การพัฒนาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

Development of paddy field weeders

นายธีรยุทธ์ ฉิมมาป้อ รหัส 54360643

นายวีรวัฒน์ วังคีรี รหัส 54360827

นายสัตยา ศรีจันทร์ รหัส 54360889

i 6894460

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน	: การพัฒนาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายธีรยุทธ ฉิมมาป้อ รหัสนิสิต 54360643
	นายวีรวัฒน์ วังคีรี รหัสนิสิต 54360827
	นายสัตยา ศรีจันทร์ รหัสนิสิต 54360889
ที่ปรึกษาโครงงาน	: ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์
ที่ปรึกษาร่วม	: รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(ผศ.นพรัตน์ สีหะวงษ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

หัวข้อโครงงาน	: การพัฒนาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายธีรยุทธ์ ฉิมมาป้อ รหัสนิสิต 54360643
	นายวีรวัฒน์ วังคีรี รหัสนิสิต 54360827
	นายสัตยา ศรีจันทร์ รหัสนิสิต 54360889
ที่ปรึกษาโครงงาน	: ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์
ที่ปรึกษาร่วม	: รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2557

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน และในแปลงนาข้าว โดยนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรงที่เกษตรกรนิยมใช้ ส่วนประกอบหลักของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช คือ 1) ชุดโครงคาน, 2) ชุดลูกพรวน ซึ่งประกอบด้วยลูกพรวนจำนวน 2 ลูกต่อชุด และ 3) ชุดสกี ลูกพรวนที่ทำการออกแบบและสร้างเป็นลักษณะทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ติดครีบสูง 3.8 เซนติเมตร ลูกพรวนที่ทำการศึกษา มีครีบที่มีลักษณะแตกต่างกัน 6 รูปแบบ คือ 1) ฟันตรงแบบซี่ (W1), 2) ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2), 3) ฟันตรงเอียงสลับ (W3), 4) ฟันตรงเอียงตัววี (W4), 5) ฟันแบบเกลียว (W5) และ 6) ฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) จากการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดพืชเบื้องต้นในนาข้าวด้วยการสลับตำแหน่งของลูกพรวน พบว่าลูกพรวนแบบ W4 ไม่สามารถกำจัดวัชพืชในนาข้าวได้ และลูกพรวนที่เหลือทั้ง 5 ลูกพรวนสามารถกำจัดวัชพืชในนาข้าวได้ ผลการทดสอบลูกพรวนในกระบะดิน พบว่า แรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงาน มีค่าเป็น 193.81, 267.40, 186.48, 210.61 และ 254.39, นิวตันต่อเมตร สำหรับลูกพรวนแบบ W1, W2, W3, W5 และ W6, ตามลำดับ จากผลการทดสอบในกระบะดิน เลือกเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชได้ 3 รูปแบบที่จะใช้ทดสอบในแปลงนา คือ 1) แบบ W3W2, 2) แบบ W3W5 และ 3) แบบ W1W6 (เครื่องพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง, Control) จากผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา พบว่าแรงเฉลี่ยที่ใช้เข็นต่อหน้ากว้างการทำงานของเครื่องพรวนแบบ W3W5, แบบ W3W2 และแบบ W1W6 มีค่าเท่ากับ 768.73, 791.85 และ 846.73 นิวตันต่อเมตร ตามลำดับ สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผลเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.245, 0.234 และ 0.251 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 77.22, 80.18 และ 69.29 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 15742.18, 16531.49 และ 12640.47 ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า ของเครื่องพรวนแบบ W3W2, W3W5 และ W1W6 ตามลำดับ เมื่อคำนึงถึงค่าแรงที่ใช้ในการเข็นต่อหน้ากว้างการทำงาน ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช และดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 และ W3W5 มีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องพรวนแบบลูกพรวนทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) ที่เกษตรกรนิยมใช้

Project Title	: Development of paddy field weeders
Name	: Mr.Theerayut Chimmapo Student ID : 54360643
	Mr.Werawat Wangkhiri Student ID : 54360827
	Mr.Sattaya Srijan Student ID : 54360889
Project Advisor	: Asst. Prof. Dr. Rattana Karoonboonyanan
Project Co-Advisor	: Assoc. Prof. Dr. Mathanee Sanguansermsri
Academic Year	: 2014

Abstract

The objective of this project is to design, build and test weeders in soil bin and paddy field, compare with cylinder weeder that farmers currently use. Its main components include frame structure, rotor and float. Rotors were designed and built as a hollow cylinder with the diameter of 7.5 cm, 3.8 cm long and the fin height of 15 cm. There are 6 different types of rotors studied, which are straight teeth comb (W1), 14-degrees inclined straight teeth (W2), alternated straight teeth (W3), V-type straight teeth (W4), spiral teeth (W5) and 5-degree inclined straight teeth (W6). Preliminary field tests with different combination of rotors showed that W4 rotor could not work in the field, while the other 5 designs could. Results of testing in soil bin showed that the average horizontal force per working width are 193.81, 267.40, 186.48, 210.61 and 254.39 N/m for the weeder W1, W2, W3, W5 and W6, respectively. According to the soil bin test results, three combinations of rotors, which are W3W2, W3W5 and W1W6 (cylinder weeder, control) were selected for the field test. Results of field testing of paddy weeders showed that the average force required for pushing per working width of W3W5, W3W2 and W1W6 are 768.73, 791.85 and 846.73 N/m, respectively. Effective field capacity were, 0.039, 0.037 and 0.040 ha/hr; weeding efficiency were 77.22, 80.18 and 69.29 percent; and performance index were 2518.75, 2645.04 and 2022.48 ha/hp-h for W3W2, W3W5 and W1W6, respectively. Considering the force required per working width, weeding efficiency and performance index, the W3W5 and the W3W2 weeder were more appropriate than the cylinder weeder (W1W6).

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินโครงงานต้องขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ และ รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี ที่กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินโครงงาน ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ ผศ.นพรัตน์ สีหะวงษ์ และ อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ

ขอขอบพระคุณ คุณเกดิษฐ์ กว้างตระกูล ครูช่าง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณ คุณสมบูรณ์ ศรีจันทร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สร้างเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชเพื่อมาใช้ในการทดสอบ

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู และสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงิน และคอยให้กำลังใจแก่ผู้ดำเนินโครงงานตลอดมา

และขอขอบคุณบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดสอบ และในการจัดทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินโครงงานทั้งหมดขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้ามีข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายธีรยุทธ์ ฉิมมาป้อ
นายวีรวัฒน์ วังคีรี
นายสัตยา ศรีจันทร์

ลำดับสัญลักษณ์

C_E	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (ไร่ต่อชั่วโมง)
C_T	สมรรถนะทางไร่ทางทฤษฎี (ไร่ต่อชั่วโมง)
e	ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (ร้อยละ)
e_t	ประสิทธิภาพทางไร่ (ร้อยละ)
F	แรงในแนวแกน (นิวตัน)
F_x	แรงในแนวระดับ (นิวตัน)
P	ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช (เฮกตาร์ต่อชั่วโมง-กำลังม้า, ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า)
q	พืชประธานที่ไม่ถูกทำลายจากการกำจัดวัชพืช (ร้อยละ)
S	อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
W	ความกว้างการทำงาน (เมตร)
w_1	จำนวนของวัชพืชที่นับได้ต่อหน่วยพื้นที่ก่อนการทำงาน (ต้นต่อหน่วยพื้นที่)
w_2	จำนวนของวัชพืชที่นับได้ต่อหน่วยพื้นที่หลังการทำงาน (ต้นต่อหน่วยพื้นที่)
ε_c	ค่าความเครียดในแนวแกน, μ
ε_t	ค่าความเครียดในแนวรัศมี, μ
θ	มุมเอียงที่แรงกระทำกับแนวระดับ (องศา)

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงาน ก
บทคัดย่อ ข
Abstract ค
กิตติกรรมประกาศ ง
ลำดับสัญลักษณ์ จ
สารบัญ ฉ
สารบัญตาราง ซ
สารบัญรูปภาพ ฌ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 วัชพืชในนาข้าว 4
2.2 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น 5
2.3 ชุดทดลองกระบะดิน 10
2.4 สมการที่ใช้ในโครงงาน 11
2.5 วรรณกรรมปริทรรศน์ 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน
3.1 การออกแบบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว 15
3.2 การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น 17
3.3 การเตรียมกระบะดินสำหรับใช้ในการทดสอบ 18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน 21
3.5 การเตรียมแปลงนาสำหรับใช้ในการทดสอบ 24
3.6 การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว 25

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล
4.1 ผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชเบื้องต้น 31
4.2 ผลการทดสอบลูกพรวนในกระบะดิน 35
4.3 ข้อมูลของแปลงทดสอบ 36
4.4 ผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว 37

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น 44
5.2 สรุปผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน 44
5.3 สรุปผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว 45
5.4 ข้อเสนอแนะ 46

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา 48
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน 64
ภาคผนวก ค รูปถ่ายแปลงการทดสอบทั้งก่อน – หลังการทดสอบ 78
ภาคผนวก ง แบบรายละเอียดของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 89

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 106

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 3.1 แนวคิดในการออกแบบ และลักษณะการทำงานของลูกพรวน 16
ตารางที่ 3.2 การสลับลูกพรวนในการทดสอบเบื้องต้น 17
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น 32
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน 36
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลของแปลงทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 37
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบแรงที่ใช้เข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 3 รูปแบบ 41
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดสอบในแปลงของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 3 รูปแบบ 42
ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน 44
ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว 45
ตารางที่ 5.3 สรุปลักษณะการทำงานและเปรียบเทียบผลการทดสอบของเครื่องพรวน 46

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ชนิดของวัชพืชที่เกิดขึ้นในนาข้าว 5
รูปที่ 2.2 ชนิดของข้าววัชพืช 5
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น 6
รูปที่ 2.4 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง 7
รูปที่ 2.5 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี 8
รูปที่ 2.6 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบคราดฟันปลา 8
รูปที่ 2.7 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบกรวย 9
รูปที่ 2.8 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวแบบญี่ปุ่น 10
รูปที่ 2.9 ชุดทดลองกระบะดิน 11
รูปที่ 3.1 ติดตั้งคานเข็นสำหรับวัดแรงเข็นในกระบะดิน 18
รูปที่ 3.2 ซ่อมบำรุง และติดตั้งกระบะดิน 19
รูปที่ 3.3 การเตรียมดินสำหรับทดสอบในกระบะดิน 19
รูปที่ 3.4 ติดตั้งมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนตัวรถ 20
รูปที่ 3.5 แผนภาพชุดกระบะดิน 20
รูปที่ 3.6 ลูกพรวนกำจัดวัชพืชที่ทดสอบในกระบะดิน 21
รูปที่ 3.7 ติดตั้งและต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือวัด 22
รูปที่ 3.8 เตรียมดินในกระบะดินสำหรับทำการทดสอบ 22
รูปที่ 3.9 ติดตั้งลูกพรวนสำหรับทำการทดสอบ 23
รูปที่ 3.10 ทดสอบ และเก็บข้อมูลผลการทดสอบ 23
รูปที่ 3.11 ถอดชุดลูกพรวน และทำความสะอาด 24
รูปที่ 3.12 แผนภาพของแปลงย่อยหนึ่งแปลงที่ใช้ในการทดสอบ 24
รูปที่ 3.13 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) 26
รูปที่ 3.14 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันเอียงสลับและฟันตรงเอียง 14 องศา (W3W2) 27
รูปที่ 3.15 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันแบบเกลียว (W3W5) 28
รูปที่ 3.16 ด้ามของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบ 28
รูปที่ 3.17 ตำแหน่งการถ่ายรูป อุปกรณ์ที่ใช้ และตัวอย่างรูปถ่ายก่อนและหลังการทดสอบ 29
รูปที่ 4.1 รูปแบบลูกพรวนกำจัดวัชพืช 31

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 ลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา 35
รูปที่ 4.3 แรงเฉลี่ยที่ใช้เข็นในแนวระดับของลูกพรวนแบบต่าง ๆ 35
รูปที่ 4.4 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนแบบ W3W2 38
รูปที่ 4.5 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนแบบ W3W5 39
รูปที่ 4.6 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนแบบ W1W6 40
รูปที่ 4.7 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนทั้ง 3 รูปแบบ 41
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างรูปถ่ายสำหรับการกำจัดวัชพืช 42

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตของคนไทย และเป็นแหล่งรายได้หลักของชาวนาไทยกว่า 3.7 ล้านครัวเรือน จากจำนวนครัวเรือนเกษตรทั้งสิ้น 5.6 ล้านครัวเรือน หรือร้อยละ 66 ของครัวเรือนเกษตรทั้งหมดของไทย [1] โดยชาวนาไทยมีต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ยอยู่ที่ 5,000 บาทต่อไร่ ซึ่งในต้นทุนนี้มีค่าใช้จ่ายเรื่องของสารเคมีที่ใช้สำหรับกำจัดวัชพืชเฉลี่ยอยู่ประมาณ 400 บาทต่อไร่ [2] คิดเป็น 8 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตข้าว เนื่องจากวัชพืชจะแย่งสารอาหาร แย่งน้ำ แย่งแสงแดดจากต้นข้าว ทำให้ข้าวเจริญเติบโตช้า เติบโตได้ไม่เต็มที่ ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณและคุณภาพลดลง

การกำจัดวัชพืชในนาข้าวที่นิยมในปัจจุบันคือ การใช้สารเคมีในการกำจัดเนื่องจากสามารถทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และใช้แรงงานน้อย ส่วนการกำจัดวัชพืชโดยใช้มือถอน จะมีความแม่นยำในการกำจัดแต่ใช้เวลานาน และต้องการแรงงานจำนวนมาก ในส่วนของเกษตรอินทรีย์คือ ระบบการผลิตที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช [3] ดังนั้นการกำจัดโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ทำนาแบบเกษตรอินทรีย์ ข้อดีคือสามารถกำจัดวัชพืชไปพร้อมกับการพรวนดิน เพิ่มการแตกกอของข้าว เครื่องพรวนมีราคาถูก และมีการบำรุงรักษาง่าย [4]

จักรกฤษณ์ และคณะ [5] ได้ทำการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 4 รูปแบบที่มีใช้งานในปัจจุบัน ปัญหาที่พบคือ

1) เครื่องพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง พบว่า ใช้แรงเข็นมาก ขึ้นอยู่กับระดับน้ำ และต้องระวังไม่ให้เครื่องพรวนถูกต้นข้าวเนื่องจากเครื่องพรวนมีความกว้างมาก

2) เครื่องพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี พบว่า ใช้แรงเข็นที่สูงมากเนื่องจากมีวัชพืชพันติดกับลูกพรวนเป็นจำนวนมาก

3) เครื่องพรวนแบบคราดฟันปลา พบว่า มีหน้ากว้างการทำงานที่น้อยมาก การทรงตัวขณะใช้งานทำได้ยาก

4) เครื่องพรวนแบบกรวย พบว่า เครื่องพรวนจมลงในดินโคลน และมีโคลนติดลูกพรวนเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถทำงานในแปลงนาทดสอบได้

จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำโครงการมีแนวคิดที่จะศึกษา และทำการออกแบบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว เพื่อพัฒนาให้มีความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน และแปลงนาข้าว

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวแบบต่างๆ

1.3.2 ออกแบบ และสร้างเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชรูปแบบต่างๆ

1.3.3 ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชต้นแบบในแปลงนาข้าว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเบื้องต้น จากผลการทดสอบ เลือกรูปแบบของลูกพรวนที่สามารถทำงานในแปลงนาข้าวได้

1.3.4 ทดสอบลูกพรวนในกระบะดิน เพื่อศึกษารูปแบบของลูกพรวนโดยพิจารณาจากแรงที่ใช้ในการเข็น

1.3.5 ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชที่พัฒนาขึ้นในแปลงนาข้าวเพื่อศึกษาหาความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงาน เปรียบเทียบกับเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบทรงกระบอกฟันตรง ซึ่งจักรกฤษณ์ และคณะ [5] แนะนำจากผลการทดลอง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2557					2558				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาหลักการทำงานเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช										
2. ซ่อมบำรุงและติดตั้งกระบะดิน										
3. ออกแบบและสร้างเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชรูปแบบต่างๆ										
4. ทดสอบกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น										
5. ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน										
6. ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา										
7. สรุปผล และจัดทำรายงาน										

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น ที่เหมาะสมกับการทำนาแบบปักดำ โรยเป็นแถว หรือการเพาะปลูกที่มีระยะห่างระหว่างแถวคงที่

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1.	สีกันสนิม	500	บาท
2.	ค่าอุปกรณ์และค่าแรงในการสร้างเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชต้นแบบ	5,000	บาท
3.	จัดทำรูปเล่ม	2,000	บาท
4.	ค่าอุปกรณ์อื่นๆ	1,500	บาท
	รวม	9,000	บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 วัชพืชในนาข้าว

วัชพืช หมายถึง พืชที่ขึ้นผิดที่ หรือพืชที่ขึ้นในที่ที่ไม่ต้องการให้ขึ้น มีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร และส่งผลให้ผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 30-35 [6]

วัชพืชที่เกิดขึ้นในนาข้าว (รูปที่ 2.1) แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท [7] ดังนี้

1) วัชพืชในนาที่เป็นที่ดอน จะมีวัชพืชที่พบมาก ได้แก่ หญ้าแดง หญ้านกสีชมพู หญ้าชันอากาศ

2) วัชพืชในนาที่เป็นที่ลุ่มปานกลาง วัชพืชที่พบมาก ได้แก่ ขาเขียด แห้วหมูรงกระเทียม หญ้าหนวดปลาดุก แห้วหมูรงกระเทียมโป่ง กกสามเหลี่ยม แพงพวย เทียนนา

3) วัชพืชในนาที่เป็นที่ลุ่มมาก วัชพืชที่พบมาก ได้แก่ สาหร่ายพุงชะโด สันตะวาใบข้าว สาหร่ายหางกระรอก สันตะวาใบพาย ผักตบชวา สาหร่ายข้าวเหนียว สาหร่ายไฟ กกขนาก หญ้าตะกรับ แหนแดง

การจำแนกข้าววัชพืช สามารถจำแนกตามลักษณะภายนอกของข้าววัชพืชได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้ [8]

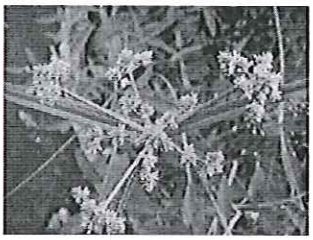
1) ข้าวหางหรือข้าวนก คือข้าววัชพืชที่มีลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม มีหางยาว หางอาจจะมีสีแดงหรือขาวในระยะข้าวยังสด เมล็ดร่วงก่อนเก็บเกี่ยว สีของเยื่อหุ้มเมล็ดมีทั้งแดงไปจนถึงขาว (รูปที่ 2.2ก)

2) ข้าวแดงหรือข้าวลาย คือข้าววัชพืชที่มีลักษณะสีข้าวเปลือกมักมีสีเข้มไปจนถึงลายสีน้ำตาลแดง เมล็ดข้าวเปลือกส่วนใหญ่ไม่มีหาง เมล็ดมีทั้งร่วง และไม่ร่วงก่อนเก็บเกี่ยว แต่สีของเยื่อหุ้มเมล็ดส่วนใหญ่มีสีแดง (รูปที่ 2.2ข)

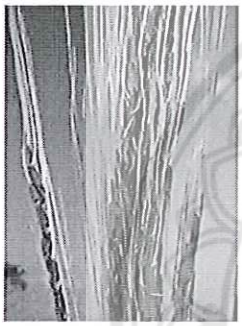
3) ข้าวดีดหรือข้าวเด้ง คือข้าววัชพืชที่มีลักษณะร่วงง่าย และร่วงเร็วโดยทยอยร่วงตั้งแต่หลังดอกบาน 9 วันเป็นต้นไป เมล็ดข้าวเปลือกส่วนใหญ่มีหางสั้นหรือไม่มีหาง เปลือกข้าวส่วนใหญ่มีสีเหลืองฟาง สีของเยื่อหุ้มเมล็ดมีทั้งแดงและขาว (รูปที่ 2.2ค)

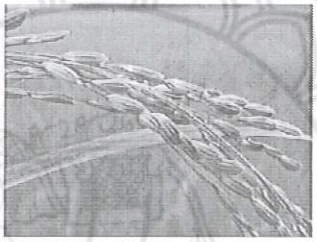
ก) หญ้าแดง

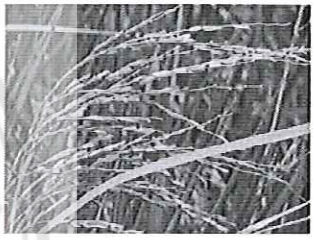
ข) ขาเขียด


ค) กกขนาก

รูปที่ 2.1 ชนิดของวัชพืชที่เกิดขึ้นในนาข้าว [8]


ก) ข้าวหางหรือข้าวนก


ข) ข้าวแดงหรือข้าวลาย


ค) ข้าวดีดหรือข้าวเด้ง

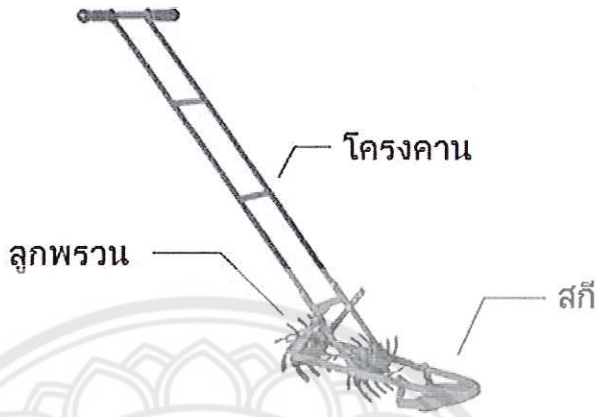
รูปที่ 2.2 ชนิดของข้าววัชพืช [8]

2.2 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น

เครื่องมือกำจัดวัชพืชแบบใช้แรงงานคนเข็น (Manually operated weed) เครื่องมือแบบนี้ออกแบบมาเพื่อใช้คนดันหรือเข็นเข้าไปทำงานในร่องระหว่างแถวของข้าวที่เป็นนาดำหรือพืชที่มีระยะห่างระหว่างแถวที่เท่ากัน

2.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้คนเข็น (รูปที่ 2.3) มีส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น [5]

1) ชุดโครงคาน ควรมีความยาวที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน สามารถปรับระดับได้ตามความต้องการ และควรอยู่ต่ำกว่าระดับอก ด้ามมือจับต้องมีลักษณะที่เหมาะสมกับมือผู้ใช้งานและสามารถส่งแรงได้ง่าย

2) ชุดลูกพรวน เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำจัดวัชพืช สามารถสร้างรูปแบบและจำนวนลูกพรวนได้ตามที่ต้องการ

3) ชุดสกี ช่วยในการพยุงตัวของเครื่องไม่ให้จมดิน ควรออกแบบทำมุมองศาเล็กน้อยกับแนวระดับ

อย่างไรก็ตาม ตัวเครื่องพรวนควรออกแบบให้มีน้ำหนักเบา เพื่อทำให้ใช้แรงน้อยในการทำงาน และสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย โดยทั่วไปเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น สามารถออกแบบให้มีการทำลายวัชพืชได้ 3 ลักษณะ คือ

1) การถอนราก (Uprooting) คือการขุดถอนรากให้วัชพืชตาย
2) การตัด (Cutting) คือการตัดต้นวัชพืชบริเวณส่วนที่อยู่เหนือผิวดิน
3) การกลบ (Covering) คือการกลบฝังวัชพืชด้วยดิน

2.2.2 เครื่องกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็นที่มีการใช้งานในปัจจุบัน

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็นที่มีการใช้งานในปัจจุบัน มีส่วนประกอบและโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน โดยจะถูกออกแบบให้ลูกพรวนมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามความต้องการใช้งานในแต่ละท้องถิ่น ในที่นี้จะยกตัวอย่างเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ดังต่อไปนี้ [5]

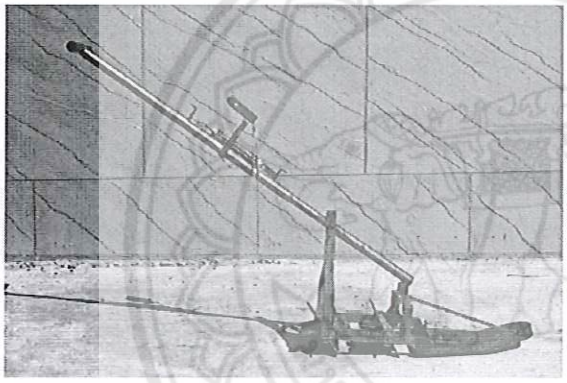
1. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง มีลูกพรวนทรงกระบอก 2 ลูก

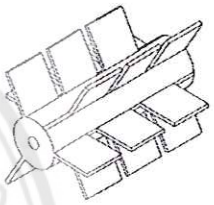
ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า) มีลักษณะใบเป็นแผ่นเหล็กขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัส วางเรียงตามแนวแกนของทรงกระบอก โดยมีระยะห่างแต่ละใบพรวนเท่ากัน แต่ละแถวของใบพรวนจะวางใบพรวนสลับกันกำจัดวัชพืชโดยการตัดวัชพืชให้ขาด

ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง) มีลักษณะใบเป็นแผ่นเหล็กยาว มีการทำมุมเอียงกับแนวของทรงกระบอก กำจัดวัชพืชโดยการกลบวัชพืชให้จมลงไปใต้โคลน

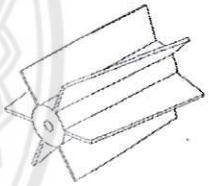
เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง มีสกีที่มีขนาดใหญ่สามารถให้เครื่องสามารถลอยน้ำได้ดี มีขนาดหน้ากว้าง 22 เซนติเมตร ทำให้สามารถกำจัดวัชพืชได้ดี แต่เครื่องที่มีขนาดใหญ่ส่งผลให้ตัวเครื่องมีน้ำหนักมาก จึงทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย แสดงดังรูปที่ 2.4



ก) เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช



ข) ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า)

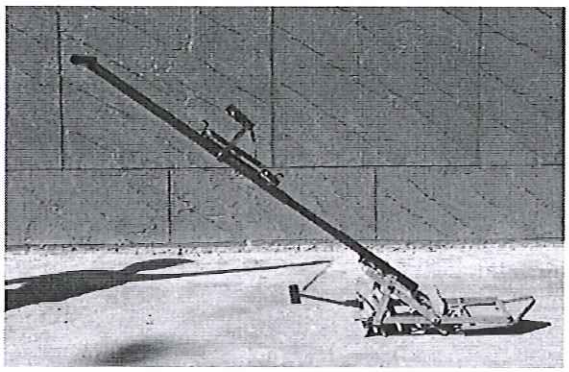


ค) ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง)

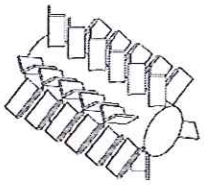
รูปที่ 2.4 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง [5]

2. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี

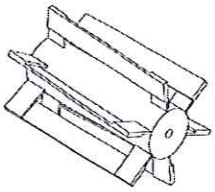
เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี กำจัดวัชพืชโดยใช้ลูกพรวนทรงกระบอกเหมือนเครื่องกำจัดวัชพืชแบบทรงกระบอกฟันตรงแต่แตกต่างกันที่ใบของลูกพรวน แสดงดังรูปที่ 2.5



ก) เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช



ข) ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า)



ค) ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง)

รูปที่ 2.5 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี [5]

การกำจัดวัชพืชของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี

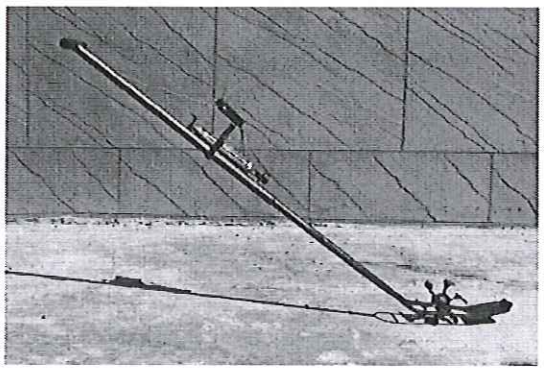
ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า) มีลักษณะใบเป็นเหล็กฉาก วางตัวตามแนวทรงกระบอก แต่ละแถวของใบพรวนจะวางสลับกัน กำจัดวัชพืชโดยการตัดวัชพืชให้ขาด

ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง) มีลักษณะใบพรวนเป็นแผ่นเหล็กเชื่อมติดกันทำให้มีช่องว่างด้านล่างใบพรวนทำมุมเอียงกับแนวของทรงกระบอก กำจัดวัชพืชโดยการกลบวัชพืชให้จมลงไปใต้โคลน

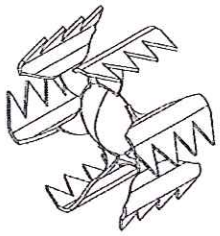
การทำงานของเครื่องพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี มีขนาดหน้ากว้าง 20 เซนติเมตร ทำให้สามารถกำจัดวัชพืชได้ดี ลูกพรวนมีการกำจัดวัชพืชโดยการตัดให้ขาดได้ดี แต่สกีที่มีขนาดเล็ก และขอบของสกีต่ำทำให้น้ำเข้ามาในสกีได้ จึงทำให้ตัวเครื่องจมน้ำในขณะทำงาน และเครื่องที่มีขนาดใหญ่ส่งผลให้ตัวเครื่องมีน้ำหนักมาก จึงไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย

3. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบคราดฟันปลา

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบคราดฟันปลา กำจัดวัชพืชโดยใช้ลูกพรวนลูกเดียว ลูกพรวนมีลักษณะเป็นวงกลมแบน ใบพรวนเป็นแผ่นเหล็กแบบฟันคราด แสดงดังรูปที่ 2.6



ก) เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช



ข) ลูกพรวน

รูปที่ 2.6 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบคราดฟันปลา [5]

การกำจัดวัชพืชใช้ลูกพรวนลูกเดียว เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบคราดฟันปลา จะขุด ถอนราก และเกี่ยวต้นวัชพืชขึ้นจากดินให้ลอยบนน้ำ

การทำงานของเครื่องพรวนแบบคราดฟันปลาทำให้ใช้แรงในการทำงานที่น้อย แต่หน้ากว้างของการทำงานที่น้อย ทำให้ไม่สามารถจำกัดวัชพืชได้ดี สกีที่มีขนาดเล็ก ทำให้ตัวเครื่องจมน้ำได้ง่าย และลูกพรวนจะมีต้นวัชพืชมาพันติดเป็นจำนวนมาก เวลาทำงานต้องหยุดเป็นระยะๆ เพื่อดึงต้นวัชพืชออกจากลูกพรวน ตัวเครื่องมีน้ำหนักเบา จึงทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย

4. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบกรวย

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบกรวย ประกอบด้วยลูกพรวน 2 ลูก ลูกพรวนมีลักษณะเป็นทรงกรวย โดยลูกพรวนทั้งสองลูกมีรูปแบบเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 2.7

ก) เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช ข) ลูกพรวน

รูปที่ 2.7 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบกรวย [5]

ลูกพรวนมีลักษณะเป็นกรวย ใบพรวนเป็นใบแบบแผ่นตรงยาวสลับกับใบเลื่อย กำจัดวัชพืชโดยการตัดและกลบต้นวัชพืชให้จมลงใต้โคลน ลูกพรวนแบบกรวยจะช่วยในการลดแรงเสียดทานของน้ำ เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำ ลดแรงในการกดวัชพืช การวางตัวลูกพรวนจะวางตรงกันข้ามกันเพื่อเพิ่มสมดุลของเครื่องในขณะที่ทำงาน

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบกรวยมีน้ำหนักที่เบา ทำให้ใช้แรงในการทำงานน้อย แต่ลูกพรวนที่เป็นทรงกรวย เวลาเข็นตัวเครื่องนั้นเกิดการเสียการสมดุลเกิดการเอนเอียงได้ง่าย

5. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวแบบญี่ปุ่น

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวแบบญี่ปุ่น ประกอบตัวลูกพรวน 2 ลูกพร้อมซี่ฟันเหล็กทำหน้าที่ถอนต้นวัชพืชและกลบลงในดินได้ลึกกว่าแบบลูกพรวนแบบกรวย เหมาะกับพื้นที่ลุ่มหรือมีน้ำขัง แสดงดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวแบบญี่ปุ่น [5]

2.3 ชุดทดลองกระบะดิน

ชุดทดลองกระบะดินถูกจำลองขึ้นมาให้มีหลักการทำงานคล้ายกับการทำงานของเครื่องต้นกำลัง เช่น รถแทรกเตอร์ รถไถเดินตาม ที่ต่อพ่วงอุปกรณ์ หรืออุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ด้วยแรงคน เพื่อใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงชนิดอื่นๆ เช่น ไถหัวหมู ผานจาน คราด ขลุบ พรวนกำจัดวัชพืช เป็นต้น สามารถปรับระยะการทำงานได้เหมือนการปฏิบัติงานจริงในแปลงนา สามารถควบคุมความเร็วในการหมุน ความเร็วในการเคลื่อนที่ และความลึกในการพรวน เป็นต้น

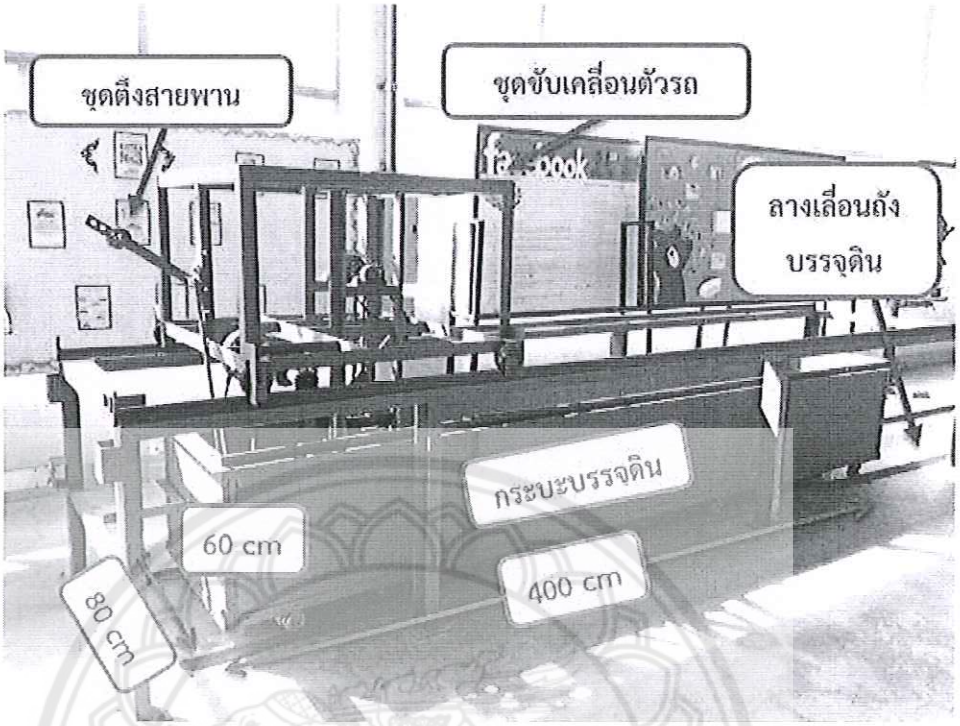
โครงสร้างหลักของชุดทดลองกระบะดินที่นพพร และคณะ [9] ได้ออกแบบและสร้างมีดังนี้

1) กระบะบรรจุดิน มีขนาดขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 400 เซนติเมตร ลึก 60 เซนติเมตร

2) รางเลื่อนถังบรรจุดินยาว 9 เมตร

3) ชุดขับเคลื่อนตัวรถ

4) ชุดตึงสายพาน



รูปที่ 2.9 ชุดทดลองกระบะดิน

2.4 สมการที่ใช้ในโครงงาน

2.4.1 การคำนวณสมรรถนะทางไร่ (Field capacity)

สมรรถนะทางไร่ทางทฤษฎี (theoretical field capacity, C_T) คำนวณได้จากอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของการทำงาน และหน้ากว้างการทำงานของเครื่องจักร ดังสมการที่ 2.1

$$C_T = \frac{S \times W}{1.6} \qquad (2.1)$$

โดย C_T = สมรรถนะทางไร่ทางทฤษฎี (ไร่ต่อชั่วโมง)

S = อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

W = หน้ากว้างการทำงาน (เมตร)

สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (effective field capacity, C_E) คำนวณได้จากสมรรถนะทางไร่ทางทฤษฎี และประสิทธิภาพทางไร่

ประสิทธิภาพทางไร่ (e_t) สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.2

$$e_t = \frac{t_{work}}{t_{total}} \qquad (2.2)$$

โดย t_{work} = เวลาที่ได้งาน (วินาที)

t_{total} = เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการทำงาน (วินาที)

สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (C_E) สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.3

$$C_E = e_t \times C_T \quad (2.3)$$

โดย C_E = สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (ไร่ต่อชั่วโมง)

e_t = ประสิทธิภาพทางไร่ (ทศนิยม)

C_T = สมรรถนะทางไร่ทางทฤษฎี (ไร่ต่อชั่วโมง)

2.4.2 การคำนวณประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (Weeding efficiency)

ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช, (e) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนวัชพืชที่ถูกทำลาย ต่อจำนวนวัชพืชที่มีอยู่ก่อนการกำจัด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$e = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (2.4)$$

โดย e = ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (ร้อยละ)

W_1 = จำนวนของวัชพืชที่นับได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ก่อนการทำงาน (ต้นต่อหน่วยพื้นที่)

W_1 = จำนวนของวัชพืชที่นับได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หลังการทำงาน (ต้นต่อหน่วยพื้นที่)

2.4.3 การคำนวณค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช (Performance index)

ค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชแสดงถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องมือ ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับประสิทธิภาพทางไร่ประสิทธิผล ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช และคุณภาพของการทำงาน ซึ่งหมายถึงการทำงานของเครื่องมือที่ไม่ทำอันตรายต่อพืชหลัก (ต้นข้าว) และเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังงานที่ใช้ โดยคำนวณได้จากสมการที่ 2.5

$$P = \frac{C_E \times q \times e}{hp} \quad (2.5)$$

โดย P = ค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช (ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า)

C_E = สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (ไร่ต่อชั่วโมง)

q = พืชหลัก (ต้นข้าว) ที่ไม่ถูกทำลายจากการกำจัดวัชพืช (ร้อยละ)

e = ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (ร้อยละ)

hp = กำลังงานที่ใช้ (กำลังม้า)

โดยทั่วไปในการคำนวณ ถ้าไม่มีข้อมูลของกำลังที่ใช้งานจริง จะใช้ค่ากำลังโดยประมาณ คือ กรณีที่ใช้แรงงานคนกำจัดวัชพืช จะใช้ค่า hp เท่ากับ 0.1 กำลังม้าต่อหนึ่งคน และถ้าใช้แรงงานสัตว์ ลากจูง จะใช้ค่า hp เท่ากับ 0.5 กำลังม้าสำหรับสัตว์หนึ่งตัว

2.4.4 การคำนวณแรงเข็นในกระบะดิน

แรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดินถูกบันทึกด้วย อุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิดที่พัฒนาขึ้นโดย รัตนาและเกดิษฐ์ [11] จากผลการทดสอบ และทำการวิเคราะห์ความเป็นเชิงเส้น ได้สมการความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

แรงในแนวแกน (Axial force (N))

$$F = -4684.7\times10^{-9}\varepsilon_c^2\varepsilon_t - 196.0\times10^{-9}\varepsilon_c\varepsilon_t^2 + 54.60\times10^{-9}\varepsilon_t^3 + 2001.8\times10^{-6}\varepsilon_c^2 + 540.5\times10^{-6}\varepsilon_c\varepsilon_t - 194.16\times10^{-6}\varepsilon_t^2 + 2285.6\times10^{-3}\varepsilon_c + 430.03\times10^{-3}\varepsilon_t - 18.219 \quad (2.6)$$

โดย F = แรงในแนวแกน (นิวตัน)

ε_c = ค่าความเครียดของแรงในแนวแกน, μ

ε_t = ค่าความเครียดของภาระบิด, μ

แรงในแนวระดับ (Horizontal force (N))

$$F_x = F\cos\theta \quad (2.7)$$

โดย F_x = แรงในแนวระดับ (นิวตัน)

F = แรงในแนวแกน (นิวตัน)

θ = มุมเอียงที่แรงกระทำกับแนวระดับ (องศา)

2.5 วรรณกรรมปริทรรศน์

มงคล (2533) [4] ได้ทำการออกแบบ และพัฒนาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชระหว่างแถวต้นข้าวในนาดำขึ้น 3 ชนิด คือแบบลูกพรวนทรงกระบอก แบบลูกพรวนทรงกรวย และแบบลูกพรวนล้อหนาม โดยที่ชนิดแรกเป็นการออกแบบใหม่ทั้งหมดมีลักษณะลูกพรวนเป็นทรงกระบอก ชนิดที่สองและสามพัฒนาจากเดิม พบว่าเครื่องพรวนชนิดลูกพรวนทรงกระบอก มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและเบาแรงเข็นที่สุด โดยใช้แรงเข็น 3-5 กิโลกรัม อัตราการทำงานต่อพื้นที่ 1 ไร่ ใช้เวลา 1-1.5 ชั่วโมง และผลผลิตของข้าวเปลือกเต็มเมล็ดที่ได้โดยเฉลี่ยสูงกว่าแปลงที่ไม่พรวนเกือบเท่าตัว แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องพรวนชนิดนี้ไม่เหมาะกับนาที่ไม่มีน้ำขัง หรือดำไม่เป็นแถว

จักรกฤษณ์ และคณะ (2556) [5] ได้ทำการศึกษาและทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว และศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัชพืช พบวัชพืช 2 ชนิด คือ หญ้าข้าวนก (*Echinochloa*

crus-galli (*L.*) T. Beauv.) และผักปอดนา (*Sphenoclea zeylanica* Gaertn.) แปลงนาทดสอบเป็นดินชนิดดินทรายแป้ง (clay loam) โดยได้ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 4 แบบ คือ แบบทรงกระบอกฟันตรง แบบทรงกระบอกฟันตัววี แบบคราดฟันปลา และแบบกรวย จากการศึกษาพบว่า แรงที่ใช้เข็นต่อความกว้างการทำงานของเครื่องพรวนแบบลูกพรวนแบบคราดฟันปลา แบบทรงกระบอกฟันตรง และแบบทรงกระบอกฟันตัววี มีค่าเท่ากับ 288.06, 316.56 และ 471.33 นิวตันต่อเมตร ตามลำดับ สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.48, 0.42 และ 0.38 ไร่ต่อชั่วโมง สำหรับลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง, ลูกพรวนทรงกระบอกฟันตัววีและลูกพรวนคราดฟันปลา ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชของลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรงมีค่าร้อยละ 75 ขณะที่ลูกพรวนทรงกระบอกฟันตัววี และลูกพรวนคราดฟันปลา มีค่าร้อยละ 71 และ 54 ตามลำดับ โดยดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชของเครื่องพรวนลูกพรวนแบบคราดฟันปลามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 12536.06 รองลงมาได้แก่ แบบทรงกระบอกฟันตรง 6568.30 และแบบทรงกระบอกฟันตัววีมีค่า 3799.00 โดยเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบกรวยไม่สามารถทำงานในแปลงนาทดสอบได้ และสรุปได้ว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบฟันตรงมีความเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

นพพร และคณะ (2549) [9] ได้ทำการสร้างกระบะทรายมีขนาดกว้าง 0.8 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 0.6 เมตร ตัวรถขับเคลื่อนประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ชุดขับเพลาใบมีดขับเคลื่อนตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า และใช้ Inverter เพื่อปรับความเร็วรอบตามที่ต้องการ โดยทำการทดลองในการพรวนทรายของใบมีดจอบหมุน 2 ชนิดคือ ใบมีดชนิดตัวแอล (L-shaped blade) และใบมีดชนิดผสม (Mixed blade) จากการศึกษาพบว่าค่าแรงลัพธ์แปรผันตามความเร็วรอบและความลึกของใบมีด พบว่าใบมีดแบบตัวแอลมีค่าแรงลัพธ์น้อยกว่าใบมีดแบบผสม

Watershed Support Services and Activities Network (WASSAN), (2549) [10] ได้ทำการศึกษาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็นรูปแบบต่างๆ ในแต่ละประเทศ ส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องพรวนที่มีลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง แบบคราดฟันปลา และแบบกรวย

รัตนา และเกดิษฐ์ (2556) [11] ได้พัฒนาอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิด มีความสามารถในการวัดแรงในแนวแกนไม่เกิน 500 นิวตัน และภาระบิดสูงสุดไม่เกิน 50 นิวตัน-เมตร อุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิดที่พัฒนามีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 31 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 27 มิลลิเมตร สูง 76 มิลลิเมตร เจาะรูกลมและเซาะร่องในแนวระดับทะลุถึงกันระหว่างสองรู ติดตั้งสเตรนเกจขนาด 350 โอห์ม จำนวน 4 ตัวต่อวงจร จำนวน 2 วงจร และต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์ สามารถยึดติดอุปกรณ์วัดแรงกับชิ้นงานที่ต้องการทดสอบด้วยสลักยึด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

โครงงานนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน แบ่งเป็น การออกแบบและสร้างลูกพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวชนิดใช้แรงคนเข็น ศึกษาการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนาในเบื้องต้น เลือกรูปแบบของลูกพรวนที่เหมาะสมในเบื้องต้น และทำการศึกษาแรงที่ใช้ในการเข็นลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน จากผลการทดสอบในกระบะดินเลือกรูปแบบของลูกพรวนที่เหมาะสม ศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบทรงกระบอกฟันตรงในแปลงนา รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

จากการศึกษาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบต่างๆ ที่มีใช้ในปัจจุบัน ซึ่งผู้จัดทำโครงงานมีเงื่อนไขการออกแบบ ดังนี้

1) ขนาดหน้ากว้างของลูกพรวน

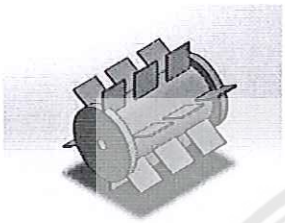
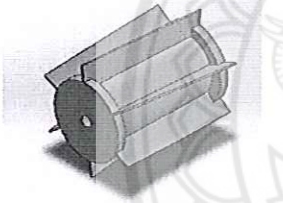
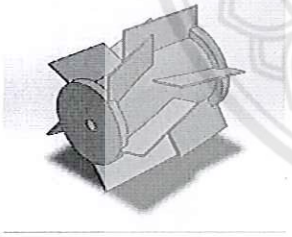
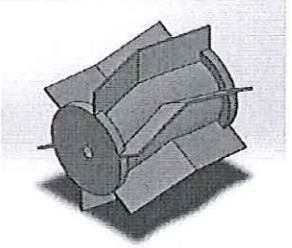
เนื่องจากต้นข้าวในแปลงทดสอบมีระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 25 เซนติเมตร จึงออกแบบหน้ากว้างของโครงเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชเท่ากับ 17 เซนติเมตร ขนาดหน้ากว้างของลูกพรวนเท่ากับ 15 เซนติเมตร เพื่อที่จะทำงานในร่องข้าวโดยไม่ทำลายกอข้าวระหว่างทำงานพรวนกำจัดวัชพืช

2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกพรวน

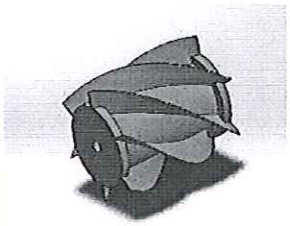
จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัชพืช ของจักรกฤษณ์ และคณะ [5] พบว่าความยาวรากเฉลี่ยของวัชพืชเท่ากับ 7.02 เซนติเมตร เพื่อให้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชสามารถทำลายรากของวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงออกแบบให้ลูกพรวนสามารถพรวนดินได้ลึกไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวรากของวัชพืช และออกแบบให้ลูกพรวนแต่ละรูปแบบมีลักษณะครีบที่แตกต่างกันติดอยู่บนทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร ติดตั้งครีบที่มีความสูง 3.8 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดของวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด และลูกพรวนจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 15.1 เซนติเมตร

จากเงื่อนไขในการออกแบบ จึงออกแบบลูกพรวนโดยมีแนวคิดในการออกแบบ และลักษณะการทำงานของลูกพรวนกำจัดวัชพืชแบบต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แนวคิดในการออกแบบ และลักษณะการทำงานของลูกพรวน

แบบของลูกพรวน	ชื่อลูกพรวน	จำนวนครีบ	แนวคิดในการออกแบบ	ลักษณะการทำงาน
	ฟันตรงแบบซี่ (W1)	6	จากรูปแบบเดิมที่เกษตรกรนิยมใช้นำมาสร้างใหม่ให้ได้ขนาดหน้ากว้างการทำงานเท่ากับ 15 เซนติเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับระยะห่างระหว่างร่องพรวน	การตัด
	ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2)	6	ปรับเปลี่ยนจากรูปแบบเดิมที่มีมุมเอียง 5 องศา โดยเปลี่ยนมุมเอียงเท่ากับ 14 องศา เนื่องจากเป็นมุมที่สามารถเอียงในกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร และยาว 15 เซนติเมตร โดยไม่มีช่องว่างระหว่างครีบกับกระบอกกลวง	การกลบ
	ฟันตรงเอียงสลับ (W3)	5	มีแนวคิดมาจากลักษณะของล้อรถไถที่เป็นบั้ง เนื่องจากสังเกตเห็นว่าเมื่อลงแปลงนา ล้อรถไถจะไม่มีดินติด (นาที่มีน้ำ)	การตัด
	ฟันตรงเอียงตัววี (W4)	6	ปรับเปลี่ยนมาจากเครื่องพรวนแบบทรงกระบอกฟันตัววี ที่มีฟันตัววีหลายซี่ นำมาเปลี่ยนเป็นฟันตรงยาวรูปตัววี	การกลบ

ตารางที่ 3.1 แนวคิดในการออกแบบ และลักษณะการทำงานของลูกพรวน (ต่อ)

แบบของลูกพรวน	ชื่อลูกพรวน	จำนวนครีบ	แนวคิดในการออกแบบ	ลักษณะการทำงาน
	ฟันแบบเกลียว (W5)	6	มีแนวคิดมาจากชุดใบมีดกบเหลาดินสอที่เป็นเกลียว สังเกตเห็นว่าการทำงานค่อนข้างเรียบและเบาแรง สันนิษฐานว่า การสัมผัสของใบมีดมีความต่อเนื่องในการรีดกัดกินเนื้อดินสอ	การกลบ

ผลจากการออกแบบ ได้ทำการสร้างลูกพรวนทั้ง 5 รูปแบบ เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.2 การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชเบื้องต้น

ในการทดสอบเบื้องต้นของลูกพรวนกำจัดวัชพืชทั้ง 5 รูปแบบ ได้ทำการจับคู่ลูกพรวนกำจัดวัชพืชรูปแบบต่างๆได้ทั้งหมด 20 การทดสอบ (ตารางที่ 3.2) ทดสอบในแปลงนาข้าวที่ปลูกโดยใช้เครื่องโรยเมล็ดข้าวงอกแบบแถว เบื้องต้นศึกษาการใช้แรงเข็น และลักษณะการทำงานของลูกพรวนแต่ละรูปแบบ นำมาเปรียบเทียบหาความเหมาะสมในการทำงานของแต่ละรูปแบบ เพื่อนำไปทดสอบในกระบะดิน และทดสอบใช้งานจริงในแปลงนาต่อไป

ตารางที่ 3.2 การสลับลูกพรวนในการทดสอบเบื้องต้น

ลูกพรวนลูกหน้า	ลูกพรวนลูกหลัง
W1	W2
	W3
	W4
	W5
W2	W1
	W3
	W4
	W5
W3	W1
	W2
	W4
	W5

ตารางที่ 3.2 การสลับลูกพรวนในการทดสอบเบื้องต้น (ต่อ)

ลูกพรวนลูกหน้า	ลูกพรวนลูกหลัง
W4	W1
	W2
	W3
	W5
W5	W1
	W2
	W3
	W4

3.3 การเตรียมกระบะดินสำหรับใช้ในการทดสอบ

3.3.1 ซ่อมบำรุง และติดตั้งกระบะดิน

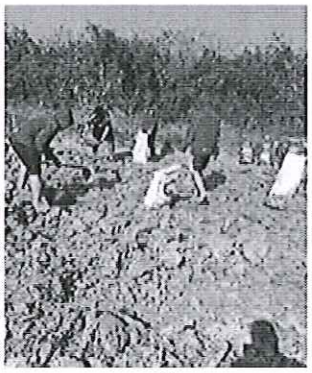
ทำความสะอาด ขัดสี และทำการทาสีกันสนิม แล้วนำไปติดตั้งภายในอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล (รูปที่ 3.1)

ก. ทำความสะอาด ข. ทาสี ค. ติดตั้ง

รูปที่ 3.1 ซ่อมบำรุง และติดตั้งกระบะดิน

3.3.2 การเตรียมดินสำหรับการทดสอบ

นำดินแห้งจากในแปลงนามาทำการคัดแยกวัชพืชออก ทำการลดขนาดดิน และนำดินไปร่อนใส่ในกระบะดินด้วยตะแกรงขนาดเบอร์ 16 เมท ซึ่งมีขนาดช่องเปิด 1 มิลลิเมตร เป็นผลให้ดินในกระบะดินที่ใช้ทดสอบมีขนาดเม็ดดินเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.2)


ก. ขุดเก็บดิน

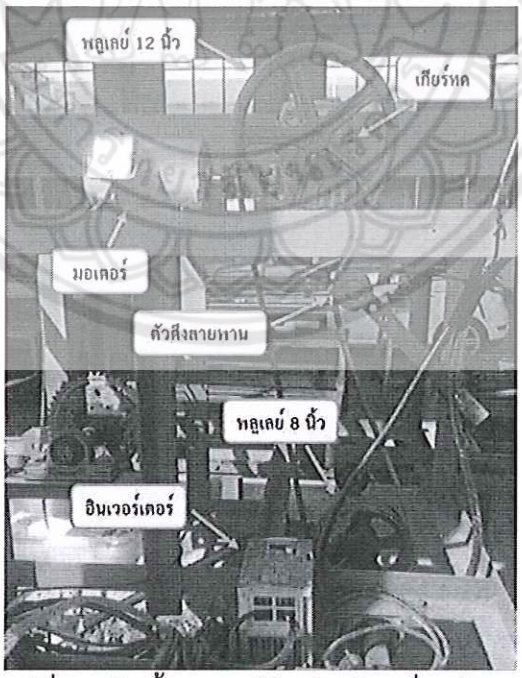
ข. ลดขนาด

ค. ร่อนดิน

รูปที่ 3.2 การเตรียมดินสำหรับทดสอบในกระบะดิน

3.3.3 ติดตั้งมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนตัวรถ

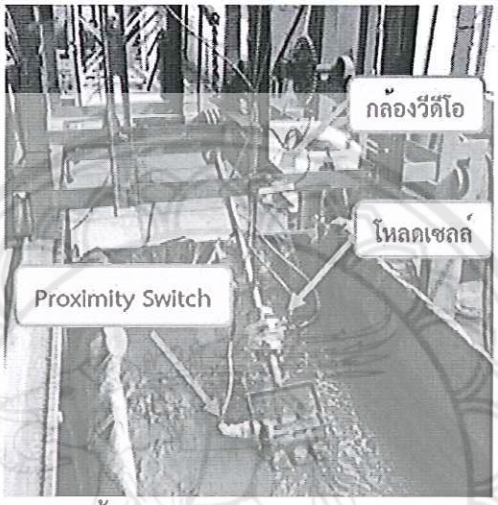
ติดตั้งมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ความเร็วรอบ 1430 รอบต่อนาที ต่อเข้ากับเกียร์ทด 1:10 ใช้พูลเลย์ขนาด 12 นิ้ว และพูลเลย์ที่แกนเพลาล่างขนาด 8 นิ้ว ต่อวงจรไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์เข้ากับมอเตอร์เพื่อปรับความถี่สัญญาณไฟฟ้าให้ได้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวรถตามที่ต้องการ (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 ติดตั้งมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนตัวรถ

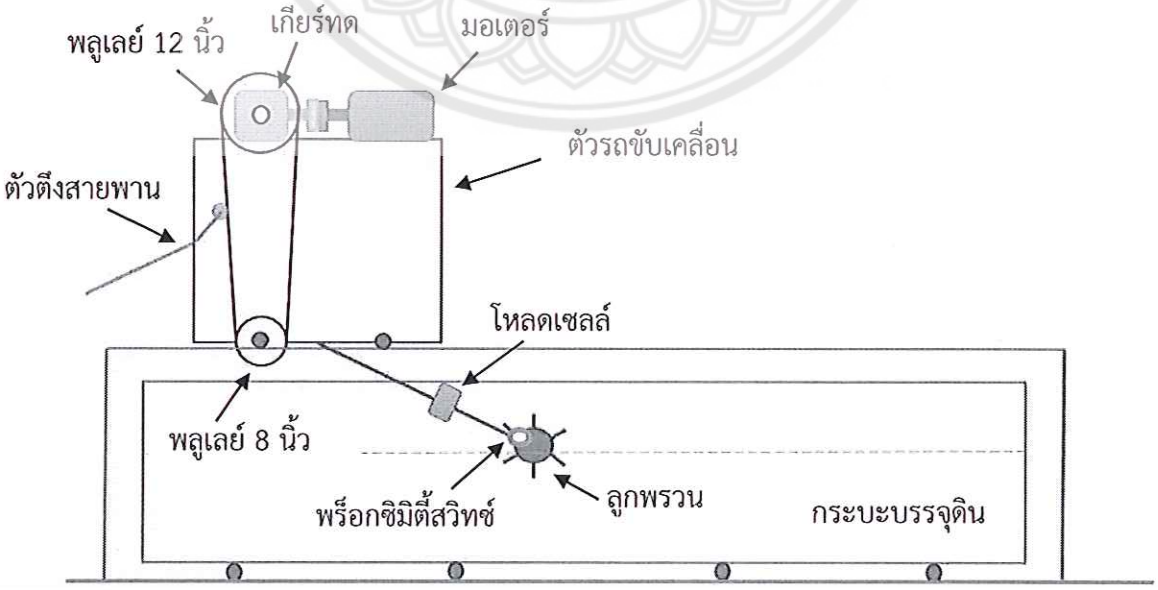
3.3.4 ติดตั้งคานเข็นสำหรับวัดแรงเข็นในกระบะดิน

ทำการออกแบบ และสร้างคานเข็นสำหรับวัดแรงของลูกพรวนแต่ละรูปแบบ โดยใช้อุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิดที่สร้างโดย รัตนา และเกดิษฐ์ [11] ต่อกับคานเข็นเพื่อใช้ในการวัดค่าแรงเข็นและคานเข็นนี้ทำมุมเอียงกับแนวระดับ 30 องศา และติดตั้งพร็อกซิมิตี้สวิทช์เพื่อตรวจจับวัตถุที่ติดด้านข้างของลูกพรวนเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ของลูกพรวน (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 ติดตั้งคานเข็นสำหรับวัดแรงเข็นในกระบะดิน

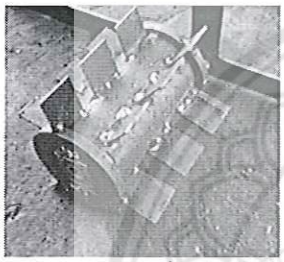
หลังจากติดตั้งมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนตัวรถ และติดตั้งคานเข็นสำหรับวัด**แรงเข็นในกระบะดิน จะได้**แผนภาพแสดงดังรูปที่ 3.5



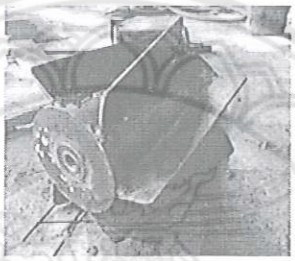
รูปที่ 3.5 แผนภาพชุดกระบะดิน

3.4 การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน

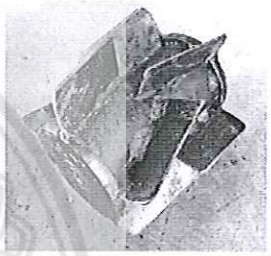
จากผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแต่ละรูปแบบในเบื้องต้น ทำให้ทราบความเหมาะสมของลูกพรวนแต่ละรูปแบบ และพบว่าลูกพรวนแบบฟันตรงเอียงตัววี (W4) ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีดินติดที่ลูกพรวนจำนวนมาก และใช้แรงในการเข็นสูง จึงทำการตัดออกจากการทดสอบ และได้ทำการสร้างเครื่องพรวนฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) ซึ่งเป็นลูกพรวนแบบเดิมที่เกษตรกรนิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับลูกพรวนรูปแบบต่างๆ ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ดังนั้นลูกพรวนที่นำมาทำการทดสอบในกระบะดิน แสดงดังรูปที่ 3.6



ก. ฟันตรงแบบซี่ (W1)

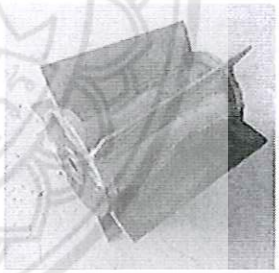


ข. ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2)



ค. ฟันตรงเอียงสลับ (W3)

ง. ฟันแบบเกลียว (W5)



จ. ฟันตรงเอียง 5 องศา (W6)

รูปที่ 3.6 ลูกพรวนกำจัดวัชพืชที่ทดสอบในกระบะดิน

3.4.1 การเก็บข้อมูล

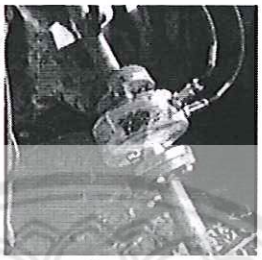
แรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดินถูกบันทึกด้วย อุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิด (โหลดเซลล์) ซึ่งติดตั้งกับลูกพรวนดังแสดงในรูปที่ 3.7 เนื่องจากโหลดเซลล์จะบันทึกข้อมูลเป็นค่าความเครียด จึงคำนวณหาแรงในแนวแกน (axial force (N)) ด้วยสมการที่ 2.6 และหาแรงในแนวระดับ (horizontal force (N)) ด้วยสมการที่ 2.7 ใช้พร็อกซิมิตี้สวิทช์เป็นอุปกรณ์บันทึกการเคลื่อนที่ของลูกพรวนกำจัดวัชพืช กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบ แสดงในภาคผนวก ก3.

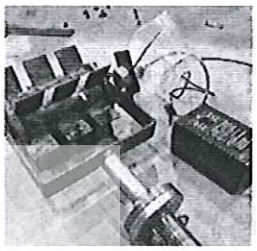
3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1) ติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดในการทดสอบ

ทำการต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือวัดเข้ากับอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิด และพร็อกซิมิตี้สวิทช์ เพื่อที่จะเก็บข้อมูลในการทดสอบ (รูปที่ 3.7)

ก. เครื่องมือวัด

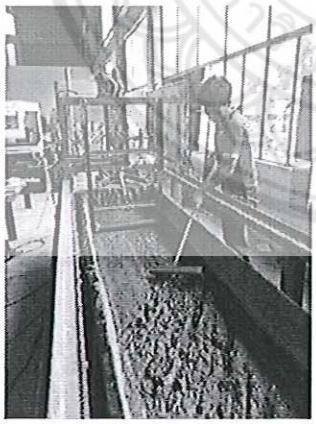

ข. โหลดเซลล์


ค. พร็อกซิมิตี้สวิทช์

รูปที่ 3.7 ติดตั้งและต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือวัด

2) เตรียมดินในกระบะดินสำหรับทำการทดสอบ

ทำการคราดหน้าดินเพื่อไม่ให้เกิดการอัดแน่นของเนื้อดิน และทำการกดอัดหน้าดินให้สม่ำเสมอโดยติดตั้งลูกกลิ้งกดอัดหน้าดินเข้ากับตัวรถขับเคลื่อน ทำการเคลื่อนที่กดอัดหน้าดิน 5 รอบ (ไป-กลับ) เมื่อเสร็จแล้วทำการถอดชุดลูกกลิ้งกดอัดหน้าดินออก (รูปที่ 3.8)

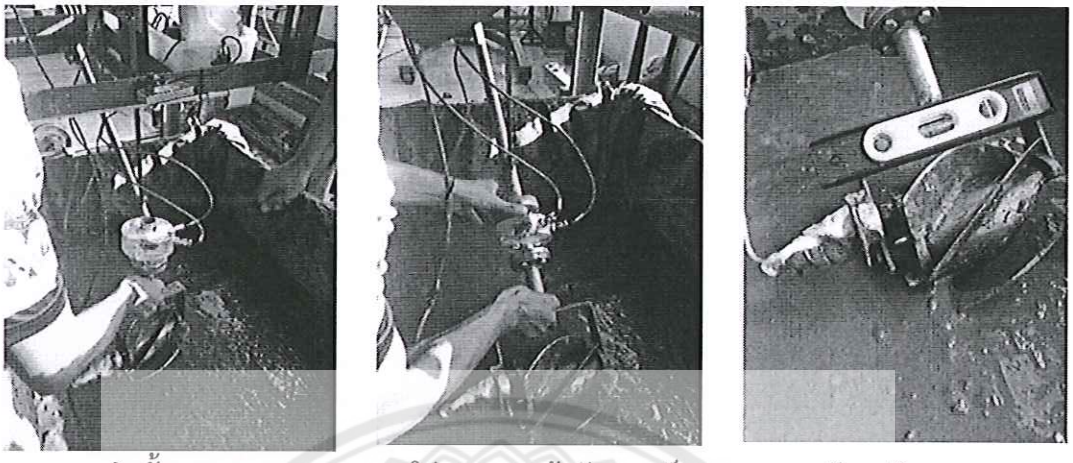

ก. คราดหน้าดิน

ข. กลิ้งกดอัดหน้าดิน

รูปที่ 3.8 เตรียมดินในกระบะดินสำหรับทำการทดสอบ

3) ติดตั้งลูกพรวนสำหรับทำการทดสอบ

ทำการติดตั้งลูกพรวนที่ทำการทดสอบเข้ากับโครงด้านล่างที่มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิดกับพร็อกซิมิตี้สวิทช์ และนำไปใส่เข้ากับคานเข็นที่ติดกับตัวรถขับเคลื่อน ทำการวัดระดับลูกพรวนให้ได้แนวระดับก่อนทำการทดสอบ (รูปที่ 3.9)

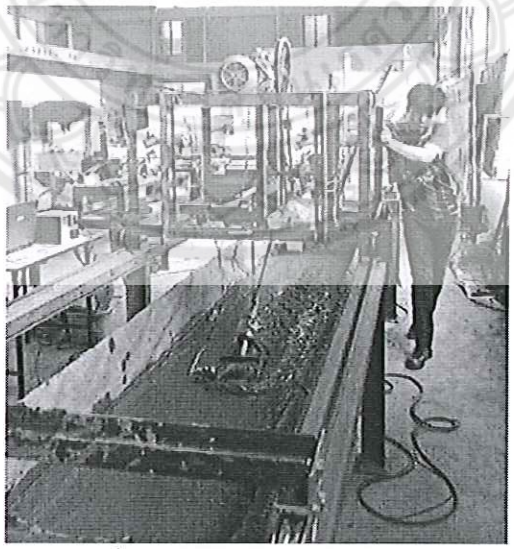


ก. ติดตั้งลูกพรวน ข. ใส่ลูกพรวนเข้ากับคานเข็น ค. วัดระดับลูกพรวน

รูปที่ 3.9 ติดตั้งลูกพรวนสำหรับทำการทดสอบ

4) ทดสอบ และเก็บข้อมูลผลการทดสอบ

ทำการปรับค่าอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ 45.5 เฮิร์ต เพื่อให้ตัวรถขับเคลื่อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.82 เมตรต่อวินาที แล้วทำการตึงสายพานให้ตัวรถเคลื่อนที่ และทำการบันทึกข้อมูล (รูปที่ 3.10)

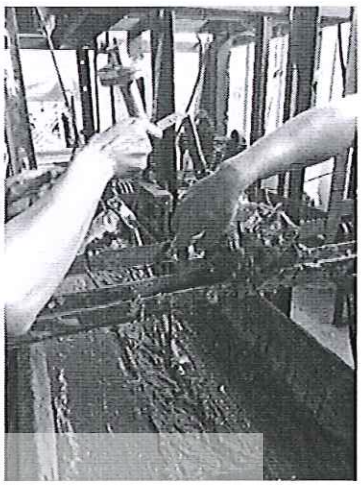


รูปที่ 3.10 ทดสอบ และเก็บข้อมูล

5) ถอดชุดลูกพรวน และทำความสะอาด

หลังจากทำการทดสอบเสร็จ ถอดชุดลูกพรวนออก และทำความสะอาดลูกพรวน และอุปกรณ์อื่นๆ ก่อนที่จะทำการทดสอบครั้งต่อไป (รูปที่ 3.11)

ก. ถอดชุดอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกน และภาระบิด



ข. ถอดลูกพรวน

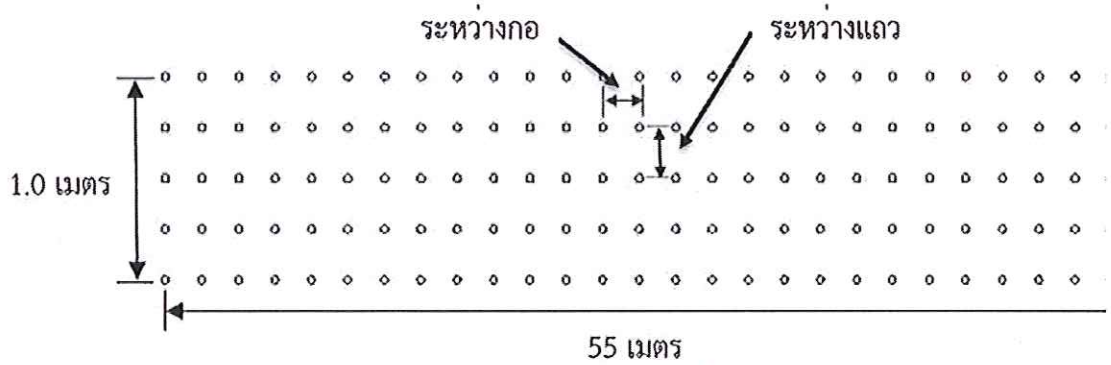
รูปที่ 3.11 ถอดชุดลูกพรวน และทำความสะอาด

ทำการทดสอบซ้ำ ข้อ 2 – 5 โดยแต่ละลูกพรวนทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง จำนวน 5 ลูกพรวน จะได้การทดสอบทั้งหมด 15 การทดสอบ

3.5 การเตรียมแปลงนาสำหรับใช้ในการทดสอบ

แปลงนาที่ใช้ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวชนิดใช้แรงคนเข็น เป็นแปลงนาข้าวที่ปลูกโดยใช้เครื่องโรยเมล็ดข้าวงอกแบบแถว มีระยะห่างระหว่างแถว 25 เซนติเมตร

ในการทดสอบจะแบ่งแปลงนาทั้งหมดออกเป็นแปลงย่อยขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 55 เมตร จำนวน 9 แปลงย่อย ซึ่งใช้สำหรับการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 3 แบบ โดยเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแต่ละแบบจะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง แผนภาพของแปลงย่อย 1 แปลง แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แผนภาพของแปลงย่อยหนึ่งแปลงที่ใช้ในการทดสอบ

i. 6874460

ข้อมูลพื้นฐานของแปลงที่ทำการเก็บ ได้แก่ ชนิดของดิน วัดระดับความสูงของน้ำในแปลง วัดระยะห่างระหว่างแถว วัดระยะห่างระหว่างกอ วัดระยะความสูงของต้นข้าว และความสูงของวัชพืช โดยใช้การสุ่มวัด 5 จุด ต่างๆ กันทั่วแปลงของแต่ละแปลงย่อย

