สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม

Study Transmission For A Rice Transplanter Attach To Power Tiller

นายปฐมพงศ์ ศรีวิไล

นายสยามพล ฝีปากเพราะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61842
วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549
ใบ.....
ใ.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม

Study Transmission For A Rice Transplanter Attach To Power Tiller

โดย

นายปฐมพงศ์ ศรีวิไล

นายสยามพล ฝีปากเพราะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม

ผู้จัดทำ

1. นายปฐมพงศ์ ศรีวิไล
2. นายสยามพล ฝีปากเพราะ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. วสุ อุดมเพทายกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม

นายปฐมพงศ์	ศรีวิไล	
นายสยามพล	ฝีปากเพราะ	
อาจารย์วสุ	อุดมเพทายกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ธีรพงศ์	ผลโพธิ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วีรชัย	ลิ้มพรชัยเจริญ	อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมเกษตรนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม โดยได้พัฒนาต้นแบบเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตามขนาด 2 หัวปลูก ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 6 ส่วน ได้แก่ 1) ชุดกลไกปักดำ 2) ล้อขับ 3) ถาดบรรจุต้นกล้า 4) ชุดเฟืองส่งกำลังจากล้อขับไปยังกลไกปักดำ 5) โครงเครื่อง 6) สกีรับน้ำหนัก จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าแรงบิดที่ใช้ในการทำงานของเครื่องดำนาขนาด 2 หัวปลูก โดยวัดจากล้อขับมีค่าประมาณ 9.96 นิวตันเมตร และจากการทดลองในแปลงทดสอบ โดยได้นำเบรคมาติดตั้งบนเพลาของล้อขับแทนกลไกปักดำ และปรับค่าแรงบิดเพื่อจำลองสถานการณ์ที่มีจำนวนหัวปลูกมากกว่า 2 ชุด และดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นครีบของล้อขับ, แรงบิดของเพลาขับ และเปอร์เซ็นต์การลื่นไถล ขนาดของแผ่นครีบของล้อขับที่ใช้ศึกษามี 4 ขนาด ได้แก่ 3x3 นิ้ว, 4x3 นิ้ว (แนวตั้ง) ,4x3 นิ้ว (แนวนอน) และ 5x3 นิ้ว โดยพบว่าการใช้แผ่นครีบขนาด 5x3 นิ้ว ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การลื่นไถลน้อยที่สุด โดยจากการประเมินผลหากมีจำนวนหัวปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 4 ชุด และใช้แผ่นครีบขนาด 5x3 นิ้ว จะต้องใช้แรงบิดในการขับกลไก 33.13 นิวตันเมตร และมีเปอร์เซ็นต์การลื่นไถล 8.33 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF TRANSMISSION SYSTEM OF RICE TRANSPLANTER ATTACH TO POWER TILLER

Pathompong	Srivilai	
Sayampon	Freepakphor	
Vasu	Udompetaikul	Advisor
Thirapong	Phonpo	Advisor
Veerachai	Limpornchaijarurn	Advaisor

Abstract

The objective of this project was to study of transmission system of rice transplanter attach to power tiller. The prototype, 2-row rice transplanter, consisted of six main parts: 1) planting finger mechanisms, 2) ground wheels, 3) seedling tray, 4) power transmission mechanism, 5) chases and 6) supporting float. The laboratory experimental results shown that torque used by two planting finger and power transmission mechanisms was about 9.96 N-m. In the field test, transmission system was dismounted from chases, and then mounted breaking system instead to simulate torque used by more planting finger mechanisms. The study of relation among fins size of ground wheels, axle torque and vehicle slip shown that the vehicle slip was minimized by using 5"x3" fins. The result could be extended to evaluate torque used by 4-row rice transplanter was 33.13 N-m with 8.33 % vehicle slip.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง การศึกษาระบบส่งกำลังสำหรับเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตามนี้จะไม่ประสบความสำเร็จไปได้เลยหากไม่ได้ความอนุเคราะห์จากบุคคลหลาย ๆ ท่านที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

อาจารย์วสุ อุดมเพทายกุล, อาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์,อาจารย์วีระชัย ลิ้มพรไชยเจริญ และอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้ให้ความรู้ ข้อมูล คำแนะนำแนวทางในการทำโครงงาน และคำปรึกษาในการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้น จนสิ้นสุดโครงงาน

ขอบคุณพี่อ๊อด ที่ช่วยเตรียมพื้นที่ทดลอง ขับรถไถให้ในวันทดลอง

นายช่างทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่าง ๆ

เพื่อน ๆ ทุกคนที่มาช่วยกันทำงาน และเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

น้อง ๆ ที่คอยช่วยกันชมเชียร์ และดูแลพวกพี่ ๆ เป็นอย่างดี

ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ผู้ทำโครงงานศึกษามาตลอด 4 ปีการศึกษา

ท้ายที่สุดขอกล่าวคำขอบคุณแด่กำลังใจ และความรักที่ให้มาจากสมาชิกในครอบครัว ความห่วงใยและการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษาของผู้ทำโครงงาน

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง-จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ส่วนประกอบต่างๆและชนิดของเครื่องดำนา	3
2.1.1 ประเภทของเครื่องดำนา	3
2.2.2 ส่วนประกอบของเครื่องดำนา	8
2.2 หลักการเกี่ยวกับกลไกการปลูก	13
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่อง	19
3.1 แนวทางการออกแบบและสร้างเครื่อง	19
3.2 การออกแบบเครื่องดำนาแบบ 2 หัวปลูก	19
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	24
4.1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ	24
4.2 การทดลองในภาคสนาม	25
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	29
5.1 สรุปผลการทดลอง	29
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง	29
5.3 แนวทางการปรับปรุงแก้ไข	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก 31
ภาคผนวก ข 35
ภาคผนวก ค 47
บรรณานุกรม 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องดำนาใช้แรงคน	3
2.2 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าแผ่น	4
2.3 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับ 4 ล้อ	6
2.4 เครื่องดำนาต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์	7
2.5 กลไก Four-bar-linkage	13
2.6 กลไก Four-bar-linkage ที่เกิด Dead Points	14
2.7 แสดงมุมที่เกิดขึ้นในกลไก Four-bar-linkage	15
2.8 มุมของกลไก Four-bar-linkage	16
2.9 กลไก Four-bar-linkage ลักษณะต่างๆ	17
2.10 แสดงกลไกการทำงานของระบบ Crank Rocker	18
3.1 แสดงลักษณะของเครื่องดำนาแบบติดรถไถเดินตามขนาด 2 หัวปลูก	20
3.2 ภาพล้อขับ	20
3.3 ภาพการออกแบบโครงเครื่อง	21
3.4 ภาพลักษณะของสกี	21
3.5 ภาพของชุดหัวปักดำ	22
3.6 ภาพของถาดป้อน	22
3.7 ภาพแสดงระบบเฟืองส่งกำลัง	23
4.1 การทดลองการถ่วงน้ำหนัก	24
4.2 ภาพแสดงการวัดความลึกโดยใช้ cone plumb	25
4.3 ภาพของแผ่นครีบขนาดต่างๆ	26
4.4 การทดลองภาคสนามของชุดทดลอง	27
4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % slip – Torqe	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ทอร์คที่วัดได้ที่ระดับความฝืดต่าง ๆ 25

4.2 ผลการทดลองในการทดลองภาคสนาม 27

ตาราง ก.1 ค่าความลึกของดิน(ซ.ม)ในรอบต่าง ๆ 32

ตาราง ก.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของดินที่ระดับต่าง ๆ 34

ตาราง ข.1 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสกี 37

ตาราง ข.2 Caliblate ค่าความต้านทานของดิน 46

ตาราง ข.3 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน - น้ำหนักถ่วง 46

ตาราง ค.1 เปอร์เซนต์การลื่นไถลที่ระดับทอร์คและครีบที่ต่างกัน 47

ตาราง ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Anova)ของข้อมูลเปอร์เซนต์การลื่นไถลต่อทอร์ค 47

ตาราง ค.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD 48

ตาราง ค.4 จำนวนรอบที่วัดได้ที่ระดับทอร์คต่าง ๆ กัน 49

ตาราง ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Anova)ของข้อมูลจำนวนรอบต่อทอร์ค 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เครื่องดำนาเป็นเครื่องจักรกลเกษตร ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องทุ่นแรงสำหรับเกษตรกรในการทำนา และได้มีการพัฒนาเครื่องดำนามาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้เครื่องดำนาในการเพาะปลูกข้าว ส่วนในประเทศไทยเครื่องดำนายังถือว่ามีใช้กันยังไม่มากเพราะเครื่องดำนาส่วนใหญ่จะนำเข้ามาจากต่างประเทศ แต่ถ้ามองไปในอนาคตเครื่องดำนาจะมีความจำเป็นต่อการประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม เพราะปัจจุบันเริ่มเกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการทำนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เราจึงต้องหันมาสนใจใช้เครื่องดำนาอย่างจริงจัง

จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะทางด้านภาคอุตสาหกรรม ทำให้แรงงานอพยพจากภาคเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ทำให้มีผลกระทบต่อเนื่องต่อปัญหาแรงงานขาดแคลนในภาคเกษตรกรรมมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะด้านการทำนา ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกข้าวเริ่มต้นจากฤดูเก็บเกี่ยวทำให้เกษตรกรที่ทำนาต้องนำเครื่องเกี่ยวข้าว และเครื่องนวดข้าวมาใช้แทนแรงงานคนที่ขาดแคลน ขณะเดียวกันนั้นเองผลจากการขาดแคลนแรงงานนี้ยังลุกลามต่อเนื่อง มาสู่ช่วงฤดูการปลูกอีกด้วยจะเป็นเพราะว่ามีการขยายตัวทางเศรษฐกิจทางด้านอื่นๆ มากขึ้นหรือคนหนุ่มสาวที่เข้าไปทำงานในเมืองไม่กลับมาช่วยทำงานในฤดูการปักดำเหมือนแต่ก่อน แต่ก็เป็นที่แน่ชัดแล้วว่าเกษตรกรที่ทำนาในปัจจุบัน ต่างก็ประสบปัญหาด้านแรงงานขาดแคลนในการผลิตข้าวทุกขั้นตอน ถึงแม้ว่าเกษตรกรหลายรายได้หลีกเลี่ยงปัญหา โดยเปลี่ยนวิธีทำนาจากการทำนาดำมาเป็นหว่านน้ำตมก็ตามแต่ก็ยังมีเกษตรกรเป็นจำนวนมากที่ทำนาดำอยู่ เนื่องจากผลผลิตที่ได้มีความแน่นอนมากกว่า และไม่ต้องเสี่ยงกับยาฆ่าแมลงและสภาพพื้นที่บางแห่งก็ไม่เหมาะสมที่ทำนาวิธีอื่น และยังมีเหตุผลหลายอย่างที่ทำให้เกษตรกรยังคงทำนาดำเรื่อยมา แต่จากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการทำนาดำรุนแรงขึ้น ทำให้มีความต้องการเครื่องจักรกลเกษตรมาช่วยแก้ปัญหาในฤดูการทำนา

การเปรียบเทียบการทำนาดำและนาหว่าน

1. ต้นข้าวที่ปักดำด้วยเครื่องดำนาให้การเจริญเติบโตและแตกกอได้ดีเหมือนกับการดำนาด้วยคน
2. ผลผลิตที่ได้นาดำจะดีกว่าแบบนาหว่าน เมล็ดข้าวคงใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ได้คุณภาพของข้าวดีกว่า
3. ลดปัญหาในเรื่องวัชพืชเพราะข้าวที่ปลูกแบบดำจะไม่มีปัญหาเรื่องวัชพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัจจุบันการทำนาดำจะมีการประกันราคาข้าว เพราะผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดี

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อการออกแบบและพัฒนาระบบกลไกส่งกำลังของเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม ขนาด 2 หัวปลูก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาระบบกลไกการทำงานของหัวปักดำของเครื่องดำนาในท้องตลาด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องดำนาแบบต่อพ่วงรถไถเดินตาม
2. ศึกษาแนวทางการส่งกำลังโดยใช้ล้อขับเป็นตัวส่งกำลังเพื่อขับชุดหัวปักดำ
3. ทดสอบการทำงานของเครื่องดำนาในแปลงทดลองของภาควิชา โดยพิจารณาในส่วนของการทำงานของระบบกลไกการส่งกำลังของล้อขับไปยังชุดหัวปักดำเป็นหลัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบเครื่องดำนาแบบ 2 หัวปลูกต่อพ่วงกับรถไถเดินตามที่มีการทำงานที่สอดคล้องกับการทำงานของล้อขับ เพื่อที่จะสามารถนำไปพัฒนาต่อไปให้ดียิ่งขึ้น

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการดำนาและเครื่องดำนา
2. ทำการออกแบบและสร้างเครื่องดำนา
3. ทำการทดลองเครื่องดำนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส่วนประกอบต่างๆและชนิดของเครื่องดำนา

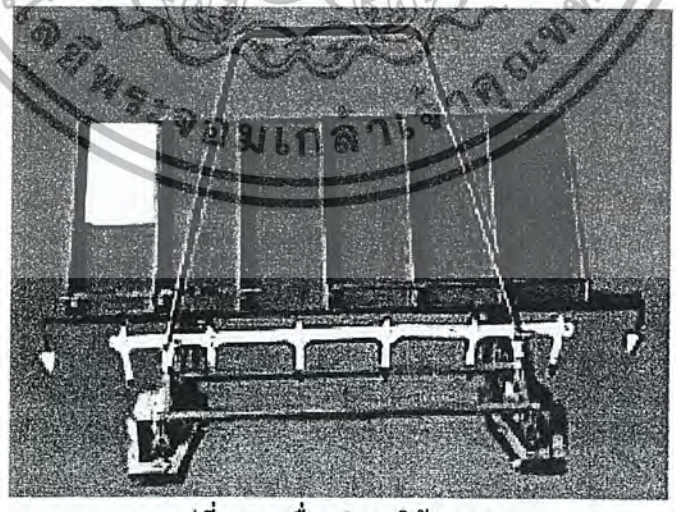
2.1.1 ประเภทของเครื่องดำนา(นัย บำรุงเวช, 2546)

การแบ่งประเภทของเครื่องดำนาการแบ่งออกเป็นได้หลายประเภทหลายวิธีการ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1) เครื่องดำนาใช้แรงงานคน (Manual rice transplanter)

เครื่องดำนาใช้แรงคนอาศัยแรงงานจากคนโดยตรงทำให้กลไกการปักดำด้วยการเข็นเดินหน้าและเดินถอยหลัง เครื่องดำนาประเภทนี้แยกออกตามชนิดของต้นกล้าที่ใช้กับเครื่องได้ดังนี้

- เครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าล้างราก ต้นกล้าที่จะใช้กับเครื่องชนิดนี้จะถูกถอนออกจากแปลงเพาะกล้า เมื่ออายุได้ 20 – 25 วันแล้วนำมาล้างรากเอาดินที่ติดอยู่กับรากออกให้หมดก่อนนำไปจัดวางในถาดกล้าอย่างเป็นระเบียบ ปักดำได้ครั้งละ 4 – 6 แถว การสูญเสียต้นกล้าระหว่างการปักดำเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 11 – 34 ผู้ใช้ต้องเดินถอยหลังเพื่อลากตัวเครื่องไปและทำการปัก ความสามารถในการทำงานของเครื่องได้ประมาณวันละ 3 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องดำนาที่ผลิตในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและมีการนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทยร่วม 20 ปีแล้ว แต่ไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรเท่าที่ควร



รูปที่ 2.1 เครื่องดำนาใช้แรงคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น ลักษณะของเครื่องคล้ายกับชนิดแรก แตกต่างกันที่ต้นกล้าที่นำมาใช้กับเครื่อง การเพาะกล้ามีขั้นตอนการเพาะที่พิถีพิถันมากกว่า โดยจะต้องเพาะกล้าให้เป็นแผ่นพอดีกับช่องถาดใส่ต้นกล้าของเครื่อง ปักดำได้ครั้งละ 4 – 8 แถว ผู้ใช้ต้องเดินถอยหลังเช่นเดียวกัน ความสามารถในการทำงานได้วันละ 2.5 – 3 ไร่ เป็นเครื่องที่ได้รับการพัฒนาจากสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ(IRRI)และได้มีการปรับปรุงแก้ไขในประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน ได้มีการนำมาใช้กันตามศูนย์วิจัยข้าวต่างๆในประเทศไทยมาหลายปีแล้ว แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้

2) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตาม(Walking type rice transplanter)

- เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าแผ่น เครื่องดำนาประเภทนี้มีขนาดค่อนข้างเล็ก ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 ขังหวะ 1.0 – 2.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ขับเคลื่อนโดยกงล้อเหล็กหุ้มยางแข็ง 2 ล้อ ซึ่งจะให้ความสะดวกความคล่องตัวในการทำงาน ผู้ใช้จะเดินตามเครื่อง การควบคุมการเลี้ยวบังคับด้ายการบีบคลัตช์ข้างที่ต้องการเลี้ยวที่มือจับ สามารถปักดำได้ครั้งละ 2 – 6 แถว ปรับระยะห่างระหว่างต้นได้แน่นอน ใช้ระบบไฮดรอลิกในการยกตัวเครื่องให้สูงขึ้นขณะทำการเลี้ยวกลับหัวงานและระหว่างการเดินทาง เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตามแบ่งออกได้ตามชนิดของต้นกล้าที่ใช้ได้ดังนี้ เครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าล้างราก,เครื่องดำนาใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น,เครื่องดำนาใช้กับต้นกล้าเป็นแถบยาวและเครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าเป็นหลุมหรือเป็นแท่งเครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่นได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางและได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้นในหลายๆด้าน ส่วนเครื่องดำนาอีก 3 ชนิดดังกล่าวไม่ได้รับความนิยมและบางชนิดได้เลิกการผลิตไปแล้ว

รูปที่ 2.2 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแถบยาว เครื่องดำนาชนิดนี้ต้นกล้าจะถูกเพาะในกระบะที่แบ่งออกเป็นออกเป็นช่วงๆ เพื่อให้ต้นกล้าที่ออกมากเป็นแถวเล็กๆ แล้วนำออกจากกระบะมาใส่ในถาดแล้วอุปกรณ์ป้อนต้นกล้าพาเข้าไปยังอุปกรณ์ปักดำ แถวต้นกล้าจะถูกเฉือนเป็นท่อนก่อนการปักดำ ขนาดของท่อนกล้า 10 – 15 มิลลิเมตร ปักดำได้ครั้งละ 2 แถว เครื่องดำนาชนิดนี้ช่วยลดการสูญเสียของต้นกล้าระหว่างการปักดำได้มากประมาณร้อยละ 1.1 – 1.5 และมีราคาถูก ถึงแม้จะมีข้อดีที่มีการสูญเสียต้นกล้าในการปักดำน้อยและมีราคาถูก แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้กันเนื่องจากมีขั้นตอนและใช้แรงงานในการเพาะกล้ายุ่งยาก

- เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับต้นกล้าล้างราก เครื่องดำนาชนิดนี้เป็นเครื่องดำนาเริ่มแรกของการประดิษฐ์ เพื่อจะให้มาทำหน้าที่ปักดำแทนคน โดยติดตั้งอุปกรณ์ปักดำประกอบเข้ากับรถไถเดินตาม ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องต้นกำลัง ซึ่งมีขนาดใหญ่น้ำหนักมาก การควบคุมการใช้งานไม่ค่อยคล่องตัว การถอยหลังเป็นไปด้วยความล่าช้า การเลี้ยวกลับหัวงานลำบากเพาะใช้วงเลี้ยวกว้าง แต่จะมีได้เปรียบตรงที่ขั้นตอนการเตรียมกล้าไม่ยุ่งยาก ทั้งนี้เพราะสามารถใช้กับกล้าชนิดเดียวกันกับกล้าที่เพาะในแปลงนาทั่วไปสำหรับการทำนาดำ

- เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าแท่งหรือกล้าหลุม เครื่องดำนาชนิดนี้ยังคงมีการใช้กันอยู่ทางตอนเหนือของประเทศญี่ปุ่น จุดประสงค์ของการใช้เครื่องดำนาชนิดนี้ก็เพื่อต้องการแก้ปัญหาการล้มของต้นกล้าเวลาปักดำ มีการใช้กันอยู่เป็นจำนวนน้อย กล้าแท่งหรือกล้าหลุมที่จะใช้ต้องเป็นกล้าแก่(Mature seeding) กล้าที่มีอายุมากรากจะขดกันเป็นก้อนรูปแท่งสี่เหลี่ยมตามรูปทรงของหลุมในกระบะเพาะต้นหลุมมีรูทะลุ ส่วนของรากที่ยาวมากขดตัวอยู่ทำให้มีน้ำหนักมากจึงเหมาะกับพื้นที่นาที่เป็นดินทราย ที่กล้าทั่วไปหรือกล้าแผ่นไม่สามารถยึดติดกับดินเลนให้ต้นตั้งตรงได้ ซึ่งกล้ามักจะเอนหรือล้มนอนราบ แต่กล้าแท่งจะทรงตัวให้ตั้งตรงได้ดีในดินทรายหรือดินเป็นเลนอ่อนมาก เนื่องจากแท่งดินกับกระจุกรากจะเป็นฐานยึดติดให้อย่างดี แต่กล้าแท่งก็มีขั้นตอนในการเพาะกล้าที่ยุ่งยากกว่าและมีปัญหาในการจัดซื้อหากระบะเพาะแบบเป็นหลุม ซึ่งไม่ค่อยมีจำหน่ายทั่วไป

3) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับ(Riding type or ride-on type rice transplanter)

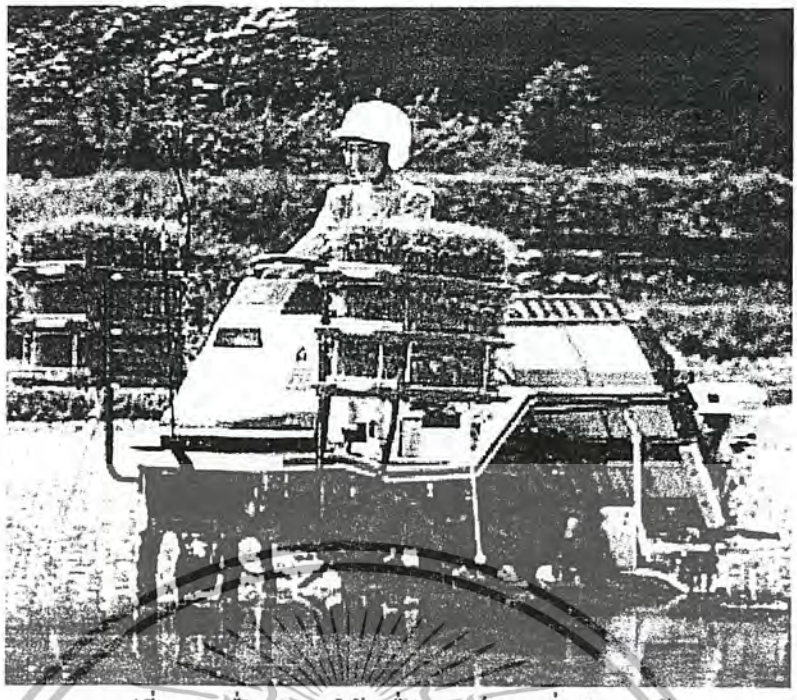
เครื่องดำนาประเภทนี้มีขนาดใหญ่ก็จริงแต่มีความคล่องตัวในการทำงานที่ดี มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถปักดำได้ครั้งละ 4 – 8 แถว ปักดำได้ตั้งแต่ 8 ไร่ต่อวัน สามารถจำแนกประเภทออกได้ดังนี้

- แบ่งตามจำนวนล้อ

1) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับ 3 ล้อ

2) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับ 4 ล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับ 4 ล้อ

- แบ่งตามลักษณะการบังคับเลี้ยว

1) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับเลี้ยวล้อหน้า 2 ล้อตามปกติ(Ackerman type)

2) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับเลี้ยวกลางตัว(Articulated type)

- แบ่งตามตำแหน่งของอุปกรณ์ปักดำ(Transplating section)

1) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับมีอุปกรณ์ปักดำอยู่ด้านหน้า (Front transplanting)

2) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับมีอุปกรณ์ปักดำอยู่ส่วนกลาง(Middle Transplanting)

3) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับมีอุปกรณ์ปักดำอยู่ด้านหลัง(Rear Transplanting)

- แบ่งตามชนิดของกล้าที่ใช้

1) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับชนิดใช้ต้นกล้าล้างราก

ส่วนใหญ่เป็นเครื่องดำนาจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนมี 3 ล้อ โดยมีล้อหน้าเป็นล้อขับเคลื่อน ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ปักดำได้ครั้งละ 8 แถว แต่มีข้อจำกัดของระยะปักดำต้นกล้าที่สามารถปรับการปักดำได้เพียง 2 ระยะ ความสามารถในการทำงานประมาณ 10 ไร่ต่อวัน มีการสูญเสียของต้นกล้าระหว่างการปลูกประมาณร้อยละ 3 โดยใช้คนในการทำงานกับเครื่องนี้ 3 คน คนแรกนั่งขับด้านหน้าทำหน้าที่เป็นผู้ขับควบคุมเครื่อง อีก 2 คนนั่งหันหลังอยู่ข้างซ้ายและข้างขวาของคนขับ ทำหน้าที่คอยใส่ต้นกล้าในถาดใส่ต้นกล้าของเครื่อง จัดเป็นเครื่องที่มีน้ำหนักมาก ทำให้การเลี้ยวกลับหัวงานและการเดินทางไม่ค่อยคล่องตัว ในการเดินทางจะต้องทำการเปลี่ยนเป็นล้อยาง ทำให้เสียเวลาในการถอดประกอบล้อ

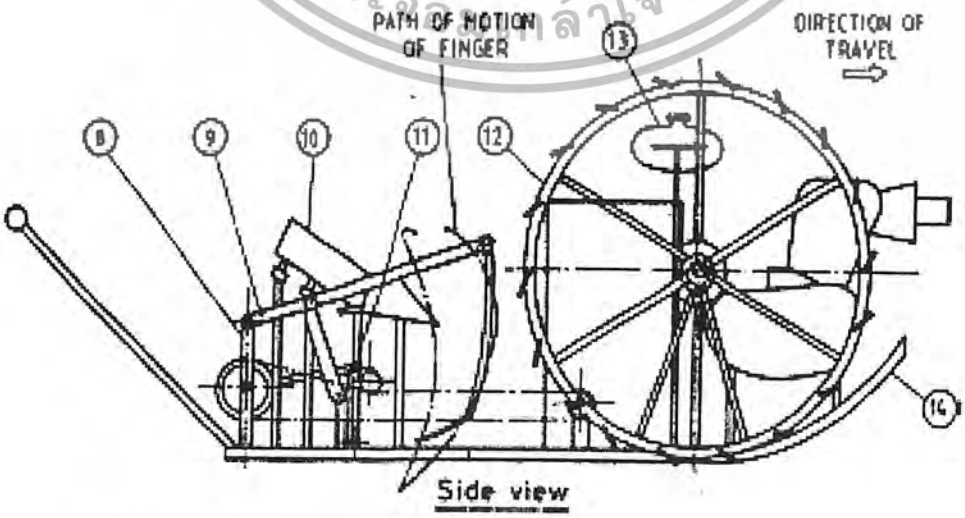
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับชนิดใช้กับต้นกล้าแผ่น

จัดได้ว่าเป็นเครื่องดำนาที่ได้รับความนิยมใช้กันทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจากประเทศญี่ปุ่นและมีเป็นส่วนน้อยที่เป็นของเกาหลีใต้ ได้มีการนำเอาระบบอีเล็กทรอนิกส์ มาใช้ในการควบคุมการทำงานหลายด้านบางรุ่นติดตั้งอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยทำงานร่วมด้วยระหว่างการปักดำ ปักดำได้ครั้งละ 4 – 5 แถว สตาร์ตติดเครื่องยนต์ด้วยระบบไฟฟ้า การบังคับเลี้ยวใช้ระบบไฮดรอลิกเข้ามาช่วย ทำให้การเลี้ยวเร็วขึ้นได้วงเลี้ยวที่แคบและเบาแรงแก่ผู้ใช้

3) เครื่องดำนาต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

เครื่องดำนาประเภทนี้ได้มีการสร้างมานานแล้ว แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กัน ในประเทศอิตาลีหน่วยงาน ILCMA ได้ประดิษฐ์เครื่องดำนาแบบต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์มากว่า 40 ปี ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง โดยมีคนคอยป้อนใส่ต้นกล้าที่ยืนอยู่ด้านท้ายของตัวเครื่อง 2 คน กับคนขับรถแทรกเตอร์อีกหนึ่งคน ตัวเครื่องได้รับกำลังขับจากเพราอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ มีกลไกขับอุปกรณ์ปักดำและล้ออยู่ 2 ข้าง เป็นล้อเหล็กมีซี่เหล็กแหลมโดยรอบ ปักดำได้ 6 แถว คนป้อนใส่ต้นกล้าจะป้อนต้นกล้าในลักษณะเอายอดลงดิน รากชี้ขึ้นคนละ 3 แถว ต้นกล้าจะถูกป้อนเข้าไปในรางรองรับต้นกล้าที่อยู่ด้านบน วงล้ออุปกรณ์ปักดำจะหมุนไปข้างหน้าพร้อมกับคีบต้นกล้าจากรางลงมาแล้วปักลงพื้นเลน เมื่อวงล้อหมุนสัมผัสกับพื้นเลน เครื่องดำนาประเภทนี้ใช้กับแปลงปักดำที่เป็นพื้นเลนค่อนข้างแห้ง ไม่มีน้ำขังในแปลง การเคลื่อนที่ของเครื่องจะทำให้พื้นเลนเป็นคลื่นเกิดเป็นพื้นที่ไม่สม่ำเสมอกันและทำให้ต้นกล้าถูกฝังจมหรือหลุดลอย การเคลื่อนย้ายจะต้องถอดล้อเหล็กออกและใส่ล้อยางเข้าไปแทน ทำให้เสียเวลามาก ประสิทธิภาพในการทำงานไม่ดีเท่าที่ควรจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กัน ในประเทศอินเดียได้สร้างเครื่องดำนาในลักษณะนี้ออกมาเช่นกัน โดยกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์จะมาขับที่ห้องเกียร์ของเครื่องก่อนที่จะส่งกำลังผ่านสายพานรูปตัววีให้กับอุปกรณ์ปักดำ ปักดำได้ครั้งละ 10 แถว ไม่ค่อยมีความคล่องตัวในการทำงาน



รูปที่ 2.4 เครื่องดำนาต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ (Edathiparambil Vareed Thomas. 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ส่วนประกอบของเครื่องดำนา

เครื่องดำนาแต่ละประเภทมีส่วนประกอบหลายอย่างค่อนข้างซับซ้อนและบอบบาง ชิ้นส่วนบางอย่างก็มีขนาดเล็ก ทำให้ง่ายต่อการชำรุดเสียหาย ส่วนประกอบของเครื่องดำนาแต่ละประเภทมีดังนี้

1) ส่วนประกอบของเครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าล้างราก

- โครงเครื่อง(Machine frame) โครงของเครื่องประกอบด้วยฐานรองหรือสกีเป็นไม้ 3 แผ่น วางอยู่ห่างกันเท่ากับความกว้างของแผ่นไม้ แผ่นไม้ทั้ง 3 แผ่นวางตัวตามแนวยาวอยู่ด้านหน้าและมีฐานรองด้านหลังเป็นแผ่นไม้อีก 2 แผ่นอยู่ด้านหลัง มีไม้ตีกรอบปิดท้ายอีกหนึ่งแผ่น ฐานรองอยู่ส่วนล่างสุดของตัวเครื่องทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของเครื่องสามารถพยุงตัวให้อยู่บนโคลนได้โดยไม่จมลงไปและสามารถลื่นไถลไปบนผิวโคลนได้ง่ายเมื่อลากถอยหลัง ส่วนปลายด้านหน้าของฐานรองที่เป็นไม้ 3 แผ่นนอกจากรับน้ำหนักแล้วยังเป็นส่วนที่ใช้ในการกะระยะห่างระหว่างต้นกล้า โดยการลากเครื่องถอยหลังมาจนส่วนปลายของแผ่นไม้ถึงตรงกับต้นกล้าที่ปักดำแล้วจึงหยุดเพื่อปักดำกอต่อไป เหนือฐานรองขึ้นไปเป็นตัวโครงเหล็กและคันลากเครื่องถอยหลัง

- ถาดใส่ต้นกล้า(Seeding tray) ประกอบด้วยถาดเคลือบสังกะสีโค้งขึ้นสำหรับใส่ต้นกล้าไม้ทับต้นกล้า(Seeding pusher) และรางเลื่อนถาด ตัวถาดที่เคลือบสังกะสีด้านหน้าแหงนขึ้นส่วนรากของต้นกล้าวางลงล่างของถาด และถูกทับด้วยไม้ทับต้นกล้าอยู่ข้างบน เพื่อให้ง่ายต่อการหนีบจับของปากคีบ ด้านท้ายของถาดมีแผ่นช่องปล่อยต้นกล้า(Discharging gate plate) อยู่ 4 หรือ 6 ช่อง ซึ่งเป็นช่องทางให้ปากคีบเข้าหนีบต้นกล้าออกไปจากถาด

- ชุดเลื่อนถาด (Rack shifting mechanism) ถาดใส่ต้นกล้าจะวางอยู่ส่วนบนของรางเลื่อน ประกอบด้วยเฟืองบรรทัด (Rack) และกระเดื่อง (Pawl) รางเลื่อนถาดจะเลื่อนตัวไปทางด้านข้างเมื่อเกิดการปักดำขึ้นครั้งหนึ่ง โดยกระเดื่องจะเขี่ยเฟืองบรรทัดทีละฟันพาให้ถาดเลื่อนไปด้วย เมื่อเขี่ยจนหมดฟันของเฟืองบรรทัดจะมีตัวล็อกดึดให้กระเดื่องกลังทางมาอีกข้างหนึ่งเพื่อจะเขี่ยฟันเฟืองให้ถาดเลื่อนตัวกลับมาอีกทางหนึ่ง ซึ่งจะเป็นอยู่เช่นนี้ ตลอดการทำงาน ดังนั้นถาดจึงเลื่อนตัวไปทางซ้ายและทางขวา ทั้งนี้เพื่อให้ต้นกล้าทุกต้นมีโอกาสมาตรงกับช่องปล่อยต้นกล้าและถูกหนีบออกไปปักดำ

- อุปกรณ์ปักดำ (Transplanting mechanism) ประกอบด้วยชุดปากคีบ (Planting tine) แผ่นช่องปล่อยต้นกล้ามีส่วนสำคัญในการแยกต้นกล้าไม่ให้ปากคีบหนีบต้นกล้าจากถาดออกมามากเกินไป ปากคีบมีกลไกที่ทำให้ชิ้นเหล็กแบนยาวทั้งสองชิ้นขยายตัวเข้าออกได้ เพื่อให้การหนีบต้นกล้าออกจากแผ่นช่องปล่อยต้นกล้าและจะถ่างออกจากกันอีกครั้งเมื่อปักดำแล้ว เพื่อปล่อยให้รากต้นกล้าจมอยู่ในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ส่วนประกอบของเครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น

- สกีฐานรอง (Skid assembly) เป็นแผ่นไม้กระดาน 2 – 4 แผ่น หรือเป็นแผ่นเดียวยาวตลอด ทำหน้าที่รองรับตัวเครื่องให้ลอยอยู่บนโคลนได้และสามารถลากถอยหลังเลื่อนตัวไถลไปบนผิวโคลนได้อย่างคล่องและเบาแรง

- โครงเครื่อง (Main frame assembly) เป็นโครงเหล็กดัดและโครงไม้ที่ยึดติดกัน เพื่อทำหน้าที่ให้ชิ้นส่วนอื่นๆ นำมาประกอบเป็นเครื่องดำนา

- ชุดปักดำ (Picker assembly) ประกอบอยู่เป็นส่วนเดียวกับโครงมือจับ อุปกรณ์จับต้นกล้าจะเรียงตัวอยู่ต่อจากโครงมือจับ สามารถปรับอุปกรณ์จับต้นกล้าให้สั้นหรือยาวได้เพื่อให้มีระยะเหมาะสมกับการหนีบจับต้นกล้าจากช่องปล่อยต้นกล้า อุปกรณ์จับต้นกล้ามีหลายชนิดคือชนิดปากคีบ (Blade type picker) ชนิดส้อมคีบ (Fork type picker) และชนิดซี่หวี (Comb type picker)

- กลไกทำงานของชุดปักดำ (Cam and cam Follower) จะมีสปริงอยู่ที่ลูกเบี้ยว เพื่อช่วยดึงให้โครงมือจับและอุปกรณ์จับต้นกล้าเคลื่อนตัวโค้งได้มุมไปคีบจับต้นกล้าและคืนกลับมาสู่ตำแหน่งเดิมหลังจากปักดำลงไปแล้ว

- คานเลื่อน (Carriage bar assembly) เป็นคานเหล็กแบนเรียบ ทำหน้าที่รองรับขาถาดใส่ต้นกล้า ทำให้ขาถาดใส่ต้นกล้าพาถาดใส่ต้นกล้าให้เคลื่อนตัวไปมาได้อย่างอิสระ

- ตัวหยุดโครงมือจับ (Stop block) สามารถปรับระยะการดึงของโครงมือจับให้ดึงออกมาได้มากหรือน้อยก็ได้ โดยการปรับตัวล็อคและเพื่อให้มุมของอุปกรณ์จับต้นกล้าอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับการจับต้นกล้าออกมาได้มากหรือน้อยจากช่องปล่อยต้นกล้า

