดสอบเครื่องปลูกต้นแบบตามรูปที่ 5.26 และปรับความยาวแขน 160, 165 และ 170 cm ตามรูปที่ 5.27 โดยทดสอบทางตรงประมาณ 10 m และการเกี่ยวหัวแปลงเป็นมุม 360 องศา
- (3) บันทึก เวลาในการเกี่ยว รัศมีวงเกี่ยว ความรู้สึกของผู้ทดสอบในทางตรง และขณะเกี่ยว โดยกำหนดไว้ 5 ระดับ คือ สบาย เบา หนักปานกลาง หนักมาก และยกไม่ขึ้น



รูปที่ 5.27 แสดงการทดสอบหาความยาวแขน

ผลที่ได้จากการทดสอบ

จากการทดสอบเครื่องที่มีความยาวแขน 100, 160, 165 และ 170 cm โดยมีระยะเครื่องยนต์ 10 cm ผลการทดสอบที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อปรับความยาวแขน

ความยาวแขน (cm.)	เวลาในการเลี้ยว (s)	รัศมีวงเลี้ยว (cm)	แรงที่ได้จากการ คำนวณ(kg)	ความรู้สึก ทางตรง	ความรู้สึก ขณะเลี้ยว
100(ต้นแบบ)	11.58	281	46.10	เบา	หนักมาก
160 (ปรับปรุง)	8.34	248	28.81	เบา	หนักปานกลาง
165 (ปรับปรุง)	7.99	193	27.93	เบา	หนักปานกลาง
170 (ปรับปรุง)	6.69	160	27.11	เบา	เบา

#### 5.4.5 การทดสอบเมื่อปรับระยะเครื่องยนต์ 50-60 cm และความยาวแขน 160-170 cm

เพื่อหาระยะเครื่องยนต์และความยาวแขนที่ทำให้แรงที่แขนน้อยที่สุดและขณะปฏิบัติงานสามารถก้าวเดินได้อย่างสะดวกสบาย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- (1) รถไถเดินตามต่อพ่วงเครื่องปลูกกระเทียมจำนวน 10 แถว
- (2) แขนที่มีความยาว 160, 165 และ 170 cm
- (3) แท่นเครื่องใหม่ที่ปรับระยะได้
- (4) สายพานปรับระยะได้
- (5) นาฬิกาจับเวลา

(6) เทปวัดระยะ

ขั้นตอนการทดสอบ

- (1) คัดเลือกผู้ทดสอบเพศหญิง 10 คน ที่มีน้ำหนักและส่วนสูงแตกต่างกัน ทำการทดสอบที่ความเร็ว 1.68 km/h ใช้ความเร็วรอบ 1300 rpm
- (2) ทำการทดสอบทางตรงประมาณ 10 เมตร ที่ความเร็ว 1.68 km/h ใช้ความเร็วรอบ 1300 rpm และการเลี้ยวหัวแปลงเป็นมุม 360 องศา โดยใช้ระยะเครื่องต้นแบบก่อนที่ 10cm ปรับความยาวแขน 160, 165 และ 170 cm ตามลำดับ
- (3) บันทึก เวลาในการเลี้ยว รัศมีวงเลี้ยว ความรู้สึกของผู้ทดสอบในทางตรงและขณะเลี้ยวโดยกำหนดไว้ 5 ระดับคือ สบาย เบา หนักปานกลาง หนักมาก และยกไม้ขึ้น
- (4) ทำการทดลองเหมือนข้อ 2 และ 3 แต่ปรับระยะเครื่องยนต์เป็น 50, 55 และ 60 cm ตามลำดับ ได้ลักษณะการทดสอบตามรูปที่ 5.28



รูปที่ 5.28 แสดงการทดสอบเครื่องเมื่อปรับระยะเครื่องยนต์และความยาวแขน

ผลที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองโดยปรับระยะเครื่องยนต์ 50, 55 และ 60 cm และปรับความยาวแขน 160, 165 และ 170 cm ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบเมื่อปรับระยะของเครื่องยนต์และความยาวแขน

ระยะ เครื่องยนต์ (cm.)	ความยาวแขน (cm.)	เวลาในการ เกี่ยว(s)	รัศมีวง เกี่ยว (cm)	แรงที่ได้ จากการ คำนวณ(kg)	ความรู้สึก ทางตรง	ความรู้สึก ขณะเกี่ยว
10 (ต้นแบบ)	160	8.34	248	28.81	เบา	หนักปานกลาง
	165	7.99	192	27.93	เบา	หนักปานกลาง
	170	6.69	159	27.11	เบา	เบา
50 (ปรับปรุง)	160	5.56	108	22.61	เบา	หนักปานกลาง
	165	5.67	95.4	21.92	เบา	เบา
	170	4.45	74	21.28	เบา	สบาย
55 (ปรับปรุง)	160	5.80	132	21.83	เบา	หนักปานกลาง
	165	5.28	122	21.17	เบา	หนักปานกลาง
	170	5.27	115	20.55	เบา	หนักปานกลาง
60 (ปรับปรุง)	160	5.06	115	20.43	เบา	หนักปานกลาง
	165	5.16	115	19.82	เบา	เบา
	170	4.48	98.5	19.25	เบา	เบา

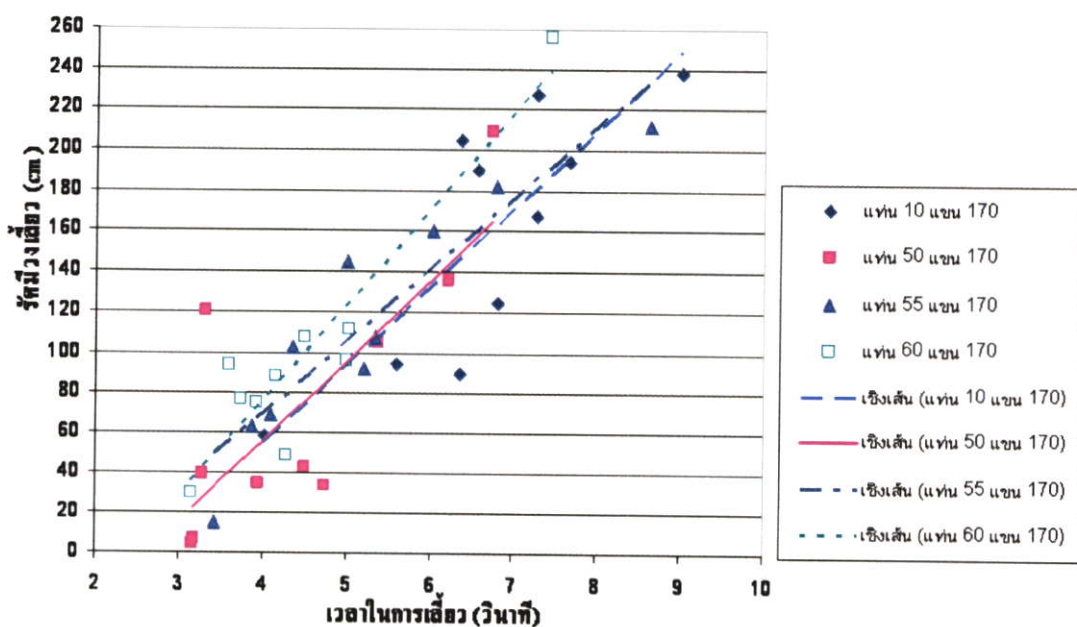
สรุปผลที่ได้จากการทดสอบความคล่องตัวในการทำงานรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า

จากการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้โปรแกรมทำให้เรานำข้อมูลที่มีความเหมาะสมมาปรับปรุงเครื่อง ซึ่งการปรับปรุงเครื่องปลูกกระเทียมนั้น ได้เลือกปรับปรุงในส่วน of ระยะเวลาติดตั้งเครื่องยนต์และความยาวแขน เพราะระยะทั้งสองไม่มีผลกระทบกลไกการหยอดที่ได้มีการพัฒนาไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ผลที่ได้รับจากการคำนวณด้วยโปรแกรม ก็คือการปรับระยะเครื่องยนต์จาก 10 cm ไปเป็น 50 – 60 cm และความยาวแขนจากเดิม 100 cm ปรับเป็น 160 – 170 cm

เมื่อได้ทดสอบในแปลงภาควิชาพบว่า ระยะเครื่องยนต์ 50 cm และความยาวแขน 170 cm ตามรูปที่ 5.29 จะทำให้เมื่อเกี่ยว 360 องศา รัศมีวงเกี่ยว 74 cm และเวลาในการเกี่ยว 4.5 วินาที ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดในการทดสอบตามรูปที่ 5.30 จากผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องต้นแบบซึ่งทำงานในแปลงภาคเหมือน กันพบว่ารัศมีวงเกี่ยวลดลง 74% เวลาในการเกี่ยวลดลง 62% และที่สำคัญคือ แรงที่แขนลดลง 56.50% เมื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณพบว่า ความสามารถทางไร่เพิ่มขึ้นประมาณ 6 %