3.6 การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

การทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนาข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมรรถนะทางไร่ ประสิทธิผล ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช และค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น โดยรายละเอียดของวิธีการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวจำนวน 3 เครื่อง
2. นาฬิกาจับเวลาจำนวน 2 เรือน
3. กล้องวีดีโอจำนวน 2 ตัว
4. ตาชั่งสปริงขนาด 20 กิโลกรัมจำนวน 2 ตัว
5. ตลับเมตรความยาว 50 เมตรจำนวน 1 ตลับ
6. ด้ามที่ดัดแปลงสำหรับใช้ในการทดลองจำนวน 2 ด้าม
7. ท่อ PVC สำหรับปักหลักจำนวน 36 หลัก
8. ป้ายชื่อแปลงย่อยจำนวน 9 ป้าย

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวชนิดใช้แรงคนเข็นที่นำมาใช้ในการทดสอบ เลือกมาจากผลการทดสอบเบื้องต้นของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวรูปแบบต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ และเลือกเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบทรงกระบอกฟันตรงตามที่เกษตรกรนิยมใช้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวที่ได้ออกแบบไว้ โดยทำการเลือกเครื่องพรวนที่มีรูปแบบแตกต่างกันรวม 3 แบบ ได้แก่

1. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง (W1W6)
2. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันตรงเอียง 14 องศา (W3W2)
3. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันแบบเกลียว (W3W5)

ลักษณะและรายละเอียดของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชทั้ง 3 แบบ มีดังต่อไปนี้

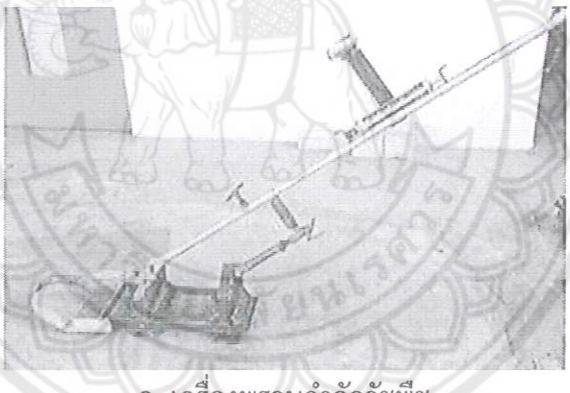
3.6.1 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) (รูปที่ 3.13)

เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง มีลูกพรวนทรงกระบอก 2 ลูก

ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า) มีลักษณะใบเป็นแผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วางต่อกันในแนวนอนของทรงกระบอก โดยระยะห่างแต่ละใบพรวนเท่ากัน แต่ละแถวของใบพรวนจะวางใบพรวนสลับกัน กำจัดวัชพืชโดยการตัดวัชพืชให้ขาด

ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง) มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กใบยาว วางทำมุมเอียงกับแนวของทรงกระบอก กำจัดวัชพืชโดยการกลบวัชพืชให้จมลงใต้โคลน

ก. ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า) ข. ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง)



ค. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

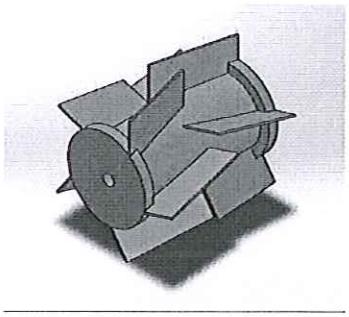
รูปที่ 3.13 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง (W1W6)

3.6.2 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันตรงเอียง 14 องศา (W3W2) (รูปที่ 3.14)

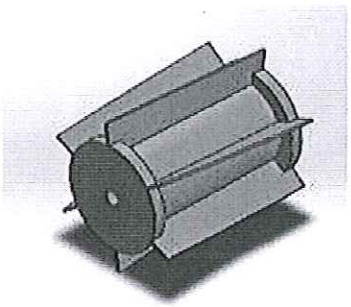
เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันตรงเอียง 14 องศา มีลูกพรวนทรงกระบอก 2 ลูก

ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า) มีลักษณะใบเป็นแผ่นเหล็กยาวครึ่งหนึ่งของทรงกระบอก วางทำมุมเอียงกับแนวของทรงกระบอก วางตัวสลับกันคล้ายปั้งล้อรถแทรกเตอร์ กำจัดวัชพืชโดยการตัดวัชพืชให้ขาด

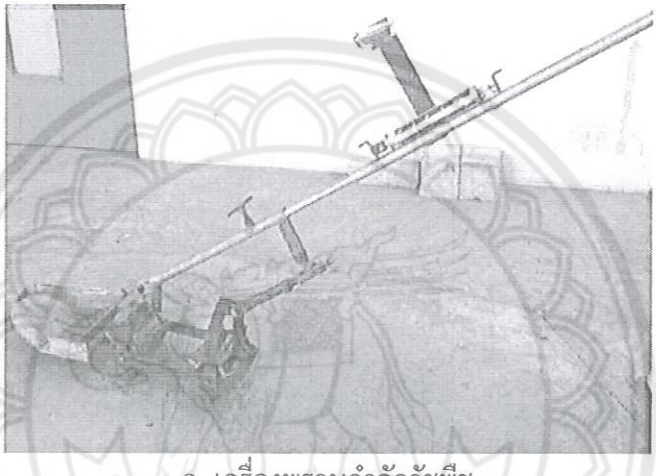
ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง) มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กใบยาว วางทำมุมเอียง 14 องศากับแนวของทรงกระบอก กำจัดวัชพืชโดยการกลบวัชพืชให้จมลงใต้โคลน



ก. ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า)



ข. ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง)



ค. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

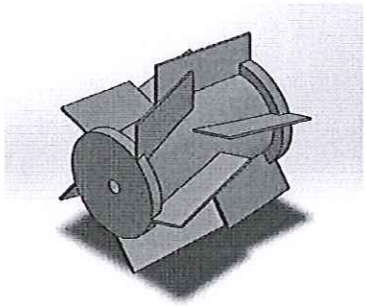
รูปที่ 3.14 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันตรงเอียง 14 องศา (W3W2)

3.6.3 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันแบบเกลียว (W3W5) (รูปที่ 3.15)

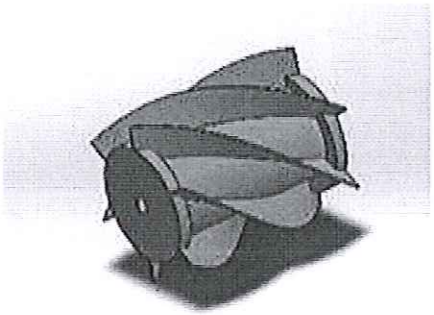
เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันแบบเกลียว มีลูกพรวนทรงกระบอก 2 ลูก

ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า) มีลักษณะใบเป็นแผ่นเหล็กยาวครึ่งหนึ่งของทรงกระบอก วางทำมุมเอียงกับแนวของทรงกระบอก วางตัวสลับกันคล้ายปั้งล้อรถแทรกเตอร์ กำจัดวัชพืชโดยการตัดวัชพืชให้ขาด

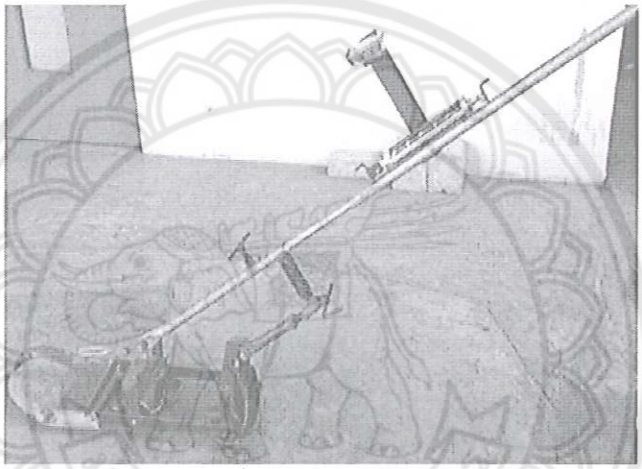
ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง) มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กใบยาว วางทำมุมบิดเป็นเกลียวกับแนวของทรงกระบอก กำจัดวัชพืชโดยการกลบวัชพืชให้จมลงใต้โคลน



ก. ลูกพรวนที่ 1 (ด้านหน้า)



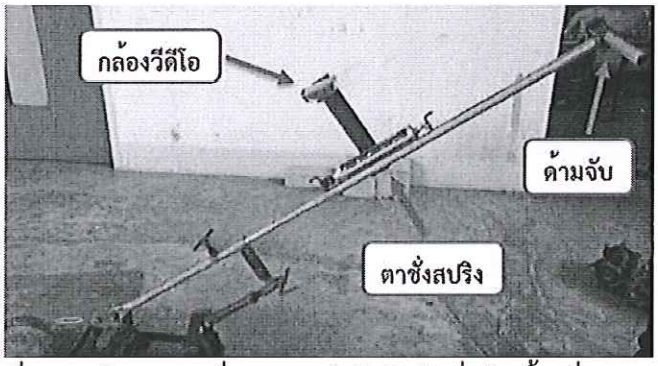
ข. ลูกพรวนที่ 2 (ด้านหลัง)



ค. เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

รูปที่ 3.15 เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนฟันตรงเอียงสลับและฟันแบบเกลียว (W3W5)

ในการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนานั้น ต้องการทราบค่าแรงที่ใช้ในการเข็นขณะทำงาน จึงทำการสร้างด้ามจับขึ้นมาใหม่ โดยออกแบบด้ามจับของเครื่องพรวนให้สามารถวัดค่าแรงที่ใช้ในการเข็นขณะทำงานในแปลงได้ และเพื่อให้สะดวกต่อการทดสอบ จึงได้ทำการติดตั้งกล้องวีดีโอเพื่อบันทึกภาพสเกลของตาชั่งสปริงไว้อย่างต่อเนื่องขณะทดสอบ



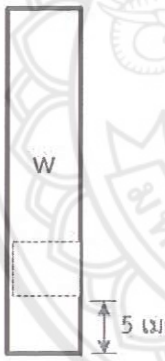
รูปที่ 3.16 ด้ามของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบ

3.6.4 การหาสมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล

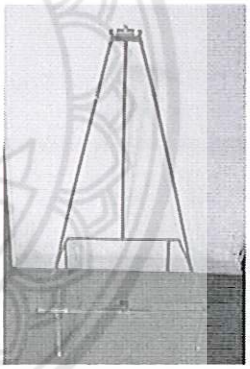
ในการทดสอบการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในโครงงานนี้ ได้ทำการจับเวลาในการทดสอบ ทั้งเวลาที่ใช้ทำงานทั้งหมด เวลาที่ใช้ในการเลี้ยว และเวลาที่ได้งาน เป็นต้น ดังนั้นในการหาสมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล จึงสามารถคำนวณได้โดยตรงจากข้อมูลพื้นที่ที่ทำงาน และเวลาที่ใช้ในการทำงาน

3.6.5 การหาประสิทธิภาพของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

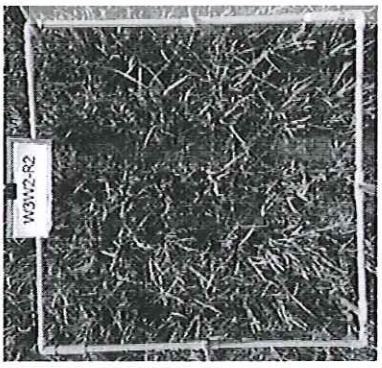
การหาประสิทธิภาพของเครื่องพรวน โดยการหาจำนวนของวัชพืชทั้งก่อนและหลังการทดสอบ จะใช้วิธีการถ่ายรูปและนับจำนวนต้นวัชพืชที่มีก่อนและหลังการพรวนกำจัด แต่ละแปลงย่อยจะถ่ายรูปบริเวณที่ห่างจากหัวแปลงเป็นระยะ 5 เมตร โดยใช้ชุดขากล้องที่สร้างจากท่อพีวีซี เพื่อให้สามารถวางในแปลงนาได้อย่างสะดวก โดยกำหนดพื้นที่กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางเมตร ตำแหน่งการถ่ายรูป และชุดขาตั้งกล้องแสดงดังรูปที่ 3.17



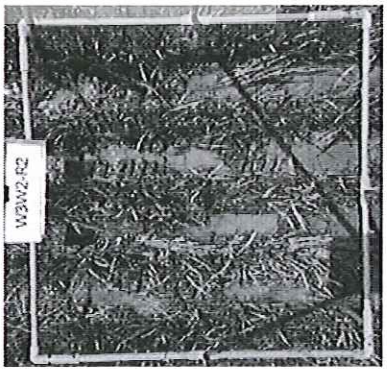
ก. ตำแหน่งการถ่ายรูป



ข. ขาตั้งกล้องสำหรับถ่ายรูป



ค. ถ่ายรูปก่อนการทดลอง



ง. ถ่ายรูปหลังการทดลอง

รูปที่ 3.17 ตำแหน่งการถ่ายรูป อุปกรณ์ที่ใช้ และตัวอย่างรูปถ่ายก่อนและหลังการทดสอบ

จากนั้นจะนำภาพถ่ายมาทำการนับจำนวนต้นวัชพืชก่อนและหลังการพรวน โดยใช้การสังเกตด้วยตา สมมติฐานของการนับจำนวนวัชพืช มีดังนี้

1. นับเฉพาะต้นวัชพืชที่อยู่ภายในกรอบท่อพีวีซีเท่านั้น โดยจะครอบคลุมแถวต้นข้าวครั้งละ 4 แถว การนับจะสนใจเฉพาะต้นวัชพืชที่เจริญเติบโตระหว่างแถวต้นข้าว (บริเวณที่เห็นเป็นร่องน้ำ 4 ร่อง) ซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้เครื่องพรวนเข้าไปพรวนกำจัดได้ โดยจะไม่นับรวมต้นวัชพืชที่อยู่บริเวณระหว่างกอของต้นข้าว ยกเว้นกรณีที่วัชพืชต้นนั้นโดนกดทับจากการกำจัดวัชพืช แล้วทำให้ตำแหน่งการเจริญเติบโตของวัชพืชเปลี่ยนไปอยู่ระหว่างกอข้าว

2. นับวัชพืชระหว่างแถวทั้งหมดที่สังเกตพบ ทั้งที่ลำต้นโผล่พ้นน้ำ และต้นที่ยังจมอยู่ใต้น้ำ

3. หลังจากการทดสอบพรวนกำจัด วัชพืชที่ล้มแล้วแต่ยังสามารถมองเห็นได้ หรือไม่ถูกกดจมหายไปในดิน จะถูกนับรวมด้วย

4. กรณีที่ต้นวัชพืชนั้นไม่ปรากฏตั้งแต่ก่อนการพรวนกำจัดครั้งที่ 1 แต่มาปรากฏก่อนการพรวนครั้งที่ 2 จะถูกนับด้วย โดยถือว่าเครื่องพรวนนั้นๆ ไม่สามารถกำจัดได้ ทั้งนี้โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของการเจริญเติบโตของวัชพืช สังเกตจากขนาดของลำต้น

3.6.6 การหาค่าแรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

การหาค่าแรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช โดยทำการใช้กล้องบันทึกวีดีโอบริเวณสเกลของตาชั่งสปริงที่ด้ามจับ ตลอดเวลาของการทดสอบการพรวนหนึ่งร่องพรวน การเก็บข้อมูลจากคลิปวีดีโอ ทำโดยการอ่านค่าจากสเกลตาชั่งสปริงทุกๆ 5 วินาที และหาค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

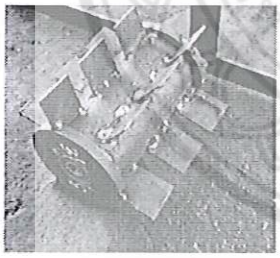
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

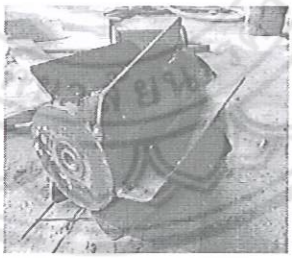
ในบทนี้จะแสดงรายละเอียดของผลการทดลองในกระบะดินของลูกพรวนกำจัดวัชพืช และผลการทดสอบใช้งานในแปลงของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็นที่เลือกมาทำการทดสอบมีรูปแบบลูกพรวนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ

4.1 ผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชเบื้องต้น

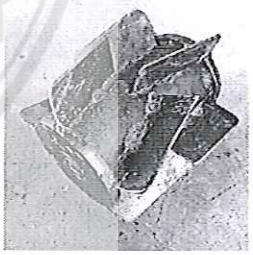
จากที่ได้ทำการออกแบบ และสร้างลูกพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว 5 รูปแบบ (รูปที่ 4.1) ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบและลักษณะการทำงานของลูกพรวนแสดงดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1 ได้ทำการทดสอบในแปลงนาโดยสลับตำแหน่งของลูกพรวนดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2 และวิเคราะห์ผลในเบื้องต้น ข้อมูลสรุปผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.1



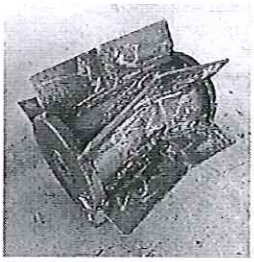
ก. ฟันตรงแบบซี่ (W1)



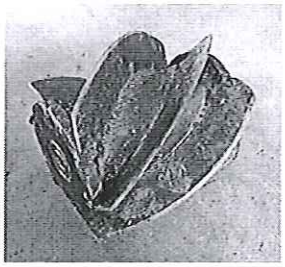
ข. ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2)



ค. ฟันตรงเอียงสลับ (W3)



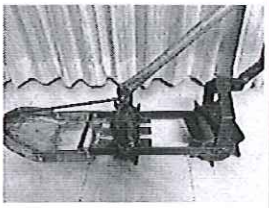
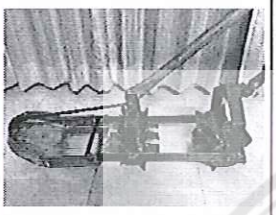
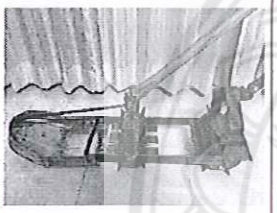
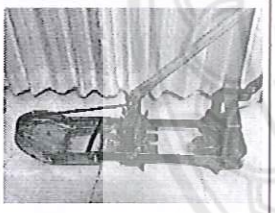
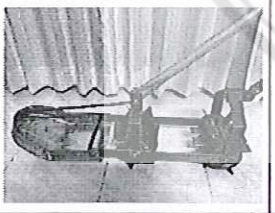
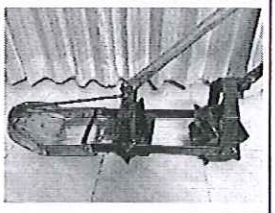
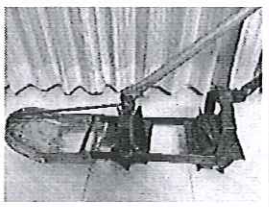
ง. ฟันตรงเอียงตัววี (W4)



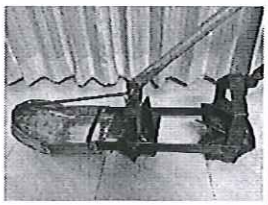
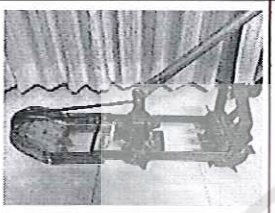
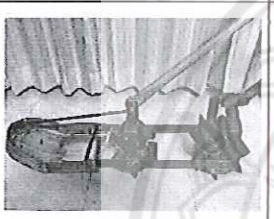
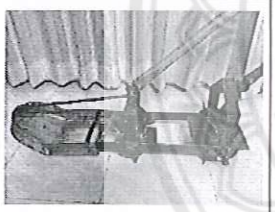
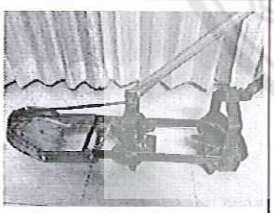
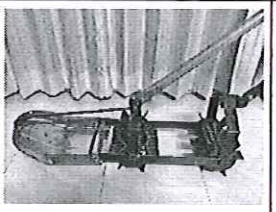
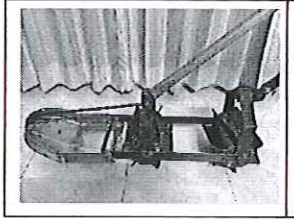
จ. ฟันแบบเกลียว (W5)

รูปที่ 4.1 รูปแบบลูกพรวนกำจัดวัชพืช

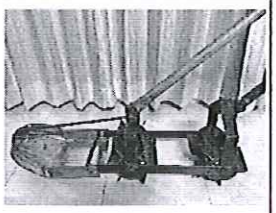
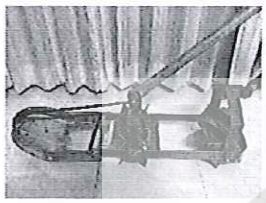
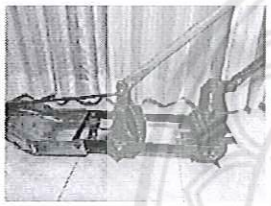
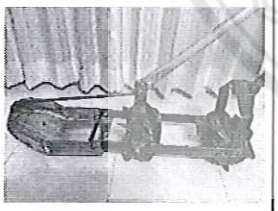
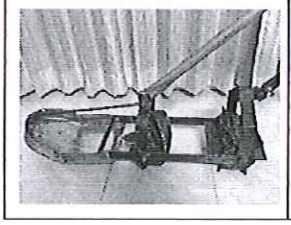
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น

รูปแบบเครื่องพรวน	ชนิดลูกพรวน	ข้อดี	ข้อเสีย
	W1W2	ใช้แรงเข็นน้อย	มีดินติดเล็กน้อยที่ลูกพรวนหลัง
	W1W3	ทิ้งดินได้ดีและมีการสับดินได้ดี (ในดินที่มีน้ำขัง)	ลูกพรวนจิกดินทั้ง 2 ลูก ทำให้ใช้แรงเข็นมาก
	W1W4	ใช้แรงเข็นน้อย (ในดินที่มีน้ำขัง)	ลูกหลังมีดินติด
	W1W5	ใช้แรงเข็นน้อย มีการตัดดินที่ดี ลูกหลังรีดดินได้ดี	-
	W2W1	ใช้แรงเข็นน้อย ลูกหน้าพลิกดินดี (ในดินที่มีน้ำขัง)	ลูกหลังไม่เหมาะสำหรับกดทับวัชพืช
	W2W3	ลูกหน้าพลิกดินดี และลูกหลังสับดินดี	ใช้แรงเข็นมาก เวลาเข็นหนักลูกพรวนหน้า และมีดินติดทั้งสองลูก
	W2W4	ลูกหน้าพลิกดินดี	ใช้แรงเข็นมาก มีดินติดลูกพรวนทั้งสอง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น (ต่อ)

รูปแบบเครื่องพรวน	ชนิดลูกพรวน	ข้อดี	ข้อเสีย
	W2W5	ใช้แรงเข็นน้อย ลูกหลังรีดดินดี	ลูกพรวนทั้งสองทับรอยกัน
	W3W1	สับดินได้ดีทั้งสองลูก	ใช้แรงเข็นมาก มีดินติดที่ลูกพรวนทั้งสองลูก (ในดินโคลนที่ไม่มีน้ำ)
	W3W2	ใช้แรงเข็นน้อย ลูกหน้าสับดินดี	-
	W3W4	ลูกหน้าสับดินดี	ใช้แรงเข็นมาก มีดินติดที่ลูกพรวนทั้งสองลูก (ในดินโคลนที่ไม่มีน้ำ)
	W3W5	ใช้แรงเข็นน้อย ลูกหลังรีดดินดี (ในดินที่มีน้ำขัง)	มีดินติดลูกพรวนทั้งสองลูก (ในดินโคลนที่ไม่มีน้ำ)
	W4W1	ลูกหลังสับดินดี	ใช้แรงเข็นมาก ดินติดที่ลูกหน้า
	W4W2	ใช้แรงเข็นน้อย (ในดินแห้ง)	ลูกพรวนลงดินไม่ลึก และมีดินติดทั้งสองลูก

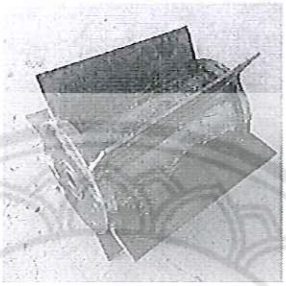
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น (ต่อ)

รูปแบบเครื่องพรวน	ชนิดลูกพรวน	ข้อดี	ข้อเสีย
	W4W3	ใช้แรงเข็นน้อยสำหรับพื้นที่ที่เป็นดินแห้ง	ใช้แรงเข็นมาก มีดินติดลูกพรวนหน้า
	W4W5	ลูกหลังรีดดินได้ดี	ใช้แรงเข็นมาก ลูกพรวนหน้ามุดดินและมีดินติด
	W5W1	ใช้แรงเข็นน้อย ลูกหน้ารีดดินได้ดี ไม่มีดินติด	-
	W5W2	ลูกหน้ารีดดินดี	ใช้แรงเข็นมาก มีการรีดดินไปในทางเดียวกัน ทำให้มีดินติดระหว่างลูกพรวนทั้งสอง
	W5W3	ใช้แรงเข็นน้อย ลูกหน้ารีดดินดี	ลูกหลังมีดินติด (ในดินโคลนที่ไม่มีน้ำ)
	W5W4	ลูกหน้ารีดดินได้ดี	ใช้แรงเข็นมาก ลูกหลังมีดินติด

จากการสังเกตลักษณะการทำงาน และแรงที่ใช้ในการเข็นของลูกพรวนในเบื้องต้น พบว่า ลูกพรวนแบบ W1 และแบบ W3 มีลักษณะเด่นในการทำลายวัชพืชด้วยการตัด จึงเหมาะสมที่จะเป็นลูกพรวนลูกหน้า สำหรับลูกพรวนแบบ W2 และแบบ W5 มีลักษณะเด่นในการทำลายวัชพืชด้วยการกลบจึงเหมาะสมที่จะเป็นลูกพรวนลูกหลัง

สำหรับลูกพรวนแบบ W4 จากผลการทดสอบในแปลงนาพบว่า ลูกพรวนมีดินติดและใช้แรงเข็นมาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพรวนกำจัดวัชพืช

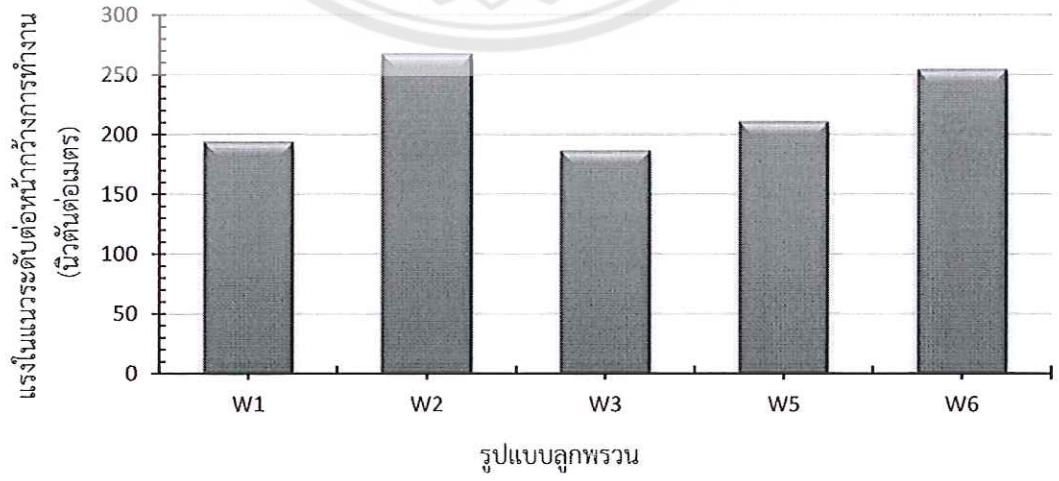
จากข้อมูลผลการทดสอบเบื้องต้น ชนิดลูกพรวนที่เลือกทำการทดสอบใช้งานในแปลงนาข้าว คือแบบ W3W2 และแบบ W3W5 และลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) ซึ่งเป็นแบบที่เกษตรกรนิยมใช้ รูปแบบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา

4.2 ผลการทดสอบลูกพรวนในกระบะดิน

จากการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืช 5 รูปแบบ คือแบบ W1, W2, W3, W5 และ W6 ในกระบะดินซึ่งเป็นดินชนิดดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ประกอบด้วยดินเหนียว 26.64 เปอร์เซ็นต์ ทราย 59.36 เปอร์เซ็นต์ และตะกอน 14.0 เปอร์เซ็นต์ (แผนภาพแสดงการวิเคราะห์ชนิดดิน แสดงในภาคผนวก ก1.) จากผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชแต่ละรูปแบบในกระบะดิน ได้ค่าของแรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานของลูกพรวนแบบต่าง ๆ แสดงในกราฟรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานของลูกพรวนแบบต่าง ๆ

จากกราฟรูปที่ 4.3 ค่าแรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ลูกพรวนแบบฟันตรงเอียงสลับ (W3) เท่ากับ 186.48 นิวตันต่อเมตร รองลงมา คือ ฟันตรงแบบซี่ (W1), ฟันแบบเกลียว (W5) และฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) ตามลำดับ และค่าแรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานมากที่สุด คือ ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) เท่ากับ 267.40 นิวตันต่อเมตร

จากผลการทดสอบในแปลงนาในเบื้องต้น พบว่าลูกพรวนแบบ W1 และแบบ W3 เหมาะสมที่จะเป็นลูกพรวนลูกหน้า สำหรับลูกพรวนแบบ W2 และแบบ W5 เหมาะสมที่จะเป็นลูกพรวนลูกหลัง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในกระบะดิน คือแบบ W1 และแบบ W3 มีแรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างในการทำงานน้อยกว่าแบบ W2, W3 และแบบ W6 ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน

รูปแบบลูกพรวน		แรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงาน (นิวตันต่อเมตร)
ลูกหน้า	ฟันตรงแบบซี่ (W1)	193.81
	ฟันตรงเอียงสลับ (W3)	186.48
ลูกหลัง	ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2)	267.40
	ฟันแบบเกลียว (W5)	210.61
	ฟันตรงเอียง 5 องศา (W6)	254.39

จากตารางที่ 4.2 เมื่อนำลูกพรวนที่ได้ออกแบบใหม่เปรียบเทียบกับรูปแบบเดิม คือแบบ W1 และ W6 พบว่าลูกพรวนลูกหน้าแบบฟันตรงเอียงสลับ (W3) มีค่าแรงเข็นเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานน้อยกว่าลูกพรวนแบบซี่ (W1) คิดเป็น 3.78 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลูกพรวนลูกหลังแบบฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) มีค่าแรงเข็นเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างในการทำงานมากกว่าลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) คิดเป็น 5.12 เปอร์เซ็นต์ และแบบฟันแบบเกลียว (W5) มีค่าแรงเข็นเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างในการทำงานน้อยกว่าลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) คิดเป็น 17.21 เปอร์เซ็นต์

4.3 ข้อมูลของแปลงทดสอบ

แปลงนาที่ใช้เป็นแปลงทดสอบเป็นดินชนิดดินทรายแป้ง (clay loam) ประกอบด้วยดินเหนียว 39.00 เปอร์เซ็นต์ ทราย 43.92 เปอร์เซ็นต์ และตะกอน 17.08 เปอร์เซ็นต์ (แผนภาพแสดงการวิเคราะห์ชนิดดิน แสดงในภาคผนวก ข2.) ปลูกข้าวพันธุ์ พิษณุโลก 2 ทำการปลูกข้าวด้วยเครื่อง

โรยเมล็ดข้าวงอกแบบแถว เมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558 ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2558 (หลังปลูก 36 วัน) ครั้งที่ 2 ในวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2558 (หลังปลูก 51 วัน) ข้อมูลของแปลงทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลของแปลงทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

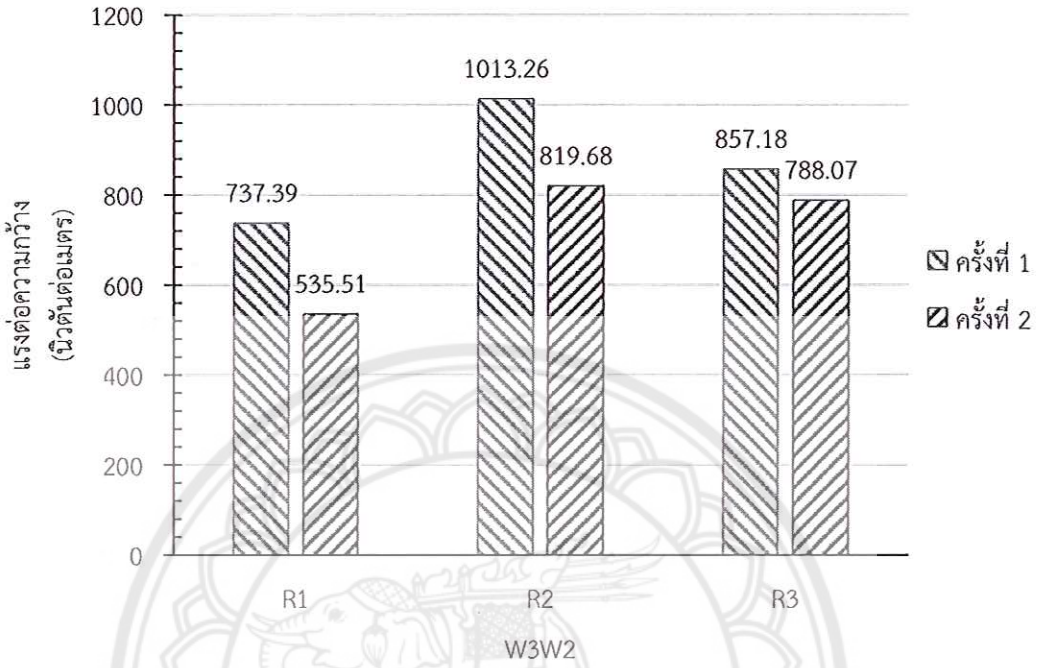
ข้อมูล	การทดสอบ	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ความลึกน้ำในแปลงนา (เซนติเมตร)	6.1	1.9
ความสูงต้นข้าว (เซนติเมตร)	34.0	35.1
ความสูงต้นหญ้า (เซนติเมตร)	29.4	20.3
ระยะห่างระหว่างแถว (เซนติเมตร)	24.9	15.9
ระยะห่างระหว่างกอ (เซนติเมตร)	23.3	12.9

จากข้อมูลแปลงทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การทดสอบครั้งที่ 2 มีความลึกของน้ำในแปลงน้อยกว่าครั้งที่ 1 ส่วนความสูงต้นหญ้าในการทดสอบครั้งที่ 1 มีความสูงมากกว่าครั้งที่ 2 เนื่องจากระยะเวลาที่ทำการทดสอบครั้งที่ 1 ทำการทดสอบหลังจากปลูกข้าวเป็นเวลา 36 วัน ทำให้วัชพืชมีการเจริญเติบโตมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 ซึ่งทำการทดสอบหลังจากพรวนครั้งที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน และสันนิษฐานว่าเป็นวัชพืชที่มีการเกิดขึ้นมาใหม่ จึงทำให้มีความสูงต้นหญ้าต่ำกว่าครั้งที่ 1 ส่วนระยะห่างระหว่างแถว และระยะห่างระหว่างกอ จากการทดสอบครั้งที่ 2 มีระยะห่างลดลงเมื่อเทียบกับการทดสอบครั้งที่ 1 เนื่องจากต้นข้าวมีการแตกกอจึงทำให้ระยะห่างระหว่างแถว และระยะห่างระหว่างกอลดลง