- ถาดใส่ต้นกล้า (Seedling tray) เป็นถาดเคลือบสังกะสียาวและโค้งอยู่ในตำแหน่งตั้งขึ้นเพื่อใส่ต้นกล้าเป็นแผ่นให้เลื่อนลงไปรออยู่ที่ช่องจ่ายต้นกล้าถาดใส่ต้นกล้าสามารถเคลื่อนตัวไปมาได้เพื่อให้ต้นกล้าแต่ละต้นได้รับการปักดำจนหมดถาด

- กลไกเลื่อนถาด (Ratchet assembly bracket) ประกอบด้วยโซ่ ชุดเฟือง 3 เฟือง และขาเขี่ย เมื่อทำการปักดำแต่ละครั้งก็จะทำให้ขาเขี่ยเขี่ยเฟืองให้เลื่อนตัวไปตามโซ่ ซึ่งจะพาดานเลื่อนถาดตามไปด้วยและเมื่อเลื่อนจนสุดก็จะถูกกระเดื่องกระดกกลับ ทำให้เฟืองเลื่อนกลับทาง ถาดใส่ต้นกล้าจึงเคลื่อนตัวไปทางซ้ายแบะทางขวาได้สลับกันอยู่เช่นนี้

- ที่ปรับความลึกในการปักดำ (Turn buckle) เป็นตะขอเกลียวที่สามารถหมุนปรับเกลียวให้สั้นหรือยาวได้ ซึ่งจะทำให้ได้ความลึกในการปักดำตามต้องการ

3) ส่วนประกอบของเครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแถวยาว

- มือจับ (Handle) มีอยู่ 2 ข้าง เพื่อใช้เข็นเครื่องไปข้างหน้า

- ชุดปักดำ (Planting mechanism) เป็นอุปกรณ์ปักดำแบบดัดกล้า (Planting hole) โดยจะตัดกล้าออกจากแถว กลไกทำงานของอุปกรณ์ปักดำเป็นแบบก้านข้อเหวี่ยง (Crank)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ป้อนต้นกล้า (Rubber feeding roller) เป็นลูกกลิ้งยาง 2 ลูกมีช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง เพื่อให้แถวต้นกล้าเคลื่อนตัวเข้ามาหาชุดปักดำจากการหมุนของลูกกลิ้ง

- สกีฐานรอง (Skid assembly) มักจะเป็นกระดานแผ่นเดียวยาวตั้งแต่ส่วนหัวถึงส่วนท้าย ทำหน้าที่รองรับเครื่องและเพื่อการเลื่อนตัวไปข้างหน้า

- ถาดใส่ต้นกล้า (Seeding tray) อยู่ทางด้านหน้าเพื่อให้แถวของต้นกล้าเคลื่อนตัวเรียงต่อๆ กันมา

- ล้อขับ (Wheel) นอกจากทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของเครื่องแล้วยังทำหน้าที่ส่งกำลังจากการหมุนไปให้ชุดปักดำ

- เฟืองขับ (Sprocket) เป็นเฟืองที่ติดอยู่กับล้อด้านหนึ่ง รับการหมุนจากล้อผ่านโซ่ส่งกำลังขับไปยังห้องเกียร์อีกที

- ปุ่มปรับอุปกรณ์ป้อนต้นกล้า (Feeding roller handle) เป็นปุ่มสำหรับปรับความห่างของลูกกลิ้งที่จะป้อนต้นกล้าเข้าไปได้มากหรือน้อยได้

- ห้องเกียร์ (Gear box) ห้องเกียร์จะทดกำลังแล้วส่งกำลังผ่านโซ่ไปขับชุดปักดำให้เกิดการทำงาน

4) ส่วนประกอบของเครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตาม

ส่วนประกอบของเครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตามมีส่วนประกอบค่อนข้างซับซ้อนละเอียดอ่อนและบอบบาง ดังนั้นการใช้งานจึงควรเป็นไปด้วยความนุ่มนวล การได้รู้จักกับส่วนประกอบของเครื่องดำนาจะทำให้ผู้ใช้เพิ่มความรอบคอบและระมัดระวังในการใช้มากขึ้น ส่วนประกอบหลักของเครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตามมีดังนี้

- ทุ่นสกี (Float) เป็นส่วนประกอบที่อยู่ส่วนล่างสุดของเครื่องสัมผัสกับผิวหน้าดินโดยตรง ทุ่นสกีทำหน้าที่รองรับน้ำหนักทั้งหมดของเครื่อง ทุ่นสกีมีอยู่ 2 ถึง 3 ทุ่น ทุ่นสกีทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เช่น พลาสติก หล่อเป็นรูปคล้ายเรือหรือกระดานสกี ภายในเป็นโพรงหรือกลวง ด้านหน้างอนขึ้น เพื่อลดการต้านทานของดินเลนขณะเคลื่อนตัวไปข้างหน้า ทุ่นสกียังเป็นจุดต่อสัญญาณ(Load sensing) ที่ใช้ระบบกลไกและระบบไฮดรอลิกในการควบคุมระดับความลึกในการปักดำ

- เครื่องยนต์(Engine) เครื่องยนต์ที่ใช้กับเครื่องดำนาส่วนมากเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เนื่องจากมีน้ำหนักเบา เครื่องยนต์ส่วนมากเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยอากาศ ถ้าเป็นเครื่องดำนาแบบปักดำ 2 แถวจะใช้เครื่องยนต์ขนาด 1 – 2 แรงม้า หากเป็นเครื่องดำนาแบบปักดำ 4 แถวจะใช้เครื่องยนต์ขนาด 2 – 2.5 แรงม้า การสตาร์ตติดเครื่องยนต์เป็นแบบกระชากเชือกหมุนกลับได้ (Recoil starting)

- ระบบบังคับเลี้ยว(Travelling device) กำลังที่ได้รับจากเครื่องยนต์จะส่งต่อมายังห้องเฟืองส่งกำลังหรือห้องเกียร์ มีระดับของเกียร์ให้เลือกใช้งานอยู่อย่างน้อย 3 เกียร์ คือเกียร์เดินหน้าเกียร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกียร์เดินหน้าเบอร์ 2 และเกียร์ถอยหลัง กำลังจากห้องเกียร์จะแยกออกเป็น 2 ข้างเพื่อส่งกำลังไปยังคลัตช์บังคับเลี้ยว(Steering clutch) ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา โดยมีก้านบีบคลัตช์อยู่ที่มือจับสำหรับการควบคุมเครื่องข้างละอัน เมื่อบีบก้านบีบคลัตช์ข้างใดข้างหนึ่งแล้ว ก็จะทำให้ข้างนั้นถูกตัดกำลังที่จะส่งไปขับที่ล้อข้างนั้นล้อจึงหยุดหมุนและเกิดการเลี้ยวขึ้นได้ คลัตช์บังคับเลี้ยวเป็นคลัตช์แบบ Jaw clutch เหมือนกับคลัตช์ที่ใช้กับรถไถเดินตาม กำลังที่ออกจากคลัตช์บังคับเลี้ยวจะผ่านไปให้เพลาขับทั้งสองข้าง ที่เพราขับมีเฟืองขับเพื่อขับโซ่ไปขับเฟืองของเพลาล้อ ซึ่งจะเกิดจุดหมุนที่เพลาขับ จึงทำให้ล้อเป็นอิสระในการลอยตัว สามารถปรับความสูงและต่ำได้ เมื่อถูกบังคับด้วยกลไก ล้อเป็นกงเหล็กหุ้มด้วยยางแข็งมีครีบอยู่โดยรอบเพื่อช่วยในการฉุดตัวและเกิดแรงต้านกับดินเลน ความเร็วที่ใช้ในขณะทำการปักดำอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.7 เมตรต่อวินาที

- อุปกรณ์ส่งกำลังของชุดปักดำ(Power transmission device) กำลังจากเครื่องยนต์ส่วนหนึ่งจะถูกแยกออกและส่งกำลังไปให้กับชุดปักดำที่ด้านหลังโดยผ่านโซ่ กำลังจากเครื่องยนต์เริ่มจากชุดคลัตช์(Jaw clutch หรือ slip clutch) จะทำหน้าที่เป็นคลัตช์นิรภัยจะตัดกำลังเมื่อเกิดการขัดข้องที่ชุดปักดำ ชุดคลัตช์นิรภัยประกอบด้วยเฟืองขับและสปริงกดคลัตช์ซึ่งสามารถปรับความตึงของสปริงได้ เฟืองขับจะขับโซ่ส่งไปขับชุดปักดำให้ทำงาน ชุดคลัตช์นิรภัยจะทำการตัดกำลังด้วยการหมุนลื่นฟรีบนจานคลัตช์อีกตัว เมื่ออุปกรณ์ปักดำ เช่น ส้อมปักดำ หรือนิ้วคีบกระทบกับหินหรือก้อนกรวดหินค้างอยู่ที่ส้อมปักดำ ถ้าเกิดการหมุนฟรีบ่อยให้ปรับความตึงของสปริงคลัตช์ให้ตึงอีก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายไม่ให้เกิดขึ้นกับชุดปักดำ ชุดคลัตช์นิรภัยจะตัดกำลังจากเครื่องยนต์ไม่ให้ส่งไปยังชุดปักดำ

- ชุดปักดำ(Transplanting portion) จัดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องดำนาเพราะการปักดำต้นกล้าจะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับชุดปักดำ ชุดปักดำมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการปักดำอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดจะใช้กับต้นกล้าต่างกัน ชุดปักดำประกอบด้วยกลไกและส่วนประกอบที่สลับซับซ้อนมากยากต่อการทำความเข้าใจได้ง่าย ชนิดของอุปกรณ์ปักดำแบ่งออกได้ดังนี้

1) อุปกรณ์ปักดำชนิดเฉือนตัด(Cutting tine) จะใช้กับต้นกล้าที่ถูกตัดมาเป็นแถวยาวโดยอุปกรณ์ชนิดนี้จะเฉือนดินที่รากต้นกล้าและหนีบไว้แล้วจึงทำการดำ ต้นกล้าที่ใช้กับอุปกรณ์ชนิดนี้จะต้องเพาะกล้าเป็นแถวยาว(Continous strip seeding) ซึ่งมีการใช้กล้าแบบนี้กันระยะแรกๆ ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้กัน

2) อุปกรณ์ปักดำชนิดนิ้วคีบ อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้กับต้นกล้าแบบแผ่น โดยนิ้วคีบทั้งสองข้างจะคีบจับต้นกล้าออกมาจากช่องปล่อยต้นกล้าแล้วทำการปักดำและคายนิ้วออกเพื่อปล่อยต้นกล้าให้จมอยู่กับดิน มีกลไกในการทำงานไม่ซับซ้อนมาก

3) อุปกรณ์ปักดำชนิดนิ้วจับและก้านดัน(Crank tine) มีกลไกการทำงานที่ซับซ้อน โดยมีนิ้วจับ 2 นิ้วทำหน้าที่คีบจับต้นกล้าออกมาจากช่องปล่อยต้นกล้าแล้วปักลงในดิน จากนั้นก้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันที่อยู่ระหว่างกลางนิ้วทั้งสองจะดันต้นกล้าให้หลุดออกจากนิ้วคีบจับและดันให้ต้นรากจมดิน จัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์ปักดำที่มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุดเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป ใช้เป็นกล้าแผ่น

4) อุปกรณ์ปักดำชนิดปากคีบ ลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบางสองอันคล้ายๆ คีมคีบถ่าน ซึ่งจะทำหน้าที่คีบต้นกล้าจากช่องปล่อยต้นกล้าแล้วปักดำลงในดิน จากนั้นจะปล่อยต้นกล้าก่อนกลับคืนเข้าสู่ตำแหน่งเดิม

5) อุปกรณ์ปักดำชนิดใช้กับกล้าแท่งหรือกล้าหลุม อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้กับกล้าที่เพาะในกระบะหลุม โดยด้านล่างของกระบะมีรู เพื่อให้ก้านกระทุ้งดันต้นกล้าให้ออกจากหลุมได้ จากนั้นอุปกรณ์ปักดำจะพาแท่งกล้าลงปักดำ กล้าแท่งเป็นที่นิยมใช้กันน้อยแต่ก็ใช้ได้ดีกับดินทราย สิ้นเปลืองแรงงานและเวลาค่อนข้างมากในการเตรียมกล้า

- ระบบควบคุมความลึกในการปักดำ (Planting depth control system) จัดเป็นระบบที่มีความสำคัญระบบหนึ่งของเครื่องดำนา จะทำหน้าที่ในการรักษาระดับความลึกในการปักดำให้มีความลึกสม่ำเสมอกันตลอดพื้นที่ปักดำ ส่วนประกอบของระบบควบคุมความลึกในการปักดำได้แก่ ระบบไฮดรอลิกและทุ่นสกี โดยทุ่นสกีทำหน้าที่พยุงและลอยตัวไปตามผิวหน้าเลน แต่ล้อไม่สามารถลอยอยู่บนผิวหน้าเลนได้ มันจะจมลงไปถึงชั้นดินดานด้วยน้ำหนักของเครื่องที่กดตัวลง ชั้นดินดานจะประกฏอยู่ในระดับความลึกต่างกัน ดังนั้นการลอยตัวหรือการจมลงของล้อจึงขึ้นอยู่กับระดับความลึกของชั้นดินดาน การลอยตัวของล้อและการจมของล้อจะทำให้ความลึกในการปักดำที่ได้แตกต่างกันออกไป เพื่อเป็นการรักษาระดับความลึกในการปักดำระบบไฮดรอลิกจึงทำหน้าที่ควบคุมให้ล้อถูกยกขึ้นหรือจมลงได้ โดยจะได้รับสัญญาณ(Load sensing) มาจากทุ่นสกี กลไกในการส่งสัญญาณจะต่อมาจากทุ่นสกีไปยังลิ้นควบคุมทิศทางการไหลของระบบไฮดรอลิกเปิดทางให้น้ำมันเข้าไปในกระบอกไฮดรอลิก ก็จะส่งผลให้ล้อถูกยกขึ้นหรือวางลง สามารถปรับตำแหน่งของจุดต่อสัญญาณที่ทุ่นสกีได้ตามสภาพของดิน

- อุปกรณ์ป้อนต้นกล้า(Seedling supply portion) ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ถาดรองรับแผ่นกล้า(Seedling tray) ลูกกลิ้งเลื่อนแผ่นกล้า(Seedling feeding roller) ช่องปล่อยต้นกล้า(Seedling plate) เหล็กหนีบแผ่นกล้า(Seedling stay) ถาดรองรับแผ่นกล้าเป็นแผ่นโค้งลง ทำให้แผ่นกล้าเลื่อนลงมาได้ง่าย ไม่ว่าจะมีแผ่นกล้าอยู่บนถาดกี่แผ่นก็ตาม ถาดรองรับแผ่นกล้าจะกั้นเป็นร่องสำหรับแผ่นกล้าแต่ละแผ่นเท่ากับจำนวนชุดปักดำ โดยที่ถาดรองรับแผ่นกล้าจะเลื่อนไปมาในแนวราบ เพื่อให้ต้นกล้าทุกต้นในแผ่นกล้าถูกจับออกมาปักดำได้หมดทั้งแผ่นลูกกลิ้งเลื่อนแผ่นกล้าจะพาให้แผ่นกล้าเลื่อนลงมาในแนวดิ่ง เหล็กหนีบแผ่นกล้าเป็นโครงลวดสปริงจะช่วยหนีบไม่ให้แผ่นกล้าหลุดออกจากถาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

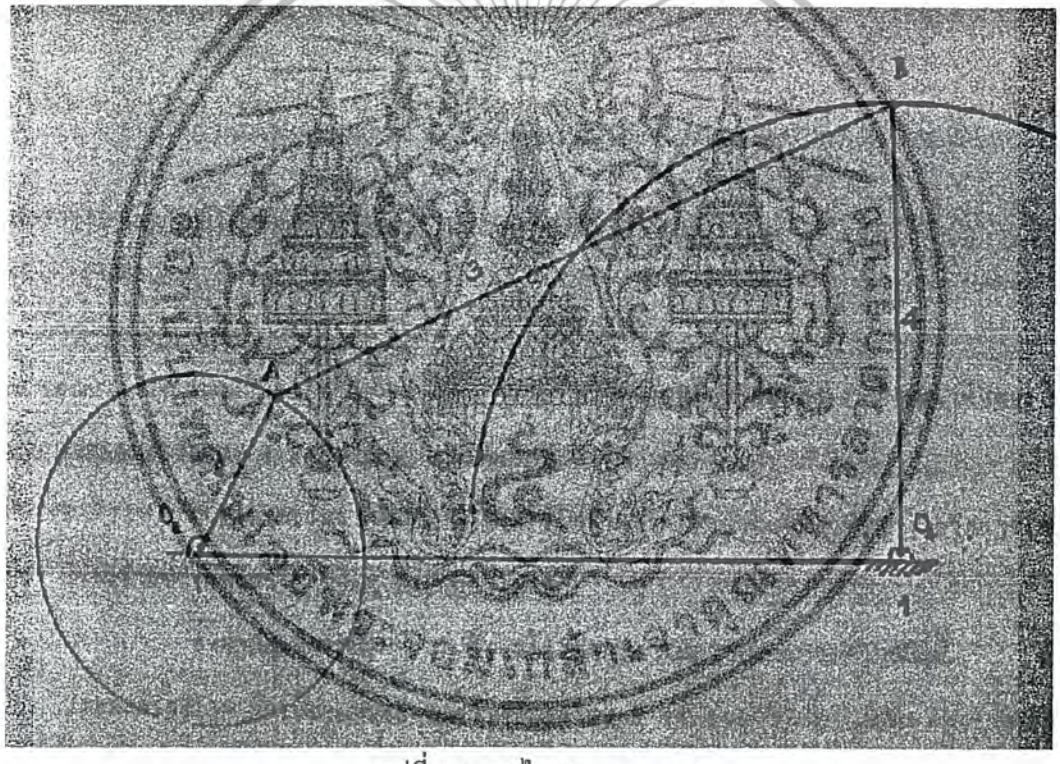
2.2 หลักการเกี่ยวกับกลไกการปลูก

ทฤษฎีและหลักการของ Linkages(Mabie,Reinholtz)

Linkages เป็นกลไกมูลฐานอย่างหนึ่ง ซึ่งมีมากมายหลายประเภท แต่ที่นำมาใช้ในการออกแบบชุดหัวจับต้นกล้าของเครื่องดำนา เป็นกลไกประเภท Four-bar-linkage