รูปที่ 5.29 แสดงลักษณะเครื่องปลูกกระเทียมที่ปรับปรุงแล้ว



รูปที่ 5.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีวงเกี่ยวกับเวลาในการเกี่ยว

## บทที่ 6

# การออกแบบและปรับปรุงเครื่องต้นแบบ

### 6.1 การปรับปรุงถังบรรจุกระเทียม

ในส่วนการออกแบบและปรับปรุงความเหมาะสม ระหว่างถังบรรจุกับจานหยอดกระพ้อ ลำเลียงนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบในบทที่ 5 แล้วพบว่า ในการใช้งานที่ความเร็วรอบต่ำ (30-40rpm) มีกليبกระเทียมเคลื่อนที่ชนขอบถัง ตามรูปที่ 6.1 จุด(ก) เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้อัตราการหยอดที่ไม่สม่ำเสมอและส่งผลกระทบต่อเส้นทางการเคลื่อนที่กليبกระเทียมก่อนที่จะลงสู่ท่อลำเลียง

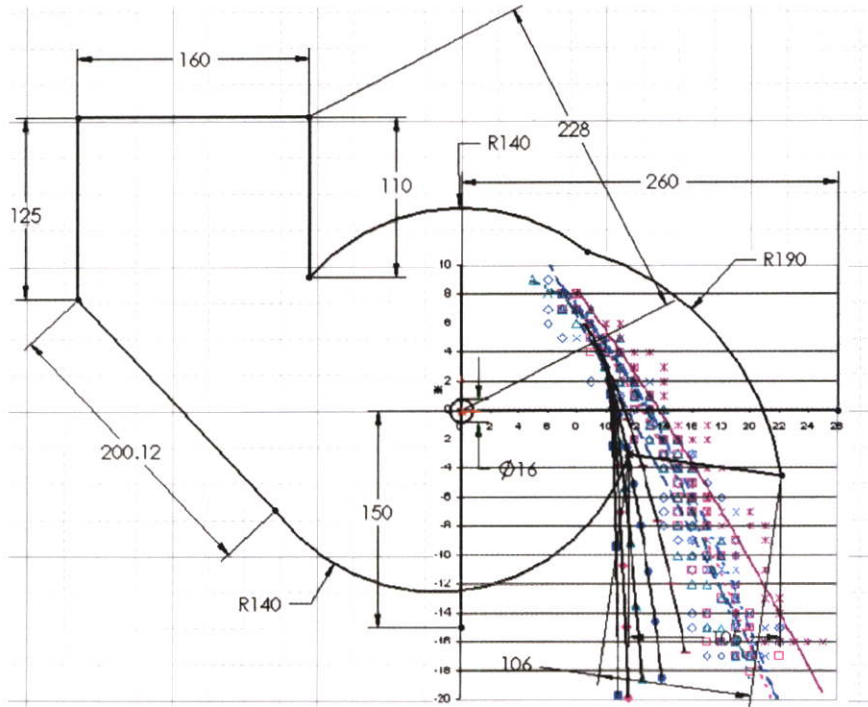


รูปที่ 6.1 รูปด้านข้างของเครื่องแสดงขอบถังด้านล่างที่เกิดปัญหา (ก)

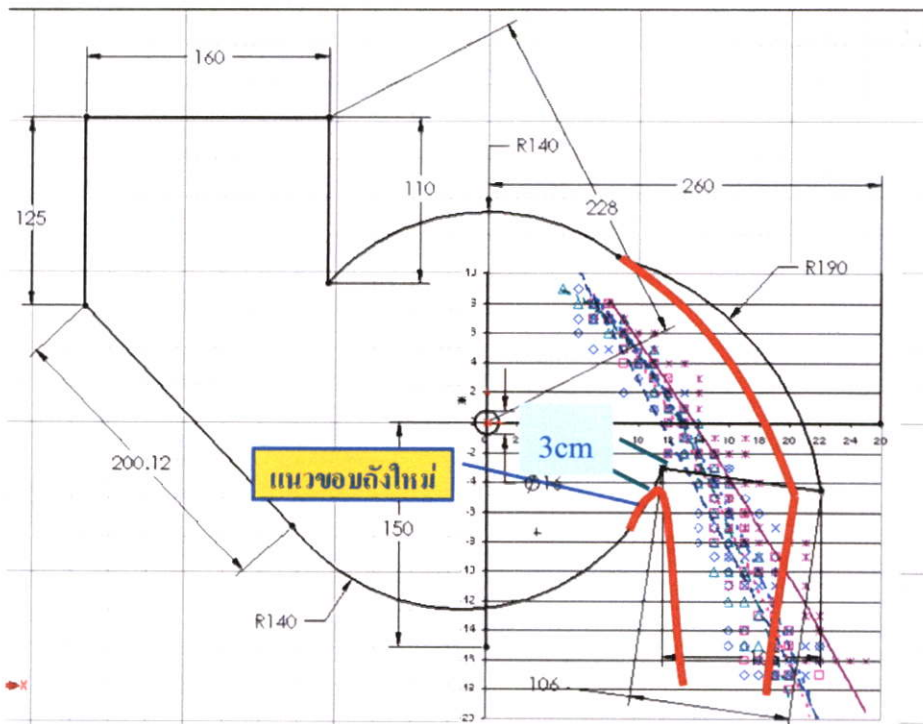
ส่วนประเด็นของสมการการเคลื่อนที่กระเทียม ดังแสดงตามรูปที่ 6.2 ซึ่งยังไม่สอดคล้องกับผลการทดสอบนั้นประเด็นสำคัญอยู่ที่ ผลจากการสังเกตผลการทดลอง โดยได้มุมของกระพ้อที่ปล่อยกليبกระเทียมอยู่ระหว่าง 35-55 องศา ซึ่งต่างจากสมการการเคลื่อนที่ที่ได้มุมในการปล่อยกليبกระเทียมอยู่ในช่วง 55-84 องศา จึงจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่อาจจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ เช่น แรงเสียดทานระหว่างกليبกระเทียมกับพื้นผิวกระพ้อ และแรงต้านอากาศที่ต้านการเคลื่อนที่ของกليبกระเทียมด้วย

ในการออกแบบจึงใช้ผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่ มาออกแบบส่วนปล่อยกليبกระเทียมใหม่ และปรับขอบด้านล่างถังลง 3 cm ตามรูปที่ 6.3 ส่วนอีกปัญหาหนึ่งก็คือ ในการกล

กระเทียมโดยงานหยอดทำให้กระเทียม เกิดการกระจายตัวในถังบรรจุ ดังนั้นจึงเพิ่มแผ่นกั้นผนัง  
ช่องด้านข้างระหว่างงานหยอดของแต่ละแถวด้วย



รูปที่ 6.2 แสดงผลการทดสอบเส้นทางเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก  
สมการก่อนที่จะปรับปรุงเครื่องปลูกขนาด 10 แถว



รูปที่ 6.3 แสดงการออกแบบ (เส้นหนา) และปรับขอบถังด้านล่างเครื่องปลูกลง 3 cm

## 6.2 การปรับปรุงการสมดุลน้ำหนักของเครื่องปลูก

เมื่อทดสอบความคล่องตัวในการทำงานจากบทที่ผ่านมาแล้ว ซึ่งเป็นการทดสอบโดยไม่มีกระเทียมในถังบรรจุ การออกแบบและปรับปรุงในลำดับต่อไปเป็นการวิเคราะห์ การปรับสมดุล เมื่อมีปริมาณการใช้กระเทียมเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในขณะทำงานจริงน้ำหนักของกระเทียมจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และในการทดสอบจะเสียค่าใช้จ่าย แรงงานและเวลามาก ดังนั้นการวิเคราะห์ส่วนนี้จึงเขียนเป็นโปรแกรมวิเคราะห์การสมดุลแรงตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 เพื่อหาแนวทางในการออกแบบและสร้างกลไกเพื่อปรับปรุงการถ่วงดุลน้ำหนักในการทำงานจริง