4.4 ผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

4.4.1 ผลการทดสอบแรงที่ใช้เข็น

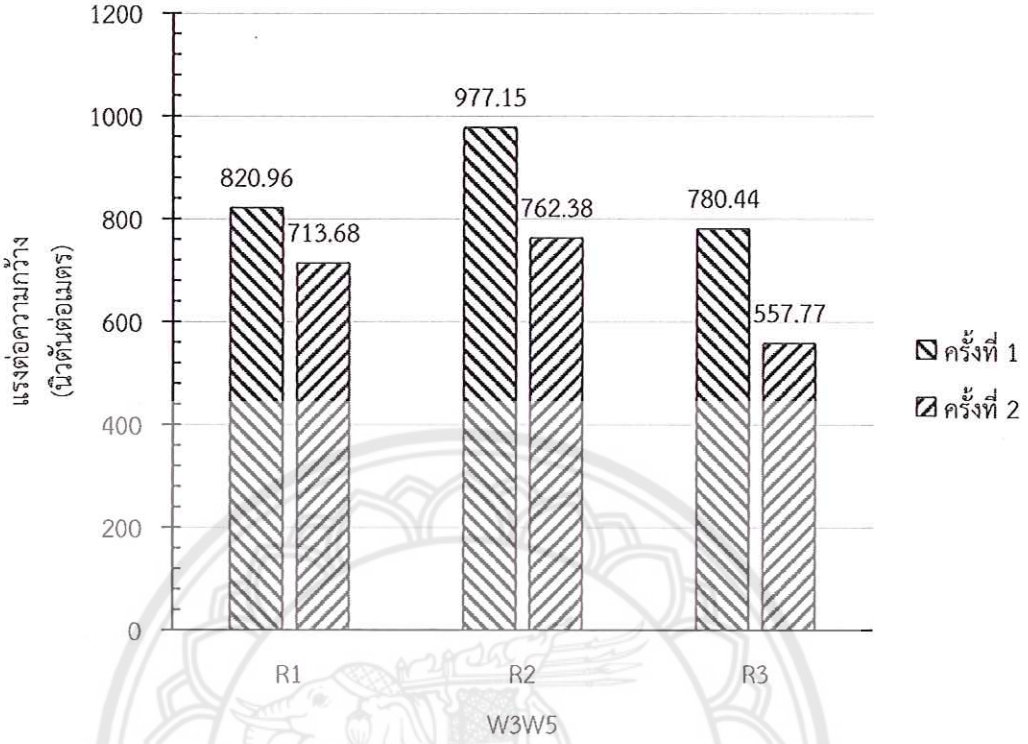
ผลการทดสอบแรงเข็นในแนวระดับต่อความกว้างการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบ W3W2 (ลูกพรวนลูกหน้าแบบฟันตรงเอียงสลับและลูกพรวนลูกหลังแบบฟันตรงเอียง 14 องศา)จากการทดสอบการทำงานครั้งที่ 1 และ 2 ในแปลงนา แสดงดังกราฟรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนแบบ W3W2

จากกราฟรูปที่ 4.4 ค่าแรงที่ใช้เข็นเครื่องพรวนแบบ W3W2 ในการทดสอบครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 จะมีค่ามากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 27.38, 19.1 และ 8.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากการทดสอบครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 วัชพืชมีความสูงมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 19.48, 31.0 และ 26.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความลึกของน้ำครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 87.23, 62.35 และ 54.84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จึงส่งผลให้แรงต่อความกว้างการทำงานเฉลี่ยของการทดสอบครั้งที่ 1 มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 17.81 เปอร์เซ็นต์

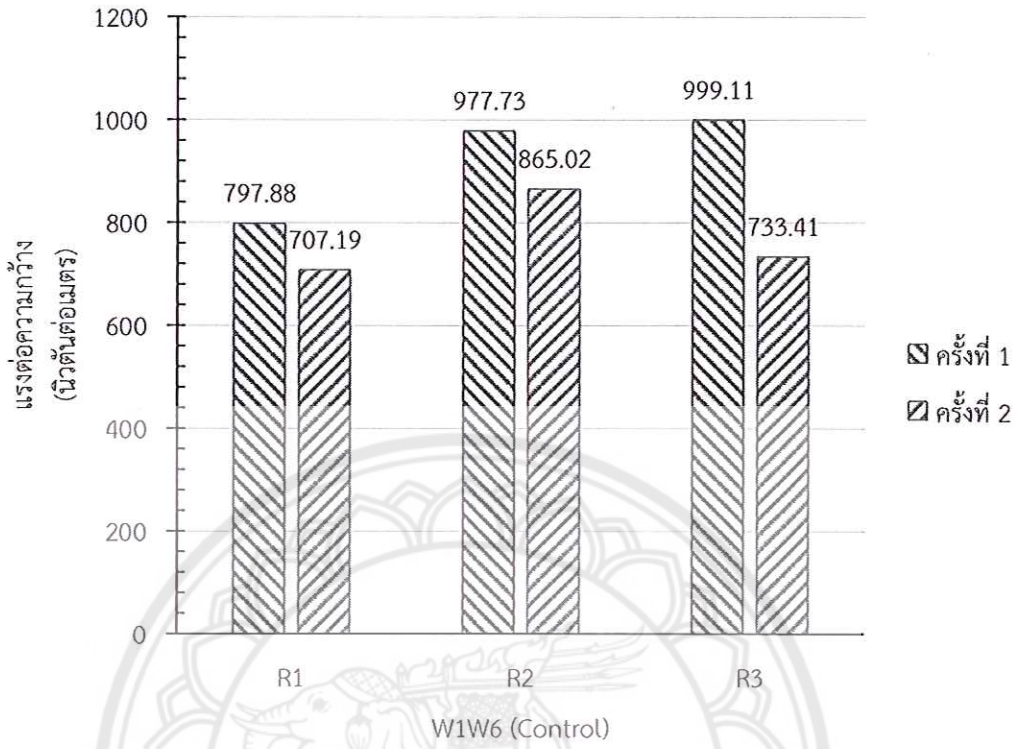
ผลการทดสอบแรงเข็นในแนวระดับต่อความกว้างการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชลูกพรวนแบบ W3W5 (ลูกพรวนลูกหน้าแบบฟันตรงเอียงสลับและลูกพรวนลูกหลังแบบฟันแบบเกลียว) จากการทดสอบการทำงานครั้งที่ 1 และ 2 ในแปลงนา แสดงดังกราฟรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนแบบ W3W5

จากกราฟรูปที่ 4.5 ค่าแรงที่ใช้เข็นเครื่องพรวนแบบ W3W5 ในการทดสอบครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 จะมีค่ามากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 13.08, 21.98 และ 28.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากการทดสอบครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 วัชพืชมีความสูงมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 34.05, 29.56 และ 46.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความลึกของน้ำครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 64.78, 73.77 และ 87.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จึงส่งผลให้แรงต่อความกว้างการทำงานเฉลี่ยของการทดสอบครั้งที่ 1 มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 21.13 เปอร์เซ็นต์

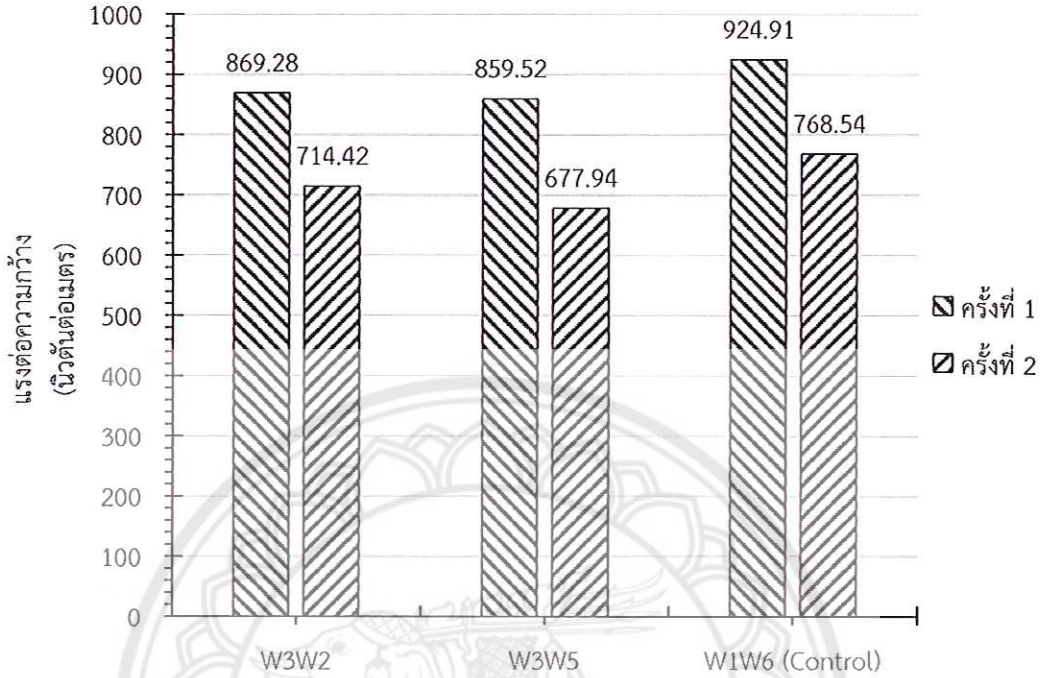
ผลการทดสอบแรงเข็นในแนวระดับต่อความกว้างการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W1W6 (ลูกพรวนลูกหน้าแบบฟันตรงแบบซี่และลูกพรวนลูกหลังแบบฟันตรงเอียง 5 องศา) จากการทดสอบการทำงานครั้งที่ 1 และ 2 ในแปลงนา แสดงดังกราฟรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนแบบ W1W6

จากกราฟรูปที่ 4.6 ค่าแรงที่ใช้เข็นเครื่องพรวนแบบ W1W6 ในการทดสอบครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 จะมีค่ามากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 11.36, 11.52 และ 26.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื่องจากการทดสอบครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 วัชพืชมีความสูงมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 27.85, 27.58 และ 36.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความลึกของน้ำครั้งที่ 1 แปลงย่อยที่ 1 2 และ 3 มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 65.0, 66.67 และ 67.12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จึงส่งผลให้แรงต่อความกว้างการทำงานเฉลี่ยของการทดสอบครั้งที่ 1 มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 16.91 เปอร์เซ็นต์

กราฟในรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงที่ใช้เข็นแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานของเครื่องพรวนทั้ง 3 รูปแบบ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการเข็นของเครื่องพรวน W3W2 และแบบ W3W5 กับเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) ซึ่งเป็นแบบที่เกษตรกรนิยมใช้



รูปที่ 4.7 แรงเข็นแนวระดับเฉลี่ยของเครื่องพรวนทั้ง 3 รูปแบบ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบแรงเข็นในแนวระดับต่อหน้ากว้างในการทำงานที่ใช้**เข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช** 3 รูปแบบ

ครั้งที่	แรงเข็นในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงาน (นิวตันต่อเมตร)		
	W3W2	W3W5	W1W6 (Control)
1	869.28	859.52	924.91
2	714.42	677.94	768.54
เฉลี่ย	**791.85**	**768.73**	**846.73**

จากกราฟรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเครื่องพรวนแบบลูกพรวนทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) ใช้แรงเข็นในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานสูงที่สุด เท่ากับ 846.73 นิวตันต่อเมตร แรงเข็นต่อหน้ากว้างการทำงานของเครื่องพรวนแบบ W3W2 และ W3W5 มีค่าแรงเข็นน้อยกว่าแบบ W1W6 คิดเป็น 6.48 และ 9.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสังเกตได้ว่าแรงที่ใช้ในการเข็นในการทดสอบครั้งที่ 2 มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับครั้งที่ 1 อาจเนื่องจากจำนวนวัชพืชและระดับความลึกของน้ำครั้งที่ 2 มีจำนวนน้อยกว่า

4.4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพและสมรรถนะ

จากผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวชนิดใช้แรงคนเข็นในแปลงทดสอบ สามารถนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช ประสิทธิภาพทางไร่ สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล และดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช ได้จากสมการในบทที่ 2 โดยตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข14. ค่าที่คำนวณได้สรุป แสดงในตารางที่ 4.5

ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (สมการที่ 2.3) สามารถหาได้จากจำนวนวัชพืชก่อนการพรวนและหลังการพรวนโดยเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช ในโครงงานนี้จะใช้การนับจำนวนต้นวัชพืชจากรูปถ่าย โดยจะนับในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ดังกรอบสีฟ้าจากตัวอย่างรูปถ่าย แสดงดังรูปที่ 4.8 ข้อมูลจำนวนต้นวัชพืชที่นับได้ และผลการคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช แสดงในภาคผนวก ข9.

ก. ก่อนการพรวน ข. หลังการพรวน

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างรูปถ่ายสำหรับการกำจัดวัชพืช

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดสอบในแปลงของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช 3 รูปแบบ

รูปแบบลูกพรวน	การทดสอบ	แรงเข็นในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงาน (นิวตันต่อเมตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ประสิทธิภาพทางไร่	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล		ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช	
					(ไร่/ชั่วโมง)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง)	(ไร่/ชั่วโมง-กำลังม้า)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง-กำลังม้า)
W3W2	1	869.28	81.77	0.905	0.244	0.039	15126.54	2420.25
	2	714.42	72.68	0.892	0.246	0.039	16357.81	2617.25
	เฉลี่ย	**791.85**	**77.22**	**0.898**	**0.245**	**0.039**	**15742.18**	**2518.75**
W3W5	1	859.52	81.27	0.870	0.220	0.035	14467.55	2314.81
	2	677.94	79.09	0.898	0.248	0.040	18595.44	2975.27
	เฉลี่ย	**768.73**	**80.18**	**0.884**	**0.234**	**0.037**	**16531.49**	**2645.04**
W1W6 (Control)	1	924.91	74.59	0.858	0.262	0.042	12104.72	1936.76
	2	768.54	63.98	0.898	0.240	0.038	13176.22	2108.20
	เฉลี่ย	**846.73**	**69.29**	**0.878**	**0.251**	**0.040**	**12640.47**	**2022.48**

หมายเหตุ การคำนวณค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช (จากสมการ 2.4) กำหนดให้พืชประธาน (ต้นข้าว) ที่ไม่ถูกทำลายจากการกำจัดวัชพืช, q มีค่าเท่ากับร้อยละ 90 ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข14.

จากตารางที่ 4.5 แรงที่ใช้ในการเข็นในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W5 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 768.73 นิวตันต่อเมตร รองลงมาคือ เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 และแบบ W1W6 มีค่าเท่ากับ 791.85 และ 846.73 นิวตันต่อเมตร ตามลำดับ เนื่องจากลูกพรวนลูกหลังเป็นแบบเกลียวส่งผลให้การทำงานค่อนข้างเรียบ และทิ้งดินได้ดี ซึ่งประสิทธิภาพเครื่องกำจัดวัชพืชของเครื่องพรวนแบบ W3W5 มีค่ามากที่สุดคิดเป็น 80.18 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W1W6 มีค่าน้อยที่สุดคิดเป็น 69.29 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพทางไร่ซึ่งหาจากอัตราส่วนระหว่างเวลาที่ได้งานต่อเวลาที่ใช้ทั้งหมดในการทำงาน จะเห็นว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.898 ส่วนเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W1W6 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.878 แต่พบว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W1W6 มีค่าสมรรถนะทางไร่ประสิทธิผลเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.251 ไร่ต่อชั่วโมง และน้อยที่สุดคือ เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W5 มีค่าเท่ากับ 0.234 ไร่ต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ตามค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชแสดงถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช พบว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชที่มีค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยมากที่สุด คือ W3W5 มีค่าเท่ากับ 16531.49 ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า รองลงมาคือ เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 มีค่าเท่ากับ 15742.18 ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า และค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ W1W6 มีค่าเท่ากับ 12640.47 ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า จะเห็นว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W5 มีค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ยมากกว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 และ W1W6 คิดเป็น 4.77 และ 23.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชทั้ง 3 รูปแบบในแปลงนา เมื่อคำนึงถึงค่าแรงที่ใช้ในการเข็น ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช และดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 และ W3W5 มีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องพรวนแบบลูกพรวนทรงกระบอกฟันตรง (W1W6) ซึ่งเป็นแบบที่เกษตรกรนิยมใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในเบื้องต้น

จากผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวทั้ง 5 ลูกพรวน คือ ฟันตรงแบบซี่ (W1) ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) ฟันตรงเอียงสลับ (W3) ฟันตรงเอียงตัววี (W4) และฟันแบบเกลียว (W5) โดยสลับตำแหน่งของลูกพรวนดังรายละเอียดในตารางที่ 3.2 จากการสังเกตลักษณะการทำงาน และแรงที่ใช้ในการเข็นของลูกพรวนในเบื้องต้น พบว่าลูกพรวนแบบ W1 และแบบ W3 มีลักษณะเด่นในการทำลายวัชพืชด้วยการตัด จึงเหมาะสมที่จะเป็นลูกพรวนลูกหน้า สำหรับลูกพรวนแบบ W2 และแบบ W5 มีลักษณะเด่นในการทำลายวัชพืชด้วยการกลบจึงเหมาะสมที่จะเป็นลูกพรวนลูกหลัง และพบว่าลูกพรวนแบบ W4 จากผลการทดสอบในแปลงนาพบว่า ลูกพรวนมีดินติดและใช้แรงเข็นมาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพรวนกำจัดวัชพืช

5.2 สรุปผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน

จากผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดินทั้ง 5 ลูกพรวน คือ ฟันตรงแบบซี่ (W1) ฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) ฟันตรงเอียงสลับ (W3) ฟันแบบเกลียว (W5) และฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) ซึ่งเป็นลูกพรวนที่เกษตรกรนิยมใช้ สรุปผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน

ลูกพรวน	แรงเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงาน (นิวตันต่อเมตร)
W1	193.81
W2	267.40
W3	186.48
W5	210.61
W6	254.39

จากการนำผลการทดสอบลูกพรวนที่ได้ออกแบบใหม่เปรียบเทียบกับรูปแบบเดิม คือแบบ W1 และ W6 พบว่าลูกพรวนหน้าแบบฟันตรงเอียงสลับ (W3) มีค่าแรงเข็นเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงานน้อยกว่าลูกพรวนแบบชี่ (W1) เท่ากับ 3.78 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลูกพรวนหลังแบบฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) มีค่าแรงเข็นเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างในการทำงานมากกว่าลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) เท่ากับ 5.12 เปอร์เซ็นต์ และลูกพรวนแบบฟันแบบเกลียว (W5) มีค่าแรงเข็นเฉลี่ยในแนวระดับต่อหน้ากว้างในการทำงานน้อยกว่าลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) เท่ากับ 17.21 เปอร์เซ็นต์

5.3 สรุปผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

ผลจากการศึกษา และทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าวชนิดใช้แรงคนเข็น ทั้ง 3 รูปแบบ คือ ลูกพรวนแบบ W3W2 ลูกพรวนแบบ W3W5 และลูกพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรง W1W6 (Control) สรุปผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5.2 และ 5.3

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

รูปแบบลูกพรวน	แรงเข็นต่อหน้ากว้างการทำงานเฉลี่ย (นิวตัน/เมตร)	กำลังงานที่ใช้เฉลี่ย (กำลังม้า)	ประสิทธิภาพทางไร่เฉลี่ย	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผลเฉลี่ย (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย
W3W2	791.85	0.111	0.898	0.245	77.22	15742.18
W3W5	768.73	0.104	0.884	0.234	80.18	16531.49
W1W6 (Control)	846.73	0.125	0.878	0.251	69.29	12640.47

ตารางที่ 5.3 สรุปลักษณะการทำงาน และเปรียบเทียบผลการทดสอบของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

รูปแบบลูกพรวน	ลักษณะการทำลายวัชพืช	แรงเข็นต่อหน้ากว้างการทำงาน (เท่า)	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (เท่า)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (เท่า)	ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช (เท่า)
W3W2	การตัดและกลบ	0.94	0.98	1.11	1.24
W3W5	การตัดและกลบ	0.91	0.93	1.16	1.31
W1W6 (Control)	การตัดและกลบ	1	1	1	1

ผลจากการเปรียบเทียบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 และ W3W5 มีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องพรวนแบบลูกพรวนทรงกระบอกฟันตรงรูปแบบเดิม (W1W6) เนื่องจากค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช ของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W5 มีค่ามากกว่าเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบทรงกระบอกฟันตรงรูปแบบเดิม (W1W6) มากถึง 1.31 เท่า หรือคิดเป็น 30.78 เปอร์เซ็นต์ และ เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชแบบ W3W2 มีค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืชมากกว่าเครื่องพรวนแบบทรงกระบอกฟันตรงรูปแบบเดิม (W1W6) มากถึง 1.24 เท่า หรือคิดเป็น 24.54 เปอร์เซ็นต์

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา ควรมีระยะเวลาในการทดสอบหลังจากการปลูกข้าวหรือปักดำเป็นระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ เนื่องจากต้นหญ้ามีการเจริญเติบโตยังไม่เต็มที่ ทำให้ง่ายต่อการกำจัดวัชพืช

2. ระดับของน้ำในแปลงนาที่ใช้ทดสอบควรมีความลึกไม่เกิน 3-4 เซนติเมตร เนื่องจากจะทำให้เบาแรงเข็นในการใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

3. ควรศึกษาลักษณะการทำงานของลูกพรวน เช่น ลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกพรวน และการทำลายวัชพืชของครีบลูกพรวน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] อัทธ์ พิศาลวานิช. (2554). การเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตและการค้าข้าวไทยและเวียดนามในตลาดอาเซียน. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 31(2):160.

[2] ไทยพับลิก้า. (2557). ต้นทุนการปลูกข้าวของ "ผู้จัดการนา" ยุคดิจิตอล กำไรที่แท้จริงของชาวนา, สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2557, จาก http://thaipublica.org/2014/02/cost-of-famer/

[3] มาตรฐานเกษตรอินทรีย์. (2555). คำจำกัดความเกษตรอินทรีย์, สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.).

[4] มงคล กวางวโรภาส. (2533). การวิจัยและพัฒนาเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว. รายงานผลการวิจัยในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 28: 425-439.

[5] จักรกฤษณ์ พลเก่ง, จิรพงศ์ สิริพิทักษ์เดช และ ภัทรดนัย โกศลวรรธน์. (2556). การศึกษาและทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[6] หฤทัย เหมะธุลิน. (2552). ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของวัชพืชในนาข้าวอินทรีย์จังหวัดพิษณุโลก, ศูนย์เครื่องมือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2557, จาก http://meanhh.wordpress.com/

[7] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2520). (เล่มที่ 3). วัชพืชในนาข้าว.

[8] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. วัชพืชในนาข้าว, สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2557, จาก http://www.brrd.in.th/rkb/weed/index.php.htm

[9] นพพร สินยอง, ภาณุ ทองบู่ และ ภาณุพันธ์ บุญยนต์. (2549). การศึกษาและวิเคราะห์แรงที่กระทำบนใบมีดจอบหมุนพรวนดิน, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

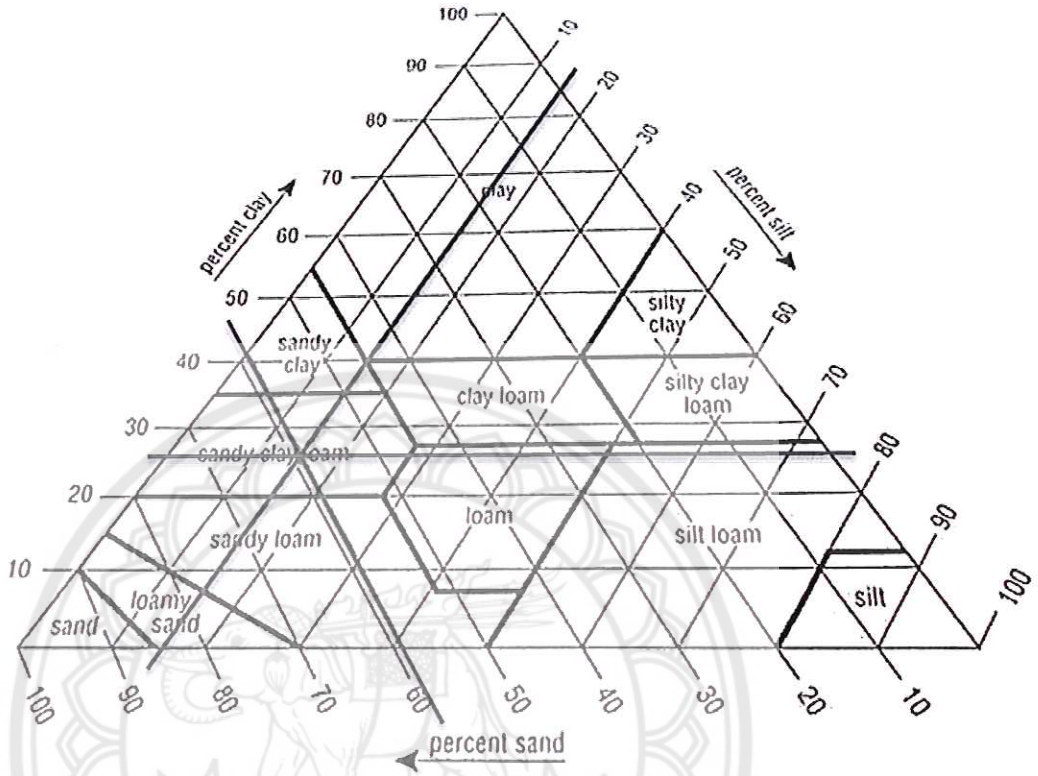
[10] Watershed Support Services and Activities Network (WASSAN). (2549). Weeder a reference compendium, สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2557, จาก http://www.wassan.org/

[11] รัตนา การุญบุญญานันท์ และ เกดิษฐ์ กว้างตระกูล. (2556). การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนและภาระบิด, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาคผนวก ก

การทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน

ภาคผนวก ก1. ผลการทดสอบชนิดของดินในกระบะดิน

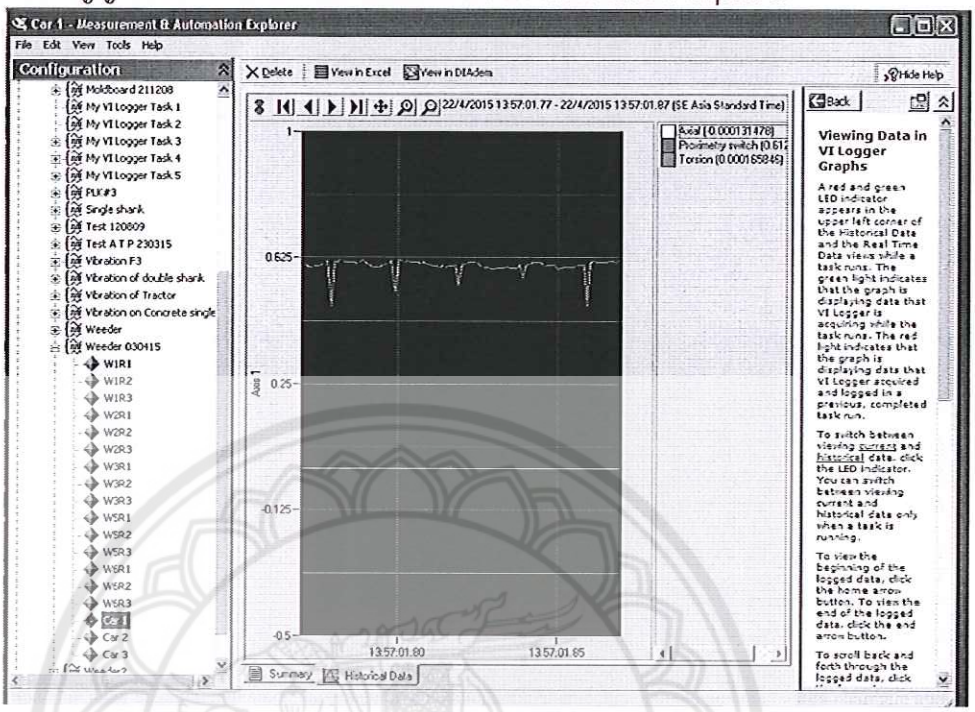


ภาคผนวก ก2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์หาความถี่ของชุดตัวรถขับเคลื่อน

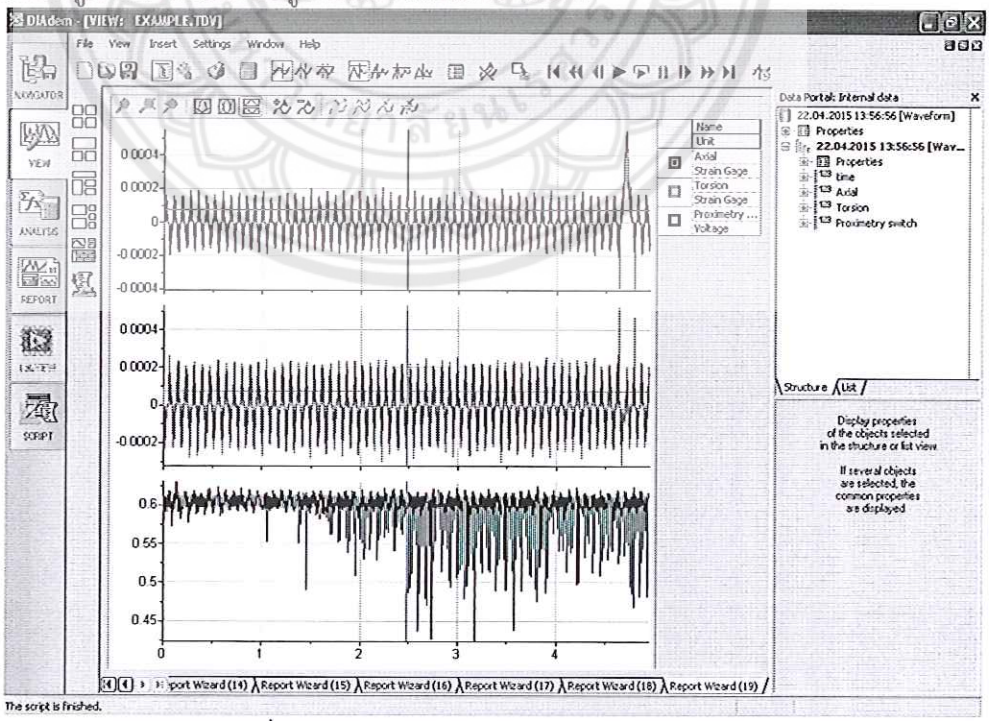
ในการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน กำหนดให้ตัวรถขับเคลื่อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.82 เมตรต่อวินาที บันทึกสัญญาณและทำการวิเคราะห์โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 บันทึกสัญญาณด้วยโปรแกรม Measurement & Automation Explorer



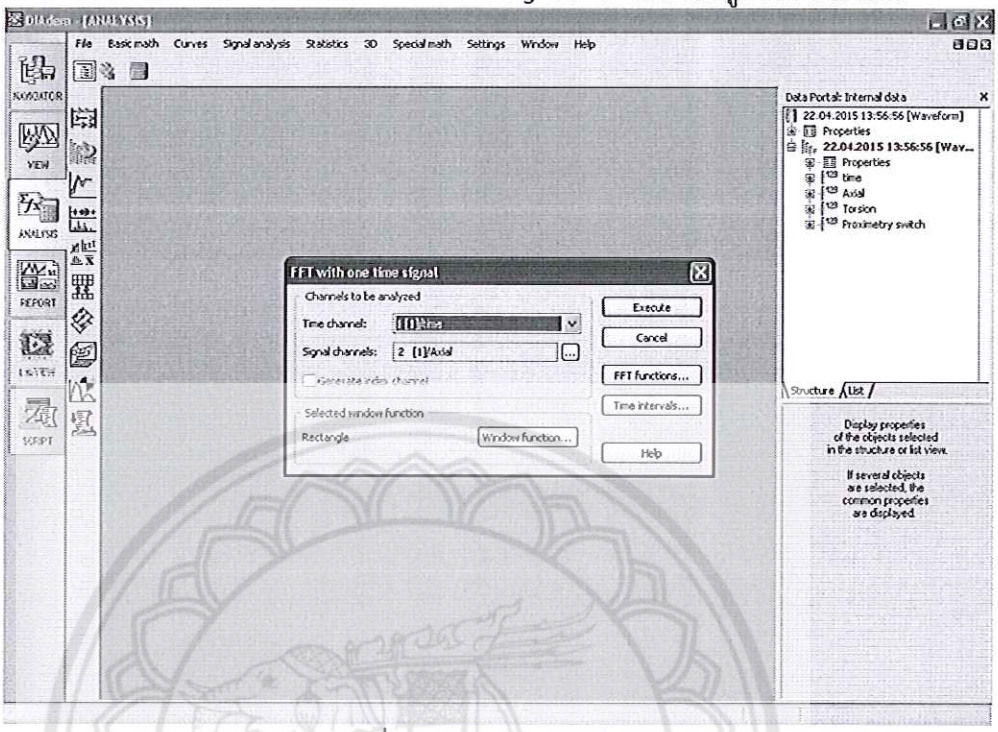
รูปที่ ก2.1 บันทึกสัญญาณ

1.2 เปิดข้อมูลผลการบันทึกข้อมูล ด้วยโปรแกรม DIAdem



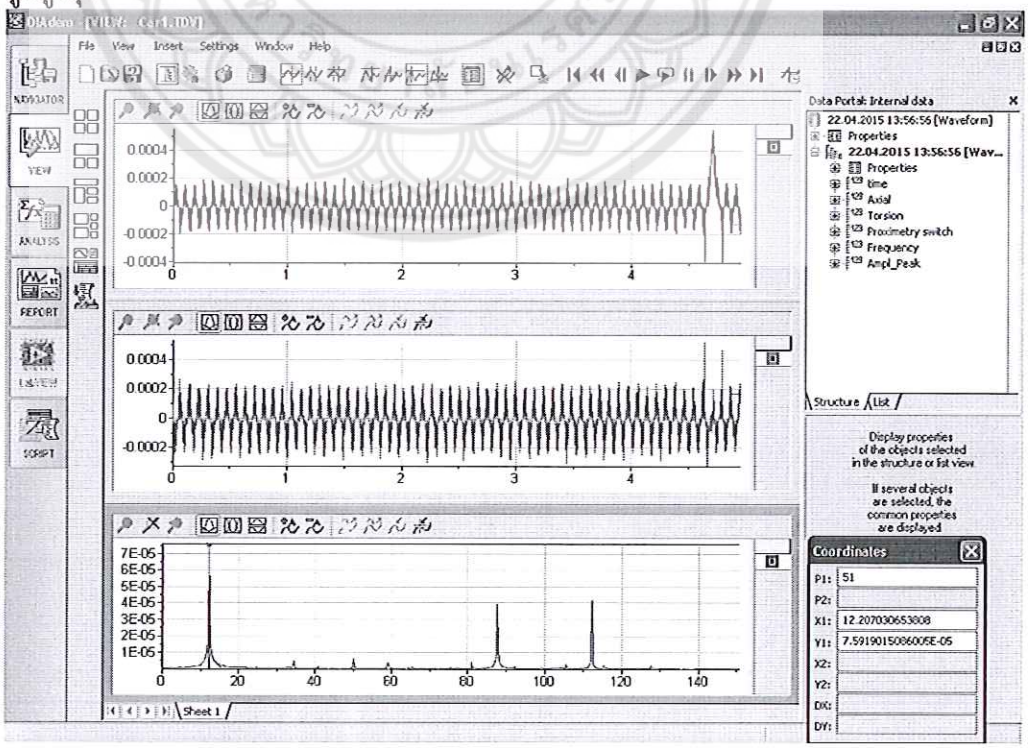
รูปที่ ก2.2 กราฟสัญญาณจากโปรแกรม DIAdem

1.3 เลือก ANALYSIS เลือก FFT with one time signal และเลือกข้อมูล กด Execute



รูปที่ ก2.3 การวิเคราะห์ FFT

1.4 สร้างกราฟจากข้อมูล Frequency และ Ampl_Peak พิจารณาหาค่าความถี่ที่มีค่าแอมพลิจูดสูงสุด