Four-bar-linkage

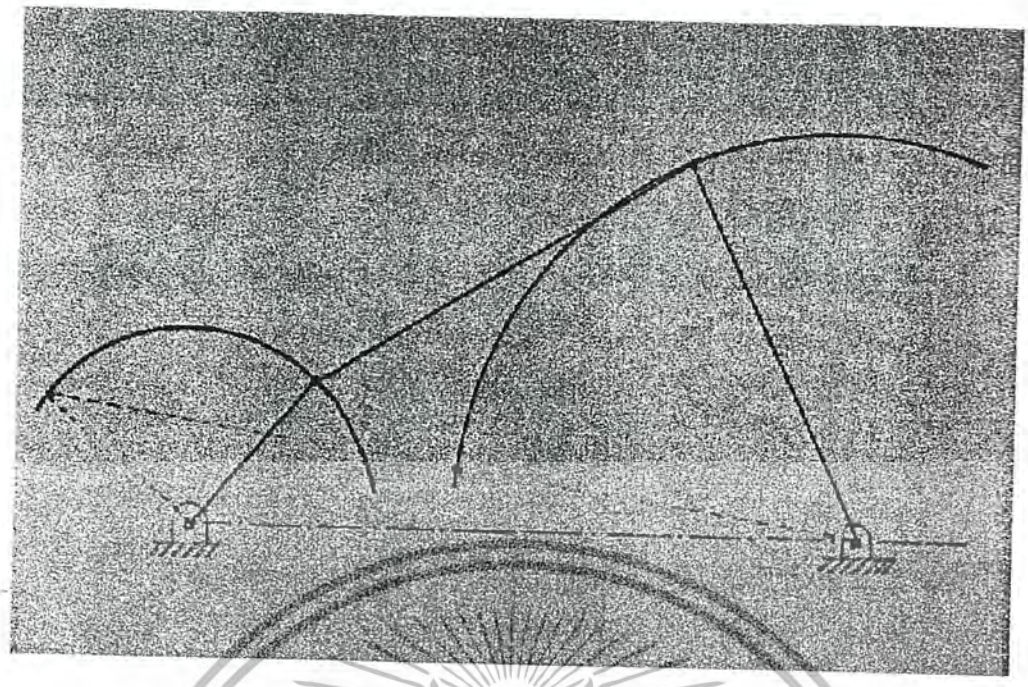
กลไกชนิดนี้เป็นกลไกแบบง่ายๆ และมีประโยชน์มากชนิดหนึ่ง ประกอบไปด้วยชิ้นต่อโยง 4 ชิ้นดังรูป ชิ้นต่อโยงอยู่กับที่ (Frame or Ground) ชิ้นต่อโยง 2 เป็นตัวขับซึ่งอาจหมุนได้รอบหรือเคลื่อนที่กลับไปกลับมา(Oscillate) ก็ได้และจะทำให้ตัวตาม 4 เคลื่อนที่กลับไปกลับมาหรือหมุนได้รอบโดยขึ้นอยู่กับความยาวของชิ้นต่อโยงต่าง มีชิ้นต่อโยง 3 เป็นตัวส่งผ่านการเคลื่อนที่ทั้งนี้บางครั้งอาจจะใช้ชิ้นต่อโยง 4 เป็นตัวขับและชิ้นต่อโยง 2 เป็นตัวตามก็ได้



รูปที่ 2.5 กลไก Four-bar-linkage

ในกรณีชิ้นต่อโยง 2 ซึ่งเป็นตัวขับหมุนได้รอบ จะไม่เกิดการติดขัด(Linkage Locking) แต่ถ้าชิ้นต่อโยง 2 เคลื่อนที่กลับไปกลับมาอาจเกิดการติดขับ ที่เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Dead Points ตำแหน่งปลายสุด ซึ่งเกิดเมื่อแนวส่งผ่านการเคลื่อนที่อยู่ในแนวเดียวกับชิ้นส่วนต่อโยง 4 ที่เป็นตัวตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กลไก Four-bar-linkage ที่เกิด Dead Points

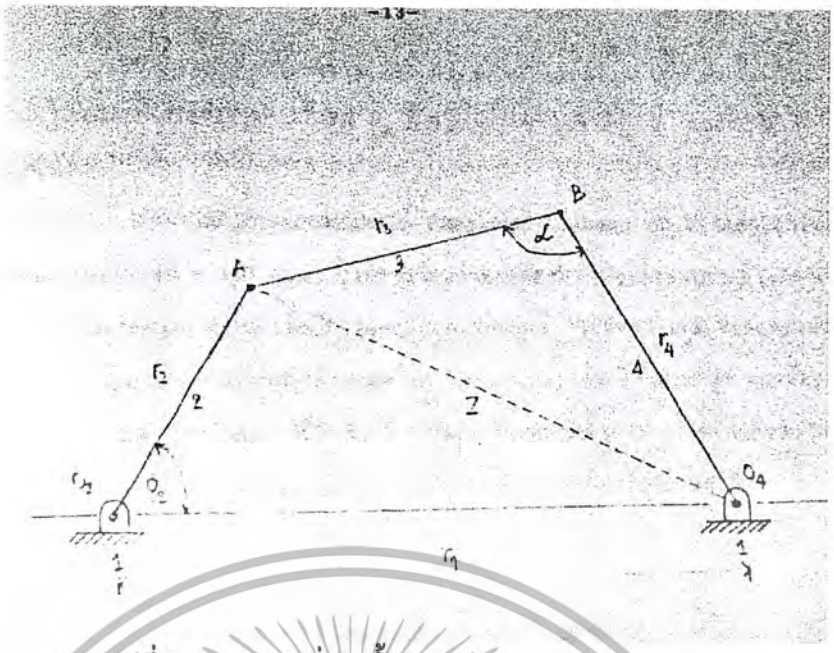
Dead Points จะเกิดขึ้นเหมือนกันถ้าเปลี่ยนให้ชิ้นต่อโยง 2 ซึ่งหมุนได้รอบเป็นตัวตามและชิ้นต่อโยง 4 เคลื่อนที่กลับไปกลับมาเป็นตัวขับ

เมื่อกลไกเกิดการติดขัด อาจจะใช้ล้อช่วยแรง (Flywheel) ช่วยให้กลไกการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งติดขัดหรือ Dead Points ไปได้

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งจะต้องพิจารณาในการออกแบบกลไกชนิดนี้ คือมุม Transmission ซึ่งเป็นมุมกระทำระหว่างชิ้นต่อโยง 3 (Connecting Like or Coupler) และตัวตาม 4

พิจารณากลไกในรูป 2.3 มุม Transmission คือ มุม α ค่าของมุม Transmission หาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงมุมที่เกิดขึ้นในกลไก Four-bar-linkage

นำกฎของ Cosines (Law of Cosines) มาใช้กับ Δ_{AOO} และ Δ_{ABO}

$$Z^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2 r_1 r_2 \cos \Phi_2 \qquad (1)$$

$$Z^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2 r_3 r_4 \cos \alpha \qquad (2)$$

สมการ (1) = (2) ;

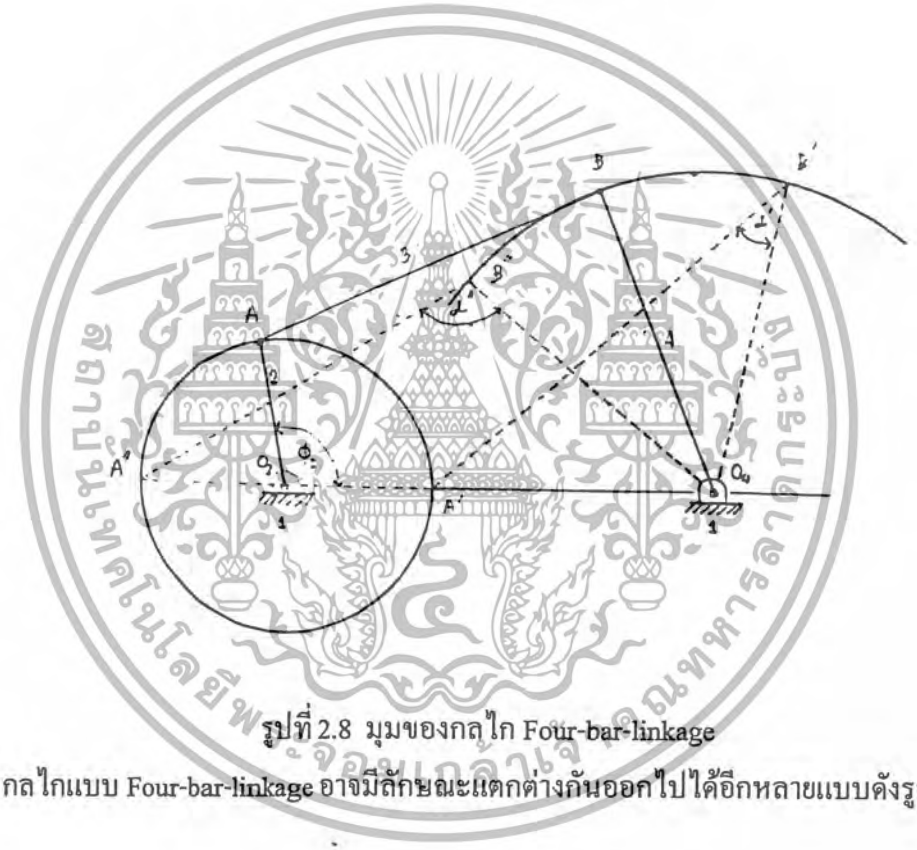
$$r_1^2 + r_2^2 - 2 r_1 r_2 \cos \Phi_2 = r_3^2 + r_4^2 - 2 r_3 r_4 \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - r_3^2 - r_4^2 - 2 r_1 r_2 \cos \Phi_2}{- 2 r_3 r_4} \qquad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสัมพันธ์ในสมการ (3) ค่าของมุม Transmission (α) ขึ้นอยู่กับความยาวของชิ้นต่อโยงทั้งสี่ของกลไกรวมทั้วมุม ϕ_2 ซึ่งเป็นมุมระหว่างตัวขับ 2 และชิ้นต่อโยง 1 ในตำแหน่งนั้น

โดยทั่วไปในการออกแบบกลไก Four-bar-linkage มุม Transmission จะมีค่าขึ้นอยู่ระหว่าง 40-140 องศา ถ้ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าช่วงที่กล่าวมาแล้วโอกาสที่กลไกจะเกิดการติดขัดมีมาก ดังนั้น เมื่อมีการออกแบบกลไกชนิดนี้ ควรจะตรวจมุม Transmission ด้วยรูป 2.8 เป็นการแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งที่มุม Transmission มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดของกลไก Four-bar-linkage ที่มีตัวขับ 2 ตัวหมุนได้รอบและตัวตาม 4 เคลื่อนที่กลับไปกลับมาโดย α" และ α' เป็นมุม Transmission ที่มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดตามลำดับ

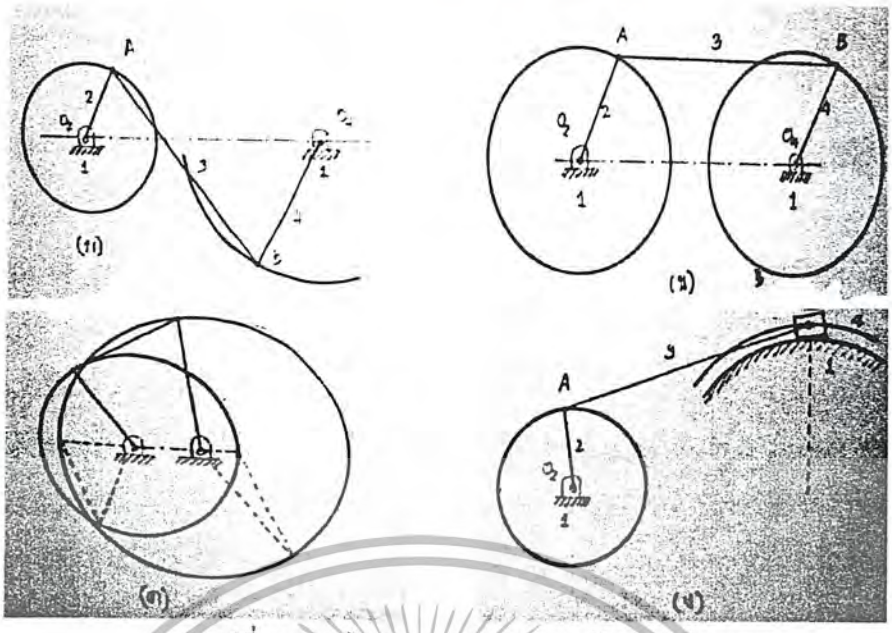


รูปที่ 2.8 มุมของกลไก Four-bar-linkage

กลไกแบบ Four-bar-linkage อาจมีลักษณะแตกต่างกันออกไปได้อีกหลายแบบดังรูป 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 กลไก Four-bar-linkage ลักษณะต่างๆ

กลไกในรูป 2.9 ก. ตัวขับ 2 หมุนได้รอบและตัวตาม 4 เคลื่อนที่กลับไปกลับมาโดยที่ตัวตาม 4 กลับมาอยู่ด้านล่าง แทนที่จะอยู่ด้านบนตามปกติ

กลไกดังรูป 2.9 ข. ชิ้นต่อโยงที่อยู่ตรงข้ามกันและอยู่ในลักษณะขนานกันเสมอ โดยที่ตัวขับและตัวตามหมุนได้รอบ

ตัวขับและตัวตามดังในรูปที่ 2.9 ค. ก็หมุนได้รอบเช่นเดียวกัน โดยที่ถ้าตัวขับ 2 หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ ตัวตาม 4 จะหมุนด้วยความเร็วไม่คงที่ เพื่อไม่ให้เกิดการติดขัดในการเคลื่อนที่ของกลไกแบบนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของชิ้นต่อโยง ต้องเป็นดังนี้

$$O_2A > O_2O_4$$

$$O_4B_2 > O_2O_4$$

$$(O_2A - O_2O_4) + AB > O_4B$$

$$(O_4B - O_2O_4) + O_2A > AB$$

สำหรับกลไกในรูปที่ 2.9 ง. ตัวตาม 4 ซึ่งเคลื่อนที่กลับไปกลับมามีลักษณะเป็น Sliding Block ที่เคลื่อนไปบนผิวโค้งในขณะที่ตัวขับ 2 หมุนได้รอบ

กลไก Four-bar-linkage แบ่งเป็น 3 ประเภท จากลักษณะการเคลื่อนที่ของตัวขับและตัวตามดังกล่าว คือ

1. ตัวขับหมุนได้รอบ และตัวตามเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเรียกว่า Crank Rocker
2. ตัวขับและตัวตามหมุนได้รอบ เรียกว่า Double Crank
3. Double Rocker เมื่อตัวตามและตัวขับเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61842

กฎของ **Grashoff** ช่วยให้สามารถแยกแยะประเภทของกลไก Four-bar-linkage ได้พิจารณาขนาดของชิ้นต่อโยงต่างๆ ดังนี้

1. ถ้าผลบวกของความยาวของชิ้นต่อโยงที่ยาวที่สุดและสั้นที่สุดมากกว่าผลบวกของชิ้นต่อโยงที่เหลือ กลไกนั้นจะเป็นประเภท Double Rocker

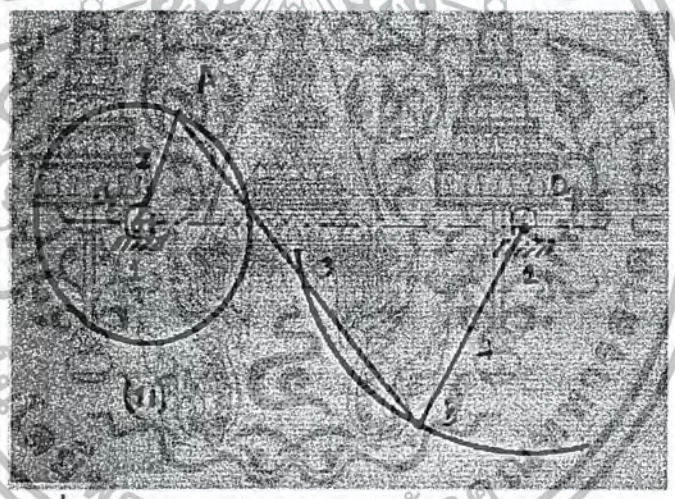
2. ถ้าผลบวกของความยาวของชิ้นต่อโยงที่ยาวที่สุดและสั้นที่สุด น้อยกว่าหรือเท่ากับผลบวกของความยาวที่เหลือ กลไกนั้นจะเป็นประเภทไหน ขึ้นอยู่กฎเกณฑ์ดังนี้ คือ

ก. Crank Rocker ถ้าชิ้นต่อโยงที่สั้นที่สุดเป็นตัวขับ และชิ้นต่อข้างเคียง (Adjacent Links) ทั้งสองชิ้น ชิ้นใดชิ้นหนึ่งเป็นชิ้นต่อโยงที่อยู่กับที่

ข. Double Rocker เมื่อชิ้นต่อโยงที่สั้นที่สุดเป็นชิ้นที่อยู่กับที่

ค. Double Rocker เมื่อชิ้นต่อโยงที่อยู่ตรงข้ามชิ้นต่อโยงที่สั้นที่สุด เป็นชิ้นต่อโยงที่อยู่กับ

จากระบบกลไกของชุดอุปกรณ์ปักคำที่ได้นำมาได้กับเครื่องดำนาขนาด 2 หัวปลูกแบบติดรถไถเดินตาม มีระบบกลไกลเป็นแบบ Crank Rocker



รูปที่ 2.10 แสดงกลไกการทำงานของระบบ Crank Rocker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่อง

3.1 แนวการออกแบบและสร้างเครื่องดำนาแบบ 2 หัวปลูก

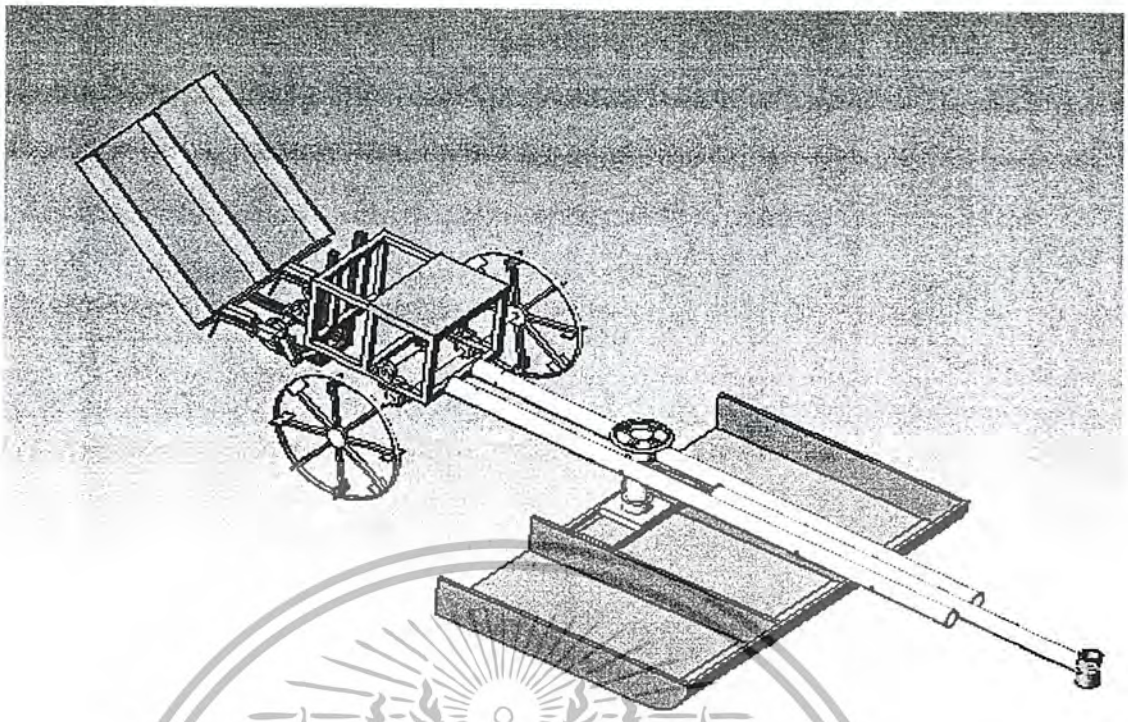
- วัสดุที่ใช้ในการผลิตสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด
- มีกลไกการทำงานไม่ซับซ้อน
- มีต้นทุนในการผลิตไม่สูง
- มีความคงทนแข็งแรง