## บทที่ 7

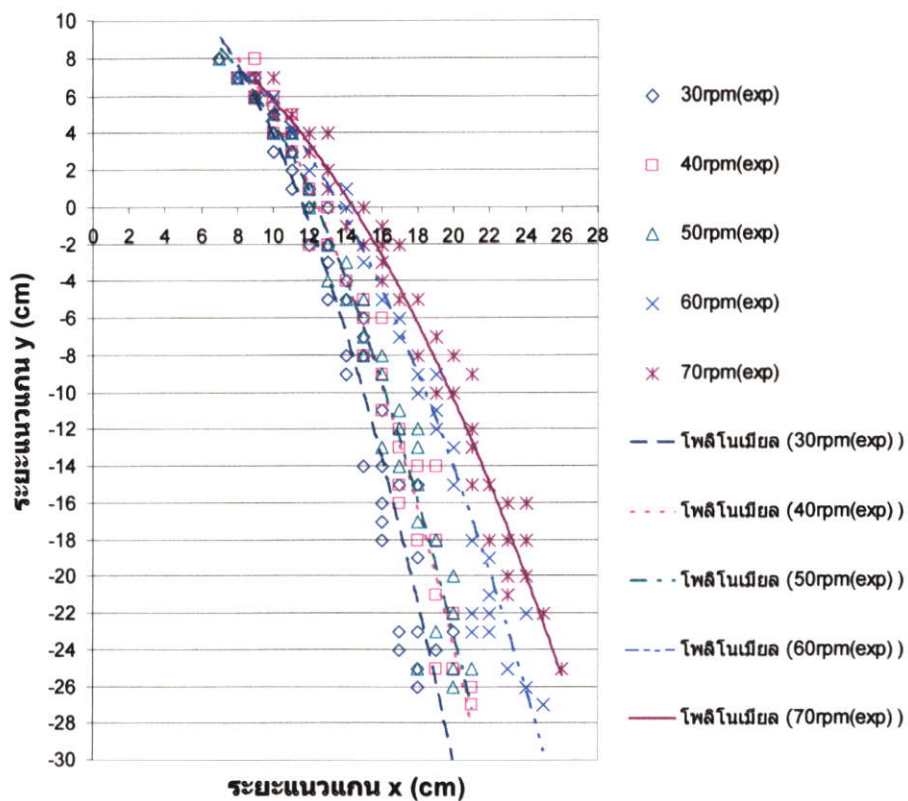
# การทดสอบและผลการทดสอบต้นแบบที่ปรับปรุงแล้ว

### 7.1 การทดสอบการเคลื่อนที่กليبกระเทียมหลังจากปรับปรุงบรรจุ

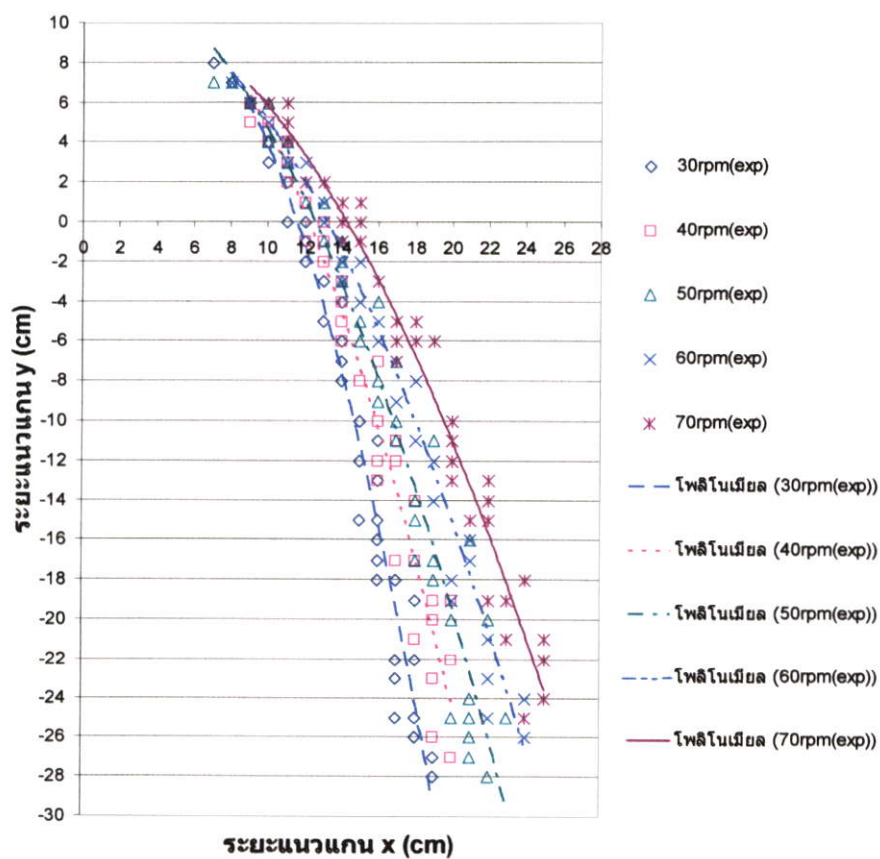
หลังจากปรับขอบดังตามรูปที่ 6.3 แล้ว ได้ทำการทดสอบ เส้นทางการเคลื่อนที่กليبกระเทียมใหม่ โดยใช้วิธีการแบบเดิมตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ได้ใช้กระเทียมชุดใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติของกليبกระเทียมตามตารางที่ 7.1

ผลการทดสอบ เส้นทางการเคลื่อนที่ของกليبกระเทียมเมื่อปรับขอบดัง ตารางที่ 7.1 ลักษณะกليبกระเทียมและกระพ้อที่ใช้ในการทดสอบเมื่อปรับดังบรรจุ

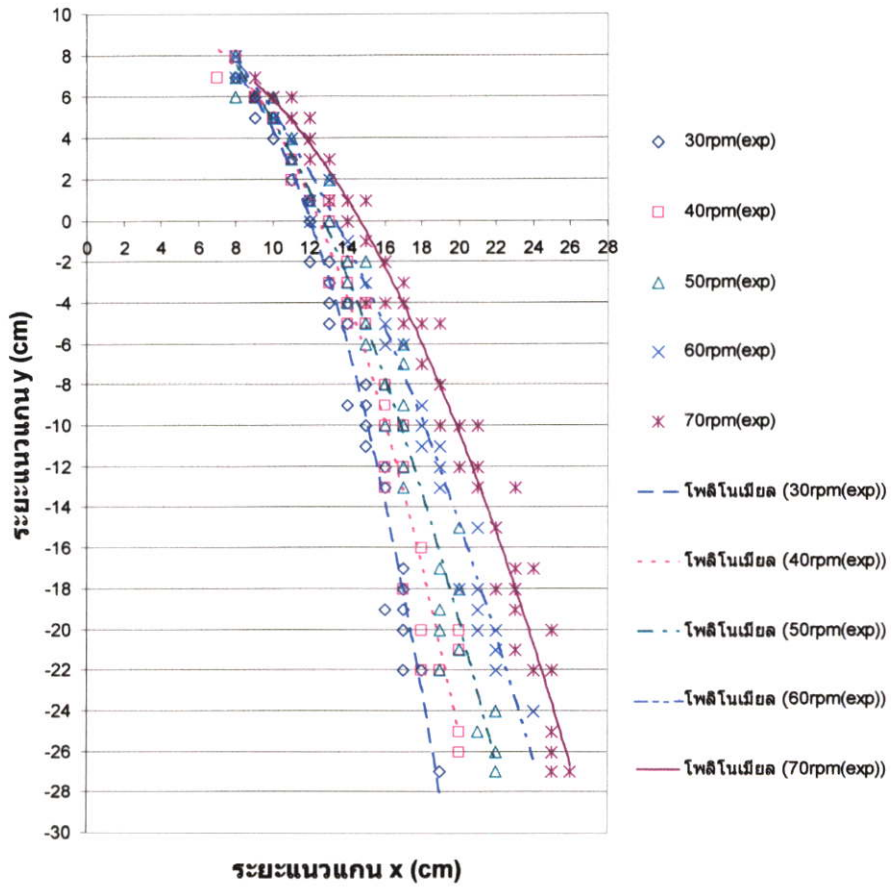
	พันธุ์จีนขนาดเล็ก			พันธุ์จีนขนาดกลาง			พันธุ์จีนขนาดใหญ่		
	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา	ยาว	กว้าง	หนา
ค่าสูงสุด	27.3	17.3	12.1	28.9	15.9	13.5	35.2	28.7	27.7
ค่าต่ำสุด	12.5	5.1	5.1	13.3	6.4	5.6	12.7	10.4	8.2
ค่าเฉลี่ย	20.34	9.79	8.45	20.69	10.35	8.65	26.45	17.91	12.91
GMD	11.90			12.21			18.29		
Shape factor	0.59			0.59			0.69		
นน./กليب(g)	1.12			1.58			2.74		
กระพ้อที่ใช้	กระพ้อเล็ก			กระพ้อเล็ก			กระพ้อกลาง		
	ยาว	สูง(ลึก)	ฐาน/ยอด	ยาว	สูง(ลึก)	ฐาน/ยอด	ยาว	สูง(ลึก)	ฐาน/ยอด
ขนาด	25	15	18/8	25	15	18/8	29	18	21/12