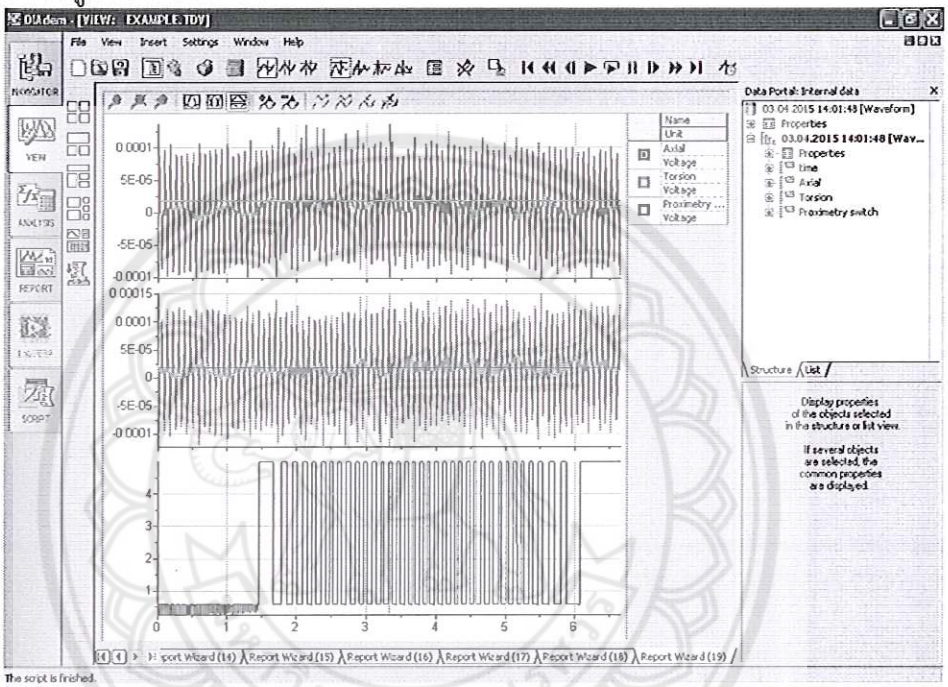


รูปที่ ก2.4 กราฟแสดงค่าความถี่

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดขับขับเคลื่อนรถบนชุดกระบะดิน ก่อนติดตั้งชุดลูกพรวน ความถี่ที่พบ คือ f=12.21 Hz, 87.65 Hz และ 122.30 Hz ในการวิเคราะห์ผลการวัดแรงในแนวแกนของลูกพรวน จะต้องทำการกรองสัญญาณเพื่อเลือกความถี่ดังกล่าวออกไปก่อน

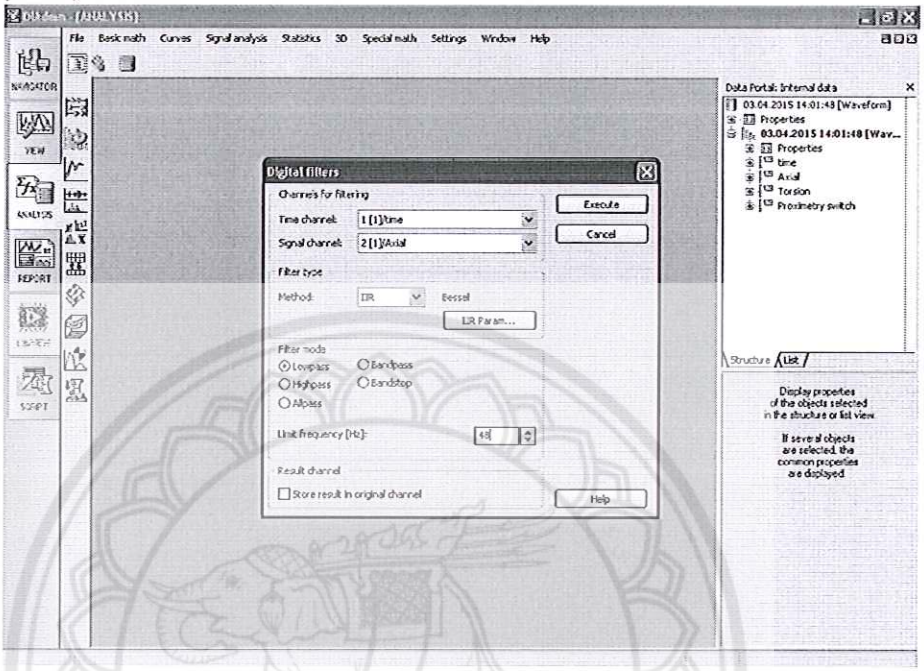
2. การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบชุดลูกพรวน

2.1 เปิดข้อมูลที่บันทึกผลการทดสอบ ด้วยโปรแกรม DIAdem



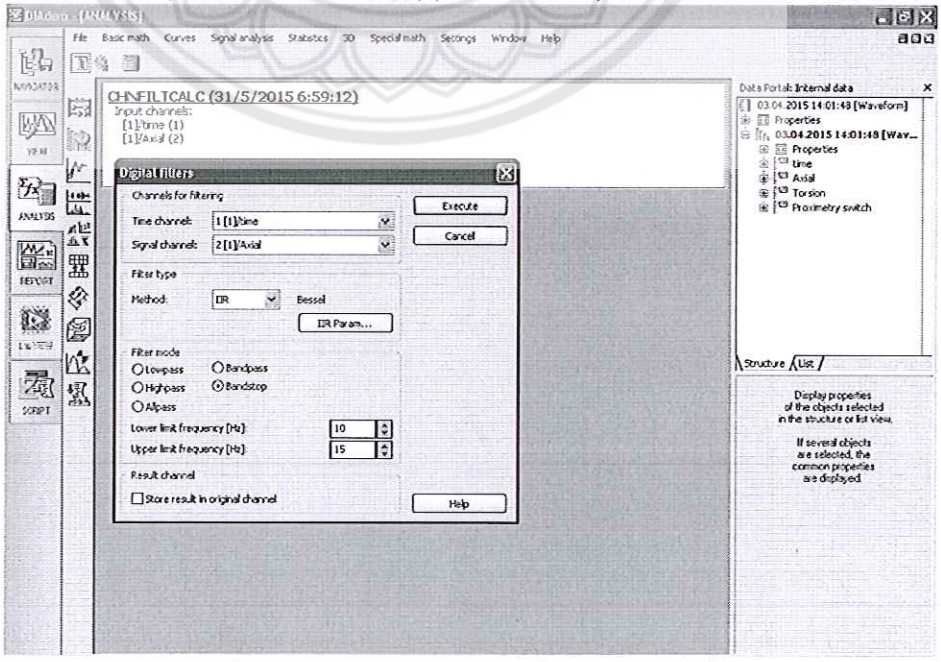
รูปที่ ก2.5 กราฟผลการทดสอบจากโปรแกรม DIAdem

2.2 กรองสัญญาณ โดยกรองความถี่ของสัญญาณไฟฟ้า 50 Hz ออก โดยเลือก ANALYSIS/ Digital Filters เลือกข้อมูลที่ต้องการกรองสัญญาณ เลือก Filter mode/ Lowpass/ Limit frequency 48 Hz



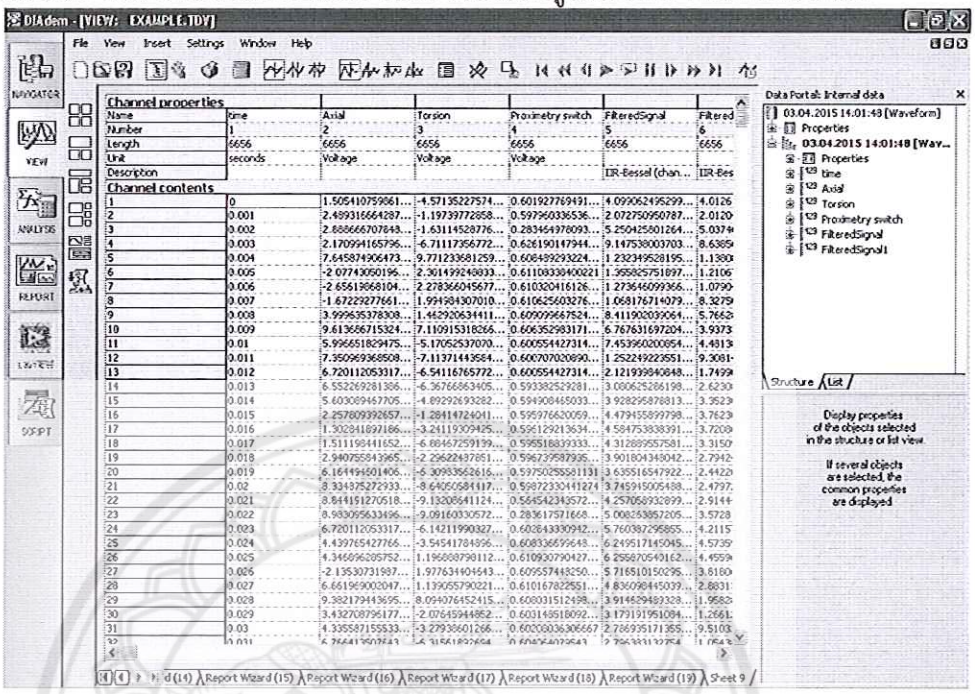
รูปที่ ก2.6 กรองสัญญาณความถี่ 50 Hz

2.3 กรองสัญญาณ โดยกรองความถี่ของชุดตัวรถขับเคลื่อน คือ f=12.21 Hz โดยเลือก ANALYSIS/ Digital Filters เลือกข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ เลือก Filter mode/ Bandstop/ Lower limit frequency 10 Hz และ Upper limit frequency 15 Hz



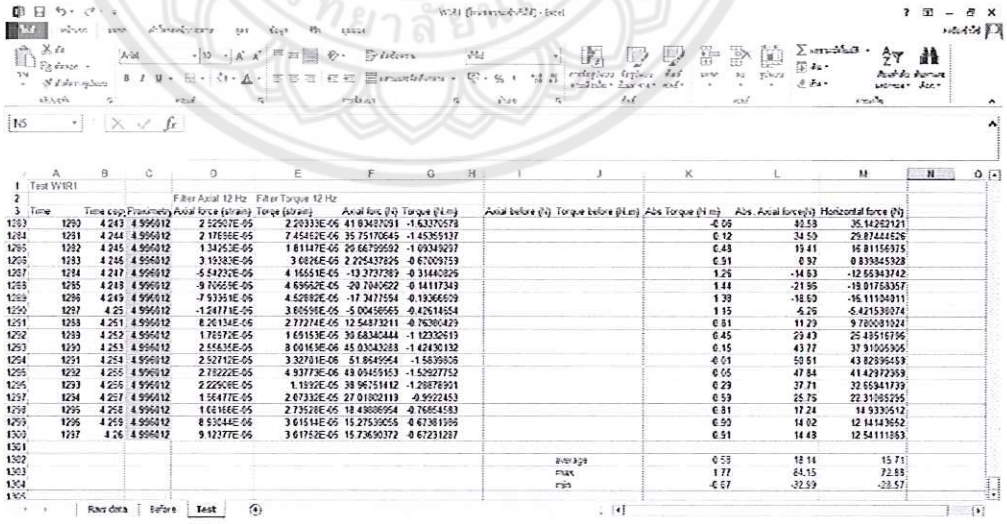
รูปที่ ก2.7 กรองสัญญาณความถี่ชุดตัวรถขับเคลื่อน

2.4 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยการเลือก View และเลือกรูปแบบตารางในการแสดงผล



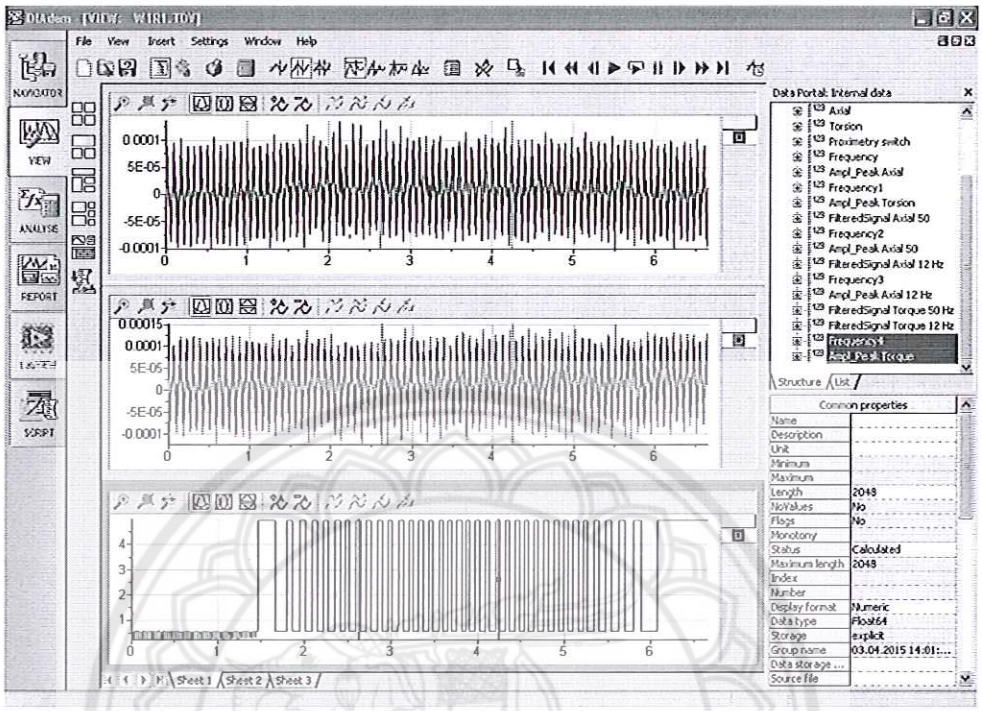
รูปที่ ก2.8 แสดงผลการวิเคราะห์

2.5 คัดลอกผลการวิเคราะห์ไปยังโปรแกรม Excel เพื่อทำการสุ่มเลือกชุดข้อมูลของตัวรถขับเคลื่อนจำนวน 100 ข้อมูล และสุ่มเลือกชุดข้อมูลของการทดสอบลูกพรวนเมื่อทำการหมุน 2 รอบ หาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาแรงที่ใช้ และแรงในแนวระดับ



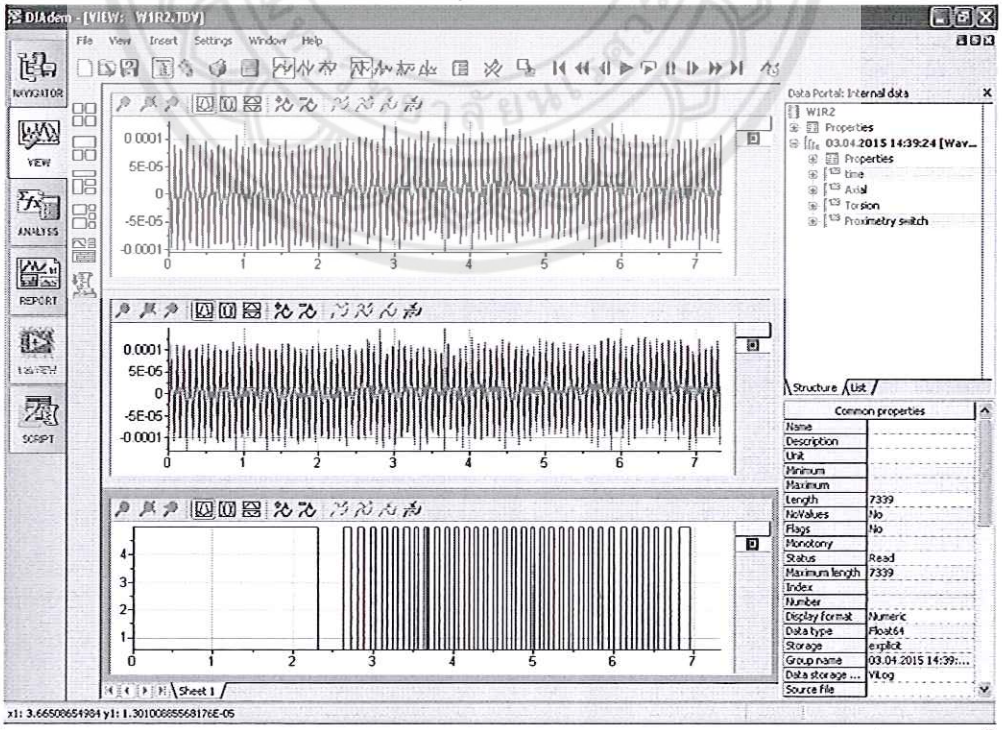
รูปที่ ก2.9 วิเคราะห์หาแรงเฉลี่ยในแนวระดับของการทดสอบลูกพรวน

ภาคผนวก ก3. กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบ



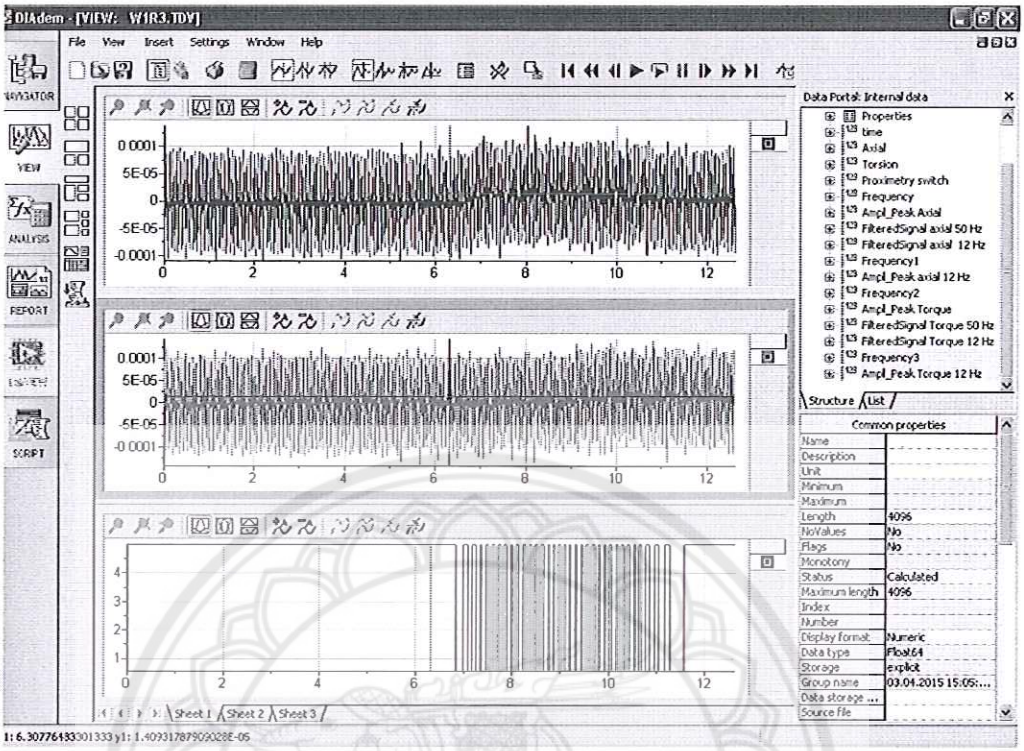
รูปที่ ก3.1 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงแบบซี่ (W1) ครั้งที่ 1

W1R1

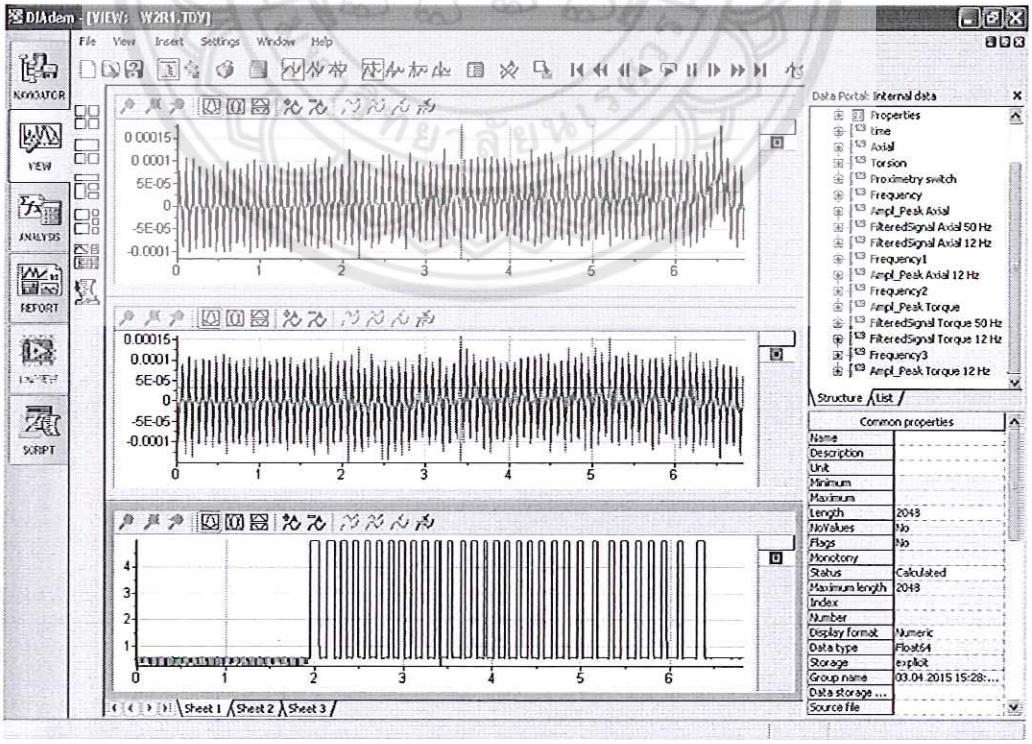


รูปที่ ก3.2 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงแบบซี่ (W1) ครั้งที่ 2

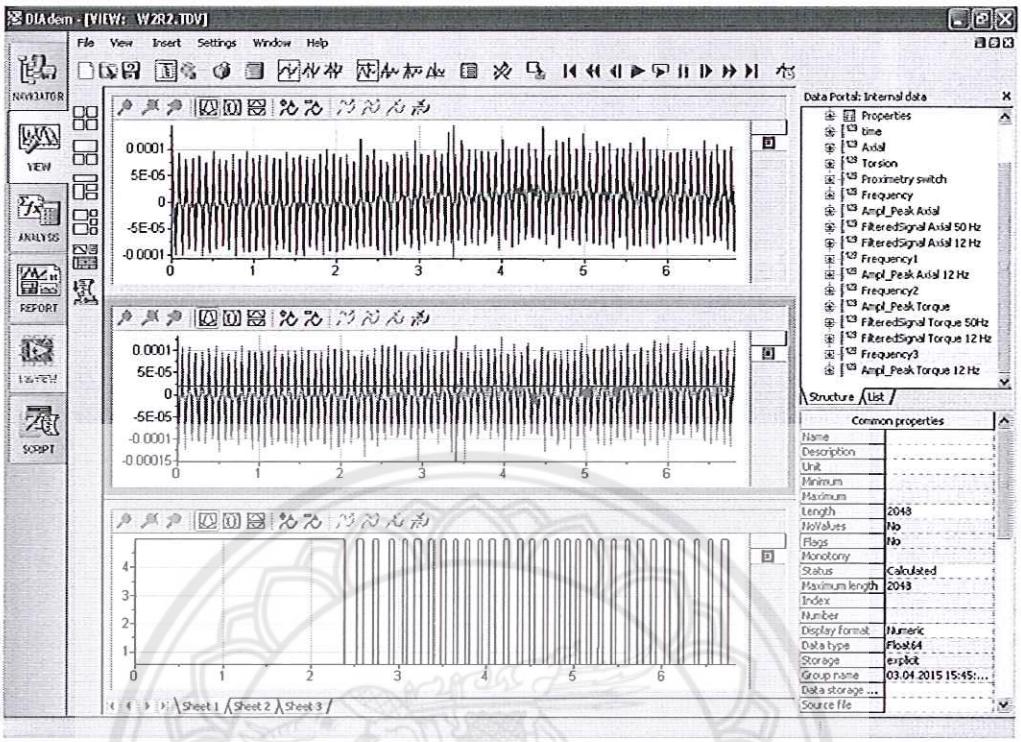
W1R2



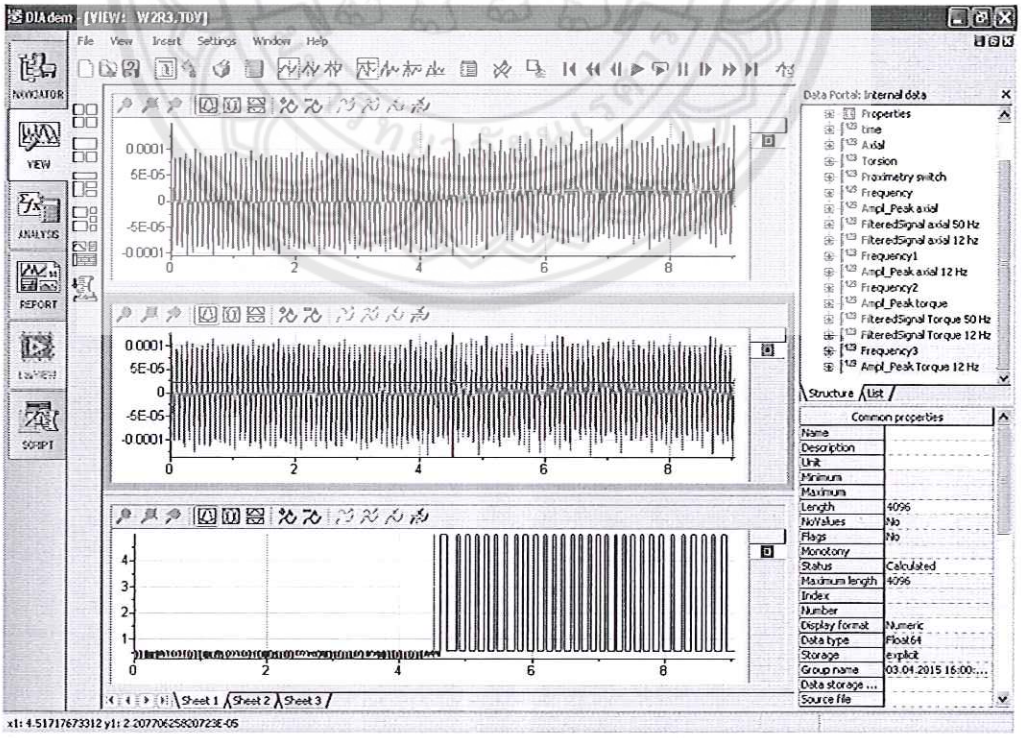
รูปที่ ก3.3 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงแบบซี่ (W1) ครั้งที่ 3 W1R3



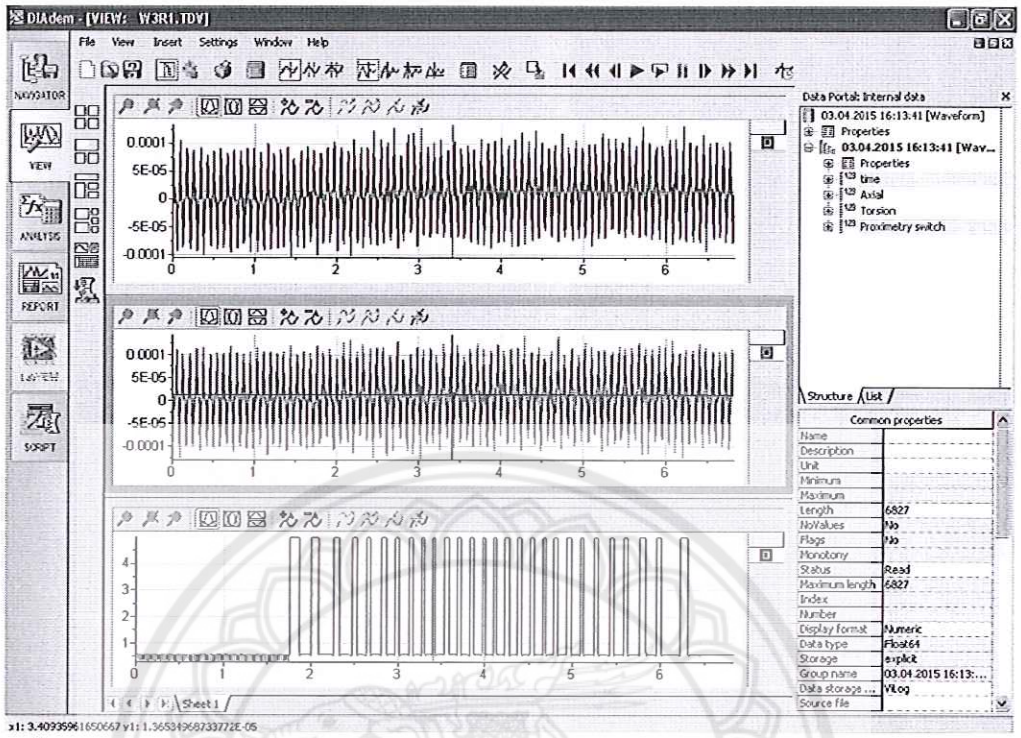
รูปที่ ก3.4 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) ครั้งที่ 1 W2R1



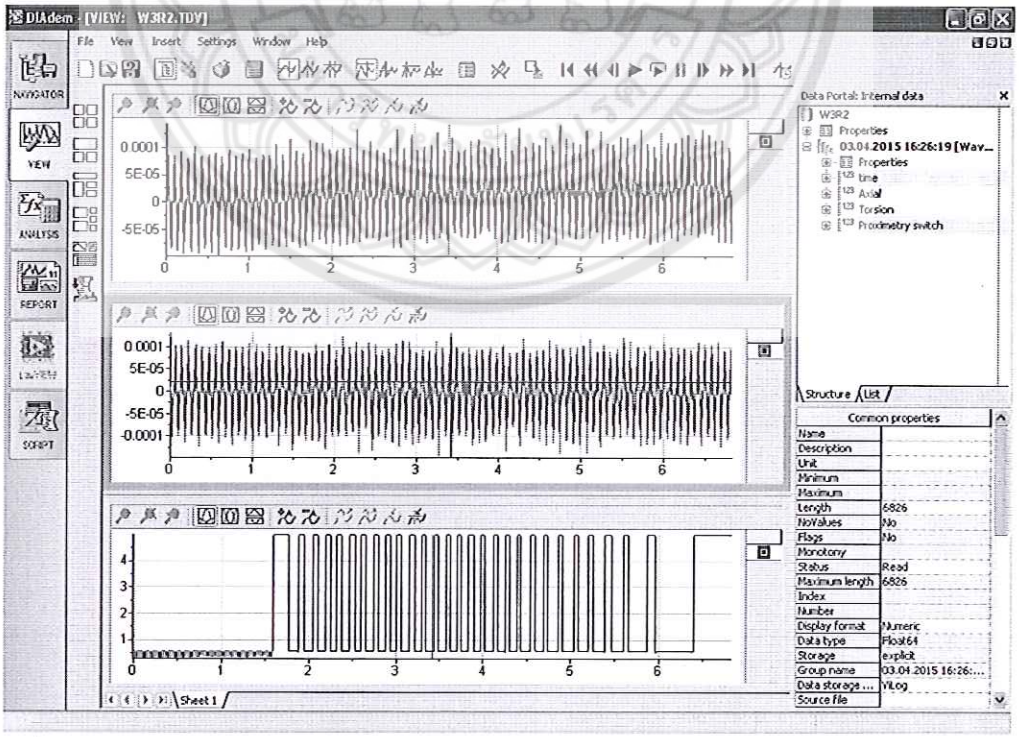
รูปที่ ก3.5 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) ครั้งที่ 2 W2R2



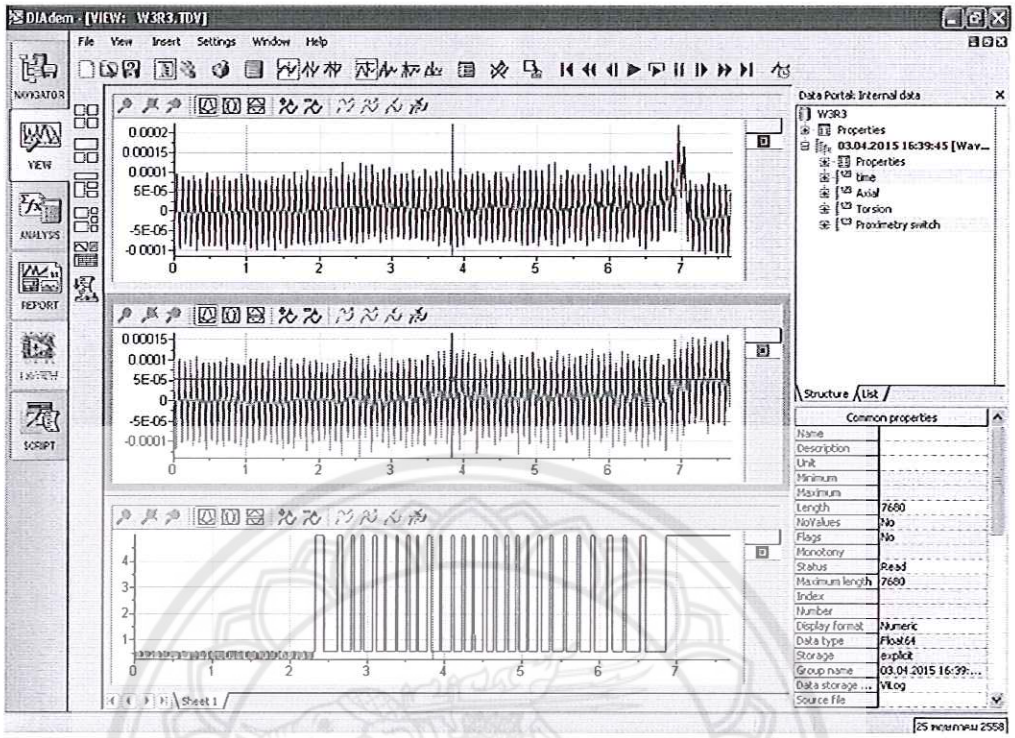
รูปที่ ก3.6 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 14 องศา (W2) ครั้งที่ 3 W2R3



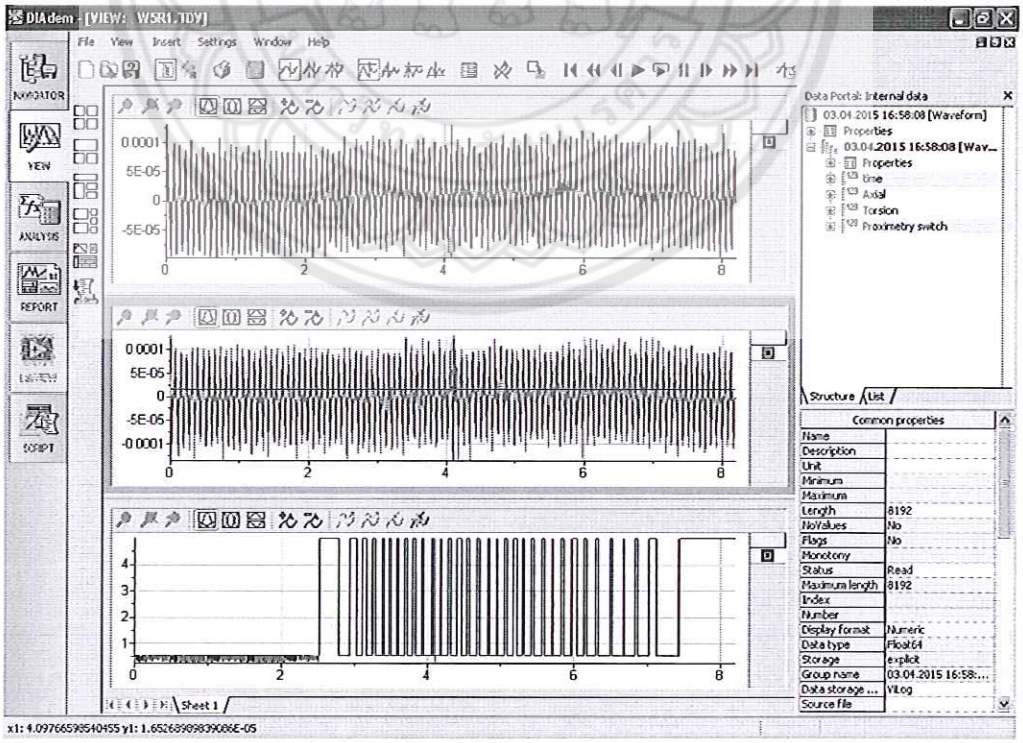
รูปที่ ก3.7 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียงสลับ (W3) ครั้งที่ 1 W3R1