3.2 การออกแบบเครื่องดำนาแบบ 2 หัวปลูก

ได้ทำการออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องดำนาขนาด 2 หัวปลูกแบบติดรถไถเดินตาม (รูปที่ 3.1) มีส่วนประกอบได้แก่

1) ชุดหัวจับกล้า
2) ล้อขับ
3) ถาดบรรจุต้นกล้า
4) ชุดเฟืองส่งถ่ายกำลัง
5) โครงของเครื่อง
6) สกี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

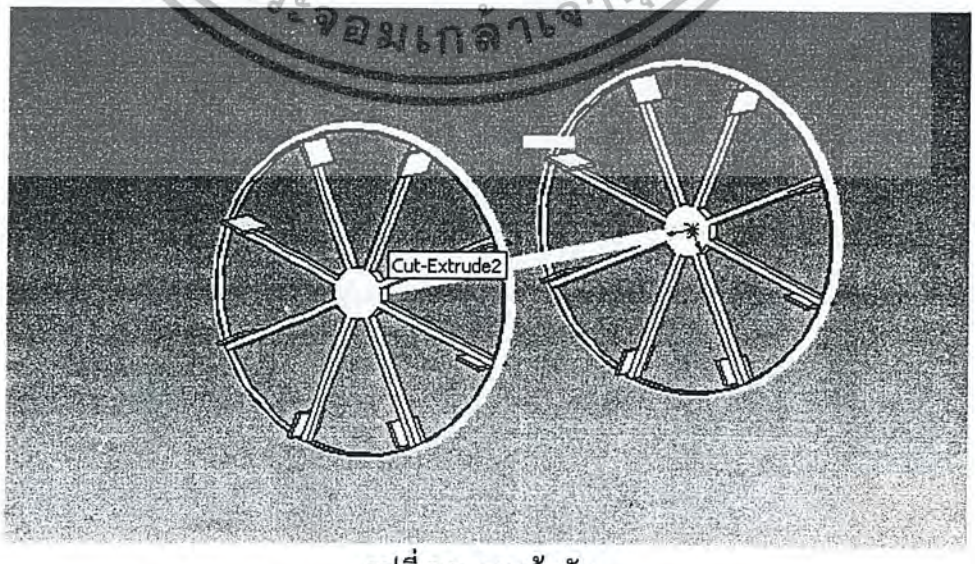


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเครื่องดำนาแบบติดรถไถเดินตามขนาด 2 หัวปลูก

หลักในการออกแบบเครื่องดำนา

1) ล้อขับ

เนื่องจากเครื่องดำนาเป็นแบบ 2 หัวปลูก เบื้องต้นจะใช้ขนาดของล้อขับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม มีซี่ล้อ 8 ซี่ บริเวณตรงซี่ล้อจะมีแผ่นเหล็กเชื่อมติดไว้ทุกซี่ เพื่อลดการเกิด slip ในขณะที่ล้อเคลื่อนที่บริเวณครีบจะสามารถเปลี่ยนขนาดแผ่นครีบได้

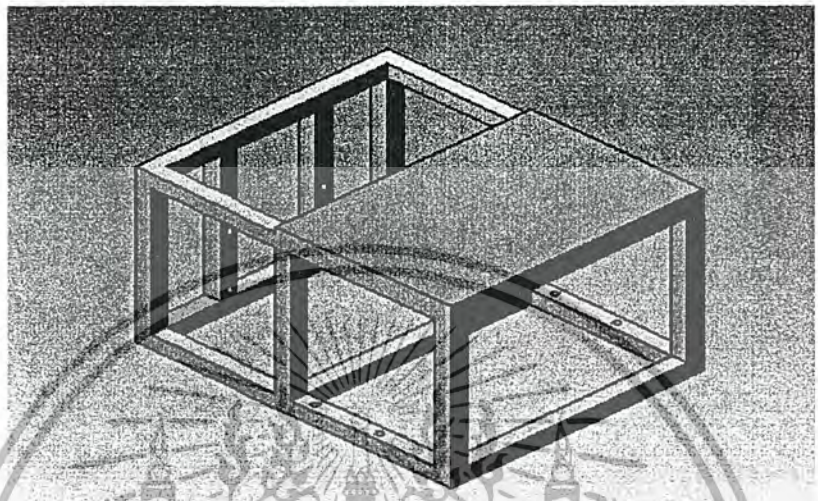


รูปที่ 3.2 ภาพล้อขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โครงของเครื่อง

การออกแบบโครงจะต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมกับส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องโดยโครง จะต้องแข็งแรงคงทน มีน้ำหนักไม่มากเกินไป และจะต้องออกแบบให้สามารถติดตั้งชิ้นส่วนอื่นๆ ได้อย่างสัมพันธ์กัน



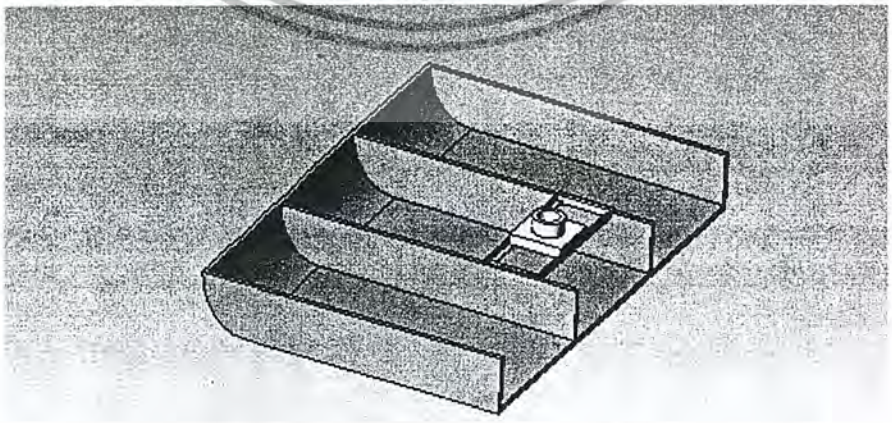
รูปที่ 3.3 ภาพการออกแบบโครงเครื่อง

3) สกี

การออกแบบสกีนั้นจะเป็นการนำเอาสกีที่มีอยู่แล้วนำมาใช้งานเพราะสามารถทำงานได้ดีในสภาพดินเลน และจะมีตัวปรับระดับของสกี

ประโยชน์ของตัวสกี

- สกีจะต้องสามารถปรับระดับพื้นที่ให้เรียบก่อนจะทำการปลูกกล้า
- เป็นตัวพยุงเครื่องดำนาไม่ให้จมดินเลน
- ช่วยปาดหน้าดินให้เรียบและรีดน้ำออกจากแนวปลูกก่อนที่เครื่องจะทำการปลูกกล้า

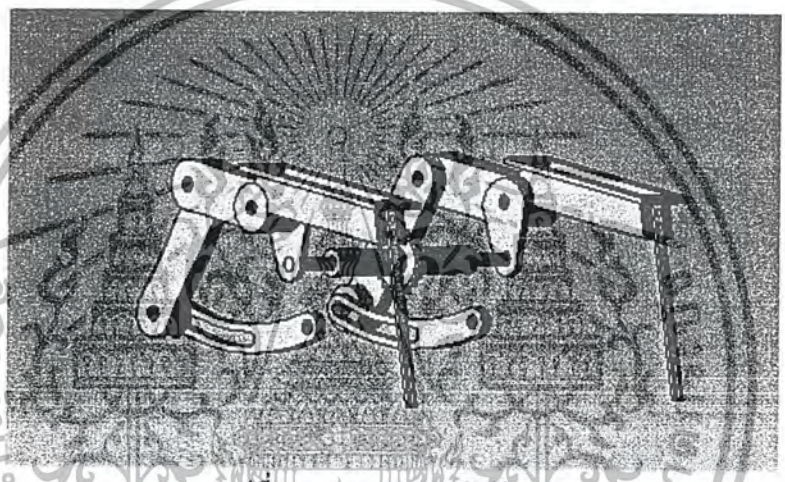


รูปที่ 3.4 ภาพลักษณะของสกี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ชุดหัวปลูกกล้า

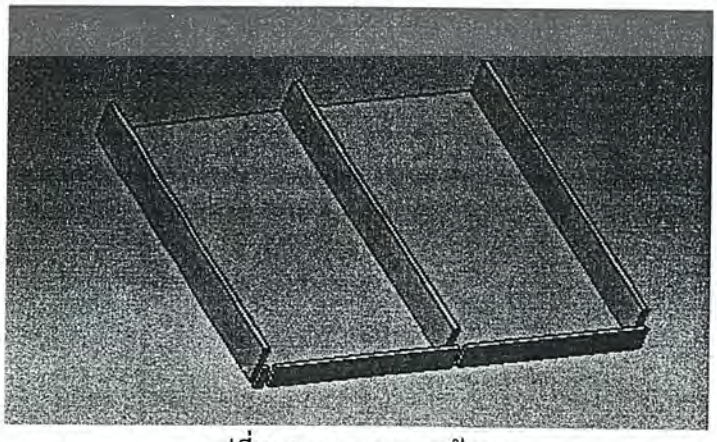
จะประกอบไปด้วย ตัวยันกล้า หัวจับต้นกล้า จะจับต้นกล้าในลักษณะคีบลงในดินเลน ซึ่งระบบเหล่านี้จะเป็นกลไกเกี่ยวกับแขนปลูก ของเครื่องดำนา โดยเป็นที่เข้าใจกันว่านิ้วมือของคนเราเปรียบเสมือนกลไกการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว การหมุนของข้อเหวี่ยง การกลับไปกลับมาของข้อเหวี่ยง โดยที่ต้องมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน จากการศึกษาและสังเกตของผู้ทำโครงงานเครื่องดำนาที่ใช้ในประเทศไทยเรานั้น เป็นเครื่องดำนาที่นำเข้ามาจากต่างประเทศทั้งสิ้น เช่น ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน เกาหลี เป็นต้น ดังนั้นผู้ทำโครงงาจึงได้ใช้หลักการของเครื่องดำนาแบบญี่ปุ่นเป็นต้นแบบในการออกแบบระบบชุดหัวปลูกกล้า



รูปที่ 3.5 ภาพของชุดหัวปักดำ

5) ถาดใส่ต้นกล้า

เพื่อใส่ต้นกล้าเป็นแผ่นให้เลื่อนลงไปรออยู่ที่ช่องจ่ายต้นกล้า ถาดใส่ต้นกล้าสามารถเคลื่อนตัวไปมาได้ เพื่อให้ต้นกล้าแต่ละต้นได้รับการปักดำจนหมดถาด

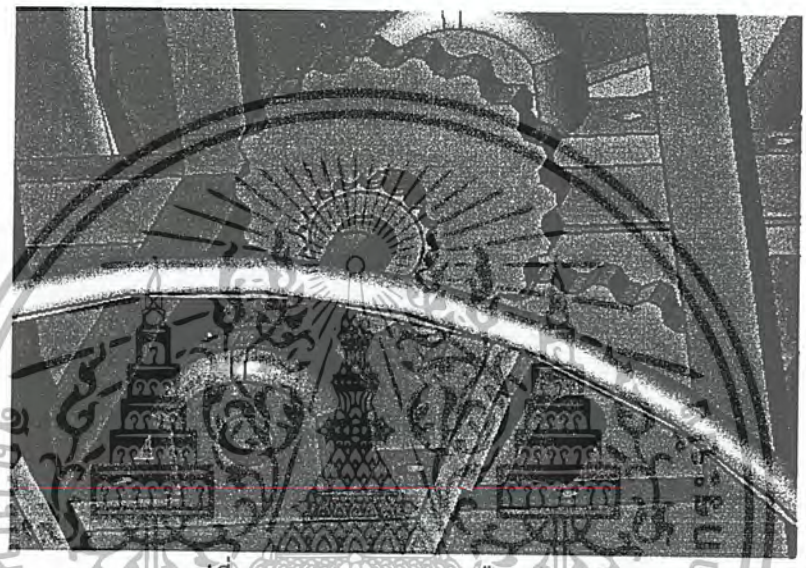


รูปที่ 3.6 ภาพของถาดป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ชุดส่งกำลังจากล้อขับ

ชุดส่งกำลังจากล้อขับจะทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังที่เกิดจากการหมุนของล้อขับ โดยจะมีเฟืองขับและเฟืองตาม เฟืองขับต่ออยู่แกนเพลาเดียวกับล้อขับส่วนเฟืองตามจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่าเฟืองขับเพราะต้องการอัตราการทดรอบที่ทำให้หัวจิกทำการปักดำโดยเว้นระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 30 เซนติเมตร โดยหัวจิกจะรับกำลังมาจากเพลาเดียวกับแกนตามโดยมีโซ่เป็นตัวถ่ายทอดกำลัง



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงระบบเฟืองส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า-ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

เป็นการหาแรงบิดที่ใช้ในการทำงานของเครื่องดำนาขนาด 2 หัวปลูก เพื่อศึกษาแรงบิดเบื้องต้นที่ใช้ในการทำงานของเครื่องดำนาขนาด 2 หัวปลูก โดยมีอุปกรณ์ประกอบด้วย น้ำหนักที่นำมาใช้ถ่วงและเครื่องชั่งโดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ทำการทดลองวัดหาค่าทอร์คของเครื่องดำนา ที่ระยะความฝืด 3 ระดับ โดยแต่ละระดับความฝืดทำการทดลองทั้งหมด 5 ซ้ำ การวัดจะทำโดยนำน้ำหนักมาถ่วงที่ล้อของเครื่องดำนา น้ำหนักที่ถ่วงต้องทำมุมตั้งฉาก 90 องศากับซี่ของล้อ ถ่วงน้ำหนักจนล้อเริ่มมีการเคลื่อนที่ นำน้ำหนักที่ทำให้ล้อเคลื่อนที่มาชั่ง ทำการบันทึกค่าจนครบระดับความฝืด 3 ระดับ

2. นำน้ำหนักที่ชั่งได้ในแต่ละระดับความฝืดมาหาค่าทอร์ค จากสูตร

$F = m \times g$

m = น้ำหนักที่ชั่งได้ (KG)

$g = 9.81\ m/s^2$

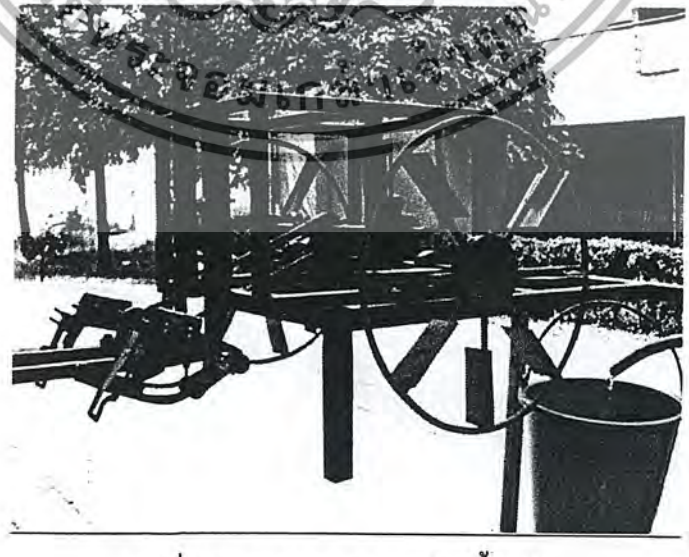
F = แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่(นิวตัน)

นำค่า F ที่ได้มาหา ทอร์ค

$T = F \times R$

R = รัศมีของล้อ(0.25 เมตร)

T = ทอร์คที่เกิดขึ้น(นิวตัน*เมตร)



รูปที่ 4.1 การทดลองการถ่วงน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ทอร์คที่วัดได้ที่ระดับความฝืดต่าง ๆ

ซ้ำ	ทอร์คที่ได้(นิวตัน*เมตร)				
	ติดชุดหัวปัก 2 หัวปัก	no fiction	friction1	friction2	friction3
1	9.197	3.280	9.197	17.290	33.109
2	9.197	3.541	10.350	17.781	29.430
3	11.649	2.918	9.320	15.941	34.335
4	11.036	3.475	9.565	16.309	33.845
5	8.706	4.562	8.584	16.751	34.948
เฉลี่ย	9.957	3.555	9.403	16.814	33.133

4.2 การทดลองในภาคสนาม

เป็นการเปรียบเทียบขนาดของครีบที่เปลี่ยนไปมีผลต่อ % การลื่นไถลหรือไม่โดยมีอุปกรณ์

1. รถไถเดินตามขนาด 7 แรงม้า
2. เทปวัดระยะทาง
3. แผ่นครีบ 4 ขนาด ได้แก่ 3x3 นิ้ว,4x3 นิ้วแนวตั้ง,4x3 นิ้วแนวนอน, 5x3 นิ้ว
4. cone plumb

โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ทำการวัดค่าระดับความลึกโดย ใช้ cone plumb ปล่อยจากระดับความสูง 1 เมตร เหนือผิวดิน ลงในดินเพื่อวัดระดับความลึกของดินเลน

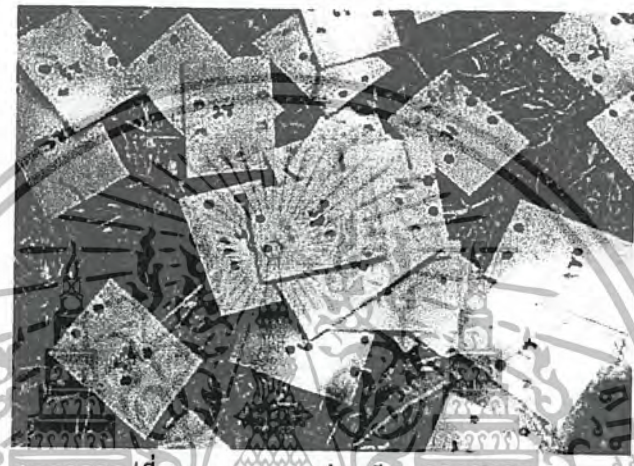
รูปที่ 4.2 ภาพแสดงการวัดความลึกโดยใช้ cone plumb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