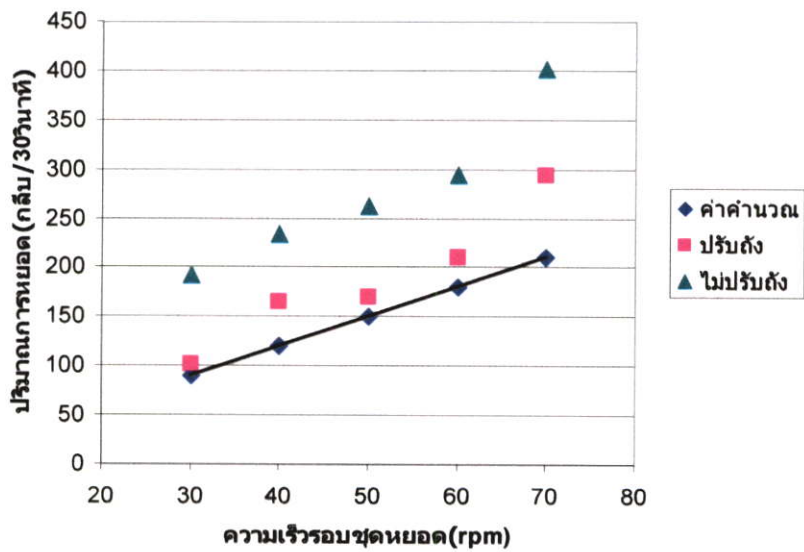
รูปที่ 7.1 แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมขนาดเล็กเมื่อปรับรอบถ่วง



รูปที่ 7.2 แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมขนาดกลางเมื่อปรับรอบถ่วง



รูปที่ 7.3 แสดงผลการทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมขนาดใหญ่เมื่อปรับรอบถึง



รูปที่ 7.4 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการหยอดกลีบกระเทียมขนาดเล็ก

ตารางที่ 7.2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) และร้อยละของกลีบ  
กระเทียมที่เคลื่อนที่ชนขอบถังบรรจุ

เงื่อนไข	ต้นแบบ		ปรับปรุง	
	ค่า $R^2$	% ชนถึง	ค่า $R^2$	%ชนถึง
<b>ขนาดเล็ก</b>				
30 rpm	0.8761	28.57	0.9415	0
40 rpm	0.9443	7.69	0.9702	0
50 rpm	0.9197	12.90	0.9601	0
60 rpm	0.9470	0.00	0.9715	0
70 rpm	0.9196	0.00	0.9709	0
<b>ขนาดกลาง</b>				
30 rpm	0.9406	20.59	0.9752	0
40 rpm	0.9529	0.00	0.9553	0
50 rpm	0.9738	0.00	0.9559	0
60 rpm	0.9632	0.00	0.9740	0
70 rpm	0.9404	0.00	0.9746	0
<b>ขนาดใหญ่</b>				
30 rpm	0.9209	26.08	0.9706	0
40 rpm	0.9449	16.67	0.9616	0
50 rpm	0.9272	10.53	0.9679	0
60 rpm	0.9648	0.00	0.9837	0
70 rpm	0.9742	0.00	0.9741	0

จากผลการทดสอบในรูปที่ 7.1, 7.2, 7.3 และตารางที่ 7.2 จะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ ระหว่างก่อนปรับขอบถังในบทที่ 5 แล้วเส้นทางการเคลื่อนที่ ของกลีบกระเทียมจะมีความสม่ำเสมอและมีความแปรปรวนของข้อมูลน้อยกว่า โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ซึ่งของต้นแบบอยู่ในช่วง 0.85-0.97 แต่เมื่อปรับขอบถังแล้ว ค่า  $R^2$  อยู่ในช่วง 0.94-0.97 และไม่มีกระเทียมที่ชนขอบถังบรรจุ และพิจารณารูปที่ 7.4 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการหยอดกลีบกระเทียมขนาดเล็ก แล้วพบว่า เมื่อปรับขอบถังแล้วจะให้ปริมาณการหยอดที่ดีกว่า

## 7.2 การทดสอบความแม่นยำหลังจากปรับสมดุลน้ำหนัก

หลังจากปรับสมดุลน้ำหนักตามบทที่ 5 โดยเลื่อนระยะแทนเครื่องยนต์เป็น 50 cm และต่อความยาวแขนออกไปจาก 100 เป็น 170 cm แล้ว จึงได้นำเครื่องมาทดสอบความแม่นยำ (Precision) ในรายการห้องปฏิบัติการตามวิธีการดังกล่าวมาแล้ว โดยจะเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบที่ใช้ น้ำหนักถ่วงด้านหน้า 30 กิโลกรัม และใช้ลักษณะกระเทียมตามตารางที่ 7.2 ใส่เต็มถึงบรรจุ มี ปริมาณ 12 กิโลกรัม

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 7.3 ลักษณะกลีบกระเทียมและกระพ้อที่ใช้ในการทดสอบความแม่นยำในรางคิน

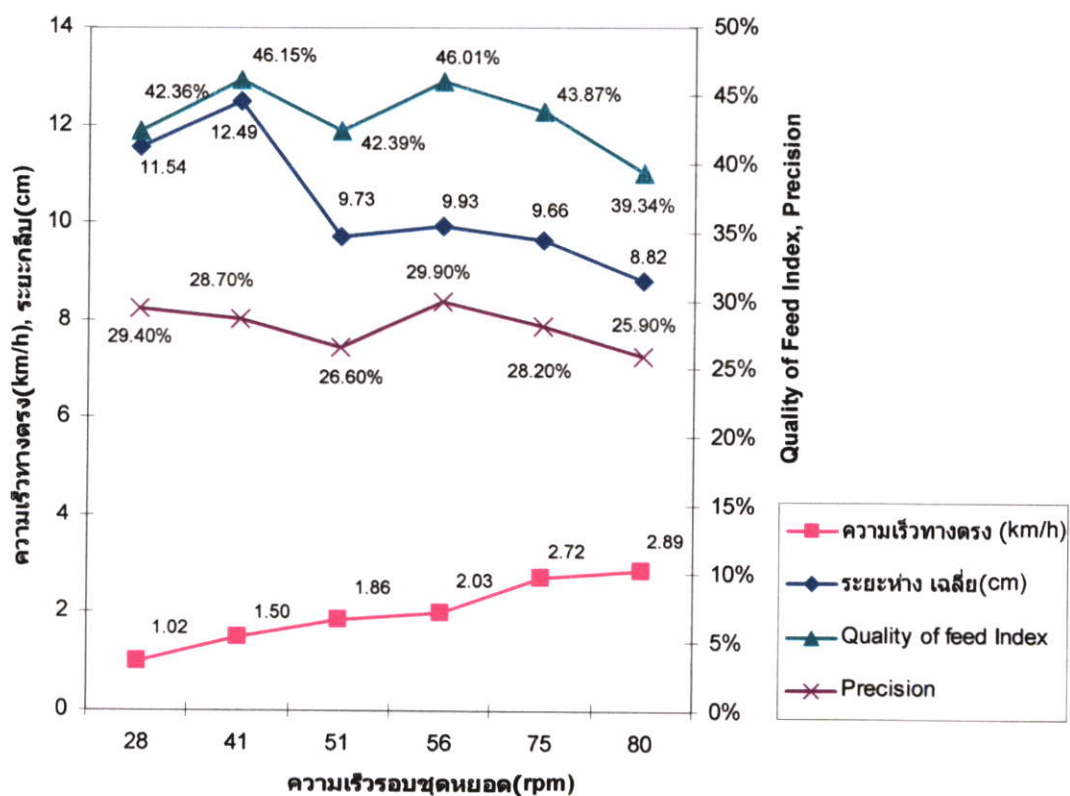
	พันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง		
	ยาว	กว้าง	หนา
ค่าสูงสุด	28.2	26.8	18.3
ค่าต่ำสุด	12.0	9.0	6.9
ค่าเฉลี่ย	20.18	13.58	10.58
GMD	14.25		
Shape factor	0.71		
นน./กลีบ(g)	1.59		
กระพ้อ	กระพ้อเล็ก		
	ยาว	สูง(ลิค)	ฐาน/ยอด
ขนาด	25	15	18/8

ตารางที่ 7.4 สมรรถนะเครื่องต้นแบบขณะทดสอบ โดยใช้กระพ้อเล็กกับกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง

ความเร็วรอบเครื่อง ที่เกียร์ 1 (rpm)	ความเร็วรอบ ชุดหยอด(rpm)	ความเร็วทางตรง (km/h)	อัตราการใช้กระเทียม (kg/min)
800	28	1.02	1.58
1100	41	1.50	2.34
1400	56	2.03	2.99
1700	75	2.72	5.44
2000	80	2.89	6.44

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการวิเคราะห์ที่ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO ของเครื่องคันแบบ โดยใช้  
กลีบกระเทียมพื้นเมืองขนาดกลาง

ความเร็วรอบ ชุดพวงจ.(rpm)	จำนวน N	ระยะห่างระหว่าง กลีบเฉลี่ย(cm)	ร้อยละ ระยะต้องการ	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision (%)	
25	203	11.54	24.63	8.97	32.02	25.62	42.36	29.40	
36	208	12.49	27.40	8.81	23.56	30.29	46.15	28.70	
37	368	9.73	28.26	7.79	38.86	18.75	42.39	26.60	
41	263	9.93	27.38	7.58	34.98	19.01	46.01	29.90	
46	310	9.66	26.77	7.77	38.39	17.74	43.87	28.20	
62	305	8.82	26.89	7.47	45.57	15.08	39.34	25.90	
								P <sub>AVG</sub>	28.12