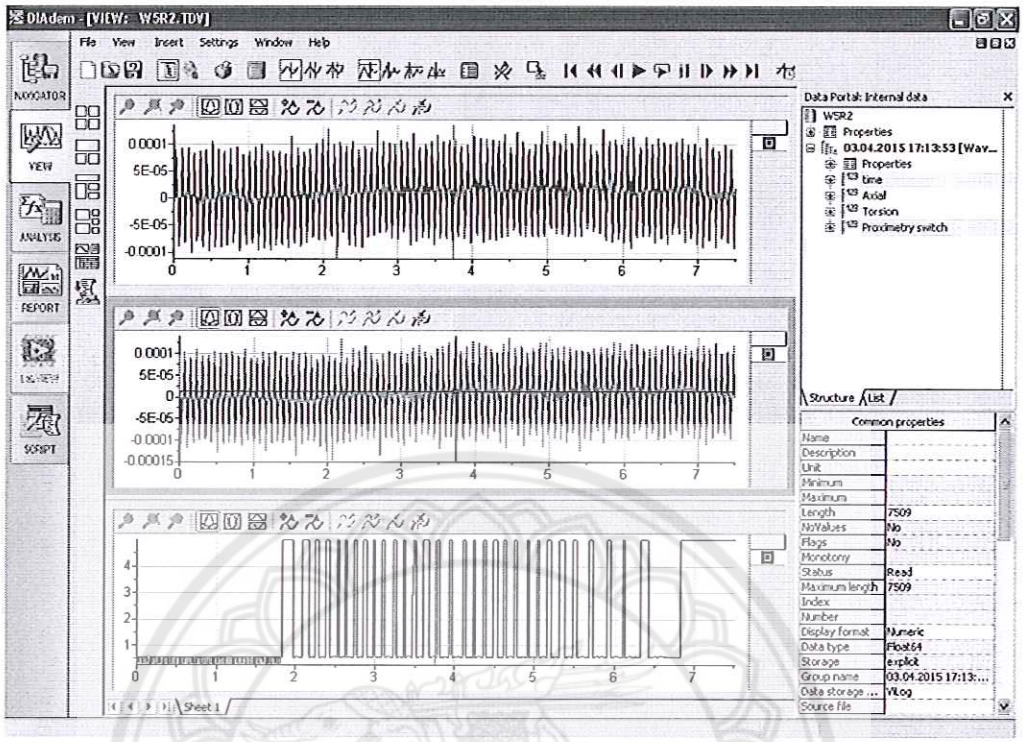
รูปที่ ก3.8 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียงสลับ (W3) ครั้งที่ 2 W3R2



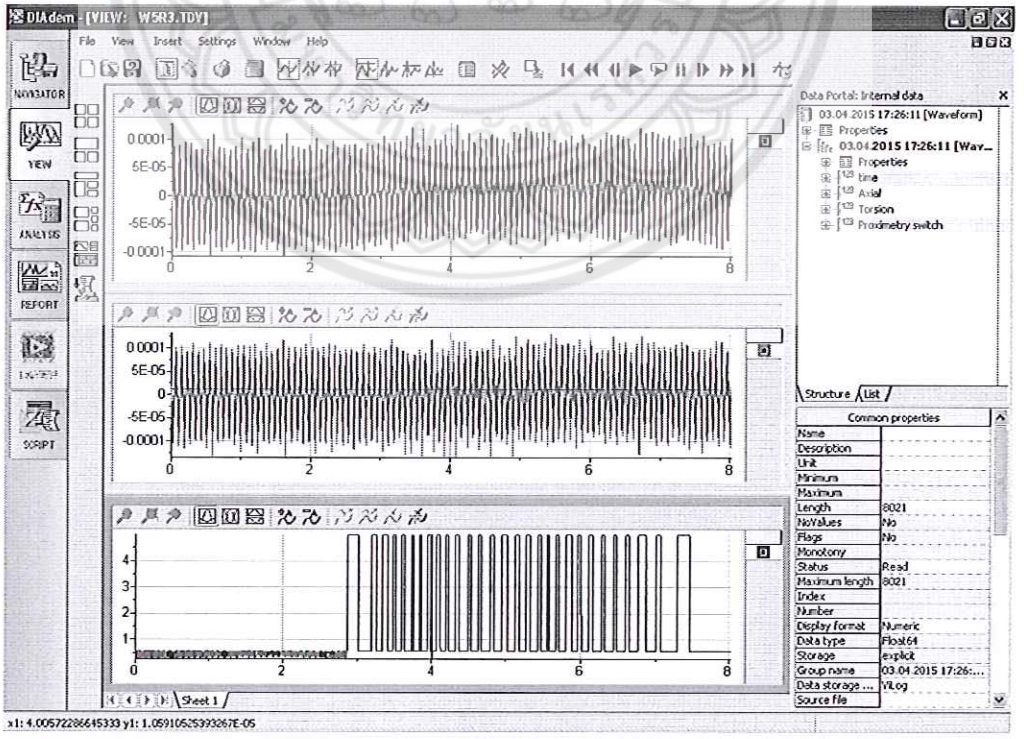
รูปที่ ก3.9 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียงสลับ (W3) ครั้งที่ 3 W3R3



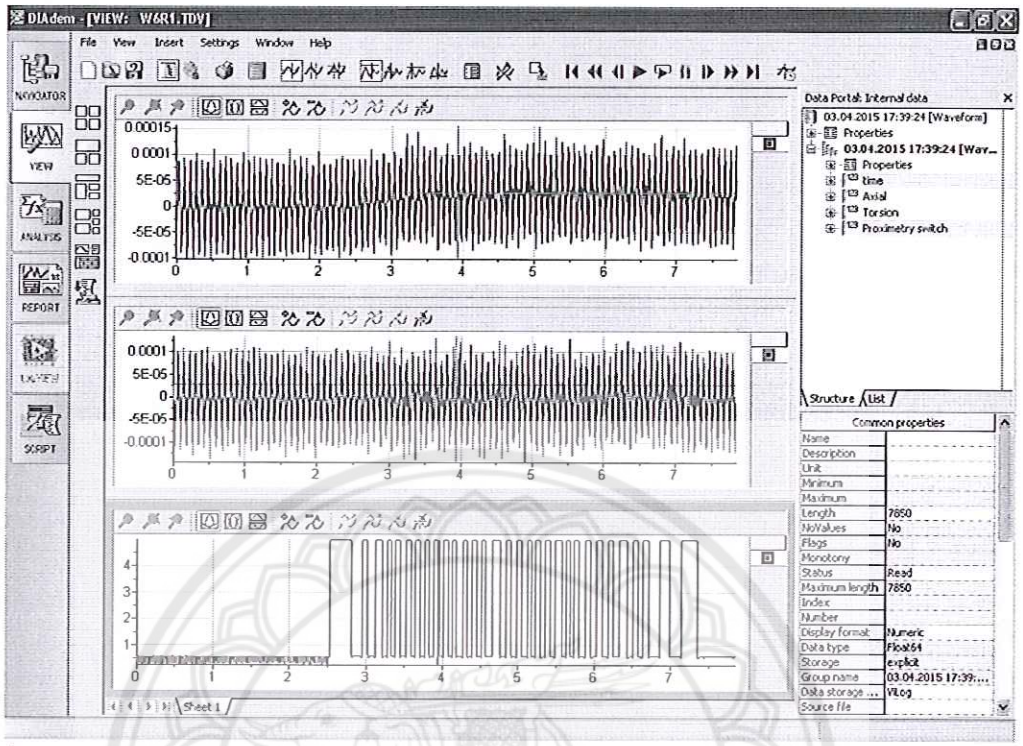
รูปที่ ก3.10 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันแบบเกลียว (W5) ครั้งที่ 1 W5R1



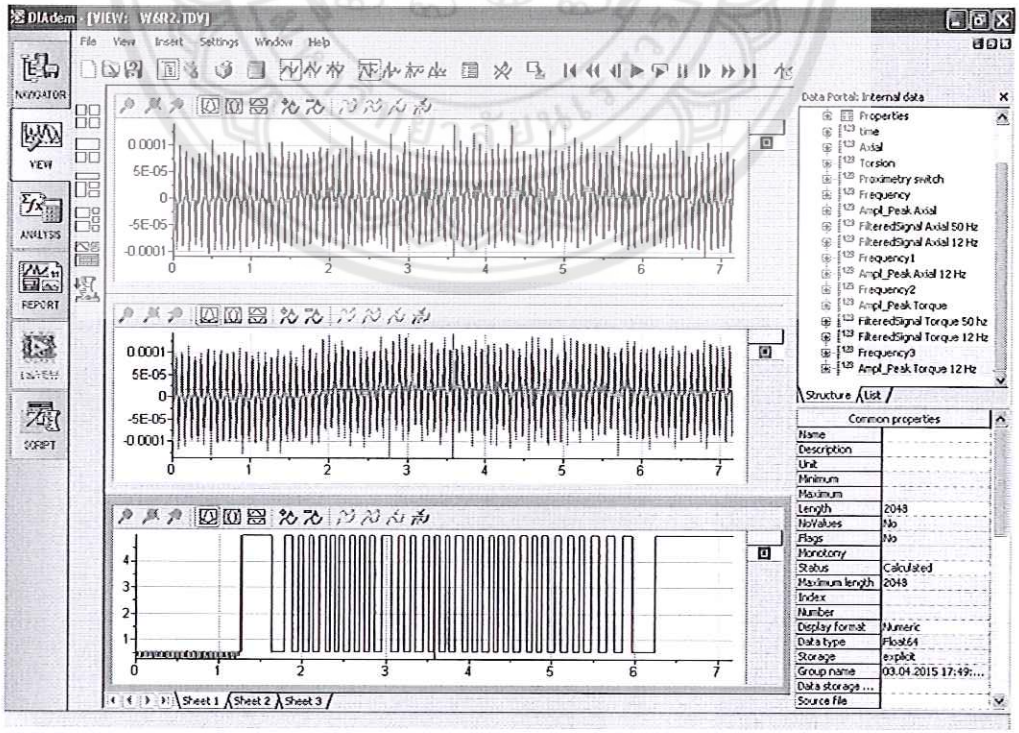
รูปที่ ก3.11 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันแบบเกลียว (W5) ครั้งที่ 2 W5R2



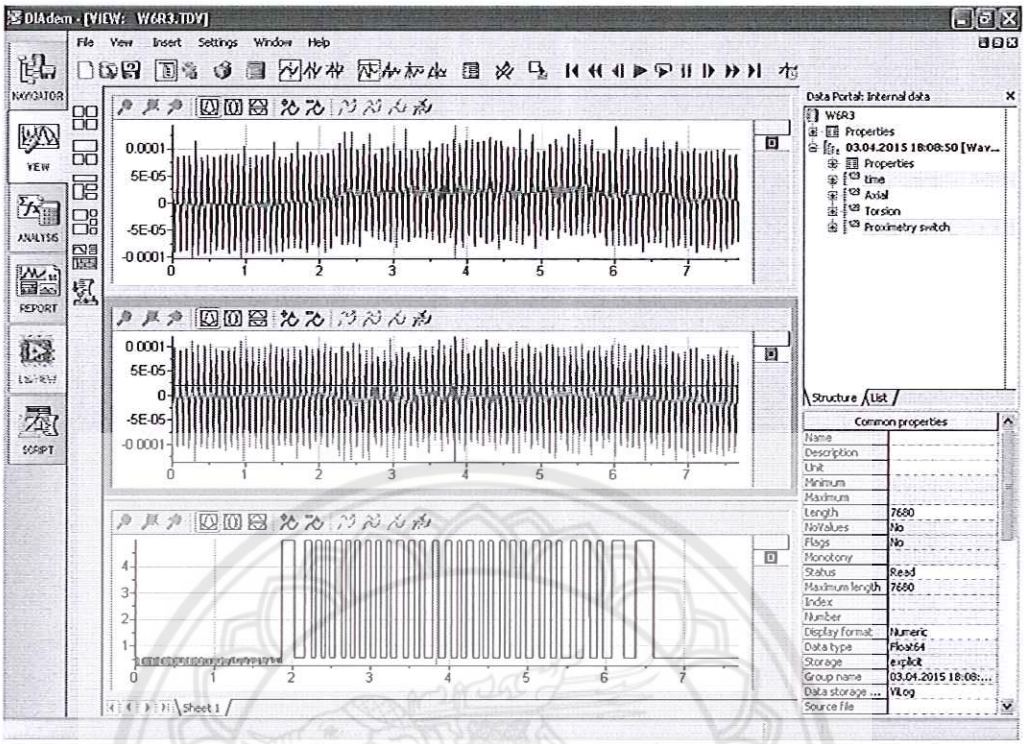
รูปที่ ก3.12 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันแบบเกลียว (W5) ครั้งที่ 3 W5R3



รูปที่ ก3.13 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) ครั้งที่ 1 W6R1



รูปที่ ก3.14 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) ครั้งที่ 2 W6R2



รูปที่ ก3.15 กราฟแสดงผลการบันทึกข้อมูลการทดสอบของลูกพรวนแบบฟันตรงเอียง 5 องศา (W6) ครั้งที่ 3 W6R3

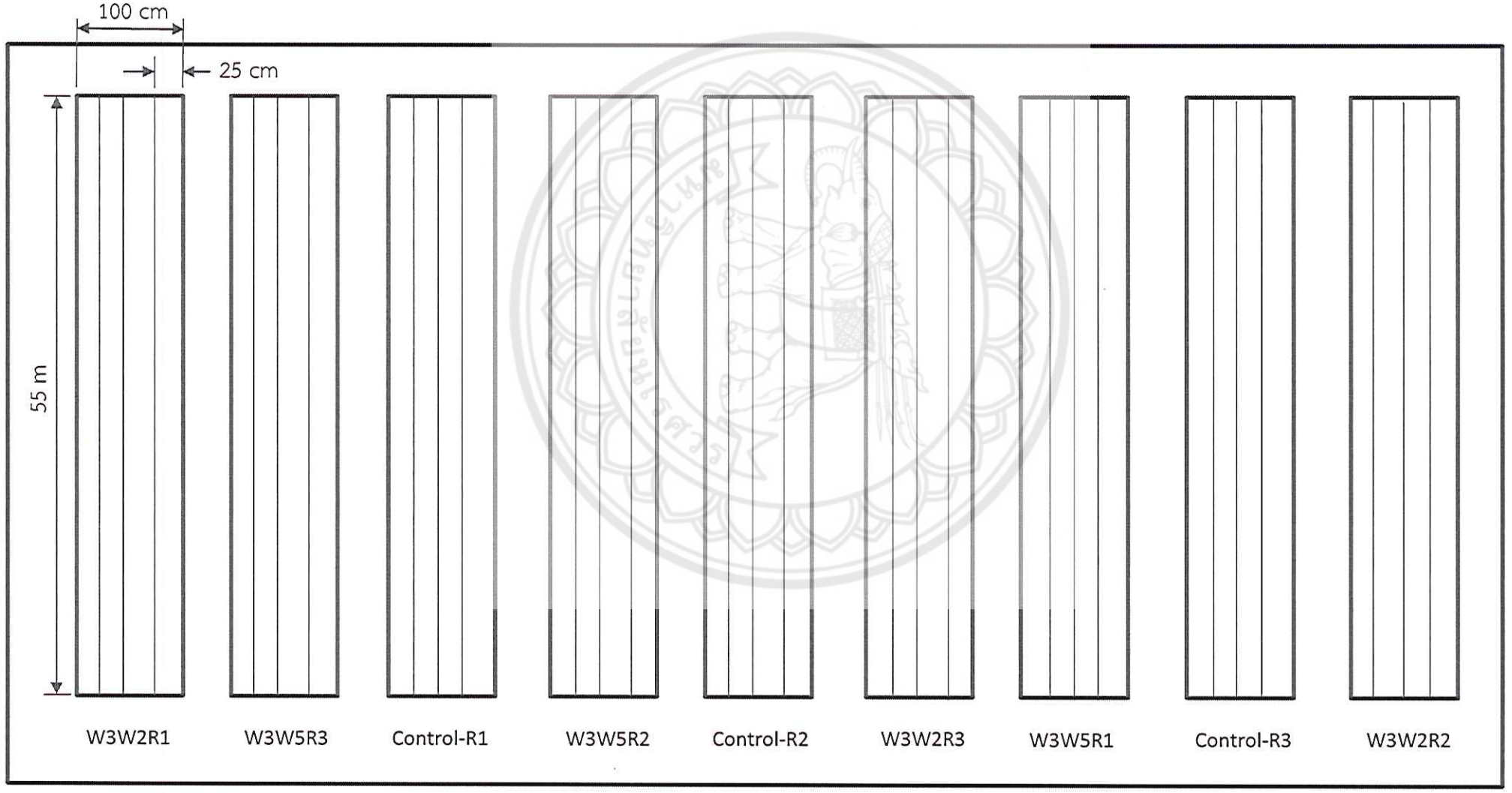
ภาคผนวก ก4. ผลการทดสอบลูกพรวนกำจัดวัชพืชในกระบะดิน

ลูกพรวน	ครั้งที่	แรงตามแนวแกนต่อหน้ากว้างการทำงาน (นิวตันต่อเมตร)	แรงในแนวระดับต่อหน้ากว้างการทำงาน (นิวตันต่อเมตร)
W1	1	120.92	104.72
	2	247.91	214.69
	3	302.55	262.02
	เฉลี่ย	**223.79**	**193.81**
W2	1	303.27	262.64
	2	298.47	258.48
	3	324.58	281.09
	เฉลี่ย	308.77	267.40
W3	1	236.44	204.76
	2	237.33	205.54
	3	172.20	149.13
	เฉลี่ย	215.32	186.48
W5	1	201.68	174.66
	2	276.00	239.02
	3	251.89	218.14
	เฉลี่ย	243.19	210.61
W6	1	324.35	280.90
	2	210.59	182.38
	3	346.29	299.90
	เฉลี่ย	293.74	254.39

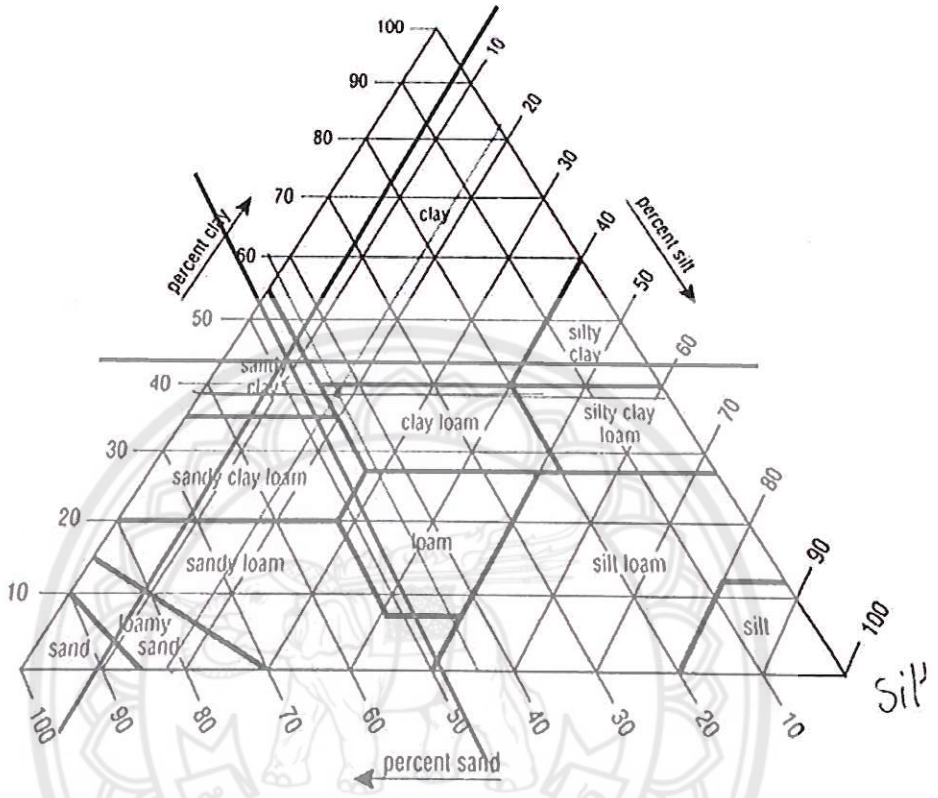
ภาคผนวก ข

ทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา

ภาคผนวก ข1. แผนผังของแปลงทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช



ภาคผนวก ข2. แผนภาพวิเคราะห์ชนิดดิน



ผลการทดสอบแรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชทุก 5 วินาที

ภาคผนวก ข3. แรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช (kg) ครั้งที่ 1

เวลา (วินาที)	แรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช (kg)								
	W3W2			W3W5			W1W6 (Control)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
10	7.2	10.4		8.2	13.4	11.8	13.2	14.6	10.6
15	10.0	11.0	11.8	8.0	13.8	10.0	13.0	15.0	15.4
20	12.2	14.6	10.6	9.6	17.8	16.4	12.2	14.0	14.2
25	9.8	14.6	15.2	9.0	16.4	10.2	14.6	16.6	14.2
30	8.8	14.6	13.0	12.2	16.2	15.4	11.8	15.4	17.8
35	9.8	14.8	14.4	12.6	16.2	8.2	11.0	13.2	12.4
40	9.4	15.4	13.6	13.8	16.2	7.8	10.6	13.4	16.4
45	12.4	15.6	13.6	14.0	10.4	13.2	13.4	14.6	16.8
50	10.4	15.6	14.2	13.4	10.8	7.6	11.4	14.6	16.8
55	12.2	18.4	12.2	13.0	14.4	12.0	10.8	15.2	16.0
60	13.6		11.8	14.0	14.0	12.2		16.6	17.0
65	13.6	19.6	13.0	14.0	12.0	12.6		16.2	14.4
70	12.8	17.8	12.6	15.0	14.4	12.4			16.6
75	12.8	17.4	12.6	16.8	18.0	13.6			
80	12.8	17.4	12.0	13.4	18.4	15.6			
85	12.6	15.2	16.0	13.4	14.4				
90				13.0	17.2				
min	7.2	10.4	10.6	8.0	10.4	7.6	10.6	13.2	10.6
max	13.6	19.6	16.0	16.8	18.4	16.4	14.6	16.6	17.8
ค่าแรงเฉลี่ย	**11.3**	**15.5**	**13.1**	**12.6**	**14.9**	**11.9**	**12.2**	**15.0**	**15.3**
ค่าเฉลี่ยรวม	**13.3**			**13.1**			**14.1**		

ภาคผนวก ข4. แรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช (kg) ครั้งที่ 2

เวลา (วินาที)	แรงที่ใช้ในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช (kg)								
	W3W2			W3W5			W1W6 (Control)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
10	8.6	14.0	8.4	6.0	8.2	9.6	8.6	12.2	
15	8.6	13.4	10.8	7.8	11.2	10.8	14.0	12.2	6.0
20	9.8	11.4	9.8	7.6	13.0	8.6	11.6	13.2	8.0
25	6.4	14.0	14.4	10.2	14.0	10.2	12.2	13.0	12.4
30	5.2	11.0	9.6	8.0	13.2	9.2	12.8	14.4	13.2
35	7.8	11.6	10.6	11.4	14.0	9.4	12.8	14.0	10.6
40	6.2	13.0	11.4	12.4	6.4	8.8	11.6	14.0	10.4
45	9.6	11.4	13.6	11.8	10.0	5.6	10.8	11.6	14.0
50	6.8	12.2	10.8	11.6	10.4	10.0	9.0	12.8	11.8
55	7.4	12.4	12.4	14.4	9.0	8.0	9.8	10.6	11.0
60	8.2	11.0	14.0	13.0	10.6	7.8	10.0	15.6	10.0
65	10.2	12.4	14.0	13.8	15.8	4.8	8.8	12.2	14.0
70	8.6	12.2	14.0	12.4	12.6	9.6	10.0	13.4	11.2
75	10.8	15.4	13.0	12.2	14.8	7.0	7.8	16.2	11.2
80	7.0	12.6	12.6	10.6			12.4	13.0	13.2
85	7.2		13.4	11.4					
90	10.8								
min	5.2	11.0	8.4	6.0	6.4	4.8	7.8	10.6	6.0
max	10.8	15.4	14.4	14.4	15.8	10.8	14.0	16.2	14.0
ค่าแรงเฉลี่ย	8.2	12.5	12.1	10.9	11.7	8.5	10.8	13.2	11.2
ค่าเฉลี่ยรวม	10.9			10.4			11.8		

ภาคผนวก ข5. แรงเฉลี่ยในแนวระดับที่ใช้ในการเข็นต่อหน้ากว้างการทำงาน

ครั้งที่	แรงที่ใช้ในการเข็นต่อความกว้าง (นิวตันต่อเมตร)								
	W3W2			W3W5			W1W6 (Control)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	737.39	1013.26	857.18	820.96	977.15	780.44	797.88	977.73	999.11
2	535.51	819.68	788.07	713.68	762.38	557.77	707.19	865.02	733.41
เฉลี่ย	791.85			768.73			**846.73**		

ภาคผนวก ข6. ข้อมูลแปลงทดสอบเครื่องพรวนลูกพรวนแบบ W3W2

ข้อมูล		W3W2		
		R1	R2	R3
ครั้งที่ 1	ความลึกน้ำในแปลงนา (cm)	4.7	8.5	6.2
	ความสูงต้นข้าว (cm)	34.8	34.2	33.2
	ความสูงต้นหญ้า (cm)	30.8	25.8	29.2
	ระยะห่างระหว่างแถว (cm)	24.8	24.8	24.6
	ระยะห่างระหว่างกอ (cm)	23.4	22.6	23.6
ครั้งที่ 2	ความลึกน้ำในแปลงนา (cm)	0.6	3.2	2.8
	ความสูงต้นข้าว (cm)	31.0	35.0	32.4
	ความสูงต้นหญ้า (cm)	24.8	17.8	21.4
	ระยะห่างระหว่างแถว (cm)	15.0	16.4	16.4
	ระยะห่างระหว่างกอ (cm)	**11.6**	**14.0**	**11.6**

ภาคผนวก ข7. ข้อมูลแปลงทดสอบเครื่องพรวนลูกพรวนแบบ W3W5

ข้อมูล		W3W5		
		R1	R2	R3
ครั้งที่ 1	ความลึกน้ำในแปลงนา (cm)	6.7	6.1	4.8
	ความสูงต้นข้าว (cm)	33.8	35.8	37.4
	ความสูงต้นหญ้า (cm)	27.6	31.8	34.0
	ระยะห่างระหว่างแถว (cm)	24.8	24.6	25.2
	ระยะห่างระหว่างกอ (cm)	22.4	22.4	23.6
ครั้งที่ 2	ความลึกน้ำในแปลงนา (cm)	2.4	1.6	0.6
	ความสูงต้นข้าว (cm)	35.4	33.2	35.6
	ความสูงต้นหญ้า (cm)	18.2	22.4	18.2
	ระยะห่างระหว่างแถว (cm)	15.4	16.8	15.4
	ระยะห่างระหว่างกอ (cm)	14.6	12.4	13.2

ภาคผนวก ข8. ข้อมูลแปลงทดสอบเครื่องพรวนลูกพรวนแบบ W1W6 (Control)

ข้อมูล		W1W6 (Control)		
		R1	R2	R3
ครั้งที่ 1	ความลึกน้ำในแปลงนา (cm)	4.0	6.3	7.3
	ความสูงต้นข้าว (cm)	33.6	31.8	31.6
	ความสูงต้นหญ้า (cm)	31.6	29.0	25.2
	ระยะห่างระหว่างแถว (cm)	25.0	25.0	25.2
	ระยะห่างระหว่างกอ (cm)	23.6	23.8	24.2
ครั้งที่ 2	ความลึกน้ำในแปลงนา (cm)	1.4	2.1	2.4
	ความสูงต้นข้าว (cm)	34.2	32.4	33.0
	ความสูงต้นหญ้า (cm)	22.8	21.0	16.0
	ระยะห่างระหว่างแถว (cm)	15.4	16.2	16.4
	ระยะห่างระหว่างกอ (cm)	12.6	12.4	13.4

ภาคผนวก ข9. การนับวัชพืชก่อน หลังการทดสอบ และประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช

รูปแบบลูกพรวน	แปลงย่อยที่	จำนวนของวัชพืช (ต้น)			
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
W3W2	R1	60	11	38	11
	R2	55	9	26	7
	R3	50	10	23	6
	รวม	165	30	87	24
W3W5	R1	50	9	18	6
	R2	55	10	26	3
	R3	65	13	28	5
	รวม	170	32	72	14
W1W6 (Control)	R1	50	15	36	11
	R2	55	16	24	9
	R3	35	6	15	6
	รวม	140	37	75	26

ภาคผนวก ข9. การนับวัชพืชก่อน หลังการทดสอบ และประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (ต่อ)

รูปแบบลูกพรวน	ประสิทธิภาพเครื่องกำจัดวัชพืชเฉลี่ย (%)			
	ครั้งที่ 1	เฉลี่ย	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
W3W2	81.67 83.64 80.00	81.77	71.05 73.08 73.91	72.68
	รวม	81.82	รวม	72.41
W3W5	82.00 81.82 80.00	81.27	66.67 88.46 82.14	79.09
	รวม	81.18	รวม	80.56
W1W6 (Control)	70.00 70.91 82.86	74.59	69.44 62.50 60.00	63.98
	รวม	73.57	รวม	65.33

ภาคผนวก ข10. เวลาที่ใช้ในการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

การทดสอบ	รหัส	เวลาทั้งหมด (วินาที)	เวลาเลี้ยว (วินาที)	เวลาที่ได้งาน (วินาที)	ความเร็ว (m/s)	ความเร็วเฉลี่ย (m/s)
ครั้งที่ 1	W3W2-R1	290	13	277	0.79	0.80
	W3W2-R2	303	27	276	0.80	
	W3W2-R3	323	49	274	0.80	
	W3W5-R1	396	70	326	0.67	0.75
	W3W5-R2	337	37	300	0.73	
	W3W5-R3	294	30	264	0.83	
	Control-R1	263	43	220	1.00	0.91
	Control-R2	264	29	235	0.94	
	Control-R3	333	51	282	0.78	
ครั้งที่ 2	W3W2-R1	305	34	271	0.81	0.82
	W3W2-R2	315	32	283	0.78	
	W3W2-R3	287	32	255	0.86	
	W3W5-R1	305	26	279	0.79	0.82
	W3W5-R2	300	36	264	0.83	
	W3W5-R3	294	30	264	0.83	
	Control-R1	305	31	274	0.80	0.79
	Control-R2	321	31	290	0.76	
	Control-R3	301	32	269	0.82	

ภาคผนวก ข11. ข้อมูลผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา ครั้งที่ 1

แบบลูกพรวน	จำนวนครั้ง	แรงที่ใช้ในการเข็นแนวระดับ (นิวตัน)	จำนวนวัชพืชก่อนกำจัด (ต้น)	จำนวนวัชพืชหลังกำจัด (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพทางไร่	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล		ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช	
							(ไร่/ชั่วโมง)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง)	(ไร่/ชั่วโมง-กำลังม้า)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง-กำลังม้า)
W3W2	1	95.79	60	11	81.67	0.96	0.26	0.04	18453.48	2952.56
	2	131.62	55	9	83.64	0.91	0.25	0.04	13115.50	2098.48
	3	111.35	50	10	80.00	0.85	0.23	0.04	13810.65	2209.70
	เฉลี่ย	112.92	55.00	10.00	81.77	0.90	0.24	0.04	**15126.54**	**2420.25**
W3W5	1	106.64	50	9	82.00	0.82	0.19	0.03	14343.63	2294.98
	2	126.93	55	10	81.82	0.89	0.22	0.04	13002.43	2080.39
	3	101.38	65	13	80.00	0.90	0.25	0.04	16056.58	2569.05
	เฉลี่ย	111.65	56.67	10.67	81.27	0.87	0.22	0.04	**14467.55**	**2314.81**
W1W6 (Control)	1	103.64	50	15	70.00	0.84	0.28	0.05	12801.87	2048.30
	2	127.01	55	16	70.91	0.89	0.28	0.05	11261.41	1801.83
	3	129.78	35	6	82.86	0.85	0.22	0.04	12250.88	1960.14
	เฉลี่ย	120.15	46.67	12.33	74.59	0.86	0.26	0.04	**12104.72**	**1936.76**

ภาคผนวก ข12. ข้อมูลผลการทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงนา ครั้งที่ 2

แบบลูกพรวน	จำนวนครั้ง	แรงที่ใช้ในการเข็นแนวระดับ (นิวตัน)	จำนวนวัชพืชก่อนกำจัด (ต้น)	จำนวนวัชพืชหลังกำจัด (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (เปอร์เซ็นต์)	ประสิทธิภาพทางไร่	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล		ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช	
							(ไร่/ชั่วโมง)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง)	(ไร่/ชั่วโมง-กำลังม้า)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง-กำลังม้า)
W3W2	1	69.56	38	11	71.05	0.89	0.24	0.04	20564.94	3290.39
	2	106.48	26	7	73.08	0.90	0.24	0.04	13971.97	2235.52
	3	102.37	23	6	73.91	0.89	0.26	0.04	14536.52	2325.84
	เฉลี่ย	**92.80**	**29.00**	**8.00**	**72.68**	**0.89**	**0.25**	**0.04**	**16357.81**	**2617.25**
W3W5	1	92.71	18	6	66.67	0.91	0.24	0.04	14905.86	2384.94
	2	99.03	26	3	88.46	0.88	0.25	0.04	17812.02	2849.92
	3	72.45	28	5	82.14	0.90	0.25	0.04	23068.45	3690.95
	เฉลี่ย	**88.06**	**24.00**	**4.67**	**79.09**	**0.90**	**0.25**	**0.04**	**18595.44**	**2975.27**
W1W6 (Control)	1	91.86	36	11	69.44	0.90	0.24	0.04	15388.52	2462.16
	2	112.37	24	9	62.50	0.90	0.23	0.04	11386.51	1821.84
	3	95.27	15	6	60.00	0.89	0.25	0.04	12753.62	2040.58
	เฉลี่ย	**99.83**	**25.00**	**8.67**	**63.98**	**0.90**	**0.24**	**0.04**	**13176.22**	**2108.20**

ภาคผนวก ข13. แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณสมการที่ใช้กับเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

การทดสอบ	รหัส	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	แรงที่ใช้ในการเข็นแนวระดับ (นิวตัน)	กำลังงานที่ใช้ (กำลังม้า)	สมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล		ประสิทธิภาพทางไร่	สมรรถนะทางไร่ทฤษฎี		ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (เปอร์เซ็นต์)	ดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช	
					(ไร่/ชั่วโมง)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง)		(ไร่/ชั่วโมง)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง)		(ไร่/ชั่วโมง-กำลังม้า)	(เฮกตาร์/ชั่วโมง-กำลังม้า)
ครั้งที่ 1	W3W2R1	0.79	95.79	0.102	0.26	0.04	0.96	0.27	0.04	81.67	18453.48	2952.56
	W3W2R2	0.80	131.62	0.141	0.25	0.04	0.91	0.27	0.04	83.64	13115.50	2098.48
	W3W2R3	0.80	111.35	0.120	0.23	0.04	0.85	0.27	0.04	80.00	13810.65	2209.70
	เฉลี่ย	**0.80**	**112.92**	0.12	0.24	0.04	0.90	0.27	0.04	**81.77**	**15126.54**	**2420.25**
	W3W5R1	0.67	106.64	0.096	0.19	0.03	0.82	0.23	0.04	82.00	14343.63	2294.98
	W3W5R2	0.73	126.93	0.125	0.22	0.04	0.89	0.25	0.04	81.82	13002.43	2080.39
	W3W5R3	0.83	101.38	0.113	0.25	0.04	0.90	0.28	0.05	80.00	16056.58	2569.05
	เฉลี่ย	**0.75**	**111.65**	0.11	0.22	0.04	0.87	0.25	0.04	**81.27**	**14467.55**	**2314.81**
	Control-R1	1.00	103.64	0.139	0.28	0.05	0.84	0.34	0.05	70.00	12801.87	2048.30
	Control-R2	0.94	127.01	0.159	0.28	0.05	0.89	0.32	0.05	70.91	11261.41	1801.83
	Control-R3	0.78	129.78	0.136	0.22	0.04	0.85	0.26	0.04	82.86	12250.88	1960.14
	เฉลี่ย	**0.91**	**120.15**	0.14	0.26	0.04	0.86	0.31	0.05	**74.59**	**12104.72**	**1936.76**
ครั้งที่ 2	W3W2R1	0.81	69.56	0.076	0.24	0.04	0.89	0.27	0.04	71.05	20564.94	3290.39
	W3W2R2	0.78	106.48	0.111	0.24	0.04	0.90	0.26	0.04	73.08	13971.97	2235.52
	W3W2R3	0.86	102.37	0.118	0.26	0.04	0.89	0.29	0.05	73.91	14536.52	2325.84
	เฉลี่ย	**0.82**	**92.80**	0.10	0.25	0.04	0.89	0.28	0.04	**72.68**	**16357.81**	**2617.25**
	W3W5R1	0.79	92.71	0.098	0.24	0.04	0.91	0.27	0.04	66.67	14905.86	2384.94
	W3W5R2	0.83	99.03	0.111	0.25	0.04	0.88	0.28	0.05	88.46	17812.02	2849.92
	W3W5R3	0.83	72.45	0.081	0.25	0.04	0.90	0.28	0.05	82.14	23068.45	3690.95
	เฉลี่ย	**0.82**	**88.06**	**0.10**	**0.25**	**0.04**	**0.90**	**0.28**	**0.04**	**79.09**	**18595.44**	**2975.27**
	Control-R1	0.80	91.86	0.099	0.24	0.04	0.90	0.27	0.04	69.44	15388.52	2462.16
	Control-R2	0.76	112.37	0.114	0.23	0.04	0.90	0.26	0.04	62.50	11386.51	1821.84
	Control-R3	0.82	95.27	0.104	0.25	0.04	0.89	0.28	0.04	60.00	12753.62	2040.58
	เฉลี่ย	**0.79**	**99.83**	**0.11**	**0.24**	**0.04**	**0.90**	**0.27**	**0.04**	**63.98**	**13176.22**	**2108.20**