** ระดับความลึกที่เหมาะสม ดินจะมีแรงยึดเหนี่ยวต้นกล้าให้ตั้งตรงได้ ต้นกล้าไม่ล้มง่ายและไม่จมลงหายไป

2. นำเทปเมตรทางวัดระยะที่จะทำการทดลองระยะทางที่ทำการทดลอง ระยะ 15.7 เมตร ทำสัญลักษณ์ที่จุดเริ่มต้นและจุดท้ายสุดที่จะทำการวัด

3. ทำการทดลองวัดหา % slip โดยทำการนับรอบของล้อเครื่องดำนาทั้งแต่ผ่านจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดการวัด ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นทำการเปลี่ยนแผ่นครีบ มีทั้งหมด 4 ขนาด ได้แก่ 3x3 นิ้ว,4x3 นิ้วแนวตั้ง,4x3 นิ้วแนวนอน, 5x3 นิ้ว แต่ละแผ่นครีบทำการทดลองนับจำนวนรอบ 3 ซ้ำ



รูปที่ 4.3 ภาพของแผ่นครีบขนาดต่างๆ

4. ทำการคำนวณหา % Slip ที่เกิดขึ้น โดยหาจากการนับจำนวนรอบแล้วแปลงมาเป็นระยะทาง

สูตรการหา % Slip

$$\% \text{ Slip} = (L_1 - L_2) * 100 / L_1$$

% Slip = % การลื่นไถล

L_1 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้บนพื้นดินปกติ

L_2 = ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้บนผิวดินในแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การทดลองภาคสนามของชุดทดลอง

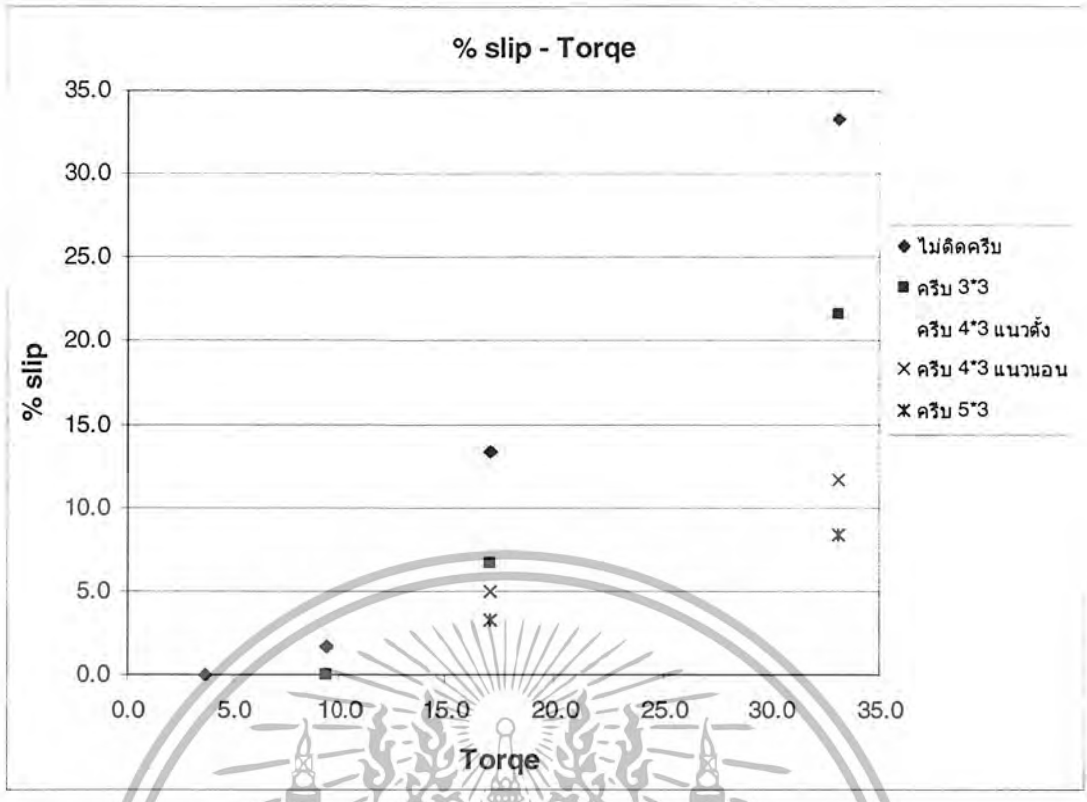
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองในการทดลองภาคสนาม

ชนิดแผ่นครีบ	no friction	friction1	friction2	friction3
ไม่ติดครีบ	0.00	1.67	13.33	33.33
3*3	0.00**	0.00	6.67	21.67
4*3 แนวตั้ง	0.00**	0.00**	5.00	13.33
4*3 แนวนอน	0.00**	0.00**	5.00	11.67
5*3	0.00**	0.00**	3.33	8.33

หมายเหตุ ค่าที่ใส่เครื่องหมาย ** เป็นค่าที่ไม่ได้ทำการทดลอง เพราะค่า% slip ของครีบก่อนหน้านั้นมีค่า % slip มีค่าน้อยจนไม่สามารถวัดค่าได้

: friction3 › friction2 › friction1 › no friction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % slip – Torqe

สรุปผลการทดลอง

ในครีบชนิดเดียวกัน ค่าเปอร์เซ็นต์การลื่นไถลแปรผันตรงตามค่าแรงบิดที่เพิ่มขึ้น คือยิ่งค่าแรงบิดมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การลื่นไถลก็จะยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ที่ค่าแรงบิดเดียวกัน ครีบที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การลื่นไถลน้อยกว่าครีบที่มีขนาดเล็กกว่า

จากภาคผนวก ค. ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD จะพบว่าที่ค่าแรงบิดเดียวกัน ครีบ 4*3 แนวตั้ง และ ครีบ 4*3 แนวนอน จะมีค่าเปอร์เซนต์การลื่นไถลไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแรงบิดที่ใช้ในการขับชุดดำนาแบบ 2 หัวปลูก เบื้องต้นประมาณ 9.96 นิวตันเมตร ที่ความฝืดต่างระดับกันค่าของแรงบิดที่ได้มีค่าแตกต่างกัน โดยถ้าความฝืดมีค่ามากขึ้นเท่าใด แรงบิดก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยแสดงว่าแรงบิดแปรผันตรงกับความฝืด

จากผลการทดลองในภาคสนามที่ระดับความฝืดเดียวกัน แผ่นครีบยิ่งมีขนาดใหญ่จะทำให้ % slip ลดลง เช่นการผลการทดลอง ที่ แรงบิด 16.814 N-m จะเห็นว่าล้อที่ไม่ติดแผ่นครีบ เลยจะมี % Slip สูงสุด คือ13.33 % ทำให้สรุปได้ว่า การเพิ่มขนาดของแผ่นครีบมีผลทำให้ระยะ slip มีค่าลดลงและจากการสังเกตที่ขนาดครีบ 4x3 แนวตั้ง กับ 4x3 แนวนอน % slip ที่ได้ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการวางแนวของครีบที่ต่างกันไม่มีผลต่อ % slip เกิดขึ้นแต่ทั้งนี้แผ่นครีบจะต้องจมดินเลน

กำหนดให้กำลังที่ใช้ขับชุดหัวปลูกเมื่อมีชุดหัวปลูกเพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้น เช่นจาก 2 เป็น 4 หัวปลูก กำลังที่ใช้ขับจะมีขนาดเป็น 2 เท่า จากการทดลองหาแรงบิดที่ใช้ในแบบ 2 หัวปลูกมีค่า 9.957 นิวตันเมตร ดังนั้นถ้าเป็น 4 หัวปลูก จะมีค่าแรงบิดเป็น 16.814 นิวตันเมตร

ในการพัฒนาเครื่องดำนาถ้ามีจำนวนหัวปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 4 หัวปลูก แผ่นครีบที่เหมาะสมที่จะทำให้ชุดหัวปลูกทำงานได้ควรจะมีขนาด 5x3 นิ้ว เพราะมีค่าการเกิด % slip น้อยสุด

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

- สภาพดินของแปลงทดลองไม่สม่ำเสมอ บางบริเวณมีระดับน้ำสูงทำให้ไม่สามารถมองเห็นรอยของล้อ ดินในแปลงทดลองมีความเหนียวและแข็งมากทำให้รถไถเดินตามต้นกำลังเคลื่อนที่ได้ยาก
- ต้องเดินต้นกำลังรถไถเดินตามในความเร็วที่ไม่สูงไปนักเพราะผู้สังเกตจะทำการนับรอบไม่ทัน
- การทำการทดลองทำได้ช้าเพราะต้องเสียเวลาในการยกเครื่องดำนาขึ้นมาเปลี่ยนแผ่นครีบใช้เวลาในการทำงานมาก
- ระบบเบรกที่ใช้สร้างความฝืดของเครื่องนาเมื่อทำการทดลองแล้วผ้าเบรกสึกลงอาจมีผลทำให้ค่าแรงบิดที่ได้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขเครื่องดำนา

- ค่าของกำลังที่ได้จากหัวปักดำขนาด 2 หัวปลูกยังไม่รวมถึงชุดส่งกำลังของถาดป้อน
- ถ้ามีการเพิ่มหัวปักดำเป็นขนาด 4 หัวปลูกค่ากำลังที่ใช้ขับชุดหัวปลูกอาจจะไม่เป็นในลักษณะเชิงเส้นเพราะ มีขนาดหัวปลูกเพิ่มขึ้นน้ำหนักเครื่องก็จะมากขึ้นด้วย และค่าความฝืดของตัวเครื่องเองก็จะเพิ่มขึ้นด้วย
- ระบบการเลี้ยวของเครื่องดำนายังไม่ดีพอเลี้ยวได้ยากควรจะมีการทำล้อขับให้สามารถเลี้ยวได้
- การออกแบบในส่วนโครงของเครื่อง ควรที่จะคำนึงถึงความแข็งแรงเนื่องจากแรงฉุดของรถไถเดินตาม
- ในส่วนของระบบส่งกำลังควรจะมีการป้องกันในขณะทำงานเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของดินเลน

การเตรียมแปลงปักดำให้มีสภาพเหมาะสมกับการใช้เครื่องดำนา สภาพของดินจะต้องไม่เหลวหรือว่าแข็งเกินไป ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการปักดำ การเตรียมดินที่ดีผิวหน้าดินจะเป็นผลึกมีแรงยึดเหนี่ยวต้นกล้าให้ตั้งตรงได้ ต้นกล้าไม่ล้มง่ายและไม่จมลงหายไป ต้นกล้าจะต้องสูญหายไปน้อยที่สุด การที่จะทราบว่าดินที่เตรียมไว้เหลวมากหรือแข็งขนาดไหน สามารถตรวจสอบได้จากการใช้เครื่องมือวัดความเหลวและแข็งของดิน เครื่องมือนี้จะชี้ให้เห็นถึงความเหลวและแข็งของดิน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้คือ

1.เครื่องมือวัดความเหลวของผิวดิน (Cone plumb)

ความลึกในการจมตัวลงไปในดินของเครื่องมือจะมีความลึกอยู่ระหว่าง 8 – 12 เซนติเมตร จากปลายแหลมของกรวย ด้วยการปล่อยเครื่องมือวัดความเหลวของผิวดินที่เป็นรูปทรงกรวยปลายแหลมในระดับความสูง 1 เมตรเหนือผิวดิน น้ำหนักของกรวยแหลมมีขนาดที่ใช้ต่าง ๆ กัน เช่น 115 กรัมและ 135 กรัม โดยมีก้านจับต่อจากฐานกรวยขึ้นไป เพื่อใช้จับและปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ค่าความลึกของดิน(ซ.ม)ในรอบต่าง ๆ

Torqe 0 N-m ไม่ติดครีบ					เฉลี่ย
12.0	11.0	15.0	13.0	10.0	12.2
8.5	14.0	16.0	12.0	14.0	12.9
13.0	8.5	13.0	11.5	14.5	12.1
					12.4

Torqe 9.939 N-m ไม่ติดครีบ					เฉลี่ย
12.0	9.5	17.0	10.0	12.0	12.1
9.0	15.0	16.5	13.0	15.0	13.7
14.0	9.0	15.0	13.0	15.0	13.2
					13.0

Torqe 9.939 N-m ติดครีบ 3*3					เฉลี่ย
12.5	10.0	15.0	11.0	14.0	12.5
12.0	15.5	16.0	13.5	14.5	14.3
15.0	13.0	15.5	17.0	16.5	15.4
					14.1

Torqe 17.069 N-m ไม่ติดครีบ					เฉลี่ย
13.0	12.0	15.5	12.0	13.5	13.2
12.5	17.0	15.0	13.5	14.5	14.5
13.5	14.0	16.0	16.5	17.0	15.4
					14.4

Torqe 17.069 N-m ไม่ติดครีบ					เฉลี่ย
13.5	13.0	16.0	12.5	11.0	13.2
11.0	14.0	13.5	12.5	12.5	12.7
12.0	13.5	15.5	15.5	15.0	14.3
					13.4

Torqe 17.069 N-m ติดครีบ 3*3					เฉลี่ย
14.5	15.0	17.0	13.0	12.0	14.3
11.5	12.0	11.5	10.5	10.5	11.2
10.0	13.5	15.5	14.0	13.5	13.3
					12.9

Torqe 17.069 N-m ติดครีบ 4*3 แนวตั้ง					เฉลี่ย
15.0	16.0	17.0	13.5	14.0	15.1
12.0	13.0	11.5	12.0	11.5	12.0
9.5	13.5	15.5	15.0	13.0	13.3
					13.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Torqe 17.069 N-m ติดครีบ 4*3 แนวนอน					เฉลี่ย
15.5	15.5	17.5	13.0	14.5	15.2
14.0	15.0	13.5	14.0	12.0	13.7
13.5	14.0	16.0	15.0	13.5	14.4
					14.4

Torqe 17.069 N-m ติดครีบ 5*3					เฉลี่ย
15.5	15.5	17.5	13.0	14.5	15.2
14.0	15.0	13.5	14.0	12.0	13.7
13.5	14.0	16.0	15.0	13.5	14.4
					14.4

Torqe 33.131 N-m ไม่ติดครีบ					เฉลี่ย
13.5	14.5	14.5	15.0	11.5	13.8
14.5	14.0	15.0	14.5	13.0	14.2
14.0	15.0	17.5	15.5	15.0	15.4
					14.5

Torqe 33.131 N-m ติดครีบ 3*3					เฉลี่ย
12.5	14.0	13.5	13.0	10.5	12.7
16.0	13.0	12.0	15.5	13.5	14.0
15.0	14.5	15.0	14.5	16.5	15.1
					13.9

Torqe 33.131 N-m ติดครีบ 4*3 แนวตั้ง					เฉลี่ย
13.0	14.0	14.0	12.0	11.5	12.9
16.5	15.0	15.0	13.5	14.0	14.8
15.0	14.0	15.0	10.5	15.0	13.9
					13.9

Torqe 33.131 N-m ติดครีบ 4*3 แนวนอน					เฉลี่ย
13.0	14.0	14.0	12.0	12.5	13.1
17.0	16.0	14.5	12.5	12.5	14.5
14.0	13.0	15.5	10.0	14.5	13.4
					13.7

Torqe 33.131 N-m ติดครีบ 5*3 แนวนอน					เฉลี่ย
13.5	13.0	13.0	13.0	12.0	12.9
17.5	18.0	15.5	13.5	14.0	15.7
14.5	13.5	16.0	11.0	15.0	14.0
					14.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของดินที่ระดับต่าง ๆ

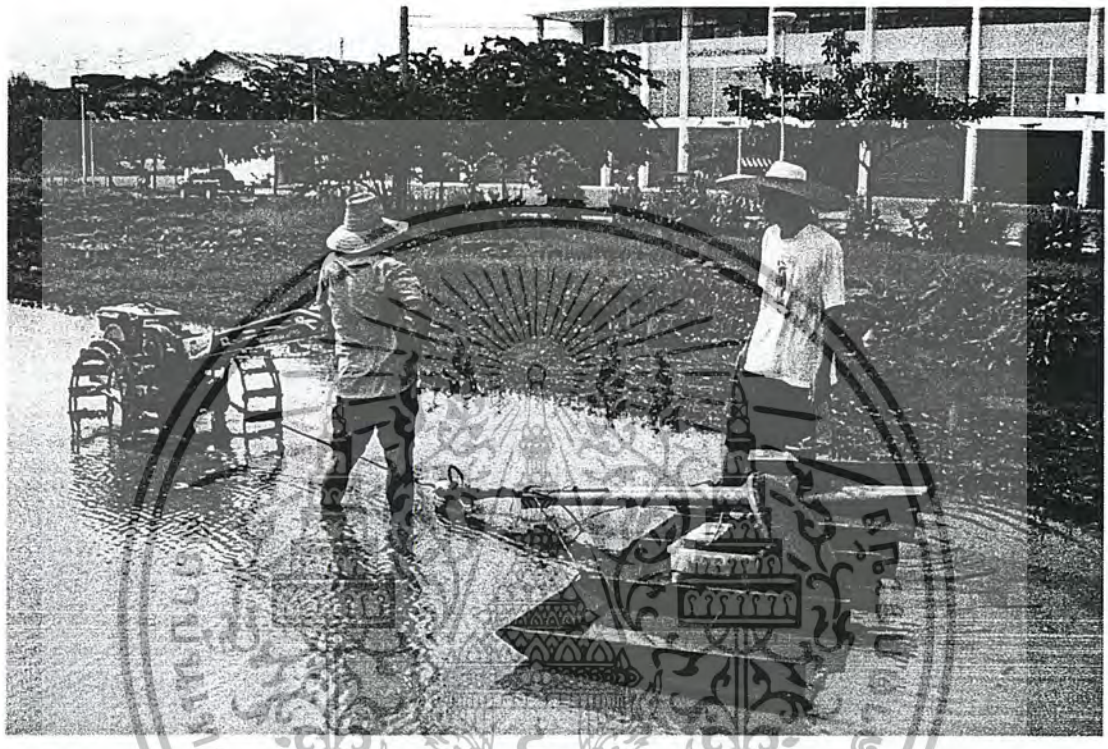
		S.D ของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ				
Torqe	ความลึกของดินเฉลี่ย	ไม่มีครีบ	3*3	4*3 แนวตั้ง	4*3 แนวนอน	5*3
0	12.4	2.230				
9.939	13.0	2.679				
	14.1		2.043			
17.069	14.4	1.727				
	13.4		1.572			
	12.9			2.034		
	13.5				2.004	
	14.4					1.361
33.131	14.5	1.302				
	13.9		1.602			
	13.9			1.575		
	13.7				1.749	
	14.2					1.925