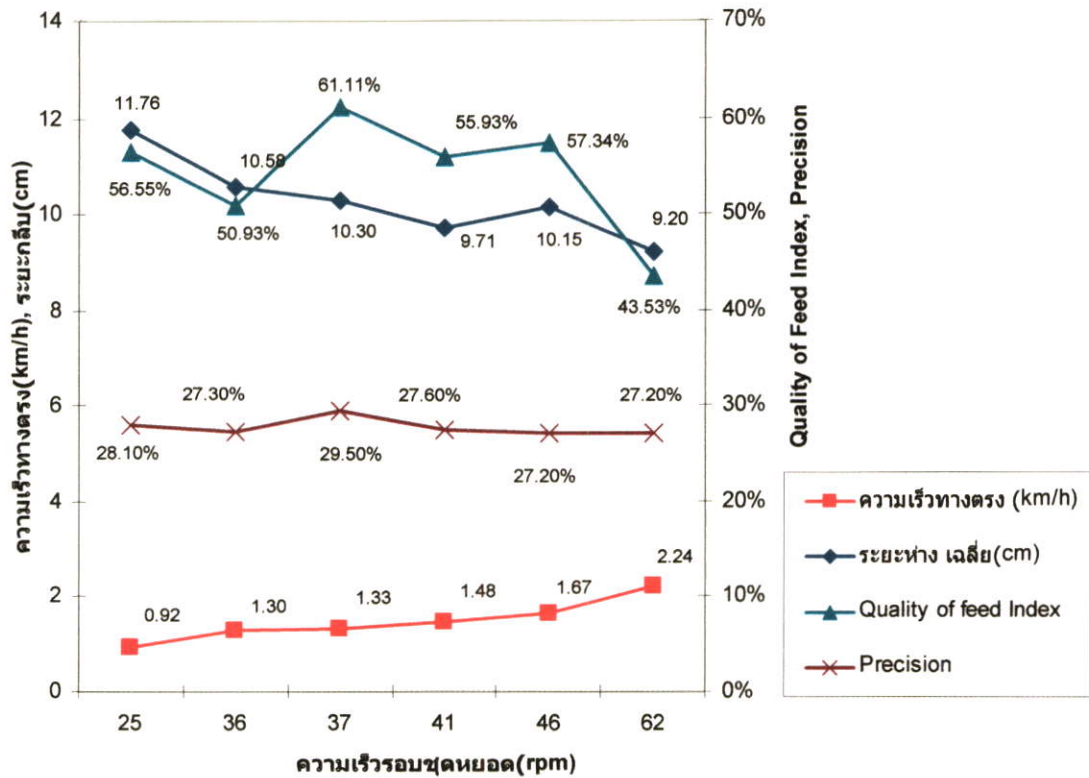
รูปที่ 7.5 กราฟความสามารถเครื่องปลูกกระเทียมคันแบบ โดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมพันธุ์  
พื้นเมืองขนาดกลาง

ตารางที่ 7.6 สมรรถนะเครื่องโดยปรับแทนเครื่องเป็นระยะ 50 cm ใช้แขนจับยาว 170 cm ขณะทดสอบใช้กระป๋องเล็ก กับกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง

ความเร็วรอบเครื่อง ที่เกียร์ 1 (rpm)	ความเร็วรอบ ชุดหยอด(rpm)	ความเร็วทางตรง (km/h)	อัตราการใช้กระเทียม (kg/min)
800	25	0.92	1.45
1100	36	1.30	2.47
1300	37	1.33	3.32
1400	41	1.48	3.13
1700	46	1.67	3.98
2000	62	2.24	5.42

ตารางที่ 7.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำตามมาตรฐาน ISO ของเครื่องเมื่อปรับแทนเครื่องและระยะแขนแล้ว โดยใช้กลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง

ความเร็วรอบ ชุดหยอด(rpm)	จำนวน N	ระยะห่างระหว่าง กลีบเฉลี่ย(cm)	ร้อยละ ระยะต้องการ	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	Multiple Index(%)	Miss Index(%)	Quality of feed Index(%)	Precision (%)
25	145	11.76	36.55	7.19	20.69	22.76	56.55	28.10
36	161	10.58	33.54	6.80	27.33	21.74	50.93	27.30
37	108	10.30	37.04	5.81	21.30	17.59	61.11	29.50
41	236	9.71	36.86	6.15	28.81	15.25	55.93	27.60
46	218	10.15	37.61	6.58	27.06	15.60	57.34	27.20
62	317	9.20	24.61	7.56	39.12	17.35	43.53	27.20
P <sub>AVG</sub>								27.82



รูปที่ 7.6 กราฟความสามารถเครื่องปลุกกระเทียมที่ปรับแท่นเครื่อง 50 cm และความยาวแขน 170 cm โดยใช้กระพ้อเล็กกับกลีบกระเทียมพันธุ์พื้นเมืองขนาดกลาง

### สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำ (Precision) ระหว่างเครื่องต้นแบบกับการปรับแท่นเครื่องแล้วพบว่า ค่า Precision มีความใกล้เคียงกัน โดยที่ความเร็วรอบขุดหยอด 50 และ 80 rpm ของเครื่องต้นแบบนั้น ให้ค่า Precision ที่ดีกว่าการปรับแท่นเครื่อง แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละความเร็วของเครื่องต้นแบบจะมีค่า Precision ที่แตกต่างกันมาก สังเกตได้จากการเส้นกราฟที่ไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และค่า Precision เฉลี่ย ( $P_{AVG}$ ) เพิ่มขึ้นประมาณ 1 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องต้นแบบ ส่วนการเปรียบเทียบกับค่าอื่นๆ แล้วพบว่า การทำงานโดยปรับแท่นเครื่องและเพิ่มความยาวแขน หรือปรับสมดุลน้ำหนักให้เหมาะสม ให้ค่าที่ดีกว่าการใช้จะเครื่องต้นแบบ

## บทที่ 8

# สรุปผลและวิจารณ์

### 8.1 เงื่อนไขการใช้งานเครื่องปลูกกระเทียมที่เหมาะสม

ในการทดสอบความแม่นยำในรางทราย และอัตราการหยอดกลีบกระเทียมในห้องปฏิบัติการ ทำให้สามารถ ใช้งานเครื่องปลูกได้อย่างเหมาะสม โดยเลือกใช้กระพ้อขนาดเล็กกับกระเทียมขนาดกลางซึ่งมีค่า GMD อยู่ในช่วง 12-15 mm ความเร็วรอบเครื่องขุดปานกลาง 1100-1400 rpm จะได้ความเร็วทางตรงในช่วง 1.3-2.0 km/h ความเร็วรอบขุดหยอด 40-50 rpm ระยะห่างกลีบเฉลี่ย 9-12 cm

### 8.2 การใช้สมการการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมลงสู่ดิน

การศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียม เพื่ออธิบายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียมลงสู่ดิน และใช้สมการเป็นแนวทางในการออกแบบจุดปล่อย และถังบรรจุ ให้เหมาะสมกับงานหยอดกระพ้อที่มีอยู่แล้ว และแนวทอลำเลียงกระเทียมสู่ดิน ให้กระเทียมเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ ไม่มีอุดตัน โดยในขณะนี้สมการการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมที่ได้อธิบายไปนั้น เป็นเพียงสมการการเคลื่อนที่ของวัสดุในลักษณะไหลออกมาจากกระพ้อ ที่มีเส้นทางเป็นแบบโปรเจกไทล์ โดยคร่าว ๆ เท่านั้น ซึ่งจากสมการ 3.7 จะเห็นว่า มีเพียงค่าความเร็วรอบของงานหยอด และรัศมีจากจุดศูนย์กลางกลีบกระเทียมที่อยู่ในกระพ้อเทียบกับจุดศูนย์กลางเพลลาขับ เท่านั้นที่เราใส่ค่าเข้าไปได้ แต่ในผลการทดลองไม่ได้มีปัจจัยเพียงเท่านี้ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลสำคัญได้แก่ ลักษณะรูปร่างกระเทียมที่ไม่ทรงเรขาคณิต ทำให้ลักษณะการวางตัวในกระพ้อแตกต่างกัน ก่อนที่จะถูกเหวี่ยงออกมาจากกระพ้อ ซึ่งการที่กระเทียมหลุดออกจากกระพ้อมาจากผลจากมวลของกระเทียมเองที่มีแรงมากกว่าแรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวกระพ้อกับกลีบกระเทียม หรือมีแรงเหวี่ยงจากกระพ้อเป็นตัวช่วย หรือที่รอบเครื่องสูง ๆ กระพ้อจะอัดกระแทกกลีบกระเทียมออกมา แล้วผลที่ตามมาก็เป็นผลจากแรงต้านทานจากอากาศที่ด้านการเคลื่อนที่ของกลีบกระเทียม ส่วนในพิจารณาเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ได้จากการทดสอบพบว่า ในช่วงความเร็วรอบต่ำ (รอบขุดหยอด 30-40 rpm) มีกระเทียมเคลื่อนที่ชนขอบด้านล่าง จึงออกแบบในส่วนช่องปล่อยกลีบกระเทียมใหม่ และปรับขอบด้านล่างลงมา ทำให้สามารถแก้ปัญหานี้ได้ ส่งผลให้เส้นทางการเคลื่อนที่กลีบกระเทียมมีความสม่ำเสมอมากขึ้นด้วย