ภาคผนวก ข14. การคำนวณสมการของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชชนิดใช้แรงคนเข็น

1. ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดของพลูเลย์ที่ใช้ทดสอบในกระบะดิน

สูตรการคำนวณหาขนาดพลูเลย์ คือ $D_1N_1 = D_2N_2$

ในการหมุน 1 รอบของเฟืองขับจะได้ระยะเคลื่อนที่เชิงเส้น เท่ากับ 24 เซนติเมตร

ความเร็วที่เราต้องการให้ตัวรถเคลื่อนที่ เท่ากับ 0.82 เมตรต่อวินาที

จึงทำให้ความเร็วรอบพลูเลย์ตัวที่ 2 เท่ากับ $N_2 = \frac{0.82}{24\times10^{-2}} \times 60 = 204.96$ รอบต่อนาที

ความเร็วเกียร์ทดจากการทดรอบ 1:10 ที่ความเร็วมอเตอร์ 1430 รอบต่อนาที

จะได้ความเร็วรอบของเกียร์ทด คือ $N_1 = \frac{1430}{10} = 143.0$ รอบต่อนาที

ดังนั้น จากสูตร $D_1N_1 = D_2N_2$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$D_1 = \frac{N_2}{N_1} \times D_2 = \frac{204.96}{143} \times 8 = 11.47 \text{ นิ้ว}$$

ดังนั้นทำการเลือกพลูเลย์ที่ใช้กับเกียร์ทดขนาด 12 นิ้ว และใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับลดความเร็วรอบให้ตัวรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.82 เมตรต่อวินาที

2. ตัวอย่างการคำนวณหาความเร็วในการเข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในนาข้าว

จาก $\bar{V} = \frac{S}{t}$; S คือ ระยะทางที่ใช้ในการเข็น ซึ่งหนึ่งการทดสอบมี 4 แถว แต่ละแถวยาว 55 เมตร

t คือ เวลาที่ได้งาน ซึ่งจากการทดสอบเครื่องพรวนแบบ W3W2R1 มีค่า 277 วินาที

จะได้ $\bar{V} = \frac{220}{277} = 0.79$ เมตรต่อวินาที

3. ตัวอย่างการคำนวณหาสมรรถนะทางไร่ทางทฤษฎี (C_T)

จากสูตร $C_T = \frac{S \times W}{1.6}$; โดยที่ S คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช

W คือ หน้ากว้างการทำงานของลูกพรวน เท่ากับ 0.15 เมตร

เมื่อ $S = \frac{0.79\times3600}{1000} = 2.86$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ดังนั้น $C_T = \frac{S \times W}{1.6} = \frac{2.86 \times 0.15}{1.6} = 0.27$ ไร่ต่อชั่วโมง

4. ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพทางไร่ (e_t)

จากสูตร $e_t = \frac{t_{work}}{t_{total}}$ ดังสมการที่ 2.2

จะได้ $e_t = \frac{277}{290} = 0.96$

5. ตัวอย่างการคำนวณหาสมรรถนะทางไร่ประสิทธิผล (C_E)

จากสูตร $C_E = e_t \times C_T$ ดังสมการที่ 2.3

จะได้ $C_E = 0.96 \times 0.27 = 0.26$ ไร่ต่อชั่วโมง

6. ตัวอย่างการคำนวณแรงที่ใช้เข็นเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชในแนวระดับ

จากสูตร $F_x = F\cos\theta$ โดยใช้มุมในการเข็นเท่ากับ 30 องศา

จะได้ $F_x = 11.3 \times 9.81\cos(30) = 95.79$ นิวตัน

7. ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (e)

จากสูตร $e = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$ ดังสมการที่ 2.4

จะได้ $e = \frac{60 - 11}{60} \times 100 = 81.67$

8. ตัวอย่างคำนวณกำลังม้าที่ใช้ (hp)

จากสูตร $hp = \frac{F_x \times \overline{V}}{746}$ โดยใช้มุมในการเข็นเท่ากับ 30 องศา

จะได้ $hp = \frac{95.79 \times 0.79}{746} = 0.102$ กำลังม้า

9. ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีความสามารถในการกำจัดวัชพืช (P)

จากสูตร $P = \frac{C_E \times q \times e}{hp}$ ดังสมการที่ 2.5

โดยกำหนดให้ q มีค่าเท่ากับร้อยละ 90 ของพืชประธานไม่ถูกทำลาย

ดังนั้น จะได้ว่า $P = \frac{0.26 \times 90 \times 81.67}{0.102} = 18453.48$ ไร่ต่อชั่วโมง-กำลังม้า

ภาคผนวก ค

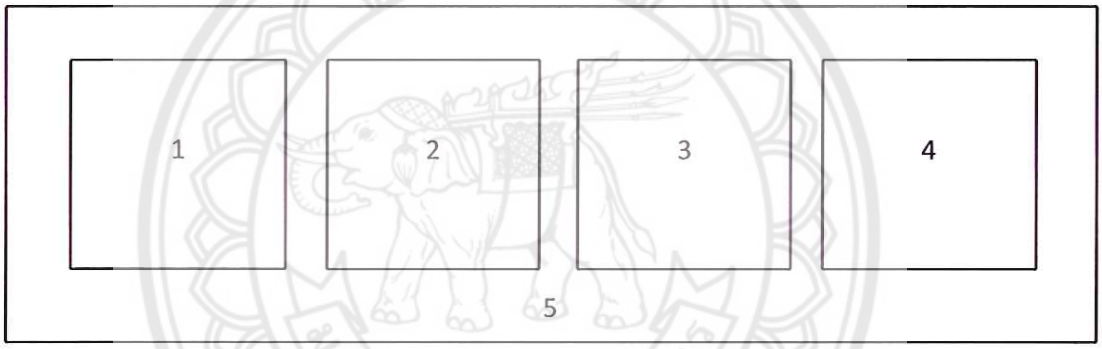
รูปถ่ายแปลงการทดสอบทั้งก่อน – หลังการทดสอบ

ภาคผนวก ค. รูปถ่ายแปลงการทดสอบทั้งก่อน – หลังการทดสอบ

คำอธิบาย

รูปก่อน – หลังการทดสอบการกำจัดวัชพืช มีไว้เพื่อประกอบกับการแสดงค่าการกำจัดวัชพืชทั้งก่อนและหลังการทดสอบ โดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชรูปแบบต่างๆ ซึ่งทำการนับวัชพืชในกรอบสี่เหลี่ยม โดยคำนึงถึงการสมมติฐานจากบทที่ 3 หัวข้อ 3.6.5 การหาประสิทธิภาพของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช มีคำอธิบายดังนี้ คือ

นำรูปถ่ายที่ได้จากตำแหน่งเดียวกัน นำมาเรียงกันโดยให้ระยะแถวตรงกัน โดยจะเริ่มจากก่อน - หลังการทดสอบครั้งที่ 1 และ ก่อน – หลังการทดสอบครั้งที่ 2 แสดงดังนี้

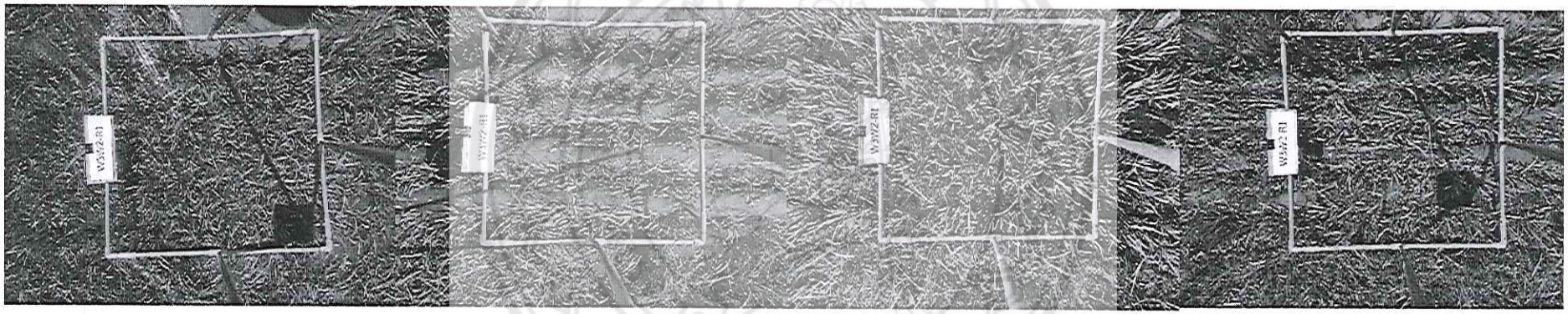


รูปแบบการจัดเรียงรูปถ่าย

1. รูปก่อนการทดสอบครั้งที่ 1
2. รูปหลังการทดสอบครั้งที่ 1
3. รูปก่อนการทดสอบครั้งที่ 2
4. รูปหลังการทดสอบครั้งที่ 2
5. คำอธิบายหมายเหตุของภาพนั้น ๆ

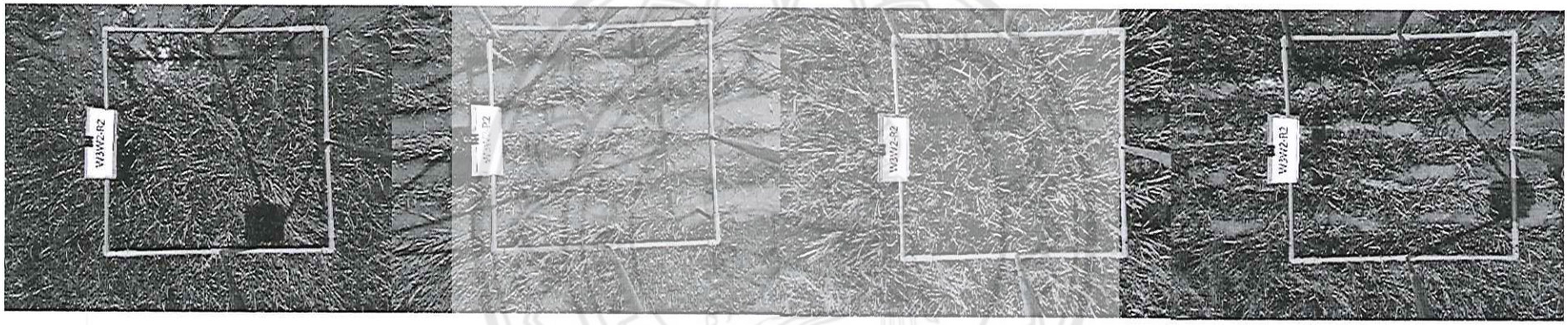
ค1. รูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2

ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2-R1



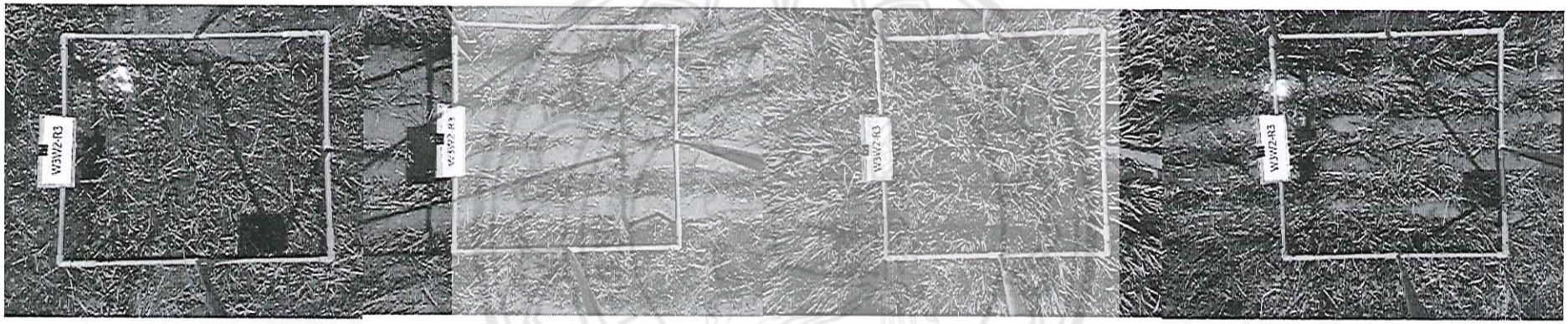
รูปที่ ค1.1 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2-R1

ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2-R2



รูปที่ ค1.2 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2-R2

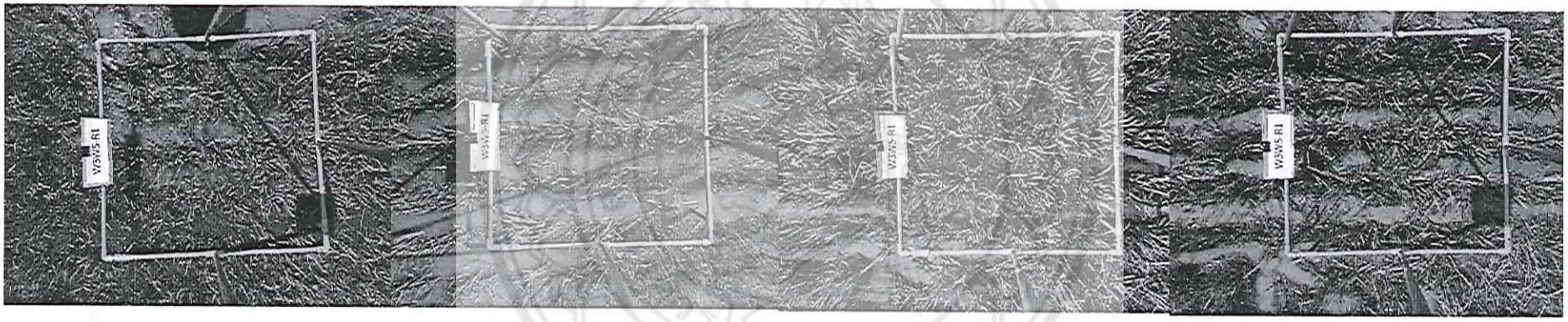
ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2-R3



รูปที่ ค1.3 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W2-R3

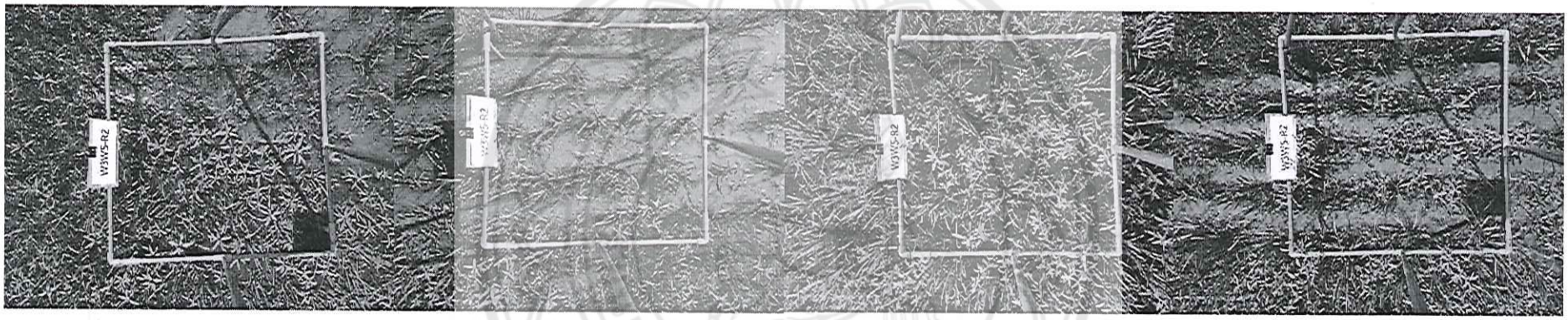
ค2. รูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5

ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5-R1



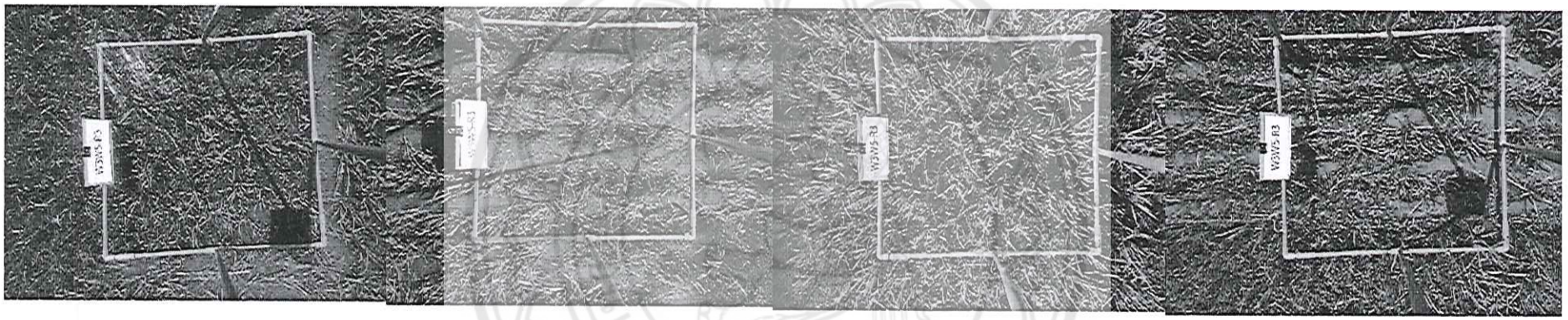
รูปที่ ค2.1 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5-R1

ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5-R2



รูปที่ ค2.2 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5-R2

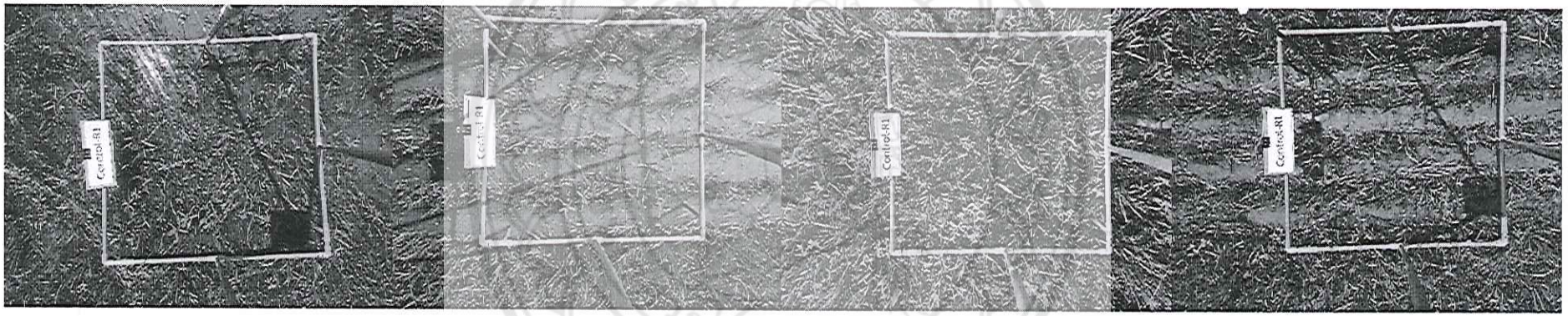
ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5-R3



รูปที่ ค2.3 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W3W5-R3

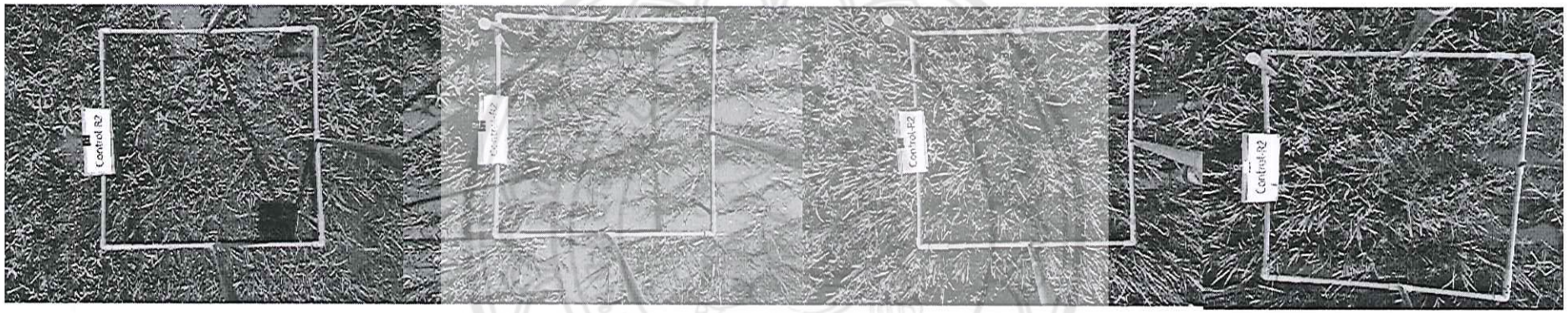
ค3. รูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W1W6 (Control)

ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W1W6-R1



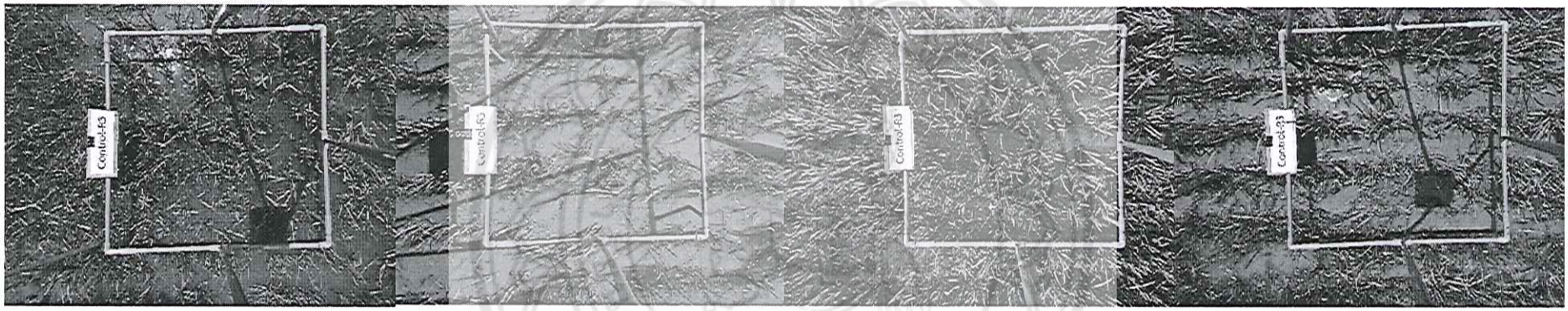
รูปที่ ค3.1 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช **แบบ** W1W6-R1

ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช ชนิด แบบ W1W6-R2



รูปที่ ค3.2 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W1W6-R2

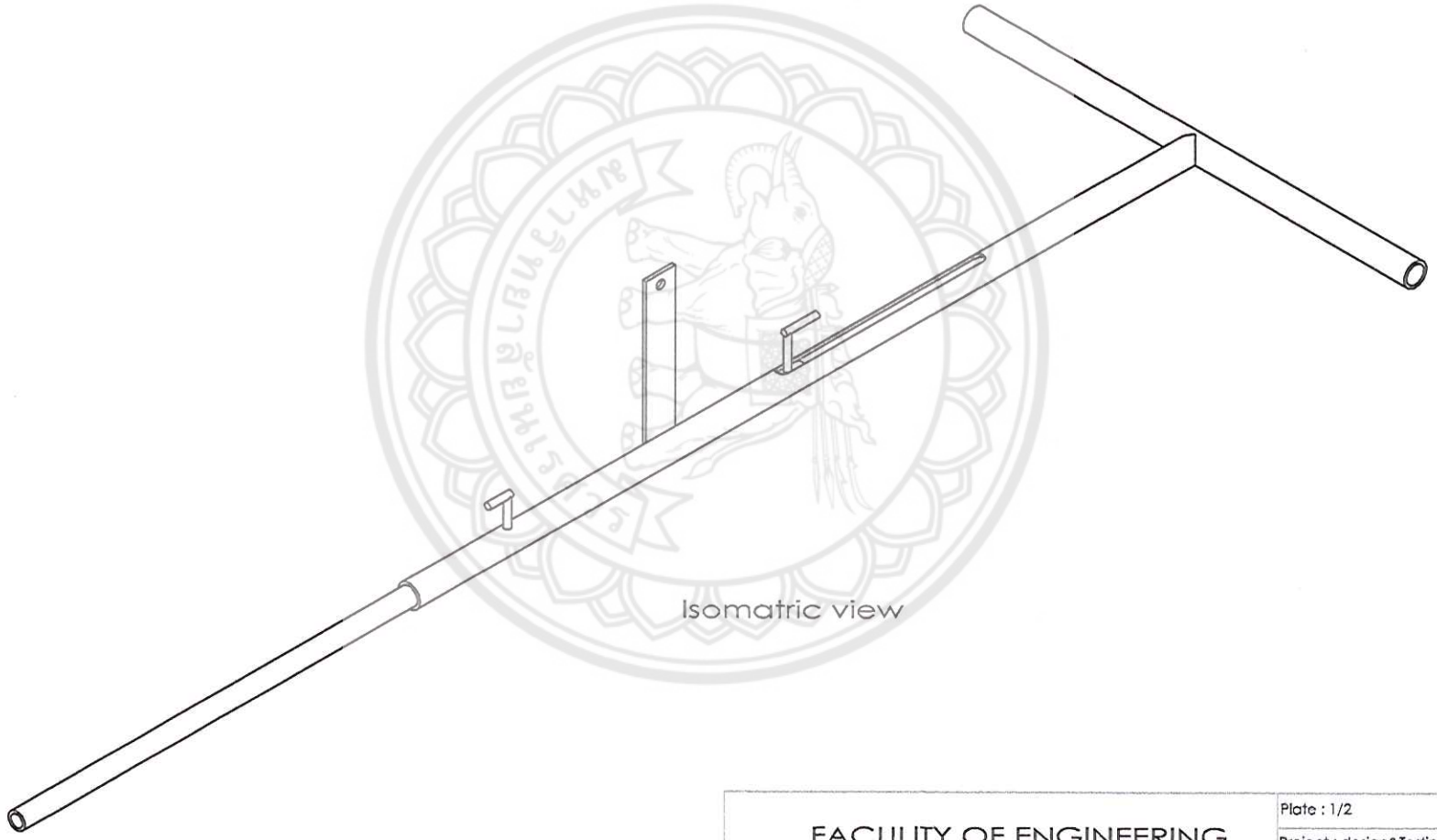
ตัวอย่างรูปถ่าย แปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช แบบ W1W6-R3



รูปที่ ค3.3 ตัวอย่างรูปถ่ายแปลงทดลองของการกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืช **แบบ** W1W6-R3

ภาคผนวก ง

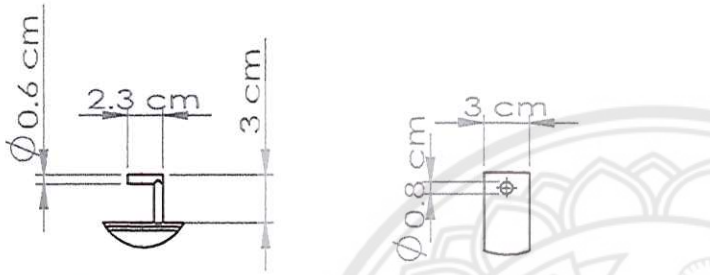
แบบรายละเอียดของเครื่องพรวนกำจัดวัชพืช



Isomatric view

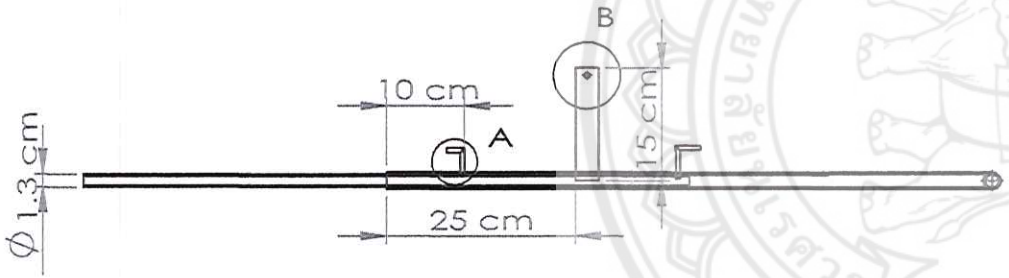
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/2	
	Project : design&Testing	
	Check : S.MATHANEE & K.RATTANA	
Drawing Name : Handle weeder	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5

06

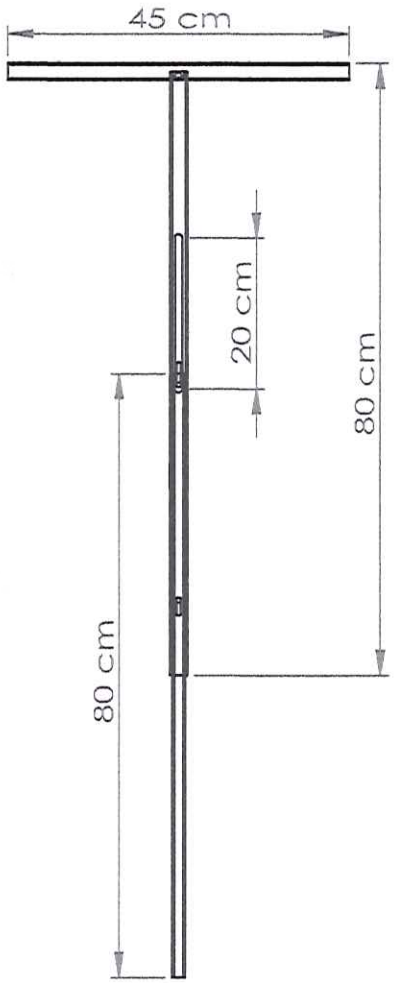


DETAIL A
SCALE 1 : 5

DETAIL B
SCALE 1 : 5

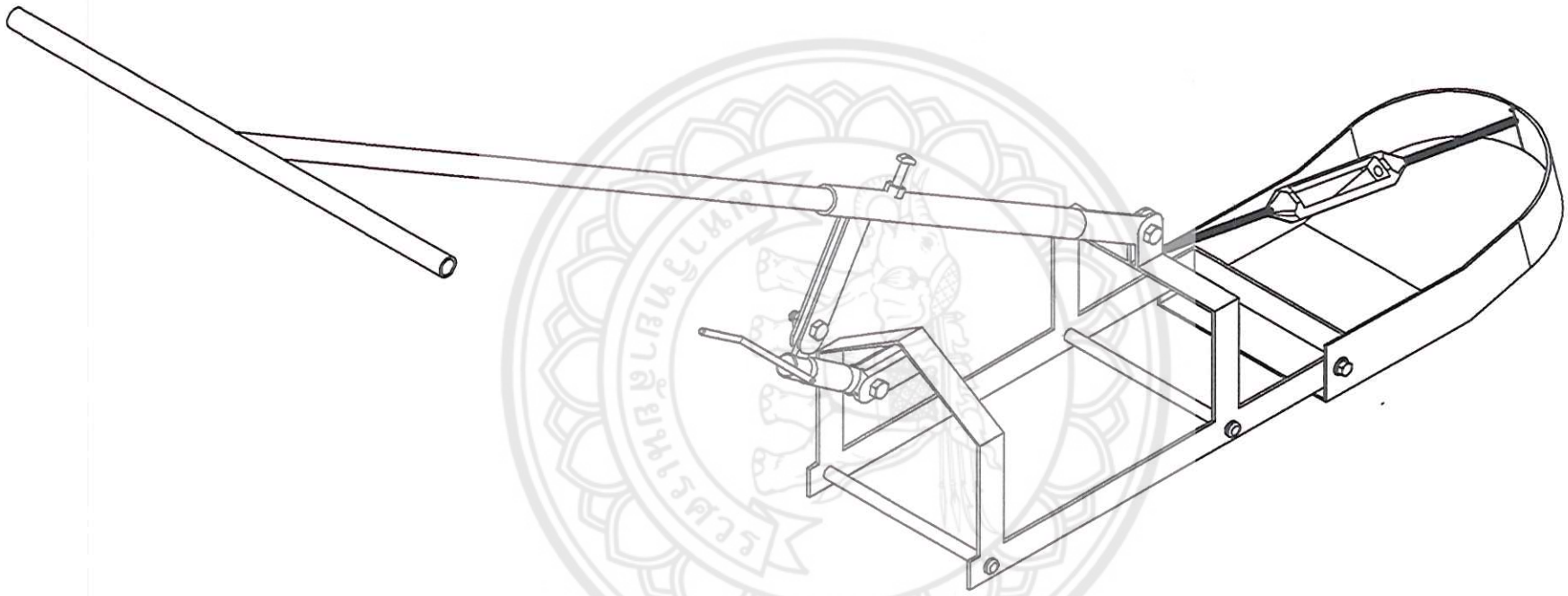


Side View



Top View

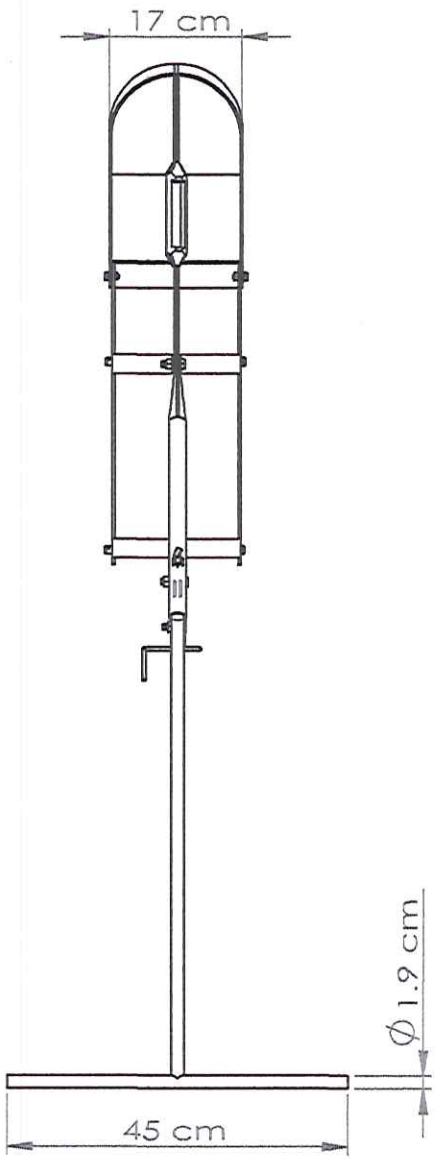
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 2/2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : Handle weeder	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 10

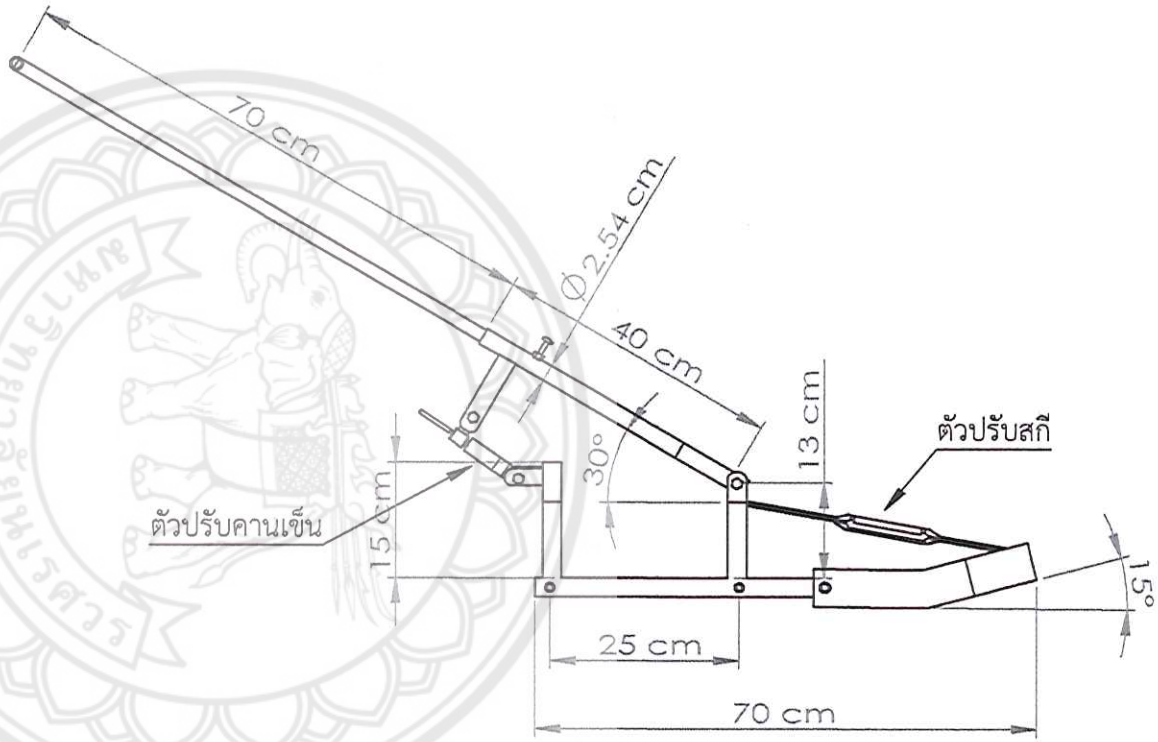


Isometric View

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : โครง weeder	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5

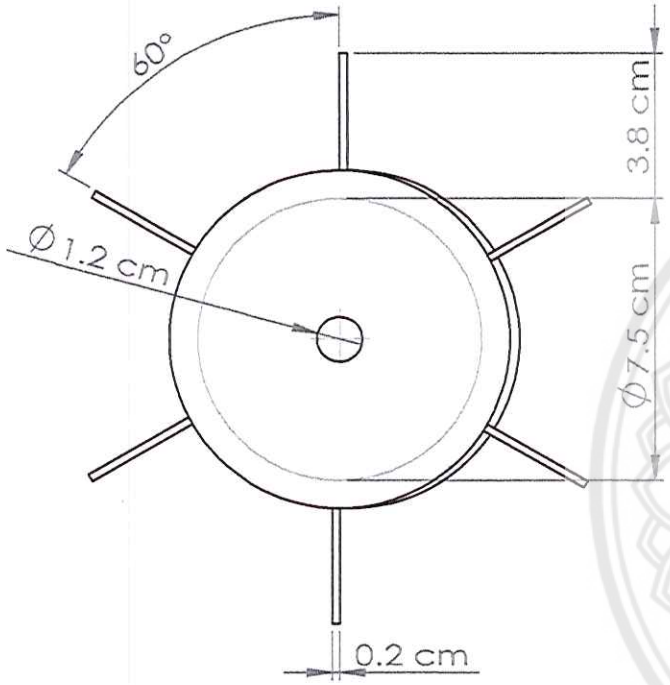
Top view



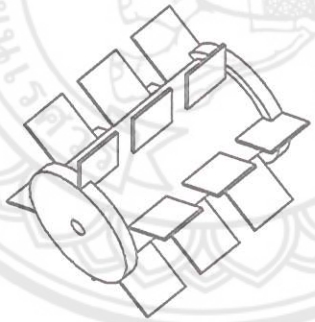


Side view

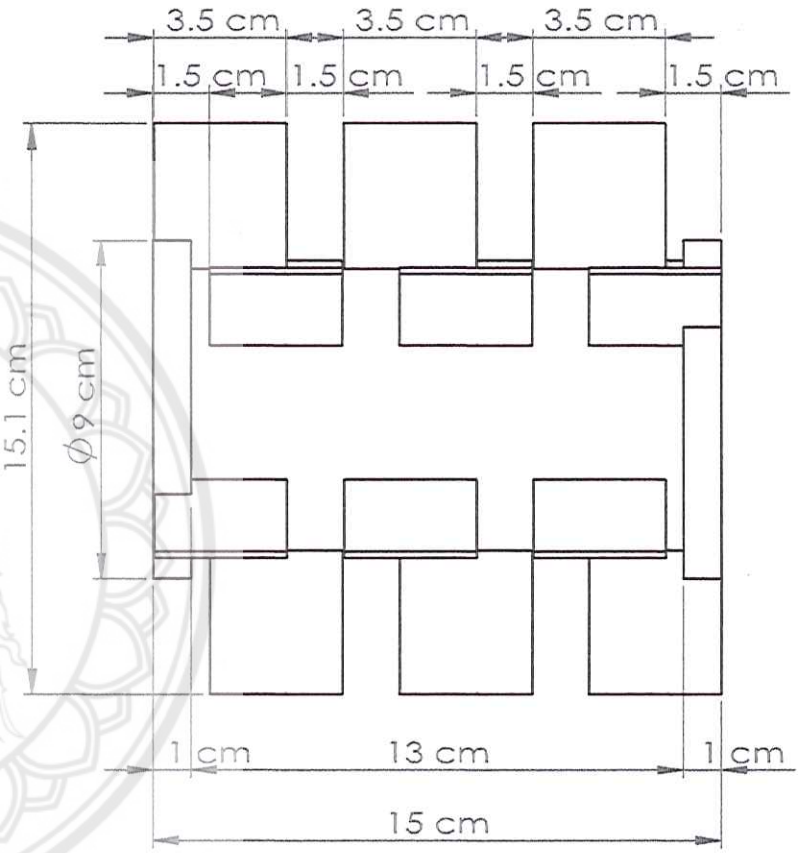
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 2/2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : โครง weeder	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 10



Side view

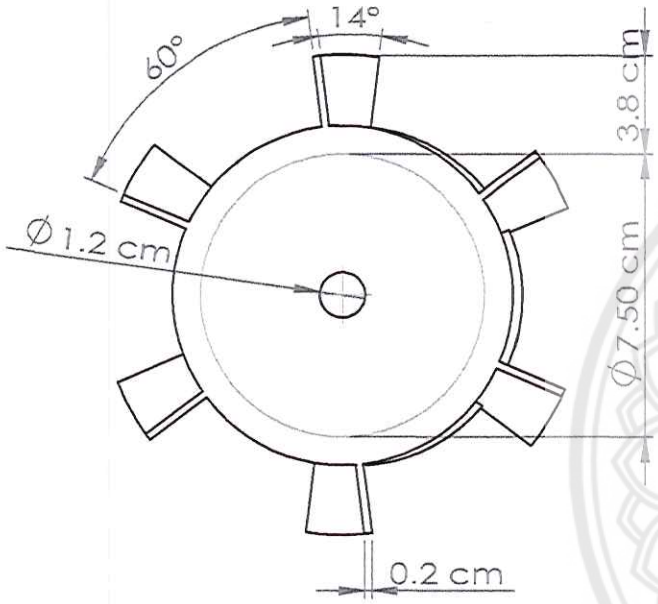


Isomatric view

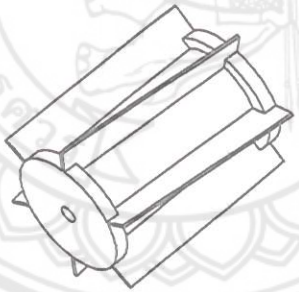


Top view

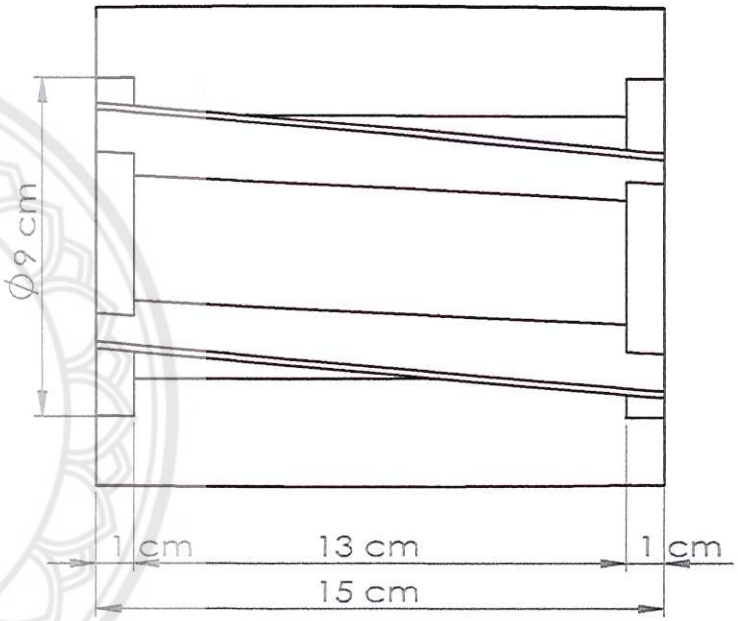
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/1	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W1	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1:2



Side view

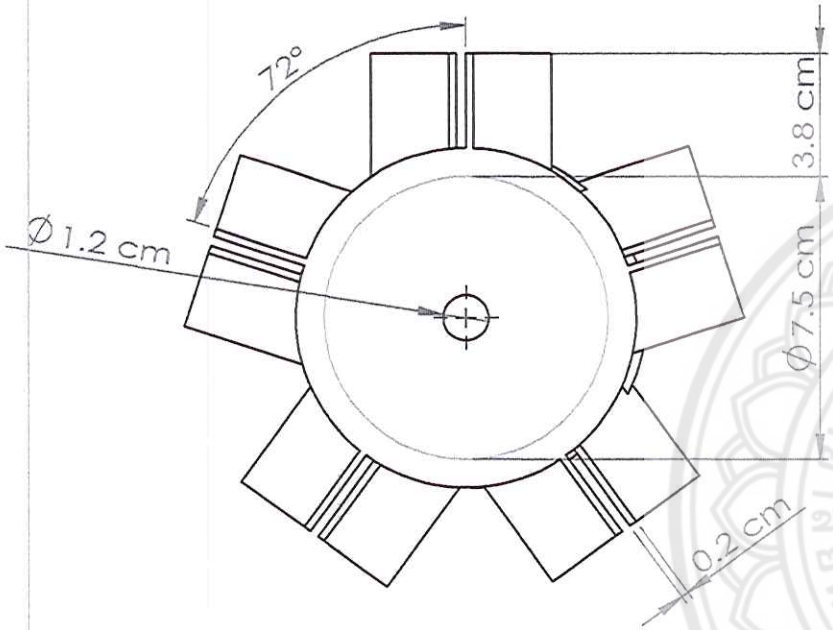


Isomatric view

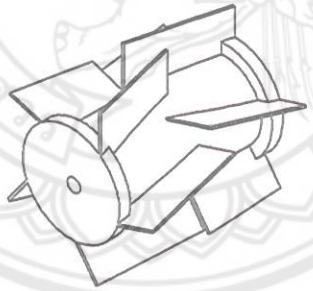


Top view

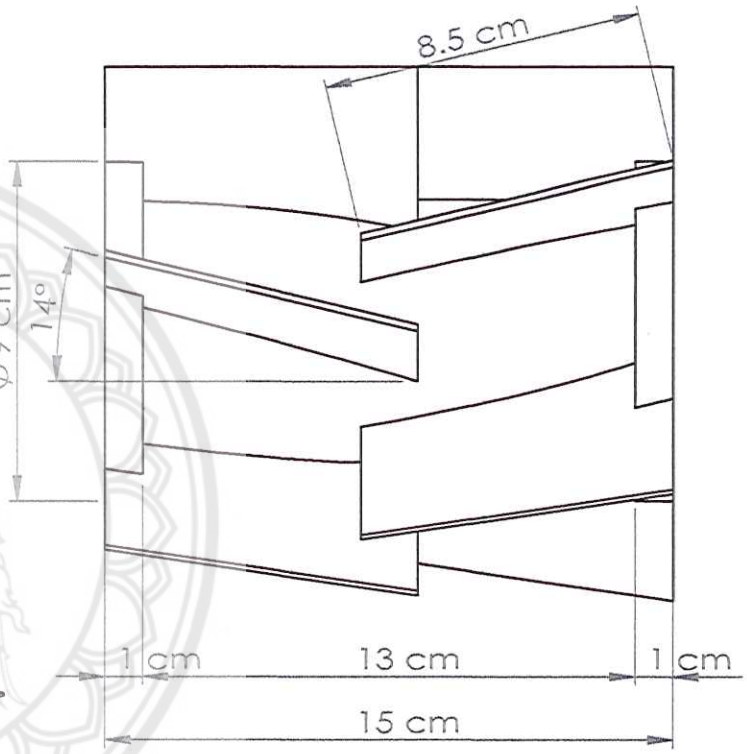
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/1	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W2	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 2



Side view

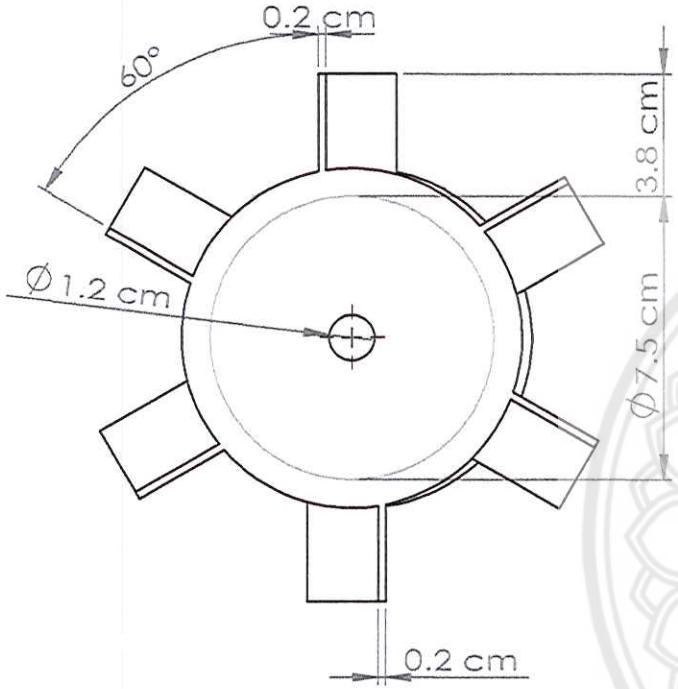


Isomatric view



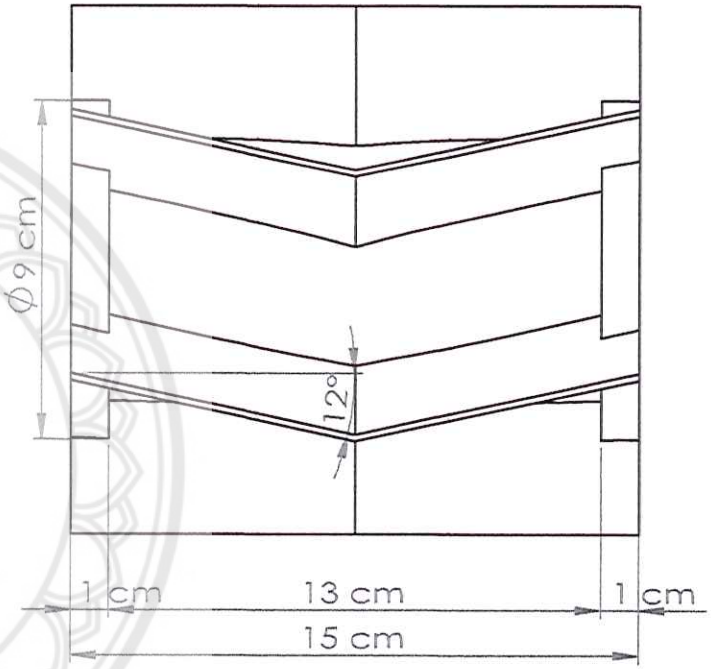
Top view

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/1	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W3	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 2



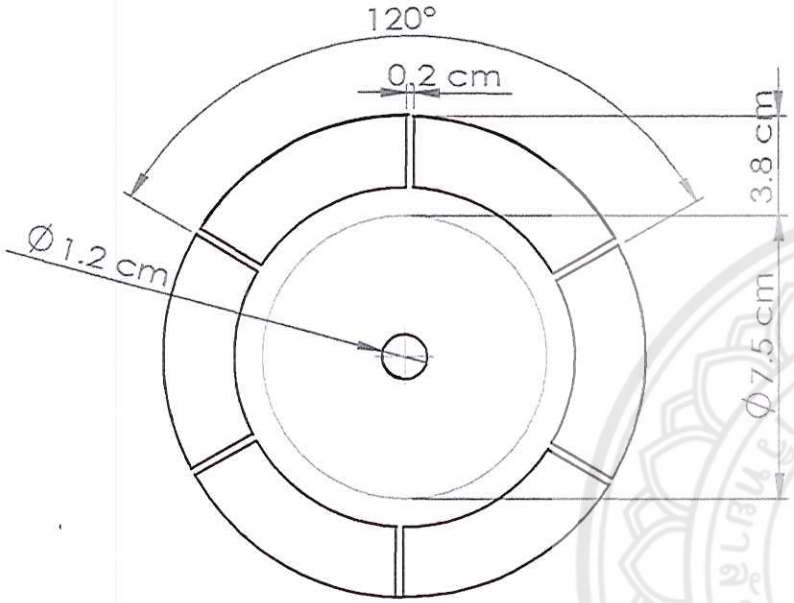
Side view

Isomatric view



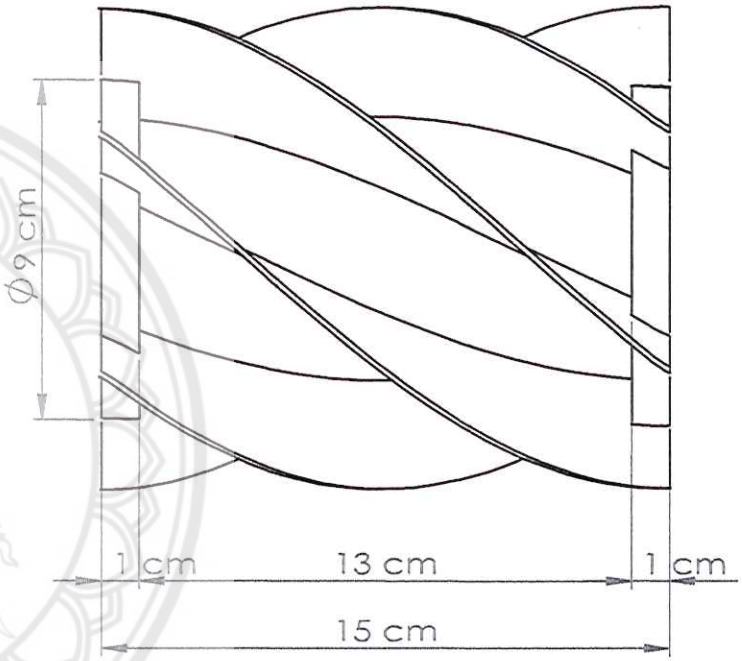
Top view

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/1	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W4	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1:2



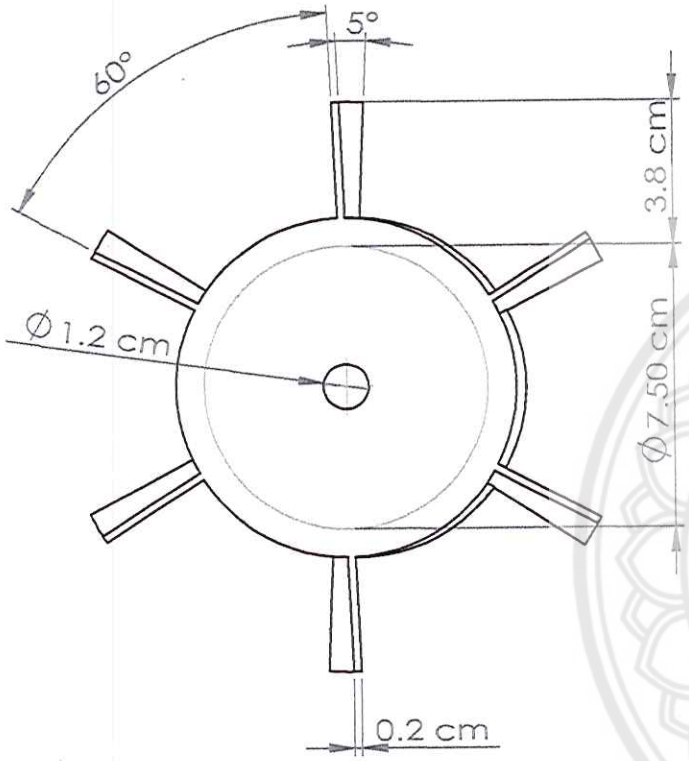
Side view

Isomatric view

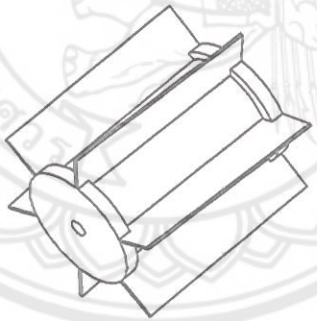


Top view

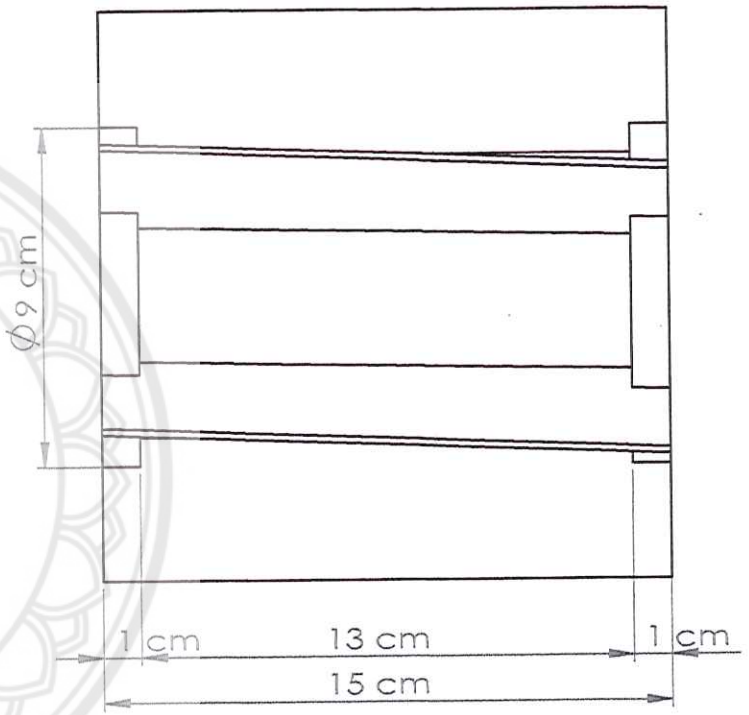
FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/1	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W5	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1 : 2



Side view



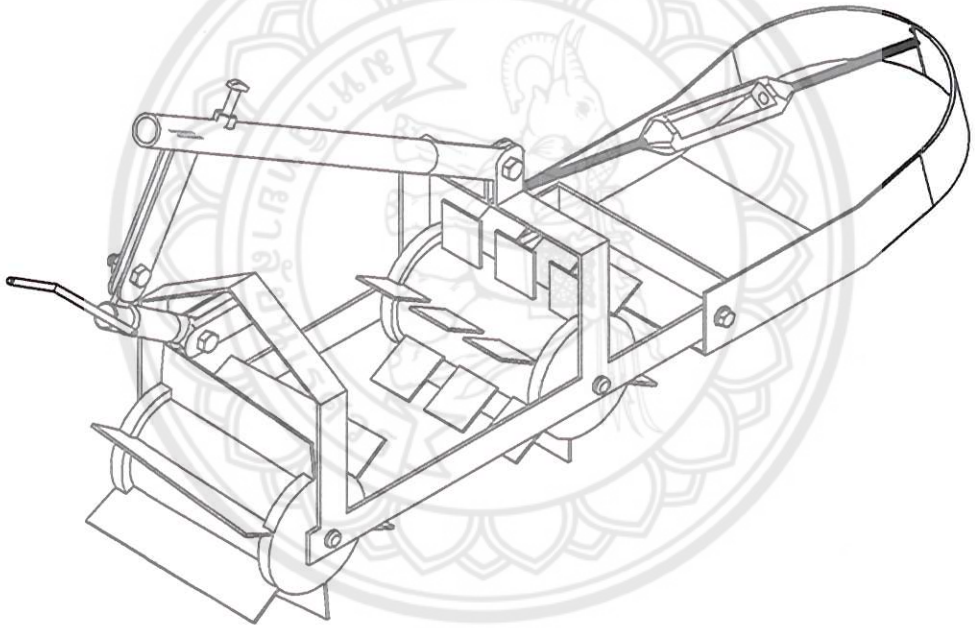
Isomatric view



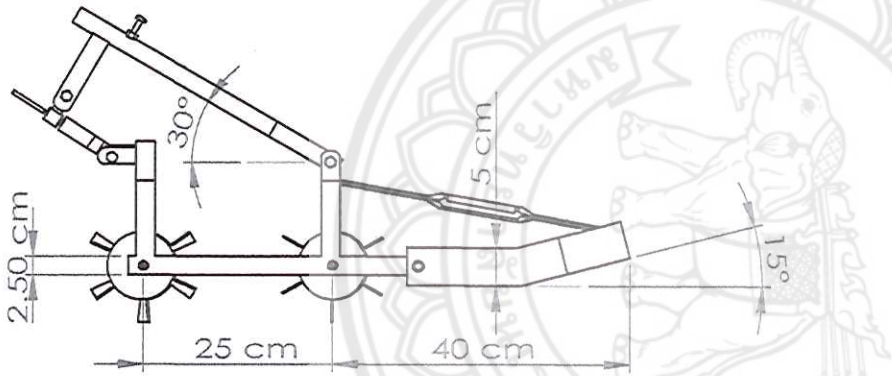
Top view

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/1	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W6	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 2

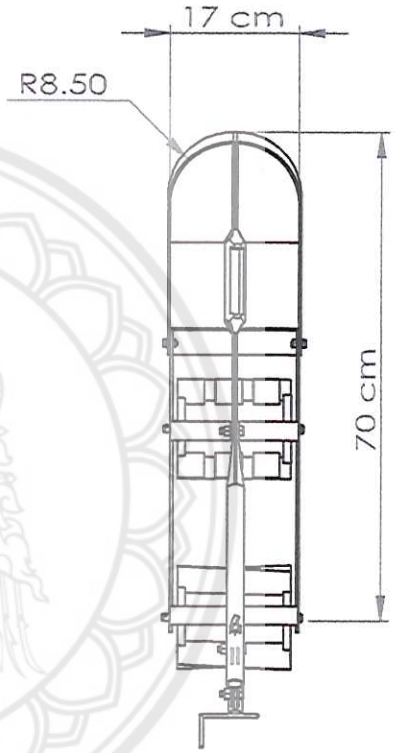
Isometric View



FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : Control weeder	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5

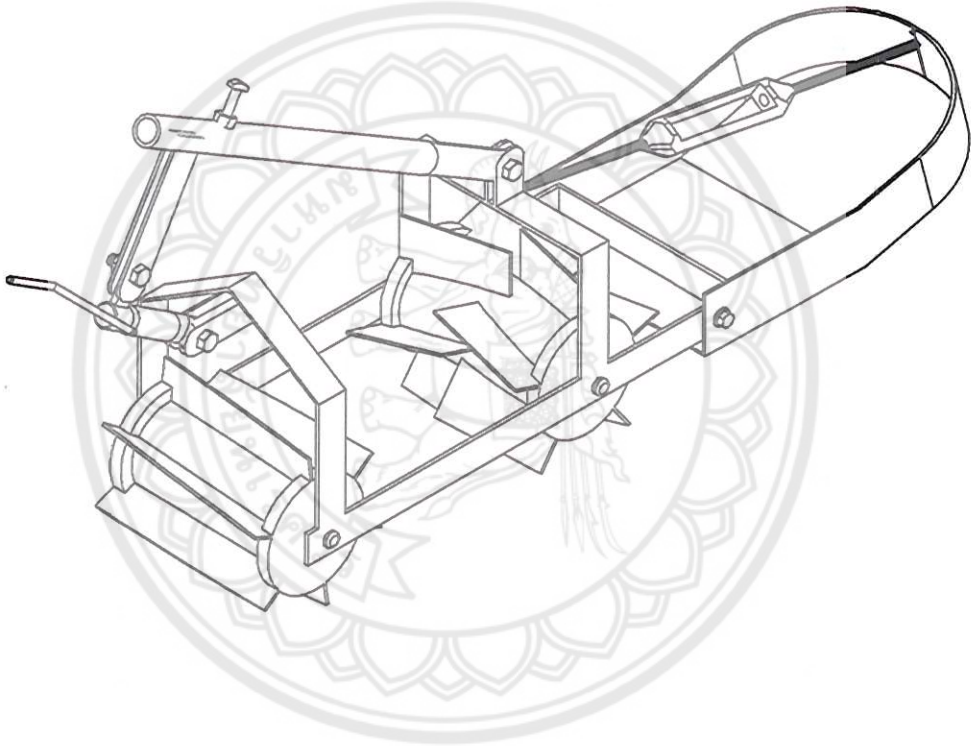


Side View



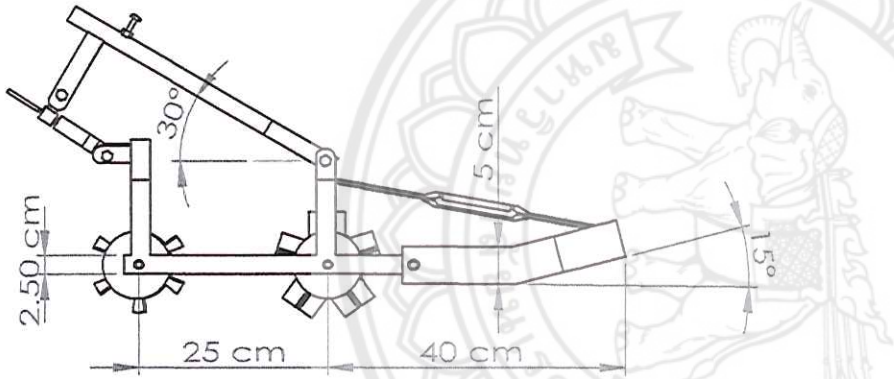
Top View

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 2/ 2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : Control weeder	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 10

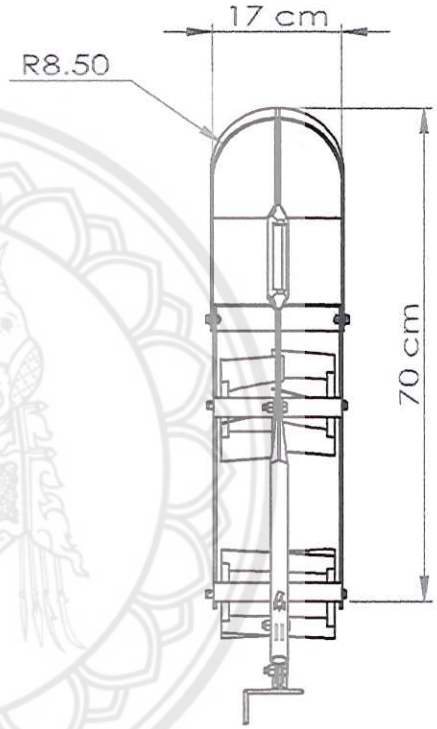


Isometric View

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W3W2	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5

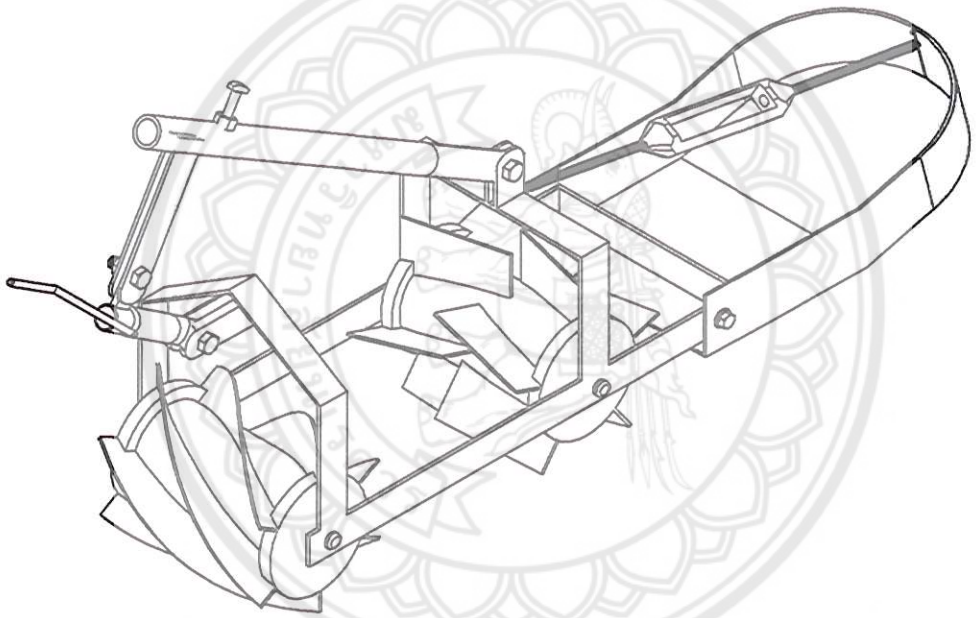


Side View



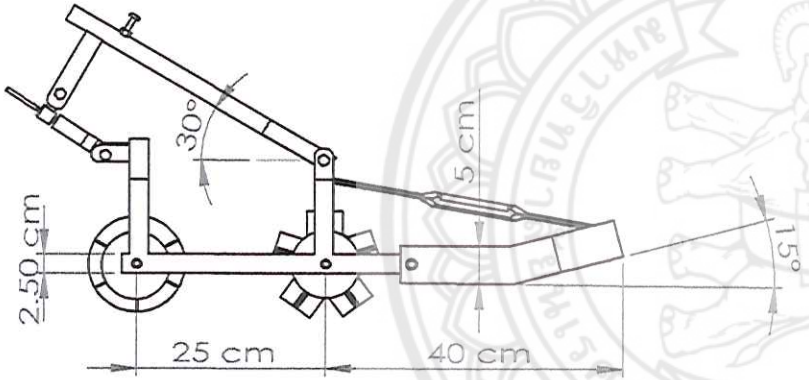
Top View

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 2/ 2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W3W2	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 10

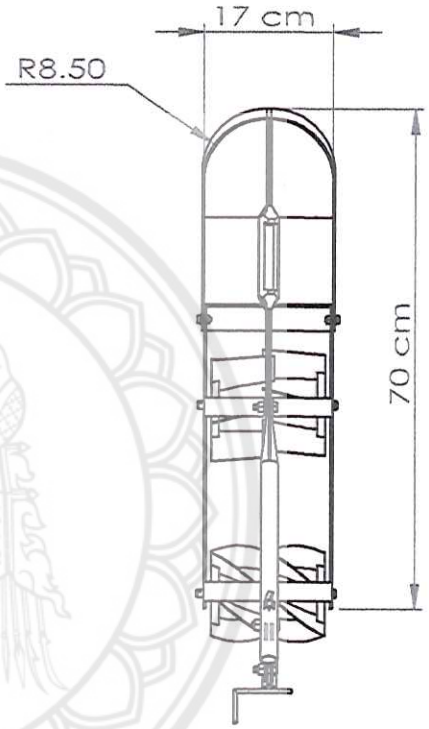


Isometric View

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 1/ 2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W3W5	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 5



Side View



Top View

FACULITY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	Plate : 2/ 2	
	Project : design&Testing	
	Check : K.RATTANA & S.MATHANEE	
Drawing Name : W3W5	Drawing : TEAM PROJECT	
	Date : 25-5-14	Scale : 1: 10

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ/สกุล	นายธีรยุทธ์ ฉิมมาป้อ
เกิดเมื่อ	25 สิงหาคม พ.ศ. 2535
ภูมิลำเนา	46/3 หมู่ 5 ต.สวนเมี่ยง อ.ชาติตระการ จ.พิษณุโลก 65170
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสวนเมี่ยงวิทยา
E-mail	theerayut2714@gmail.com

ชื่อ/สกุล	นายวีรวัฒน์ วังคีรี
เกิดเมื่อ	15 พฤษภาคม พ.ศ. 2535
ภูมิลำเนา	62 หมู่ 4 ต.น้ำหนาว อ.น้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์ 67260
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนน้ำหนาววิทยาคม
E-mail	wrw-ph@hotmail.com

ชื่อ/สกุล	นายสัตยา ศรีจันทร์
เกิดเมื่อ	16 มิถุนายน พ.ศ. 2535
ภูมิลำเนา	45 หมู่ 4 ต.โคกหม้อ อ.ทัพทัน จ.อุทัยธานี 61120
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนทัพทันอนุสรณ์
E-mail	benz0_02535@hotmail.com