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ค่าความต้านทานของดิน

ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของตัวสกี



จากกรูปเป็นการต่อชุดสกีกับรถไถแบบเดินตามเพื่อทำการวัดค่าแรงฉุดรากที่ใช้ในการดึงตัวสกี เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแรงฉุดลากประกอบไปด้วย

1. รถไถแบบเดินตาม กำลังฉุดลาก 5.15 KW รอบสูงสุด 2200 RPM
2. Load Cell ขนาด 200 KG
3. ชุดอุปกรณ์บันทึกข้อมูล OR
4. Strain Applifier
5. UPS
6. สายไฟและชุดต่อพ่วง
7. ชุดถ่วงน้ำหนัก ขนาด 1 KG 2 ชิ้น และ ขนาด 4 KG 2 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ทำการต่ออุปกรณ์ดังรูปแล้วให้รถไถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าโดยจะทำการบันทึกค่า ทำซ้ำ 3 ครั้งเพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

2. ต่อมาให้ทำการเพิ่มน้ำหนักสกีโดยใส่ ชุดถ่วงน้ำหนัก รวม 52 KG แล้วให้รถไถเคลื่อนที่ไปแล้วทำการบันทึกข้อมูล ทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

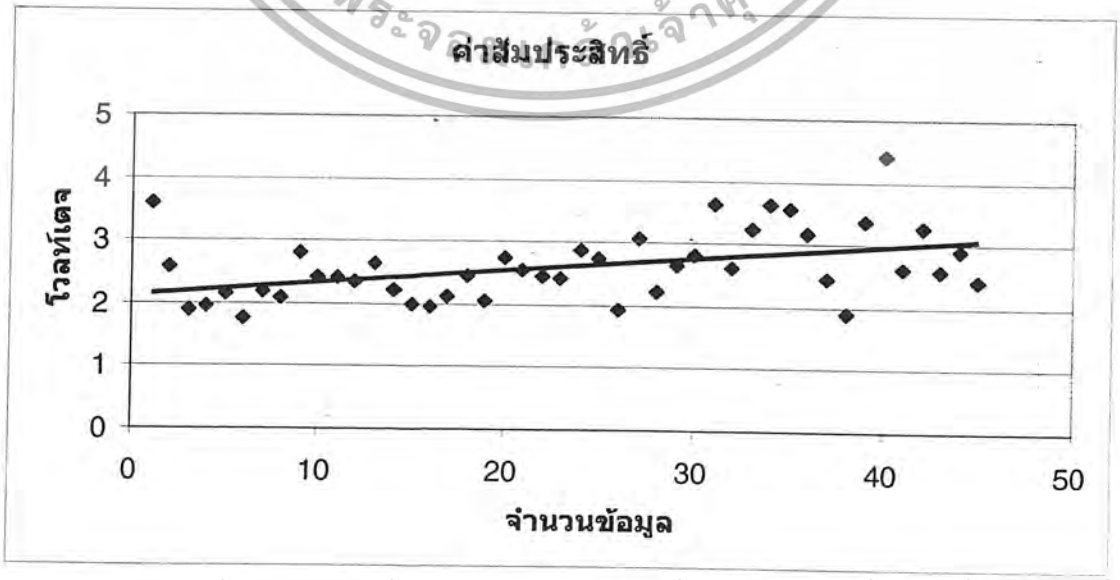
3. และสุดท้ายก็ทำการเพิ่มน้ำหนักสกีอีก โดยใส่ชุดถ่วงน้ำหนักรวมเป็น 100 KG แล้วให้รถไถเคลื่อนที่ฉุดสกีทำการบันทึกข้อมูล ทำซ้ำ 3 ครั้งนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสกี

ผลการทดลองครั้งที่ 1 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.368

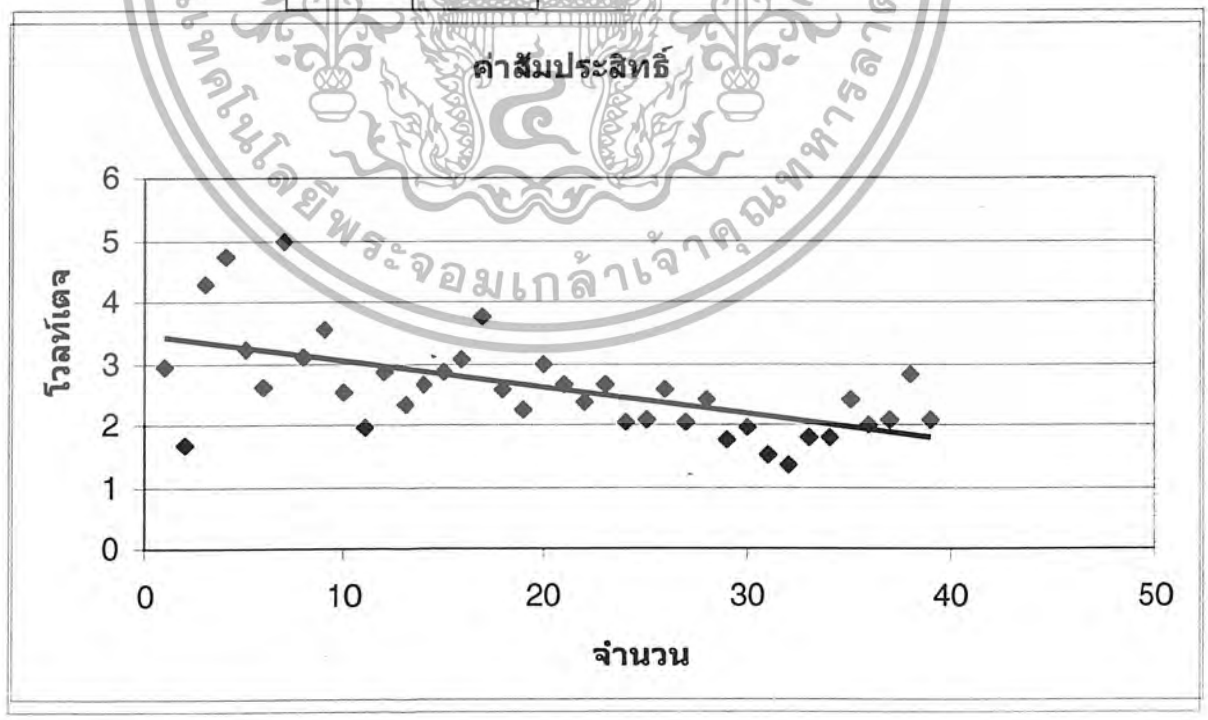
	โวลท์เตจ
1	3.584
2	2.584
3	1.896
4	1.965
5	2.145
6	1.753
7	2.185
8	2.09
9	2.799
10	2.405
11	2.409
12	2.364
13	2.635
14	2.212
15	2.004
16	1.945
17	2.139
18	2.46
19	2.054
20	2.747
21	2.561
22	2.445
23	2.404
24	2.879
25	2.732
26	1.921
27	3.069
28	2.233
29	2.631
30	2.81
31	3.622
32	2.625
33	3.234
34	3.617
35	3.56
36	3.174
37	2.455
38	1.889
39	3.365
40	4.414
41	2.614
42	3.275
43	2.567
44	2.921
45	2.421
ค่าเฉลี่ย	2.618067



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 2 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.365

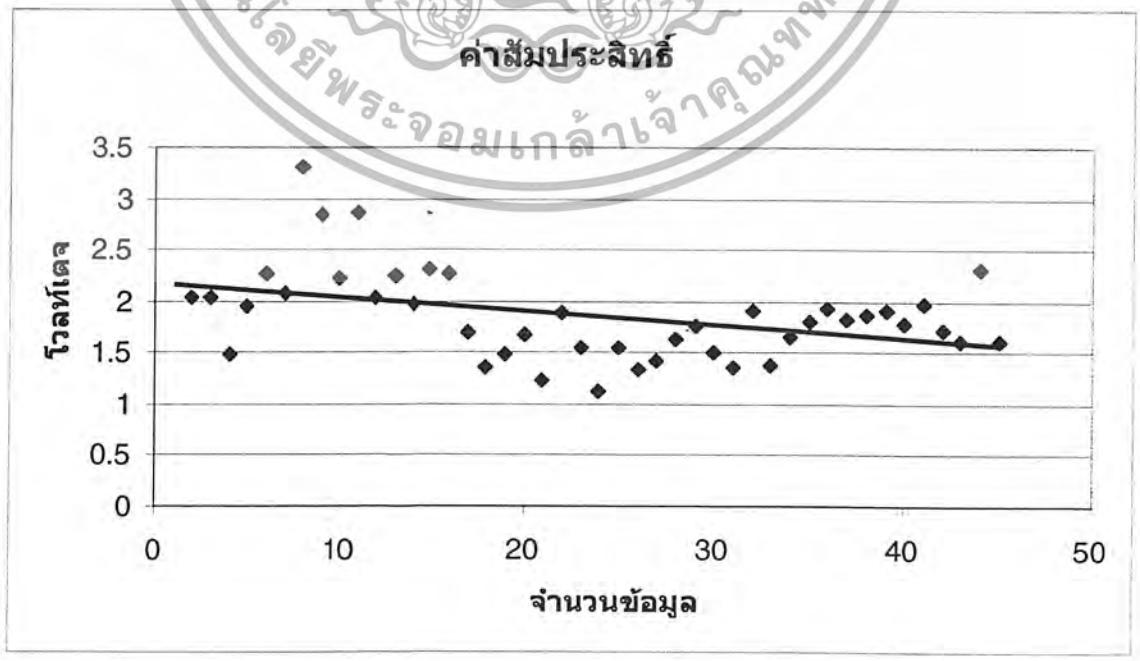
	โวลท์เตจ		
1	2.947	25	2.1
2	1.686	26	2.553
3	4.282	27	2.041
4	4.752	28	2.394
5	3.22	29	1.755
6	2.629	30	1.94
7	4.997	31	1.53
8	3.119	32	1.335
9	3.555	33	1.798
10	2.527	34	1.777
11	1.951	35	2.412
12	2.841	36	2.02
13	2.34	37	2.095
14	2.669	38	2.8
15	2.862	39	2.062
16	3.043		
17	3.741	เฉลี่ย	2.944304
18	2.567		
19	2.265		
20	2.963		
21	2.654		
22	2.349		
23	2.648		
24	2.059		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 3 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.264

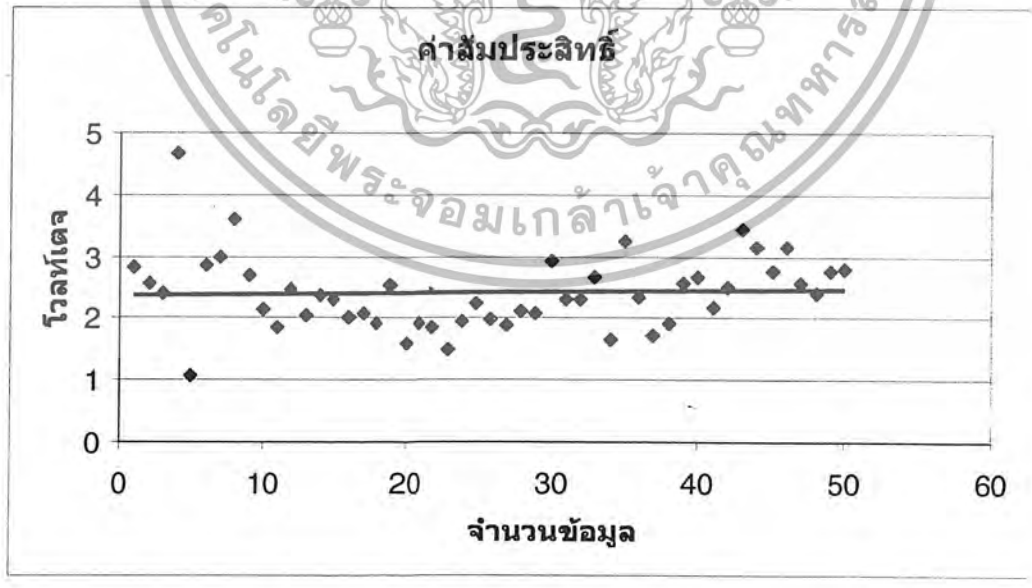
	โวลท์เตจ
1	2.033
2	2.046
3	1.484
4	1.949
5	2.277
6	2.078
7	3.306
8	2.835
9	2.229
10	2.867
11	2.041
12	2.258
13	1.964
14	2.312
15	2.26
16	1.704
17	1.354
18	1.485
19	1.669
20	1.229
21	1.895
22	1.543
23	1.114
24	1.542
25	1.34
26	1.427
27	1.623
28	1.761
29	1.508
30	1.347
31	1.908
32	1.38
33	1.652
34	1.799
35	1.931
36	1.814
37	1.86
38	1.911
39	1.787
40	1.965
41	1.725
42	1.62
43	2.306
44	1.61
45	2.41
เฉลี่ย	1.870178



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 4 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.339

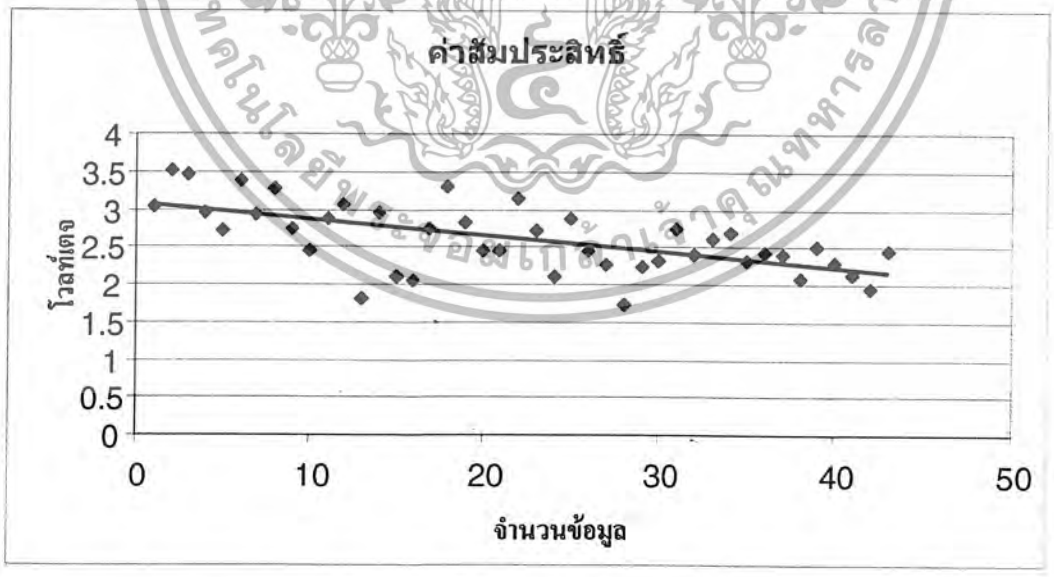
	โวลท์เตจ			
1	2.831		27	1.89
2	2.577		28	2.1
3	2.414		29	2.067
4	4.679		30	2.913
5	1.084		31	2.303
6	2.869		32	2.3
7	2.979		33	2.677
8	3.594		34	1.655
9	2.699		35	3.233
10	2.152		36	2.34
11	1.856		37	1.715
12	2.469		38	1.905
13	2.06		39	2.569
14	2.359		40	2.655
15	2.319		41	2.184
16	2.001		42	2.492
17	2.073		43	3.442
18	1.93		44	3.157
19	2.54		45	2.762
20	1.597		46	3.159
21	1.914		47	2.561
22	1.846		48	2.397
23	1.496		49	2.757
24	1.953		50	2.786
25	2.243			
26	1.973		ค่าเฉลี่ย	2.30704



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 5 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.367

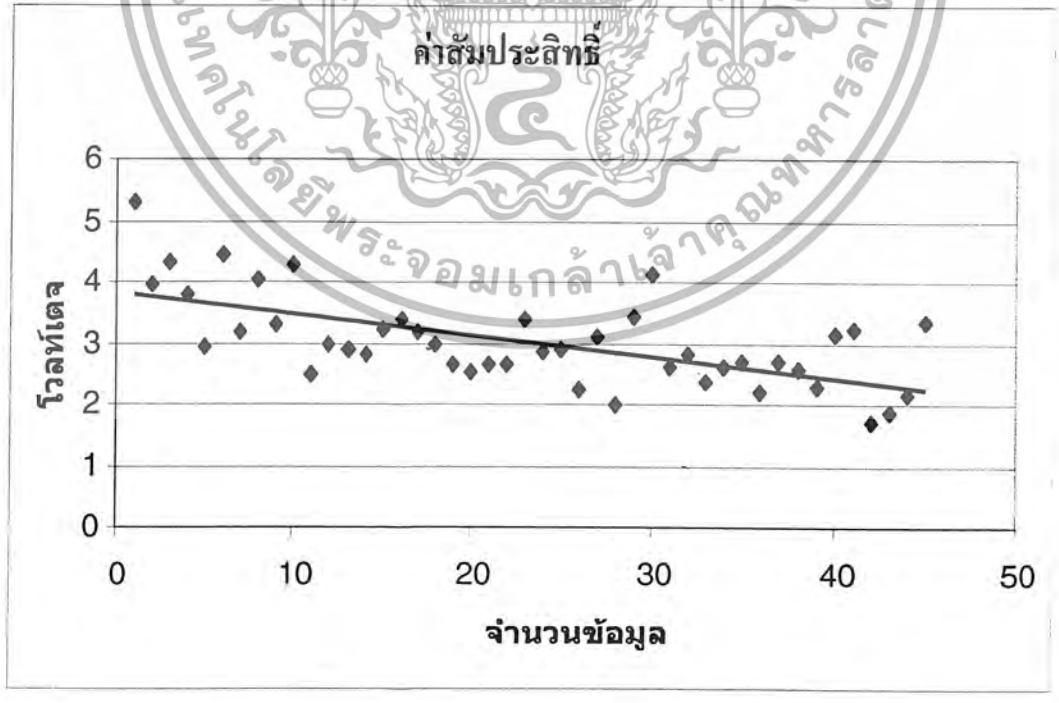
	โวลท์เตจ		
1	3.051	25	2.887
2	3.511	26	2.456
3	3.468	27	2.27
4	2.958	28	1.723
5	2.732	29	2.237
6	3.39	30	2.31
7	2.934	31	2.747
8	3.285	32	2.406
9	2.745	33	2.615
10	2.451	34	2.704
11	2.889	35	2.307
12	3.067	36	2.438
13	1.823	37	2.4
14	2.953	38	2.086
15	2.112	39	2.494
16	2.049	40	2.289
17	2.752	41	2.139
18	3.294	42	1.95
19	2.827	43	2.454
20	2.465		
21	2.449	เฉลี่ย	2.789304
22	3.155		
23	2.728		
24	2.117		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 6 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.426