### 8.3 การปรับความสมดุลน้ำหนักในการทำงาน

จากการปรับแท่นเครื่องให้ยื่นออกมา 50 cm และเพิ่มระยะแขน 70 cm ทำให้มีแรงกระทำที่เขนลดลงจาก 46.1 เป็น 21.3 kg และเมื่อทดสอบระยะห่างระหว่างกليبกระเทียมโดยบรรจุกระเทียมอีก 12 kg ได้ผลทำให้มีความเมื่อยเพิ่มขึ้นประมาณ 1%

ส่วนในการทำงานของกลไกการหยอดของเครื่องปลูกกระเทียมเป็นการส่งกำลังจากล้อขับของรถไถเดินตาม ฉะนั้นในการทำงาน ถ้าต้องการให้เครื่องปลูกกระเทียม มีความเมื่อยเพิ่มขึ้นนั้น จะต้องรักษาเสถียรภาพ ของน้ำหนักรถและเครื่องปลูกที่กระทำต่อพื้นดินในแปลง ให้มีความสม่ำเสมอ เมื่อเวลาทำงานจะได้ควบคุมระดับความเร็วทางตรงใช้งานและความลึกในการปลูกให้สม่ำเสมอจึงจะได้ผลการปลูกที่มีความเมื่อยเพิ่มขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการเกษตรประเทศไทย. [online ]. Available : <http://www.oae.go.th/statistic/export/1301GL.xls>.
- [2] จรัสชัย เข็นพยับ. 2547 “การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมติดตั้งรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [3] เกสร จันทร์กระโทก และคณะ. 2542 “เครื่องปลูกกระเทียม.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2537.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1236-2537 เครื่องหยอดเมล็ดพืช. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [5] International Organization for Standardization. 1984. **Sowing Equipment -Test Methods - Part1 : Single Seed Drills (Precision Drills).7256/1.**
- [6] นวัต สมานกุล และคณะ. 2547. “การออกแบบถังบรรจุของเครื่องปลูกกระเทียมติดตั้งบนเครื่องเดินกำลัง 5 แรงม้า.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [7] พิทักษ์ ฆะวียงส์ และคณะ. 2547. “การออกแบบและพัฒนาระบบลำเลียงกระเทียมลงสู่ดินติดรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้า.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [8] จงกล แจ่มกระจ่าง และคณะ. 2547. “การออกแบบอุปกรณ์เปิดร่องสำหรับเครื่องปลูกกระเทียมติดตั้งบนเครื่องยนต์ขนาด 5 แรงม้า.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [9] Tajuddin.A and M.Balasubramaian. 1995. **Comparative Performance Evaluation of Different Type of Furrow Openers.** Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. Vol 26, No. 2.
- [10] จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ และคณะ.2548. “รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมให้มีความแม่นยำในการปลูก.” กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.
- [11] ชรรยง ศรีสม. 2546. “กระพ้อลำเลียง” หน้า 129-133.ใน รวบรวมบทความจากวารสารเทคนิค. **ขนถ่ายวัสดุ ชุดที่ 1.** กรุงเทพฯ : เอ็มแอนเคอี.

- [12] RNAM. 1995. **RNAM Test code and Procedures for Farm Machinery**. Philippines :  
Regional Network for Agricultural Machinery.
- [13] ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2540. เอกสารประกอบการสอน. **สมบัติเชิงเรขาคณิตของอาหารและวัสดุ**  
เกษตร. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [14] สุรินทร์ พงศ์สุกสมิทธิ์. 2539. **วิศวกรรมรถไฟเดินตาม**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [15] สุรศักดิ์ สรเพชรพิสัย. 2534. **การสำรวจ**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [16] ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2540. **วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุ**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [17] วินิต ชินสุวรรณ. 2530. **เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย  
ขอนแก่น

## ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

### การวิเคราะห์การปรับสมดุลน้ำหนักในการทำงานของเครื่องปลูก

ในการวิเคราะห์แรงกระทำต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับรถไถเดินตามนั้นได้กล่าวมาแล้วบ้างในส่วเนื้อหา ในส่วนที่เพิ่มเติมนี้จะเป็นวิธีการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลรถไถเดินตามขนาด 5 แรงม้าโดยวิธีการชั่ง และการปรับสมดุลน้ำหนักในการทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว

#### การหาจุดศูนย์กลางมวลโดยวิธีการชั่งน้ำหนัก

เครื่องจักรกลเกษตรส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่ทำงานบนพื้นดิน ซึ่งมีสภาพแตกต่างจากท้องถนนที่สามารถควบคุมการขับเคลื่อนได้ง่าย เสถียรภาพของเครื่องจักรกลเกษตรที่เคลื่อนที่ เช่น รถไถเดินตาม รถแทรกเตอร์ เทรลเลอร์ รถบรรทุก รถเก็บผลไม้ มีความสำคัญต่อความปลอดภัยของเกษตรกรผู้ขับขี่ที่ได้ทราบมาแล้วว่า หากตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุเคลื่อนที่ออกนอกเส้นของฐานของวัตถุ วัตถุจะเสียสมดุล การหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของเครื่องจักรกลเกษตรทำได้หลายวิธี เช่น การแขวน การชั่ง การแขวนนั้นใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็ก การชั่งใช้กับเครื่องจักรขนาดใหญ่ ซึ่งจะยกตัวอย่างการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของรถไถเดินตามมีรายละเอียดดังนี้

#### วัสดุและอุปกรณ์

- (1) รถไถเดินตาม
- (2) โครงรถไถเดินตาม
- (3) เครื่องชั่งแบบสปริง
- (4) เครื่องชั่งแบบแท่น
- (5) โครงเหล็กรองล้อที่สูงเท่าแท่นของเครื่องชั่ง
- (6) เทปวัดระยะ
- (7) ลูกคิ่ง
- (8) ชอล์ก

#### วิธีการทดสอบ

1. วัดระยะห่างระหว่างล้อหน้าและแกน ( $X_1$ )
2. วัดระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหน้า ( $Z_1$ ) และระหว่างล้อหน้าขวาและกลางแกน ( $Z_2$ )
3. ชั่งน้ำหนักรถทั้งคัน ( $W$ )

4. ชั่งน้ำหนักล้อหน้าทีละข้างโดยให้ล้อทั้งสองและแขนอยู่ในแนวระดับ ( $N_1, N_2, N_3$ )

5. ใช้โปรแกรมคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแกน (X)

$$\text{โดยใช้สมการ } X = X_1(N_1 + N_2)/W$$

6. ใช้โปรแกรมคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแกน (Z)