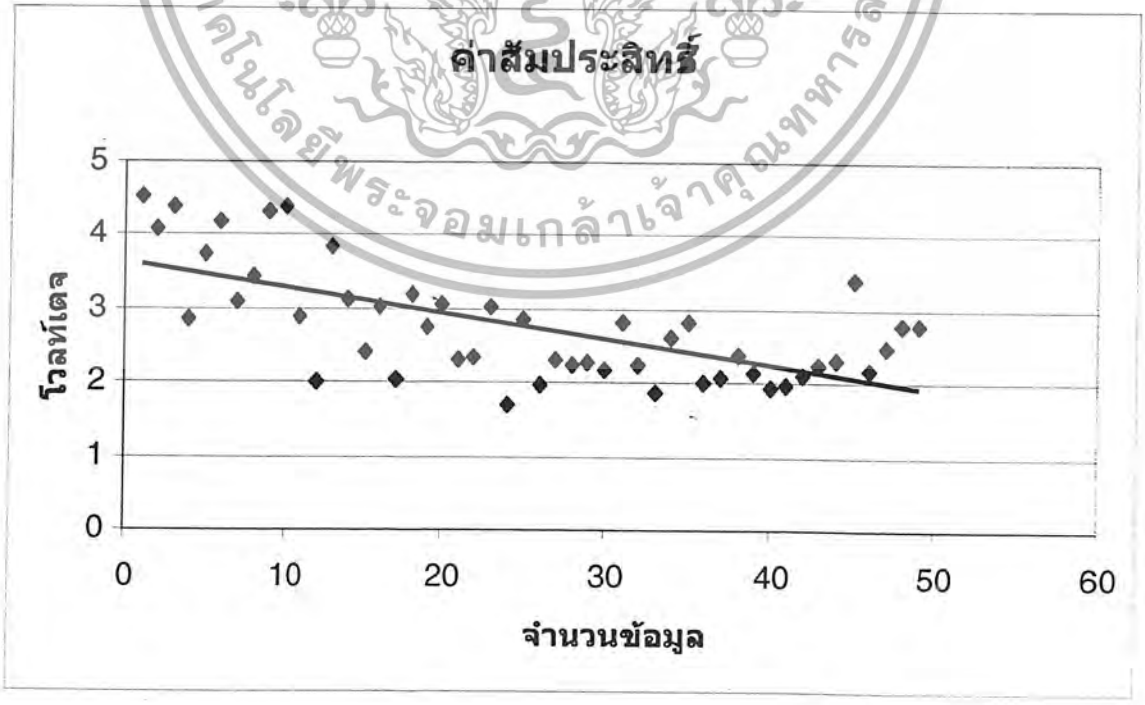
	โวลท์เดจ		
1	5.317	25	2.883
2	3.96	26	2.241
3	4.343	27	3.119
4	3.797	28	2.005
5	2.927	29	3.411
6	4.445	30	4.137
7	3.198	31	2.601
8	4.023	32	2.814
9	3.289	33	2.347
10	4.283	34	2.615
11	2.477	35	2.687
12	2.995	36	2.187
13	2.899	37	2.686
14	2.802	38	2.591
15	3.241	39	2.291
16	3.374	40	3.141
17	3.172	41	3.242
18	2.984	42	1.721
19	2.649	43	1.865
20	2.528	44	2.182
21	2.649	45	3.336
22	2.673		
23	3.374	เฉลี่ย	3.258652
24	2.867		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 7 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.389

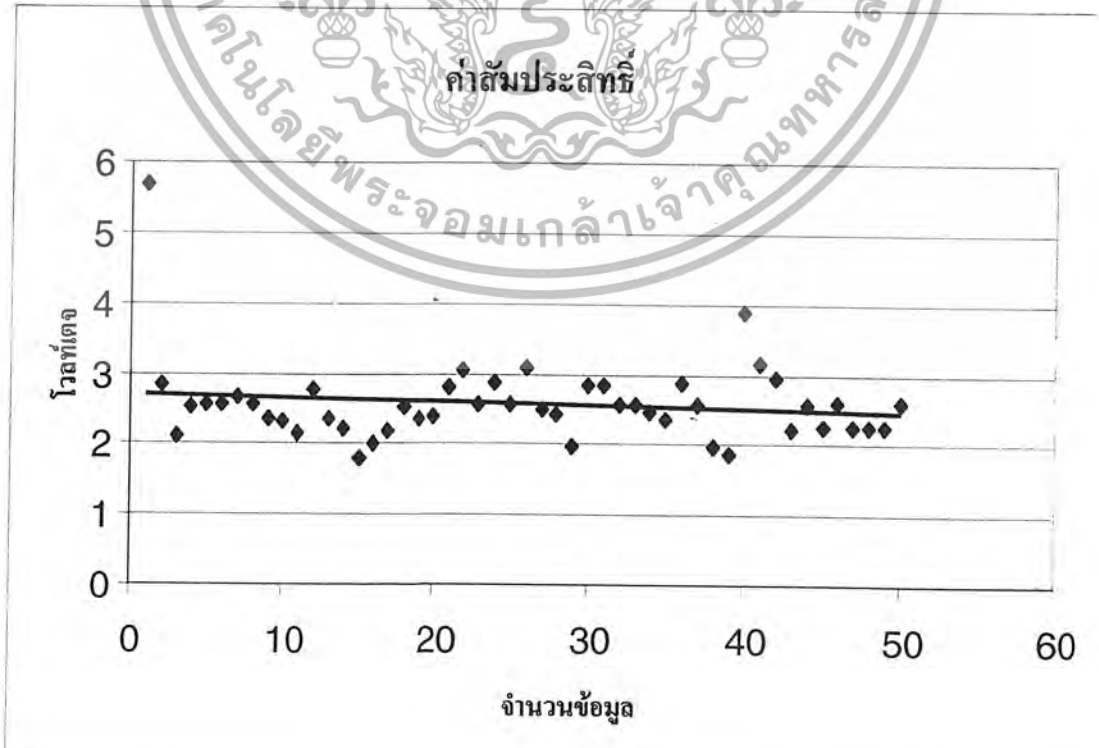
	โวลท์เตจ		
1	4.539	26	1.983
2	4.083	27	2.317
3	4.382	28	2.23
4	2.874	29	2.281
5	3.757	30	2.191
6	4.176	31	2.83
7	3.101	32	2.258
8	3.422	33	1.876
9	4.334	34	2.622
10	4.398	35	2.838
11	2.906	36	2.012
12	1.998	37	2.076
13	3.849	38	2.38
14	3.119	39	2.13
15	2.424	40	1.935
16	3.013	41	1.98
17	2.056	42	2.124
18	3.203	43	2.245
19	2.767	44	2.312
20	3.071	45	3.394
21	2.297	46	2.161
22	2.339	47	2.483
23	3.023		
24	1.715	เฉลี่ย	3.13225
25	2.867		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองครั้งที่ 8 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.365

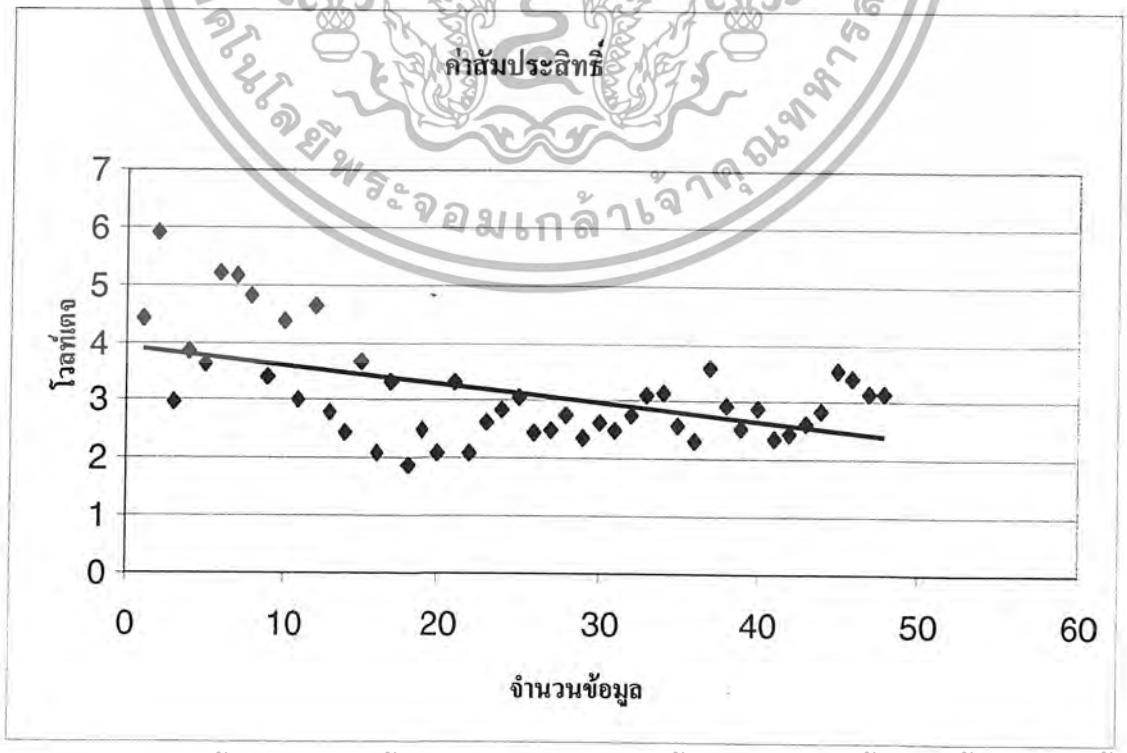
	โวลท์เดจ		
1	5.692	26	3.078
2	2.829	27	2.48
3	2.13	28	2.411
4	2.524	29	1.981
5	2.552	30	2.86
6	2.566	31	2.851
7	2.682	32	2.552
8	2.564	33	2.567
9	2.343	34	2.447
10	2.327	35	2.353
11	2.149	36	2.875
12	2.759	37	2.557
13	2.357	38	1.966
14	2.212	39	1.86
15	1.79	40	3.891
16	2	41	3.172
17	2.202	42	2.964
18	2.515	43	2.227
19	2.357	44	2.576
20	2.401	45	2.245
21	2.797		
22	3.063	เฉลี่ย	2.464875
23	2.575		
24	2.892		
25	2.571		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

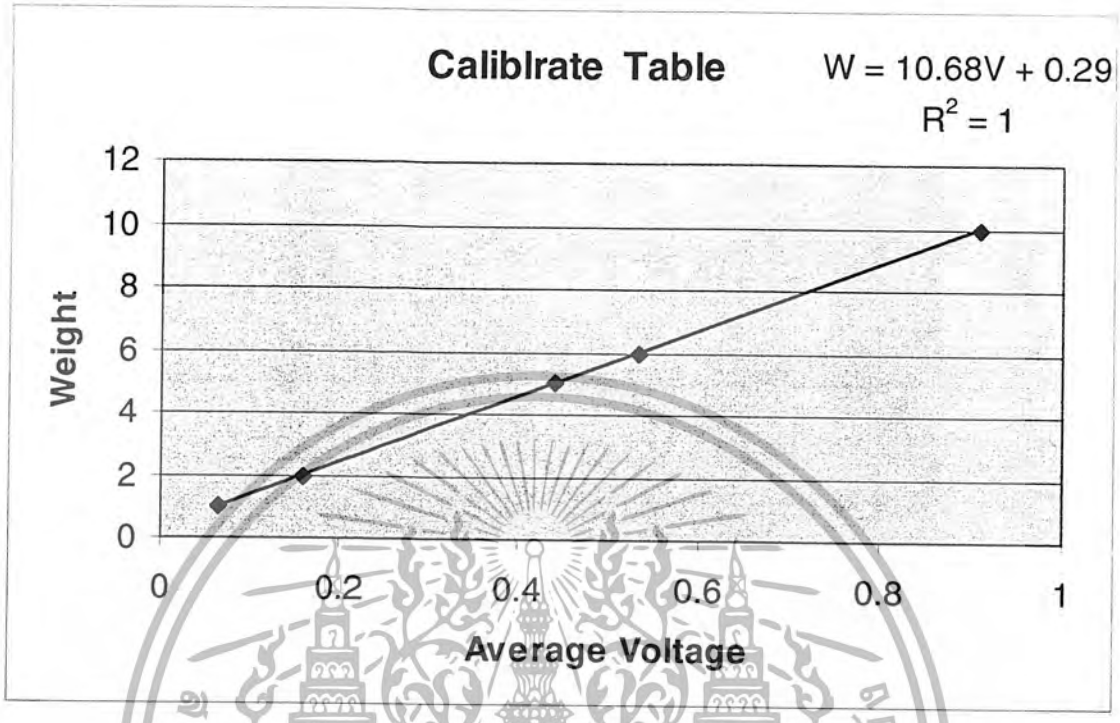
ผลการทดลองครั้งที่ 9 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.441

	โวลท์เตจ		
1	4.44	26	2.465
2	5.89	27	2.496
3	2.955	28	2.76
4	3.853	29	2.359
5	3.636	30	2.611
6	5.19	31	2.512
7	5.152	32	2.739
8	4.832	33	3.118
9	3.422	34	3.147
10	4.396	35	2.587
11	3.013	36	2.33
12	4.646	37	3.594
13	2.804	38	2.922
14	2.429	39	2.547
15	3.682	40	2.89
16	2.112	41	2.356
17	3.339	42	2.44
18	1.862	43	2.634
19	2.514	44	2.836
20	2.086	45	3.533
21	3.322	46	3.394
22	2.11		
23	2.615	เฉลี่ย	3.407125
24	2.854		
25	3.057		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 Caliblate ค่าความต้านทานของดิน



ตาราง ข.3 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน - น้ำหนักถ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการและตารางผลการทดลอง

ตาราง ค.1 เปอร์เซนต์การลื่นไถลที่ระดับทอร์คและครีบที่ต่างกัน

Torqe (N)	ซ้ำ	% Slip				
		ไม่มีครีบ	3*3	4*3 แนวตั้ง	4*3 แนวนอน	5*3
3.644	1	0.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	2	0.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	3	0.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	เฉลี่ย	0.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	S.D	0.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
9.393	1	0.00	0.00	0.00**	0.00**	0.00**
	2	5.00	0.00	0.00**	0.00**	0.00**
	3	0.00	0.00	0.00**	0.00**	0.00**
	เฉลี่ย	1.67	0.00	0.00**	0.00**	0.00**
	S.D	2.89	0.00	0.00**	0.00**	0.00**
17.069	1	15.00	5.00	5.00	5.00	0.00
	2	10.00	10.00	5.00	5.00	5.00
	3	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	เฉลี่ย	13.33	6.67	5.00	5.00	3.33
	S.D	2.89	2.89	0.00	0.00	2.89
33.133	1	35.00	25.00	15.00	10.00	5.00
	2	30.00	20.00	15.00	15.00	10.00
	3	35.00	20.00	10.00	10.00	10.00
	เฉลี่ย	33.33	21.67	13.33	11.67	8.33
	S.D	2.89	2.89	2.89	2.89	2.89

หมายเหตุ ; ค่าที่ใส่เครื่องหมาย ** เป็นค่าที่ไม่ได้ทำการทดลองเพราะที่ระดับความฝืดนั้นๆ ขนาดครีบก่อนหน้านั้นสามารถทำให้เปอร์เซนต์การลื่นไถลกลายเป็นศูนย์

ตาราง ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Anova)ของข้อมูลเปอร์เซนต์การลื่นไถลต่อทอร์ค

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Torqe	3068.333	3.000	1022.778	272.041**	0.000	4.313
% slip	635.000	4.000	158.750	42.333**	0.000	3.828
Interaction	765.000	12.000	63.750	17.000**	0.000	2.665
Error	150.000	40.000	3.750			
Total	4618.333	59.000				

** = significant at 1 % level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ของเปอร์เซนต์การลื่นไถล - ทอร์ค

df = 40 , α = 0.01 LSD = 4.073

ทอร์ค	ทรีตเมนต์ที่เปรียบเทียบ	ค่าต่าง	ค่า LSD	ข้อสรุป
17.069	A กับ B	6.667	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	A กับ C	8.333	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	A กับ D	8.333	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	A กับ E	10.000	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	B กับ C	1.667	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
	B กับ D	1.667	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
	B กับ E	3.333	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
	C กับ D	0.000	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
	C กับ E	1.667	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
	D กับ E	1.667	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
33.133	A กับ B	11.667	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	A กับ C	46.667	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	A กับ D	21.667	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	A กับ E	25.000	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	B กับ C	8.333	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	B กับ D	10.000	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	B กับ E	13.333	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	C กับ D	1.667	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
	C กับ E	5.000	4.073	แตกต่างกันทางสถิติ
	D กับ E	3.333	4.073	ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

หมายเหตุ ; A : ไม่ติดครีบ

B : ครีบ 3*3

C : ครีบ 4*3 แนวตั้ง

D : ครีบ 4*3 แนวนอน

E : ครีบ 5*3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.4 จำนวนรอบที่วัดได้ที่ระดับทอร์คต่าง ๆ กัน

Torqe (N)	ซ้ำ	จำนวนรอบ				
		ไม่มีครีบ	3*3	4*3 แนวตั้ง	4*3 แนวนอน	5*3
3.644	1	10.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	2	10.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	3	10.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	เฉลี่ย	10.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
	S.D	0.00	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**
9.393	1	10.00	10.00	0.00**	0.00**	0.00**
	2	9.50	10.00	0.00**	0.00**	0.00**
	3	10.00	10.00	0.00**	0.00**	0.00**
	เฉลี่ย	9.83	10.00	0.00**	0.00**	0.00**
	S.D	0.29	0.00	0.00**	0.00**	0.00**
17.069	1	8.50	9.50	9.50	9.50	10.00
	2	9.00	9.00	9.50	9.50	9.50
	3	8.50	9.50	9.50	9.50	9.50
	เฉลี่ย	8.67	9.33	9.50	9.50	9.67
	S.D	0.29	0.29	0.00	0.00	0.29
33.133	1	6.50	7.50	8.50	9.00	9.50
	2	7.00	8.00	8.50	8.50	9.00
	3	6.50	8.00	9.00	9.00	9.00
	เฉลี่ย	6.67	7.83	8.67	8.83	9.17
	S.D	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

หมายเหตุ ; ค่าที่ใส่เครื่องหมาย ** เป็นค่าที่ไม่ได้ทำการทดลองเพราะที่ระดับความฝืดนั้น ขนาดแผ่นครีบอันก่อนหน้านั้นสามารถทำจำนวนรอบได้ครบ

ตาราง ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Anova)ของข้อมูลจำนวนรอบต่อทอร์ค

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Torqe	702.683	3.000	234.228	6246.07**	0.000	4.313
จำนวนรอบ	175.350	4.000	43.838	1169.00**	0.000	3.828
Interaction	310.650	12.000	25.888	690.33**	0.000	2.665
Error	1.500	40.000	0.038			
Total	1190.183	59.000				

** = significant at 1 % level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Edathiparambil Vareed Thomas. 2002. "Development of a mechanism for transplanting rice seedlings." Mechanism and Machine Theory. volume 37 issue 4 .

2. นัย บำรุงเวช. 2546. เครื่องดำนา. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง

3. Mabie,Reinholtz. "Mechanisms and Dynamics of Machinery"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้