$$\text{โดยใช้สมการ } Z = (Z_1N_2 - Z_2N_3)/W$$

7. ใช้แท่นรองหนุนล้อหน้าข้างซ้ายให้สูงขึ้นเป็นระยะ Y

8. ใช้โปรแกรมคำนวณหามุมเอียง ( $\theta$ ) โดยใช้  $\theta = \sin^{-1} Y/Z_1$

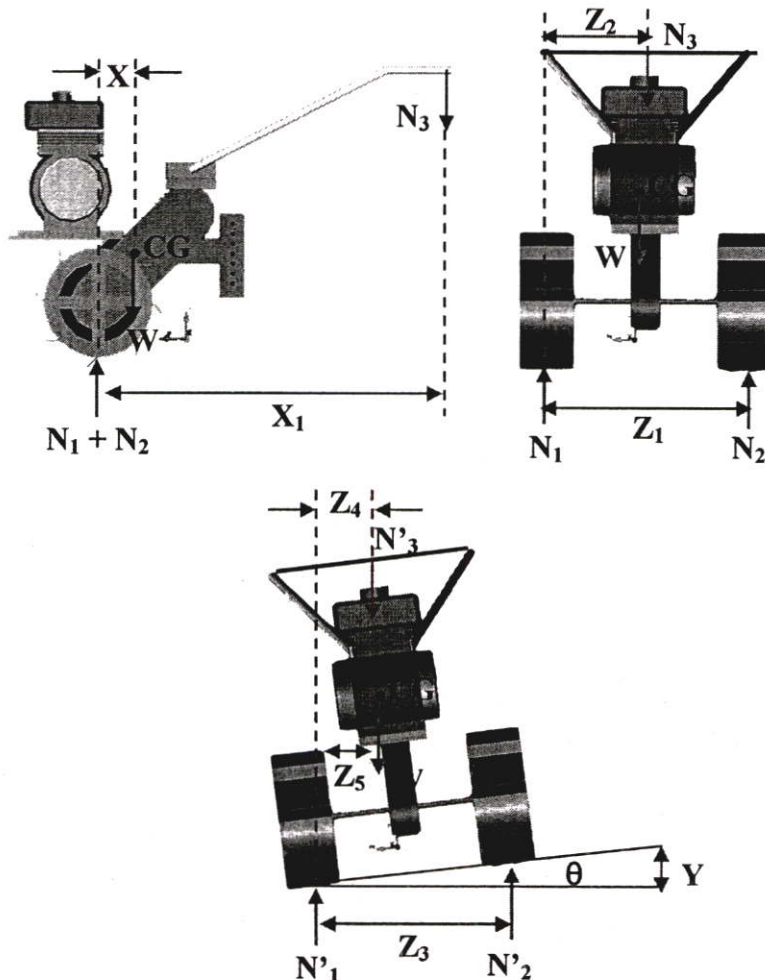
9. ใช้โปรแกรมคำนวณระยะในแนวราบจากจุดรับน้ำหนักที่ล้อซ้ายถึงล้อขวาและแขนตามแนวตั้ง ( $Z_3, Z_4$ )

10. ชั่งน้ำหนักล้อทั้งสองข้างและแขนขณะตัวรถเอียง ( $N'_1, N'_2, N'_3$ )

11. ใช้โปรแกรมคำนวณระยะในแนวราบจากจุดศูนย์กลางมวลล้อซ้ายถึงแนวจุดศูนย์กลางมวลตามแนวแกนตั้ง ( $Z_5$ ) โดยใช้  $Z_5 = (Z_3N'_2 - Z_4N'_3)/W$

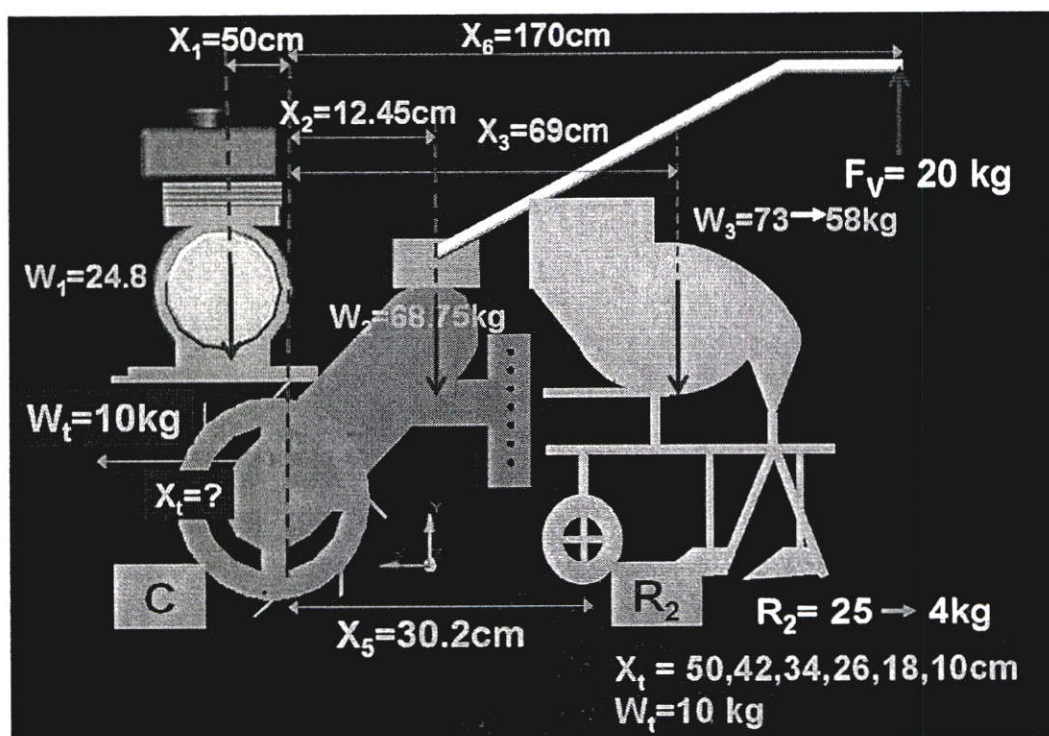
12. ใช้โปรแกรมคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแกน (Y)

$$\text{โดย } Y = [Z - (Z_5 / \cos \theta)] / \tan \theta$$

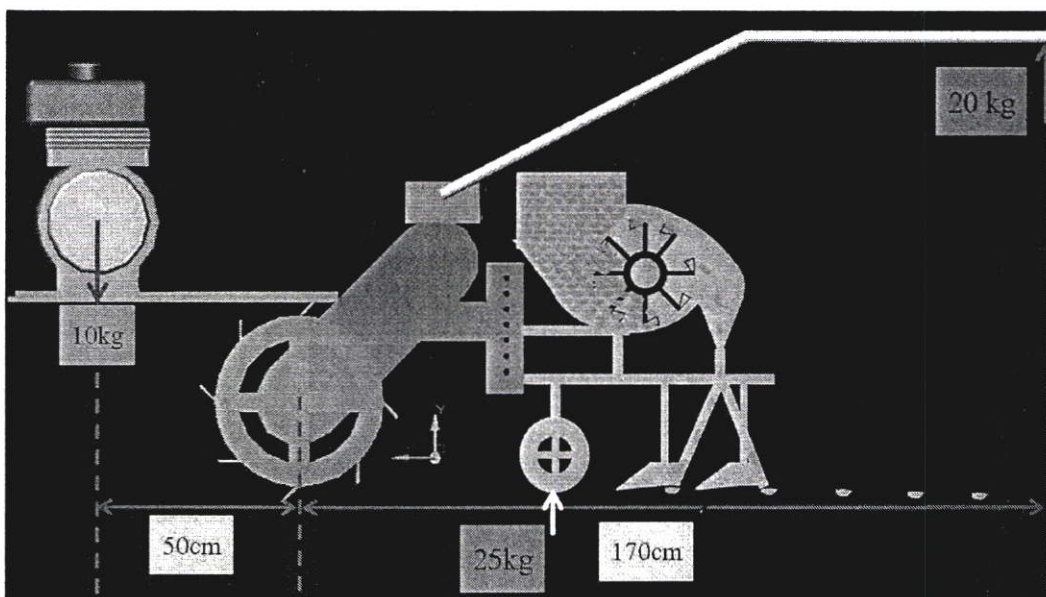


## การปรับสมดุลน้ำหนักในการทำงานของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แฉว

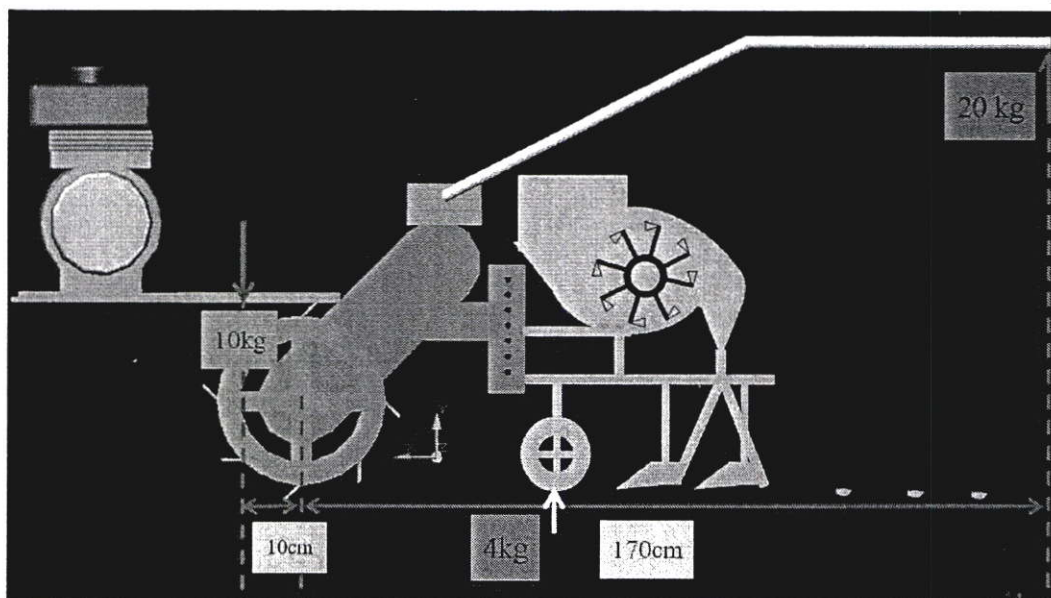
ตามที่ได้มีการวิเคราะห์แรงกระทำของเครื่องปลูกกระเทียม โดยเพิ่มระยะแขนและระยะตำแหน่งเครื่องเป็น 70 และ 50 cm ตามลำดับ ทำให้สามารถลดแรงกระทำที่แขนลดลงเหลือ 21.3 kg การวิเคราะห์ต่อมาเมื่อนำไปปลูกจริงต้องบรรจุกลีบกระเทียมอีก 15 kg ทำให้น้ำหนักที่แขนเพิ่มเป็น 27.4 kg ดังนั้นถ้าต้องการออกแรงกระทำที่แขนให้คงที่ประมาณ 20 kg ตามที่ได้วิเคราะห์มาแล้ว จึงจะได้ความเร็วทางตรงสม่ำเสมอประมาณ 1.4-1.6 km/hr ทำให้ได้ระดับความลึกในการปลูกที่ค่อนข้างจะคงที่และระยะห่างระหว่างกลีบกระเทียมมีความสม่ำเสมอมากขึ้น มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น จึงต้องมีการปรับสมดุลน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในการทำงานจริงจะมีน้ำหนักของกลีบกระเทียมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ตั้งแต่ 15 kg ไปจนหมดถึง คิดเป็นอัตราการลดลงของกลีบกระเทียม 3 kg/min แล้วให้ออกแรงที่แขนคงที่ที่ 20 kg ต้องมีการถ่วงน้ำหนัก 10 kg ที่ตำแหน่งระยะเครื่องยนต์ 50 cm แล้วเลื่อนระยะตำแหน่งการถ่วงตามปริมาณกลีบกระเทียมที่ลดลงเป็น 42, 34, 26, 18 และ 10 cm ในแต่ละ 1 นาทีตามลำดับ (จะทำให้แรง  $R_2$  ลดลงจาก 24.9 เป็น 20.7, 16.5, 12.3, 8.1 และ 3.9 kg ตามลำดับ แสดงตามรูปที่ 1 ซึ่งเป็นการเริ่มต้นทำงาน จนกระทั่งเมื่อใช้กลีบกระเทียมจนหมดถึงประมาณอีก 5 นาทีถัดมา จะมีลักษณะการถ่วงน้ำหนักตามรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงการวิเคราะห์การปรับสมดุลน้ำหนักเมื่อใช้งานเครื่องปลูก



รูปที่ 2 ลักษณะการถ่วงน้ำหนักขณะเริ่มปลูกเมื่อกลีบบกระเทียมเต็มถึง



รูปที่ 3 ลักษณะการถ่วงน้ำหนักเมื่อใช้กลีบบกระเทียมหมดถึง

## ภาคผนวก ข.

## ผลงานวิจัยที่ได้เผยแพร่

1. “The 8-rows Garlic Planter Installed with 5-hp Engine Power Tiller” ในการประชุมวิชาการ **International Workshop 2005 “Strengthening the Application of Agricultural Engineering and Post-harvest Technology for Effective and Sustainable Development in Agricultural Production”** วันที่ 8–9 ธันวาคม 2548 ณ The Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post-harvest Technology (VIAEP) - Hanoi -Vietnam
2. “การศึกษาแนวทางในการพัฒนาความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 ประจำปี 2550 วันที่ 22-24 มกราคม 2550 ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด ขอนแก่น

## THE 8-ROWS GARLIC PLANTER INSTALLED WITH 5-HP ENGINE POWER TILLER

Somchai Praditsuwan<sup>1</sup>, Charatchai Yenphayab<sup>2</sup> Sonyaluck Kingthong<sup>3</sup>  
and Jiraporn Benjaphragairat<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Master student, <sup>2,3</sup> Lecturer, <sup>4</sup> Associate Professor

<sup>1,3,4</sup> Agricultural Engineering Department, Faculty of Engineering, King Mongkut's  
Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520.

<sup>2</sup> Agricultural Engineering Department, King Mongkut's Institute of Technology  
Lardkabang Chumphon Campus, Chumphon, Thailand 86160.

**Abstract:** The design and development of a garlic planter installed with 5 hp engine power tiller has been started by the surveying of garlic cultivation and farmer requirement. The experimental on plantation methods were reported that the garlic planter should be designed a drilling method. Spacing between cloves and row are 10 cm. The development of metering systems were aimed at the least seed damage and the accuracy of seed spacing. After developed 7 models of garlic planters were fabricated and tested (from B.E 1999- 2003). The most impressive model was 8-row garlic planter with a plastic bucket disk metering system. The bucket disk with 6 triangular plastic buckets located at the peripheral disk. Each bucket has 80 degree scoop angle. The furrow opener of planter is shoe type. In laboratory test, it found that the appropriate speed of the power tiller engine was 1300 rpm at gear No.1. In field test, the best land preparation is 1 travel of rotary tiller. The average forward speed of planter is 1.68 km/hr whereas its field capacity is about 1.08 ha/day and average seed spacing is about 11.73 cm. Moreover, the average percentage of slip is found to be 10.36 while the percentage of the germination and average yield are found to be 74.57 and 13,856 kg/ha, respectively. The economic analysis have shown that the break even point of this planter is approximately 0.32 ha.

**Keywords:** Garlic Planter, Drill Planter, Metering device

## การศึกษาแนวทางในการพัฒนาความแม่นยำของเครื่องปลูกกระเทียมขนาด 10 แถว Study of Methods to Develop Precision for the 10 Rows Garlic Planter

สมชัย ประดิษฐ์สุวรรณ<sup>1</sup> สัญลักษณ์ กิ่งทอง<sup>2</sup> จิราภรณ์ เบนญประภากรัตน์<sup>3</sup>

Somchai Praditsuwan, Sanyaluck Kingthong, Assoc.Prof. Jiraporn Benjaphragairat

### Abstract

Presently, developments of the garlic planter have been fabricated to the new prototype, which is the 10 rows garlic planter. The working width is 1 m. The metering system is a bucket type made from plastic. Each bucket scoop cloves and deliver passing seed tube placed into soil furrow. The furrow opener is shovel type, placed in 2 lines, each line has 5 sets and spacing between lines is 270 mm. The covering device is rubber plate. Testing had been done in Fang district and Mae tang district. The result of the 10 rows garlic planter capacity is 0.37-0.75 rai/hr at forward speed of 1.27-1.61 km/hr. Planting depth is 26-34 mm. with the percentage of soil covering is about 64-84. Turning time at the headland is about 5-30 seconds. Precision value for the 10 rows garlic planter was 27-28 %, planting spacing of 13-18 cm. The precision value of planter is lower than farmer planting about 22-28%. Yield production at Fang district and Mae Tang district is 2,969 and 4,307 kg/rai respectively. The production planting by the planter is lower than the farmer planting about 11-21%.

Keyword: metering system, precision value

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการพัฒนาเครื่องปลูกกระเทียมนั้นได้พัฒนาเป็น เครื่องปลูกกระเทียมต้นแบบใหม่ มีจำนวน 10 แถว ขนาดหน้ากว้างในการทำงาน 1 เมตร กลไกการหยอดกลีบกระเทียมเป็นจานหยอดกระเทียมที่ละกลีบ จากนั้นกะพ้อจะทำการเหวี่ยงกระเทียมลงสู่ท่อ นำเมล็ด แล้ววางกลีบกระเทียมลงสู่ร่องปลูก อุปกรณ์เปิดร่องเป็นแบบปลั้วจัดวางเป็น 2 แถว แถวละ 5 ร่อง แถวหน้ากับหลัง มีระยะห่างระหว่างแถว 270 มิลลิเมตร ตัวกลบดินเป็นแผ่นยาง เมื่อนำไปทดสอบในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเทียม ที่อำเภอฝางและอำเภอแม่แตงพบว่า เครื่องปลูกมีความสามารถในการทำงาน 0.37- 0.75 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วในการทำงาน 1.27-1.61 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความลึกในการปลูก 26-33 มิลลิเมตร ร้อยละการกลบ 84-87 เวลาในการเลี้ยวที่หัวงาน 5-30 วินาที มีระยะระหว่างต้นกระเทียมเฉลี่ย 13 -18 เซนติเมตร เครื่องปลูกมีค่าความแม่นยำร้อยละ 27-28 โดยที่เครื่องปลูกมีค่าความแม่นยำน้อยกว่าเกษตรกรอยู่ในช่วงร้อยละ 22-28 ผลผลิตกระเทียมจากเครื่องปลูกในแปลง อำเภอฝาง 2,969 กก./ไร่ และแปลงอำเภอแม่แตง 4,307 กก./ไร่ ซึ่งผลผลิต ที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกน้อยกว่า แปลงเกษตรกร อยู่ในช่วงร้อยละ 11 -21

คำสำคัญ : กลไกการหยอด ค่าความแม่นยำ

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>2</sup> อาจารย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสมชัย ประดิษฐ์สุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	6 กรกฎาคม 2524 ที่สงขลา
ที่อยู่	5/2 ซ.2 ถ.ชัยมงคล ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000
ประวัติการศึกษา	2546 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง