

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การศึกษาและวิจัยอุปกรณ์ที่ใช้ในการพรวน
กำจัดวัชพืชใต้ต้นมะม่วง

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

โดย

มงคล กวางวโรภาส

ฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การศึกษาและวิจัยอุปกรณ์ที่ใช้ในการพรวน
กำจัดวัชพืชใต้ต้นมะม่วง

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

โดย

มงคล กวางวโรภาส

ฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนวิจัยใน
ครั้งนี้ ขอขอบคุณ รศ.ดร. พิระเดช ทองอำไพ ผู้ประสานงานในส่วนของโครงการไม้ผลฯ ที่ได้
ทำหน้าที่ประสานงานและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอ
ขอบคุณวิศวกรและนายช่างเทคนิคของศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ สถาบันวิจัยและ
พัฒนาฯ ที่มีส่วนช่วยเหลืออย่างเต็มที่ในการสร้างอุปกรณ์และทำการทดลอง ทำให้งานวิจัยนี้
สามารถดำเนินไปตามกำหนดการและสำเร็จทันตามกำหนด

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องพรวนกำจัดวัชพืชไถต้นมะม่วง ซึ่งได้พัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมาหลายชนิดและหลายรูปแบบโดยสามารถจำแนกอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่หนึ่งใช้รถพรวนเดินตามขนาดเบาที่ไม่มีล้อขับเคลื่อน มีแต่ล้อพรวนดินใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง และพัฒนาอุปกรณ์ประกอบหลายรูปแบบเพื่อช่วยให้สามารถใช้รถดังกล่าวพรวนรอบไถต้นมะม่วงได้สะดวกในขณะที่ทำงาน ชนิดที่สองเป็นรถพรวนเดินตามชนิดไม่มีล้อขับเคลื่อน ซึ่งได้พัฒนาขึ้นมา ณ ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ รถชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ โครงเครื่อง เครื่องยนต์ต้นกำลัง ชุดกลไกทดและถ่ายทอดกำลัง หัวพรวนติดครีบบังคับเลี้ยว และล้อพรวนดินที่มีจำนวนใบมีดพรวนดินด้านซ้าย-ขวา ไม่เท่ากัน การใช้งานเป็นไปอย่างสะดวกง่ายดาย ขณะใช้งานผู้ปฏิบัติงานเพียงแต่ช่วยควบคุมที่คันบังคับรถพรวนดินก็สามารถพรวนและเลี้ยวรอบไถต้นได้เอง จากการทดลองพบว่ารถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้ใบมีดชนิด C-blade ติดตั้งที่ล้อพรวนดินมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดวัชพืช 87.43% รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ที่ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยเลี้ยวรอบไถต้นและใช้ใบมีดชนิด C-blade มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชโดยเฉลี่ย 90.48% แต่ถ้าติดตั้งใบมีดชนิด L-blade จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช 93.31% รถพรวนดินแรดนอย ซึ่งผลิตขึ้นในประเทศมีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช 76.85% ส่วนความเร็วเฉลี่ยในการพรวนรอบไถต้นเป็นวินาที/รอบของรถพรวนที่ได้พัฒนาขึ้นมาเท่ากับ 22.33 วินาที/รอบ รถพรวน HONDA ที่ใช้ใบมีด C-blade เท่ากับ 19.17 วินาที/รอบ รถพรวน HONDA ที่ใช้ใบมีดชนิด L-blade เท่ากับ 28.44 วินาที/รอบ รถพรวนแรदनอยใช้เวลา 30.48 วินาที/รอบ ในการพรวนต่อเนื่องโดยพรวนต้นละ 2 รอบ จะใช้เวลารวมต่อต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 1 นาทีเศษ หรือประมาณชั่วโมงละ 50 ต้น โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 1.1 ลิตร/ชั่วโมง รถพรวนชนิดนี้เหมาะสำหรับดินที่มีความชื้นสูง และสามารถทำงานได้ดีถ้าดินมีความชื้นระหว่าง 12%-22% จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าใบมีดพรวนดินของรถพรวนแรदनอยต้องการกำลังขับเคลื่อนเฉลี่ย 1.82 กิโลวัตต์ ในขณะที่ใบมีด C-blade และ L-blade ที่ใช้กับรถพรวนดินฮอนด้าต้องการกำลัง 2.14 และ 3.20 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการกำจัดวัชพืชระหว่างการใช้เครื่องพรวนชนิดต่างๆ กับการใช้สารเคมี พบว่าในระยะเริ่มแรกหลังจากฉีดพ่นบริเวณรอบต้นมะม่วงด้วยสารเคมีวัชพืชจะถูกทำลายหมด แต่หนึ่งเดือนหลังจากนั้นวัชพืชจะเริ่มฟื้นตัว พอถึง 6 สัปดาห์ก็จะงอกงามพอสมควรในขณะที่แปลงที่พรวนด้วยเครื่องพรวนชนิดต่างๆ ที่ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade หรือ L-blade วัชพืชจะฟื้นตัวได้ช้ามาก

ABSTRACT

Two types of cultivating machine used for weeding under mango trees were designed and developed. The first type was accomplished by designing some special apparatuses to be attached with two kinds of 5 horsepowers walking type wheelless cultivator. The second type was specially designed and developed walking type wheelless cultivator which consisted of a frame, a power transmission mechanism, a set of unequal number of cultivating blades drum rotor, a set of hoe with an inclined fin welded underneath the hoe point, and finally a 5 horsepowers gasoline engine used as a power unit. It was easy and comfort to operate the machine. The operator gave only slight assistance in controlling the machine to cultivate around a mango tree. Several kinds of test were carried out. Test results showed that the wheelless cultivator which was developed at the National Agricultural Machinery Center using C-blade type rotor has average weeding efficiency 87.43%. A HONDA model FA500 which was modified by equipping with special designed apparatuses to facilitate an easy turn around a mango tree and equipped with C-blade type drum rotors resulted in average weeding efficiency 90.48% . While 93.31% weeding efficiency was achieved if the L-blades type were used. A modified locally made walking type cultivator has 76.85% weeding efficiency. Average working speed around a mango tree in seconds per revolution of the NAMC type, the Honda with C-blade, the Honda with L-blade and the modified locally made walking type wheelless cultivator were 22.33 seconds, 19.17 seconds, 28.44 seconds and 30.48 seconds respectively. Slightly more than one minute was required for each tree in continuous operation. Approximately 50 trees could be finished in an hour and 1.1 liters of gasoline was consumed. These cultivators were suitable for high soil moisture condition and could work well in soil with 12%-22% moisture content. Laboratory test showed that a rotor blades of the locally made cultivator consume 1.82 kilowatts of driven power while the C-blade and L-blade consumed 2.14 and 3.20 kilowates respectively. An experiment in chemical weed control was also studied. Test results showed that weed was completely destroyed initially. But four to six weeks later it was recovered while the area which was cultivated by C-blade or L-blade type cultivator was still almost free from weed.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
คำขอบคุณ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญภาพถ่าย	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	9
การศึกษาและออกแบบ	9
การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือ	15
การทดลองเบื้องต้น	32
ผลการทดลองเบื้องต้น	32
ลักษณะการทำงานและรายละเอียดการประดิษฐ์	34
คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ	37
บทที่ 4 การทดลอง	40
การทดลองในห้องปฏิบัติการ	40
การทดลองในแปลง	40
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	43
บทที่ 5 ผลการทดลอง	50
ผลการทดลองในแปลง	50
ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ	51
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	78
เอกสารอ้างอิง	79

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงอุปกรณ์ชนิด directional implement เช่น ครีบ เมื่อถูกเบนออกจากแนวที่กลางตัวรถขณะกำลังถูกลากไปข้างหน้า อุปกรณ์นี้จะกลับเข้าสู่แนวเดิมตรงกลาง ซึ่งแสดงไว้โดยสมการ	7
ภาพที่ 2 แสดงแรงขับเคลื่อนของล้อพรวนดินข้างซ้าย F_L ซึ่งน้อยกว่าล้อพรวนดินข้างขวา F_R ส่งผลให้ตัวรถเคลื่อนที่เป็นทางโค้ง ℓ เป็นความยาวของล้อพรวนดิน O เป็นจุดศูนย์กลางการเลี้ยวของตัวรถ $F_s =$ แรงปฏิกิริยาจากดินที่กระทำต่อหัวพรวนที่อยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างล้อพรวนดินข้างซ้าย-ขวา	10
ภาพที่ 3 แสดงครีบ (fig) ที่เอียงทำมุม θ กับแนวแกนกลางตัวรถ F เป็นแรงปฏิกิริยาจากดินที่กระทำต่อครีบ ซึ่งจะกระทำต่อจุดรวมแรงของครีบ	11
ภาพที่ 4 แสดงแรงที่กระทำต่อตัวรถ ซึ่งส่งผลให้รถเลี้ยวซ้ายได้	12
ภาพที่ 5 เมื่อหัวพรวนชุดที่สองอยู่เอียงมาทางด้านซ้ายรวมทั้ง $F_L < F_R$ ด้วย จะช่วยส่งผลให้รถพรวนเลี้ยวซ้ายได้ดียิ่งขึ้น	13
ภาพที่ 6 แสดงสภาวะปกติของรถพรวนดินทั่วไป	13
ภาพที่ 7 แสดง FH ซึ่งเป็นแรงกระทำทางด้านข้าง	14
ภาพที่ 8 แสดงคิเนมาติกส์ไดอะแกรมของชุดเฟืองดาวเคราะห์	18
ภาพที่ 9 แสดงผังการติดตั้งและต่อพ่วงอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ สำหรับหากำลังขับเคลื่อนของล้อพรวนดิน	44
ภาพที่ 10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชระหว่างรถพรวนและอุปกรณ์การพรวนชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบ	74
ภาพที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชระหว่างรถพรวนดินทุกชนิด โดยจำแนกตามอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้บังคับเลี้ยว	75
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบความเร็วในการพรวนรอบต้นมะม่วงเป็นวนที่/รอบระหว่างรถพรวนและอุปกรณ์การพรวนชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการพรวน	76
ภาพที่ 13 เปรียบเทียบความเร็วในการพรวนรอบต้นมะม่วงเป็นวนที่/รอบระหว่างรถพรวนทุกชนิด โดยจำแนกตามอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้บังคับเลี้ยว	77

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 รถพรวนดินขณะติดตั้งล้อพรวนดินที่มีจำนวนใบมีดของล้อข้างซ้ายน้อยกว่าข้างขวา พร้อมกับติดตั้งหัวพรวนที่มีแผ่นครีปใต้ท้องทำมุม 25 องศา กับแนวแกนกลางรถ (เป็นภาพไอโซเมตริก)	24
รูปที่ 2 ภาพด้านบนรถพรวนดินชนิดเดินตาม	25
รูปที่ 3 ภาพด้านข้างรถพรวนดิน	25
รูปที่ 4 ภาพด้านหน้ารถพรวนดิน	25
รูปที่ 5 ชุดคราดขาแข็งติดหัวพรวนที่มีแผ่นครีปใต้ท้องทำมุม 25 องศา กับแนวแกนกลางของตัวรถ	26
รูปที่ 6 ภาพด้านบนของชุดคราดขาแข็งพร้อมหัวพรวนที่มีครีปใต้ท้อง	27
รูปที่ 7 ภาพด้านข้างของชุดคราดขาแข็งพร้อมหัวพรวนที่มีครีปใต้ท้อง	27
รูปที่ 8 ภาพด้านหน้าของชุดคราดขาแข็งพร้อมหัวพรวนที่มีครีปใต้ท้อง	27
รูปที่ 9 ภาพไอโซเมตริกของรถพรวนเดินตามที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น (รถพรวนชนิดที่ 2)	28
รูปที่ 10 ภาพด้านข้างของรถพรวนเดินตาม	29
รูปที่ 11 ภาพด้านหน้าของรถพรวนเดินตาม	29
รูปที่ 12 ภาพด้านบนของรถพรวนเดินตาม	30

สารบัญภาพถ่าย

	หน้า
ภาพถ่ายที่ 1	ภาพถ่ายด้านข้างของรถพรวนดินยอนต้า รุ่น FA500 ที่นำมาใช้เป็นต้นกำลัง
ภาพถ่ายที่ 2	ภาพด้านหลังของรถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นที่ศูนย์เครื่องจักรกลฯ
ภาพถ่ายที่ 3	รถพรวนดิน “แรดน้อย” ซึ่งผลิตที่ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ได้นำมาปรับปรุงและเพิ่มเติมอุปกรณ์เพื่อใช้พรวนรอบคัน
ภาพถ่ายที่ 4	ภาพด้านหลังรถพรวน “แรดน้อย”
ภาพถ่ายที่ 5	ขณะกำลังพรวนรอบโคนต้นโดยใช้รถพรวนแรดน้อย
ภาพถ่ายที่ 6	แสดงหัวพรวนชุดที่ 2 ติดตั้งบนแคร่
ภาพถ่ายที่ 7	ทดลองพรวนรอบโคนต้น
ภาพถ่ายที่ 8	รถพรวน “Honda” รุ่น FA500 ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบครบทุกชนิด
ภาพถ่ายที่ 9	ทดลองโยงลวดสลิง
ภาพถ่ายที่ 10	ทดลองโยงลวดสลิงโดยไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบอื่น
ภาพถ่ายที่ 11	ภาพด้านข้างของรถพรวนดินที่พัฒนาโดยศูนย์เครื่องจักรกลฯ
ภาพถ่ายที่ 12	ภาพด้านหลังของรถพรวนดิน
ภาพถ่ายที่ 13	ขณะทำการพรวนรอบต้นมะม่วง
ภาพถ่ายที่ 14	รถพรวนดินอีกชนิดหนึ่งที่พัฒนาล้อเหล็กและหัวพรวนชนิด duck foot
ภาพถ่ายที่ 15	ดินรอบต้นมะม่วงหลังจากที่ถูกพรวน 4 วัน โดยใช้ C-blade
ภาพถ่ายที่ 16	ดินรอบต้นมะม่วงหลังจากที่ถูกพรวน 36 วัน โดยใช้ L-blade
ภาพถ่ายที่ 17	ดินรอบต้นมะม่วงหลังถูกพรวนด้วยรถ “แรดน้อย” แล้ว 36 วัน
ภาพถ่ายที่ 18	หลังพรวนด้วยใบมีด C-blade
ภาพถ่ายที่ 19	ดินรอบต้นมะม่วงหลังถูกพรวน 10 สัปดาห์ ในช่วงฤดูฝน
ภาพถ่ายที่ 20	บริเวณรอบโคนต้นมะม่วงหลังจากฉีดกรัสม็อกโซน 21 วัน
ภาพถ่ายที่ 21	บริเวณรอบต้นมะม่วงหลังจากฉีดกรัสม็อกโซน 34 วัน
ภาพถ่ายที่ 22	การทดสอบหากล้างที่ใช้ขับชุดใบมีดพรวนดิน
ภาพถ่ายที่ 23	ขณะกำลังทดสอบเพื่อหากล้างขับชุดใบมีดพรวนดิน
ภาพถ่ายที่ 24	แสดงชุดเฟืองดาวเคราะห์ (planetary gear train)

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ผลการทดลองครั้งที่ 1 ของรถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา	52
ตารางที่ 2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 ของรถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา	53
ตารางที่ 3 ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ	54
ตารางที่ 4 ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	55
ตารางที่ 5 ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่จะเลี้ยว	56
ตารางที่ 6 ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดธรรมดาทั้ง 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่กลางรถ อีกชุดหนึ่งอยู่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	57
ตารางที่ 7 ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และใช้ลวดสลิงโยงกับต้นมะม่วง	58
ตารางที่ 8 ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง 1 หัว และใช้ลวดสลิงโยงตัวรถกับต้นมะม่วง	59

ต่อตาราง		หน้า
ตารางที่ 9	ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ	60
ตารางที่ 10	ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	61
ตารางที่ 11	ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	62
ตารางที่ 12	ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดธรรมดา จำนวน 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ตรงกลางรถ อีกชุดหนึ่งอยู่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	63
ตารางที่ 13	ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และโยงตัวรถกับคันมะม่วงด้วยลวดสลิง	64
ตารางที่ 14	ผลการทดลองรถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และใช้ลวดสลิงโยงกันคันมะม่วง	65
ตารางที่ 15	ผลการทดลองรถพรวนดินแรดน้อย ใช้ใบมีดพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ	66

ต่อตาราง		หน้า
ตารางที่ 16	ผลการทดลองรดพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมิดพรวนดินชนิดติดมากับรด ติดตั้งใบมิดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมิดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรด และ หัวพรวนชนิดธรรมดาด้านหลังล่อพรวนดินข้างที่จะเลี้ยว	67
ตารางที่ 17	ผลการทดลองรดพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมิดพรวนดินชนิดติดมากับรด ติดตั้งใบมิดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมิดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรด และมี หัวพรวนธรรมดาด้านหลังล่อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	68
ตารางที่ 18	ผลการทดลองรดพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมิดพรวนดินชนิดติดมากับรด ติดตั้งใบมิดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมิดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดธรรมดา 2 ชุด ชุดหนึ่งตรงกลางรด อีกชุดหนึ่งด้านหลังล่อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว	69
ตารางที่ 19	ผลการทดลองรดพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมิดพรวนดินชนิดติดมากับรด ติดตั้งใบมิดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมิดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรด และผูก ลวดสลิงโยงตัวรดกับคันมะม่วง	70
ตารางที่ 20	ผลการทดลองรดพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมิดพรวนดินชนิดติดมากับรด ติดตั้งใบมิดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมิดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรด และโยง ตัวรดเข้ากับคันด้วยลวดสลิง	71
ตารางที่ 21	การทดลองหาค่าลึงขับใบมิดพรวนดินที่ใช้กับรดพรวนดินแรदन้อย soil bin ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ เป็นดินเหนียวค่า ความชื้นเฉลี่ย 15.97% ค่าสูงสุดของ Soil resistance to cone penetration = 20.2 กก./ซม ² .	72
ตารางที่ 22	การทดลองหาค่าลึงขับใบมิดพรวนดินที่ใช้กับรดพรวนดินแรदन้อย soil bin ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ เป็นดินเหนียวค่า ความชื้นเฉลี่ย 14.19% ค่าสูงสุดของ Soil resistance to cone penetration = 13.1 กก./ซม ² .	73

บทที่ 1

คำนำ

การทำสวนมะม่วงให้ได้ผลดีและมีคุณภาพสูงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถส่งออกได้ จำเป็นต้องมีการผลิตอย่างเป็นระบบทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเลือกสถานที่ปลูก การคัดเลือกพันธุ์ การวางแผนการสัญจรภายในแปลง ระยะเวลาปลูก การให้น้ำและระบายน้ำในแปลง การปลูก การบำรุงรักษา การบังคับการออกดอกและติดผล การกำจัดวัชพืช การป้องกันโรคและแมลง การเก็บเกี่ยว การตัดแต่งกิ่ง ตลอดจนการปฏิบัติดูแลหลังเก็บเกี่ยว ฯลฯ การกำจัดวัชพืชในแปลงนั้นนับว่าเป็นงานใหญ่และสำคัญอย่างหนึ่งเพราะวัชพืชนอกจากขึ้นรุกร้าง แย่งน้ำและอาหารจากพืชประธานแล้วยังเป็นที่หลบซ่อนหรืออยู่อาศัยของโรคและแมลงต่างๆ อีกด้วย ในแปลงมะม่วงที่ปลูกอย่างเป็นระบบมีระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถวที่แน่นอนนั้น การกำจัดวัชพืชในแปลงมักทำได้ 2 วิธีใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. วิธีทางกล
2. วิธีทางเคมี

วิธีทางกล เป็นการกำจัดวัชพืชโดยการ ดाय ขุด ตัด ตลอดจนการพรวน ซึ่งยังมีวิธีดำเนินการหลายอย่าง เช่น ใช้แรงงานคนล้วน ซึ่งมักจะเป็นการ ดाय ขุด ตัด พรวน ส่วนอีกวิธีหนึ่งเป็นการใช้เครื่องจักรกลหรือเครื่องทุ่นแรง โดยมีเครื่องจักรกลประเภทรถตัดหญ้าหรือเครื่องตัดหญ้าชนิดต่างๆ ซึ่งจะตัดวนรอบได้ต้น

สวนที่จะใช้เครื่องจักรกลเกษตรได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพดีนั้น มักจะเป็นสวนแบบพื้นราบ มีระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถวที่แน่นอน และกว้างพอที่เครื่องจักรกลเกษตรจะเข้าไปทำงานระหว่างแถวได้สะดวก มีการเว้นระยะว่างที่หัวแปลงเพื่อเครื่องจักรกลเกษตรสามารถเลี้ยวกลับได้โดยสะดวก ระยะที่เหมาะสมสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาด 50-80 แรงม้า เข้าไปทำงาน ควรจะมีระยะระหว่างแถว 6 เมตร ระยะระหว่างต้น 4 เมตร และต้องควบคุมไม่ให้เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มมีขนาดใหญ่เกินกว่า 4 เมตร มิฉะนั้นจะกีดขวางการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร ระยะระหว่างแถวควรจะอยู่ในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก หากสามารถกำหนดได้ ส่วนระยะที่หัวแปลงควรจะเว้นที่ไว้เพื่อให้เลี้ยวกลับรถแทรกเตอร์อย่างน้อย 3-4 เมตร ส่วนแปลงที่มีลักษณะแตกต่างจากนี้ เช่น แปลงปลูกแบบยกร่อง แปลงที่มีระยะปลูกชิด เช่น 2.5 เมตร x 2.5 เมตร แปลงที่ไม่มีพื้นที่ว่างสำหรับเลี้ยวกลับรถบริเวณหัวงานจะไม่สามารถใช้รถแทรกเตอร์มาตรฐานเข้าไปทำงานได้ และจะต้องใช้เครื่องมือขนาดเล็กเท่านั้น เช่น รถแทรกเตอร์ขนาด 12-25 แรงม้า รถแทรกเตอร์แบบเดินตาม เป็นต้น การกำจัดวัชพืชในแปลงมะม่วงโดยใช้เครื่องจักรกลเกษตรนั้น หากเป็นการกำจัดวัชพืชระหว่างแถวต้นมะม่วงมักจะใช้วิธีตัดโดยใช้แทรกเตอร์พ่วงติดเครื่องตัดหญ้าเข้าไปทำงาน ซึ่งจะทำงานได้เร็วและความกว้างในการตัดแต่ละเที่ยวประมาณ 1.50 เมตร แต่เครื่องมือประเภทนี้จะไม่สามารถเข้าไปทำงานภายใต้

ทรงพุ่มหรือรอบๆ ต้นมะม่วงได้ การตัดหญ้านับว่ามีความจำเป็นมากโดยเฉพาะในขณะต้นยังเล็ก จะมีพื้นที่ว่างระหว่างต้นมาก ซึ่งวัชพืชจะได้รับแสงแดดและออกงามอย่างรวดเร็ว เมื่อต้นมะม่วงมีขนาดใหญ่ขึ้น จนแสงแดดไม่สามารถส่องลงมาถึงได้ต้นได้ ก็จะมีปัญหาเรื่องวัชพืชบริเวณใต้ต้นลดลง

การกำจัดวัชพืชใต้ต้นโดยใช้วิธีขุด ถากหรือพรวนนั่น วิธีที่ได้ผลดีนั้นคือ ใช้แรงงานคนนำจอบไปพรวนใต้ต้นพร้อมกับพูนโคนต้นด้วยเลย แต่วิธีนี้จะสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก โดยเฉลี่ยจะเสียค่าใช้จ่ายต้นละประมาณ 5 บาท และในหนึ่งวันหากจะทำอย่างปราณีตและตายได้ประมาณคนละ 30 ต้นเท่านั้น

การใช้เครื่องจักรกลเกษตรประเภทรถแทรกเตอร์ขนาดตั้งแต่ 25 แรงม้า จดพรวนจอบหมุนเข้าไปทำงานนั้นจะทำให้ยากและไม่คุ้มค่า รวมทั้งจะทำให้เกิดการบดอัดของดินภายใต้บริเวณรอบต้น ซึ่งจะส่งผลเสียต่อระบบรากและแก้ไขได้ยากยิ่ง การใช้รถไถเดินตามที่ดีไถจอบหมุนเข้าไปทำงาน สามารถจะกระทำได้แต่มีข้อเสียคือ รถไถเหล่านี้ถึงแม้จะมีขนาดเล็กใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังแต่ก็มีหนักมาก ดังนั้นแรงเฉื่อยที่ล้อรถกดลงบนพื้นดิน เมื่อติดต่อพื้นที่ที่ลื่นสัมผัสดินจึงสูง และมีผลต่อการบดอัดของดิน ข้อเสียอีกประการหนึ่งรถไถเดินตามเหล่านี้ เมื่อต้องการจะเลี้ยวก็ต้องบีบคลัชเลี้ยว ดังนั้นในการทำงานพรวนรอบใต้ต้นจึงต้องบีบ-ปล่อยคลัชตลอดเวลา ข้อเสียอีกประการคือ ขุดจอบหมุนจะอยู่ห่างล้อรถออกมาทางด้านหลัง ดังนั้นขณะกำลังเลี้ยวและพรวนไปด้วยก็จะเกิดแรงกระทำทางด้านข้างต่อตัวพรวนอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงต้านจากดินจึงทำให้เกิดโมเมนต์ขึ้น ยิ่งศูนย์กลางพรวนอยู่ห่างศูนย์กลางล้อมากเท่าใด โมเมนต์ก็จะยิ่งมากทำให้ทำงานได้ลำบาก ผู้ปฏิบัติงานมักพรวนเป็นแนวตรงด้านหนึ่งจนหมดแถวมะม่วง แล้วจึงวกกลับมาพรวนอีกด้านหนึ่งและมักจะเหลือพื้นที่ที่ไม่ถูกพรวนอยู่บ้าง

รถพรวนเดินตามขนาดเล็กสุดที่เรียกว่า wheelless cultivator หรือรถพรวนชนิดไม่มีล้อนั้นจะไม่มีล้อยางที่ถูกขับโดยใช้กำลังจากตัวรถเพื่อให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่จะมีล้อพรวนดินหรือเพลาจอบหมุนที่สวมอยู่กับเพลาชับซ้าย-ขวา ขณะไถมีดหมุนตัดดินก็จะเกิดแรงตะกรุยที่เรียกว่า negative thrust ผลักให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การที่จะให้ไถมีดตัดดินได้ลึกนั้นจำเป็นต้องมีหัวพรวนคอยถ่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถให้ช้าลง ซึ่งหัวพรวนนี้อาจติดอยู่บริเวณด้านหลังของล้อพรวนดิน รถชนิดนี้สามารถเลี้ยวซ้าย-ขวาได้โดยการบีบคลัชเลี้ยว เนื่องจากเป็นรถพรวนขนาดเบา มีน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัมเศษ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับพรวนดินขณะมีความชื้นสูงแต่จะไม่เหมาะสำหรับดินแข็งหรือดินความชื้นต่ำ การเลี้ยวรถหากเป็นชนิดมีคลัชก็ใช้วิธีบีบคลัชเลี้ยว หากเป็นชนิดไม่มีคลัชก็ใช้วิธีผลักเลี้ยว การบีบคลัชเพื่อเลี้ยวเป็นการตัดการส่งกำลังไปยังล้อพรวนดินข้างที่จะเลี้ยวทำให้ล้อข้างนั้นหยุดทำงาน ดังนั้นจึงไม่สามารถจะนำหลักการนี้มาใช้ในการพรวนรอบต้นมะม่วงได้ เพราะล้อพรวนดินด้านในจะไม่ทำงาน ทำให้ดินบริเวณนั้นไม่ถูกพรวนเป็นช่วงๆ

ดังนั้นจึงได้เกิดแนวความคิดที่จะใช้รถพรวนดินชนิดนี้มาใช้ในการพรวนกำจัดวัชพืชไถต้นมะม่วง โดยดัดแปลงหรือปรับปรุงอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อจะช่วยให้รถสามารถพรวนดินวนรอบไถต้นมะม่วงได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่จำเป็นต้องบีบคลัชเลี้ยว ข้อดีอีกประการหนึ่งของรถพรวนดินชนิดนี้มีจำหน่ายในท้องตลาดหลายยี่ห้อในราคาที่ไม่แพงนัก ดังนั้นหากพัฒนาหรือปรับปรุงอุปกรณ์ประกอบเพียงบางอย่างเข้ากับตัวรถเพื่อให้สามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ได้ ก็จะสามารถขยายผลที่ได้จากงานวิจัยได้สะดวกขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้พรวนกำจัดวัชพืชไถต้นมะม่วงขึ้นมาสองลักษณะคือ

1. ปรับปรุงหรือดัดแปลงหรือพัฒนาอุปกรณ์เพียงบางชิ้นส่วน เพื่อใช้กับรถพรวนเดินตามชนิดไม่มีล้อขับเคลื่อน ซึ่งเป็นรถขนาดเบาที่เรียกว่า wheelless cultivator เพื่อให้สามารถพรวนกำจัดวัชพืชไถต้นมะม่วงได้
2. พัฒนารถพรวนกำจัดวัชพืชไถต้นมะม่วงขึ้นมาใหม่ทั้งคัน โดยที่รถคันนี้สามารถวนเลี้ยวรอบไถต้นในขณะกำลังพรวนได้เป็นอย่างดี

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

รถไถเดินตามได้นำเข้ามาในประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2490 (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539) แต่กำลังเครื่องยนต์ไม่พอที่จะไถเตรียมดินในพื้นที่ในประเทศไทย เพราะใช้เครื่องยนต์ที่มีแรงม้าต่ำ ในช่วงประมาณปี 2509 ได้นำเข้ารถไถเดินตามจากประเทศญี่ปุ่นหลายยี่ห้อ อย่างไรก็ตามเนื่องจากรถเหล่านี้มีราคาสูง ดังนั้นจึงมีใช้เป็นจำนวนเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับรถไถเดินตามยี่ห้อฮอนด้า นั้นจะแตกต่างจากยี่ห้ออื่นตรงที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาดประมาณ 5 แรงม้า และนอกจากจะใช้ไถหัวหมุนแบบเอเชียแล้วยังมีล้อพรวนดิน (drum rotor) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ปลูกพืชผักแบบสวนครัว ตลอดจนเตรียมดินในโรงเรือน เพราะมีขนาดเล็ก ขนาดของก้อนดินที่ย่อยได้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบหมุนของใบมีดที่ติดตั้งบนล้อพรวนดิน และความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถเอง ดังนั้นรถชนิดนี้จึงต้องติดคราดด้านหลังเพื่อช่วยหน่วงความเร็วในการเดินหน้า

อนึ่งล้อพรวนดินชนิดนี้ในขณะที่ทำงานจะมีสัมประสิทธิ์แรงลอยตัว (coefficient of the rotor-buoyancy) ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างแรงพยุงกับน้ำหนักรวมของตัวรถพร้อมอุปกรณ์ และมีค่าประมาณ 0.3 (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539) ดังนั้นรถชนิดนี้จึงใช้ได้ดีในดินที่มีความชื้นสูงและสภาพดินอ่อนนุ่ม

ในส่วนของใบมีดพรวนดิน (blade) นั้น มีทั้งชนิด L-blade ซึ่งมีข้อดีคือสามารถกำจัดวัชพืชได้ดี (Kepner et al, 1991) แต่ข้อเสียก็มีเช่นกันคือ หนักรวดฟันขาใบมีดได้ง่าย และจะพังสะสมมากขึ้น หากไม่รีบแก้ไข ดังนั้นสำหรับพื้นที่ที่มีเศษพืชจึงเหมาะที่จะใช้ใบมีดชนิด C-blade หรือ C-shaped blade ในส่วนของมุมของโค้ง (edge curve angle) ที่เหมาะสมควรมีค่า 57.5% และรัศมีการหมุนของใบมีดจะเท่ากับความลึกในการพรวนสูงสุดบวกกับระยะส่วนล่างของห้องส่งกำลังที่อยู่ต่ำกว่าระดับเพลาชับใบมีด (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539) โดยทั่วไประยะหมุนของใบมีดประมาณ 20-25 เซนติเมตร

ในส่วนของรถไถเดินตามที่ผลิตในประเทศ เริ่มมีการพัฒนาครั้งแรกในปี 2501 โดย มรว.เทพฤทธิ์ เทวกุล แห่งกองวิศวกรรม กรมการข้าว (ภายหลังเปลี่ยนมาเป็น กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร) นอกจากนี้ในเวลาเดียวกันก็มีเอกชนใน อ.พระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ก็เริ่มพัฒนารถไถเดินตามขึ้นมาเช่นกัน (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539) ต่อมาได้มีเอกชนรายอื่นอีกมากมาย ทำการพัฒนาจนมีการสร้างขึ้นและใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และถือเป็นเครื่องจักรกลหลักในการเตรียมดินเพื่อทำนาปลูกข้าว

อย่างไรก็ตามจันแบบของ Power tiller ในญี่ปุ่นนั้นได้นำมาจาก Hand tractor ซึ่งสร้างโดย Utiliter ชาวอเมริกัน และ Simer ชาวสวีตเซอร์แลนด์ ซึ่งเป็นแทรกเตอร์ที่ใช้ในสวนและญี่ปุ่นได้นำเข้าในปี ค.ศ. 1920 (สมยศ ธรรมพัฒน์พงศ์, 2537)

สำหรับความสามารถในการย่อยดินที่ผ่านการไถมาแล้ว 1 เทียว และพื้นที่มีขนาดก่อนดิน (Mass Mean Diameter หรือ MMD) 63.6 มม. ที่ความชื้น 2.71 (db) ของใบมีดจอบหมุนชนิด L-blade และ C-blade จะย่อยดินได้ไม่ต่างกัน โดยได้ขนาดก่อนดินเฉลี่ย 19.2 มม. (สุภาจิต เสงี่ยมพงษ์ และ อัครพล เสนาณรงค์, 2535)

ขีดความสามารถและหลักการของใบมีดพรวนดินชนิดต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

1. ใบมีดชนิด L-blade จะสามารถใช้กำจัดวัชพืชได้ดีกว่าชนิด C-blade ใบมีดชนิด L-blade จะใช้กำลังในการขับเคลื่อนมากกว่าใบมีดชนิด C-blade อย่างไรก็ดีตามกำลังที่เพิ่มมากขึ้นนี้มีค่าเพียงเล็กน้อย และส่งผลกระทบต่อเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลงานที่ได้ ดังนั้นจึงเป็นการคุ้มค่าที่จะใช้ใบมีดชนิด L-blade มาทำการพรวน เพื่อกำจัดวัชพืชเพราะมีความเหมาะสมมากกว่า ทั้งนี้เพราะว่าค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชนั้นสูงมาก และถ้าหากกำจัดวัชพืชได้ดีผลที่ได้จะคุ้มค่าการลงทุนอย่างยิ่ง

2. ขาใบมีดชนิดโค้งจะมีปัญหาเรื่องหญ้าพันขาใบมีดน้อยกว่าขาใบมีดชนิดตรง โดยขาใบมีดเป็นชนิดขาโค้งให้มีมุมขอบโค้ง (edge curve angle) โกล้เพียง 57.5 องศา จะดีที่สุดโดยมีปัญหาลมพัดน้อยกว่า

3. การทำงานของ Rotavator นั้น ในขณะที่ใบมีดหมุนตัดดิน จะส่งผลให้ negative thrust หรือแรงผลักให้ตัวเครื่องเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ใบมีดชนิด L-blade ใช้กำลังขับเคลื่อนมากกว่าชนิด C-blade จึงมี negative thrust มากกว่า ดังนั้นจึงสามารถผลักให้ตัวรถพรวนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะดินอ่อนนุ่มและดินมีความชื้นสูง ทำให้มีขีดจำกัดในเรื่องช่วงเวลาการใช้น้อยกว่าใบมีดชนิด C-blade นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้รถลอยตัวได้ดีขึ้นในสภาพดินอ่อนนุ่ม

นอกจากนี้สมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของใบมีดพรวนดินและหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสรุปได้ดังนี้

1. สมการแนวเส้นโค้งของปลายใบมีด ซึ่งจะเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นรูป Trocoid curve มีดังนี้

$$x = vt - R \sin \omega t \text{ ----- (1)}$$

$$Y = R [1 - \cos \omega t] \text{ ----- (2)}$$

เมื่อ

R = รัศมีการหมุนของใบมีด, ม.

v = ความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า, ม./วินาที

t = เวลา, วินาที

ω = ความเร็วเชิงมุมของใบมีด, เรเดียน/วินาที

ระยะที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าต่อการตัดดินหนึ่งครั้งของใบมีดเรียกว่า Bite length หรือ tillage pitch

2. กำลังที่ใช้ในการขับเพลลาใบมีด เมื่อทราบค่าแรงบิดที่เกิดขึ้น (แรงบิดนี้วัดได้จากการทดลอง) สามารถแสดงได้โดยสมการพื้นฐาน

$$P = \frac{\pi T n}{30,000} \text{ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์}$$

เมื่อ

n = ความเร็วรอบหมุนของเพลลา (รอบ/นาที)

T = แรงบิดที่เกิดขึ้น (นิวตัน-เมตร)

ใบมีดพรวนดินเหล่านี้จะยึดติดบนผิวของลูกกลิ้งทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร ซึ่งจะมีเส้นรอบวงเท่ากับ 50 เซนติเมตร ดังนั้นการที่หญ้าจะพันรอบทรงกระบอกนี้ได้จะต้องมีความยาวมากกว่า 50 เซนติเมตรขึ้นไป และจะต้องพันได้มากกว่าหนึ่งรอบขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถใช้พรวนชนิดนี้ได้อย่างสะดวกถึงแม้ในแปลงที่มีวัชพืชรากยาวก็ตาม (แต่ไม่ควรเกิน 50 เซนติเมตร)

มงคล กวางวโรภาส, 2540 ได้ออกแบบและสร้างใบมีดชนิด L-blade เพื่อใช้ในการพรวนกำจัดวัชพืชระหว่างร่องอ้อย

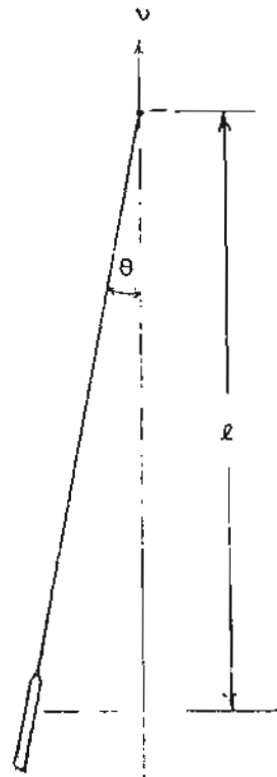
ใบมีดนี้ได้ออกแบบให้มี share clearance angle ค่อนข้างมาก เพื่อว่าในขณะที่ใช้พรวนดิน ส่วนที่อับของใบมีด (share) จากตัดดินและขูด (serape) ดินหญ้าที่รากให้หลุดพ้นจากผิวดินขึ้นมา และปนกับก้อนดินที่ถูกตัด

3. เนื่องจากพรวนนี้ไม่มีล้อขับเคลื่อน ดังนั้นความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถจึงดูเหมือนว่าจะขึ้นอยู่กับรอบหมุนของเพลลาใบมีด แต่ข้อเท็จจริงมิได้เป็นเช่นนั้นเสมอไปเพราะความเร็วของตัวรถขึ้นอยู่กับภาระการถูกหน่วงโดยหัวพรวนมากหรือน้อยเพียงใดด้วย จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าความเร็วเพลลาใบมีดจะต้องใช้ความเร็วสูง (ประมาณเกียร์ 5 หรือ 6) จึงจะสามารถกำจัดวัชพืชและคลุกเคล้าวัชพืชกับดินได้ดี ซึ่งรอบหมุนของเพลลาจะอยู่ในระดับ 70-120 รอบ/นาที

ทฤษฎีของ lateral dynamic behaviour ของ directional implement

Reece (1966) ได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับ lateral dynamic behavior ของอุปกรณ์ชนิด directional implement ที่พ่วงติดท้ายรถแทรกเตอร์ซึ่งแสดงได้โดยสมการดังนี้

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ ----- (1)}$$



ภาพที่ 1 แสดงอุปกรณ์ชนิด directional implement เช่น ครีบ เมื่อถูกเบนออกจากแนวถึงกลางตัวรถจะกำลังถูกลากไปข้างหน้า อุปกรณ์นี้จะกลับเข้าสู่แนวเดิมตรงกลาง ซึ่งแสดงไว้โดยสมการ

$$\theta = \theta_0 e^{-\frac{v}{\ell} t} \text{ ----- (1)}$$

- เมื่อ θ = มุมในขณะนี้ (เรเดียน)
 θ_0 = มุมในขณะเริ่มแรก (เรเดียน)
 v = ความเร็วในขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า, เมตร/วินาที
 t = เวลาที่ผ่านไป, วินาที
 ℓ = ความยาวของจุดศูนย์กลางมายังศูนย์กลางของครีบ, เมตร

ซึ่งสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาพิจารณาประกอบการออกแบบอุปกรณ์สำหรับโครงการวิจัยนี้มีดังนี้

1. อุปกรณ์ที่มีครีบ (Plow) ที่ทำงานอยู่ใต้ผิวดิน ครีบนี้จะทำหน้าที่เป็นเสมือนหางเสือคอยควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้มีเสถียรภาพ

2. ในดินเนื้อเดียวกัน และมีความสม่ำเสมอ ทฤษฎีดังกล่าวจะช่วยทำนายพฤติกรรมของอุปกรณ์ได้อย่างแม่นยำ ผลของทฤษฎีนี้สามารถใช้ในการคำนวณและออกแบบอุปกรณ์ที่มีครีป (fric) ที่ทำมุม θ กับแนวแกนกลางของตัวรถ ขณะอุปกรณ์นี้ทำงานใต้ผิวดินก็จะส่งผลให้เกิดแรงลัพธ์กระทำทางด้านข้าง (side thrust) อันเนื่องมาจากแรงต้านจากดิน ดังแสดงในภาพที่ 2 สมมุติค่าแรงเสียดทานระหว่างดินกับผิวหน้าสัมผัสของครีบน้อยมาก

จากภาพที่ 2 จะได้ว่า

F = แรงปฏิกิริยาจากดินที่กระทำ ณ จุดรวมแรงของครีป

$F \sin \theta$ = แรงปฏิกิริยาจากดินที่กระทำตั้งฉากกับครีป

มงคล กวางวโรภาส (2537) ได้พัฒนารถตัดหญ้าชนิดนั่งขับ ซึ่งใช้ตัดหญ้าในส่วนผลไม่ได้ดี ความกว้างในการตัดเที่ยวละ 0.8 เมตร ความเร็วเดินหน้าขณะทำงาน 1.1 เมตร/วินาที ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 8 แรงม้าเป็นต้นกำลัง รัศมีวงเลี้ยว (รอบนอก) แคบสุด 2.7 เมตร ดังนั้นจึงสามารถวนรอบต้นไม้ได้สะดวก ทั้งนี้เพราะระบบการบังคับเลี้ยวใช้วิธีบังคับด้วยพวงมาลัยร่วมกับการเหยียบครัช-เบรค ซึ่งได้ออกแบบมาเป็นพิเศษโดย เป็นเบรคซ้าย-ขวาแยกกัน หากเหยียบลงไปครั้งหนึ่งจะเป็นการตัดกำลังไปยังล้อข้างนั้น หากเหยียบลงไปจนสุดจะเป็นการเบรกล้อข้างนั้นทำให้สามารถเลี้ยวได้วงแคบ อย่างไรก็ตามการตัดหญ้าได้ต้นไม้มิใช่การกำจัดวัชพืชโดยสิ้นเชิงเพราะวัชพืชโดยเฉพาะหญ้าบางชนิดสามารถงอกงามขึ้นมาได้เท่าเดิมภายในช่วงเวลาเพียง 3-4 สัปดาห์ หรือเร็วกว่านั้นในฤดูฝน

M. Kwangwaropas (1997) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของใบมีดพรุนดินชนิด C-Blade และ L-Blade ในการพรุนกำจัดวัชพืชระหว่างร่องอ้อยพบว่า ชีตความสามารถในการกำจัดวัชพืชของใบมีดทั้งสองชนิดจะใกล้เคียงกัน แต่ในแปลงที่วัชพืชขึ้นหนาแน่น ใบมีดชนิด L-Blade จะกำจัดได้ดีกว่า โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (Weeding efficiency) ประมาณ 97.5% และการทำลายวัชพืชจะรุนแรงกว่าใบมีดชนิด C-blade ในดินที่มีความชื้นสูงใบมีดชนิด L-Blade จะทำงานได้ดีกว่า โดยจะตะกรุยและทำให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ดีกว่าใบมีดชนิด C-Blade นอกจากนี้ยังพบว่ารถพรุนดินชนิดนี้ทำให้เกิดแรงกดบนพื้นดินน้อย (Low ground contact pressure) เนื่องจากล้อพรุนดินมีพื้นที่สัมผัสดินมาก นอกจากนี้รถยังมีน้ำหนักเบา

นอกจากนี้ยังได้ทดลองหากำลังที่ใช้ในการขับใบมีดใน soil bin และพบว่าที่ความชื้นเฉลี่ย 9.57% ใบมีดชนิด C-blade ต้องการกำลังขับเคลื่อน 2.14 กิโลวัตต์ ส่วนใบมีด L-blade ต้องการกำลังขับเคลื่อน 3.20 กิโลวัตต์ ส่วนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกำลังที่ใช้ระหว่างแปลงที่มีหญ้าและแปลงที่ไม่มีหญ้าพบว่าในดินชนิด silty clay ที่ความชื้น 23.56% แปลงที่ไม่มีหญ้า ใบมีดชนิด L-blade ต้องการกำลัง 1.96 กิโลวัตต์ ส่วนในแปลงข้างเคียงที่มีวัชพืชหนาแน่นปานกลางต้องการกำลังขับเคลื่อนใบมีดเท่ากับ 3.04 กิโลวัตต์

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

ในส่วนนี้ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้คือ

1. ศึกษาและออกแบบ

ได้ศึกษาทางทฤษฎีและออกแบบทางคิเนมาติกส์ ตลอดจนออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ตลอดจนโครงสร้าง

2. สร้างอุปกรณ์ประกอบและเครื่องพรวนดิน

3. ทดลองเบื้องต้น

4. ประเมินผลและคัดเลือกหลักการ ตลอดจนชนิดของเครื่องรวมทั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

5. ทดลองเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ลักษณะคือ

5.1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

5.2 การทดลองในแปลง

รายละเอียดของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้คือ

การศึกษาและออกแบบ

การศึกษาและออกแบบทางทฤษฎีจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่จะให้เครื่องพรวนกำจัดวัชพืชไถต้นมะม่วงสามารถพรวนและวนรอบต้นมะม่วงได้เองโดยไม่ต้องบีบคลัชเลี้ยว การที่เครื่องจะสามารถพรวนและวนรอบไถต้นมะม่วงได้เองนั้นใช้ทฤษฎีและหลักการดังนี้

ทฤษฎีที่ 1

ให้แรงขับเคลื่อนตัวรถไปข้างหน้าของล้อพรวนดินซ้าย-ขวาไม่เท่ากัน โดยแรงที่ล้อด้านที่จะเลี้ยวจะต้องน้อยกว่าล้ออีกด้านหนึ่ง เช่น ถ้าต้องการวนรอบต้นในทิศทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งหมายถึงว่ารถจะต้องเลี้ยววนรอบทางด้านซ้าย ดังนั้นแรงขับเคลื่อนของล้อพรวนดินข้างซ้ายจะต้องน้อยกว่าล้อพรวนดินข้างขวา โดยมีสมมุติฐานดังนี้คือ

1.1 ไบมีดพรวนดินแต่ละใบในขณะตีดินจะก่อให้เกิดแรงขับเคลื่อนไปข้างหน้า

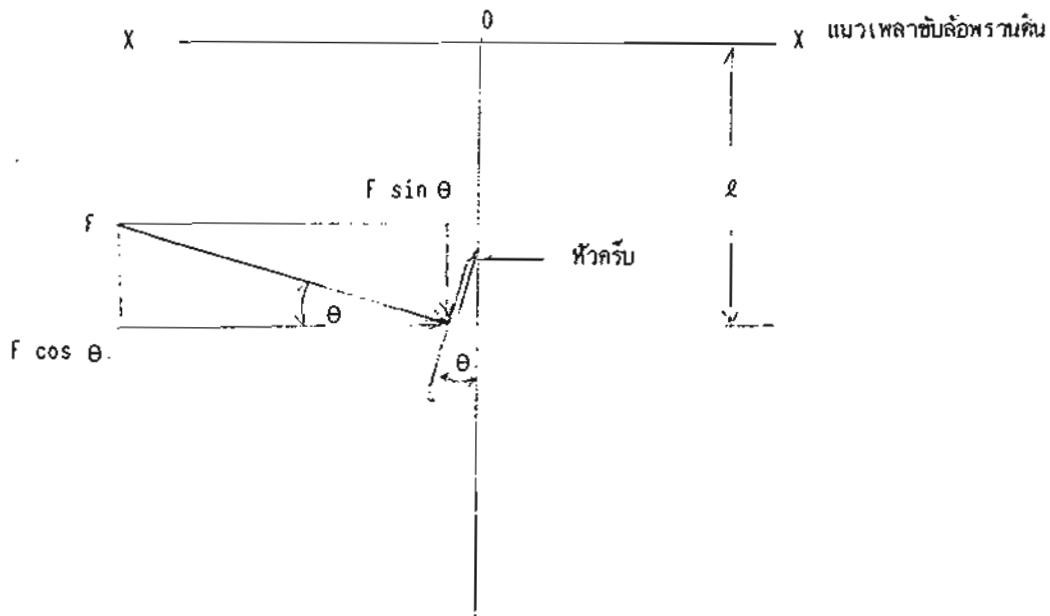
(เนื่องจาก negative thrust) เท่ากัน ดังนั้นถ้าลดจำนวนไบมีดของล้อพรวน

ดินข้างซ้ายลงเหลือ $\frac{2}{3}$ ของล้อพรวนดินข้างขวา ก็จะส่งผลให้แรงขับเคลื่อน

ของล้อพรวนดินข้างซ้ายเท่ากับ $\frac{2}{3}$ ของล้อพรวนดินข้างขวา ทำให้รถเคลื่อนที่

บทปฏิบัติที่ 2

ใช้หลักการของ Lateral dynamic behaviour of directional implement มาประยุกต์ใช้



ภาพที่ 3 แสดงครี (fin) ที่เอียงทำมุม θ กับแนวแกนกลางตัวรถ
F เป็นแรงปฏิกิริยาจากดินที่กระทำต่อครี ซึ่งจะกระทำ
ต่อจุดรวมแรงของครี

l = ความยาวจากจุดยึดมายังครี

$x - x$ = แนวเพลลาขับของล้อพรวนดิน

T = โมเมนต์ที่กระทำรอบจุด O

$$= F \cos \theta \cdot l$$

จากภาพที่ 3 ครีบทึ่ตั้งเอียงเป็นมุมกับแนวแกนกลางของตัวรถจะถูกแรงปฏิกิริยาจากดินมากกระทำ ทำให้เกิดโมเมนต์รอบจุด C ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของเพลาช้าย-ขวา จะช่วยให้รถพรวนดินสามารถทำงานวนเป็นวงกลมได้

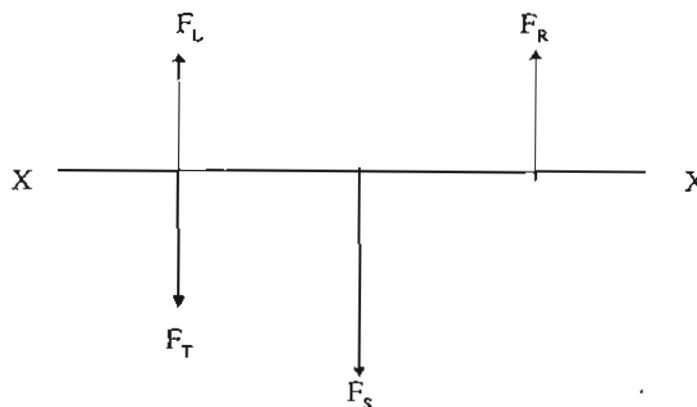
อนึ่งในการออกแบบในรายละเอียด (Detail design) จะไม่ออกแบบให้รถวนอยู่กับที่ในลักษณะ Pivot turn เพราะจะพรวนขีดโค่นตันจนเกินไป

การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถให้วนรอบได้ต้นให้ไ้ระยะห่างจากโค่นตันมากนัก้อยเพียงใดนั้นผู้ปฏิบัติงานจะปรับมุม θ ของครีบทหรือช่วยผลักเล็กน้อยที่ตามจับ

ทฤษฎีที่ 3

ทฤษฎีนี้จะใช้หลักการของแรงจุดตัวรถในทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เฉพาะข้างที่ต้องการจะเลี้ยว เพื่อให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของข้างนั้นช้ากว่าอีกข้างหนึ่ง จะส่งผลให้ตัวรถเคลื่อนที่เป็นทางโค้งอันเนื่องมาจากการเกิดโมเมนต์รอบจุด C

รายละเอียดแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงแรงที่กระทำต่อตัวรถ ซึ่งส่งผลให้รถเลี้ยวซ้ายได้

F_s = Soil Resisting force ที่กระทำต่อหัวพรวนตัวกลาง

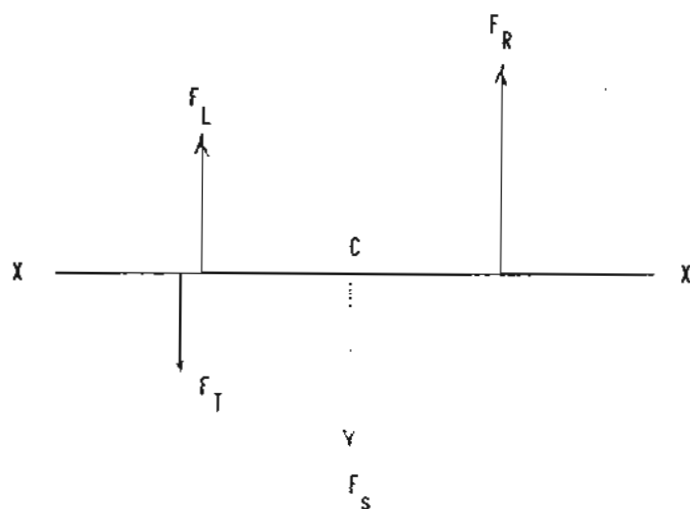
$F_L = F_R$ = แรงตะกรุยของล้อพรวนดินข้างซ้าย-ขวา

F_T = แรงจุดตัวรถมาทางด้านหลัง

ดังนั้น $F_R > (F_L - F_T)$ และจะส่งผลเหมือนกับกรณีที่ 1

F_T = เกิดขึ้นได้โดยติดหัวพรวนอีกชุดหนึ่งบนแคร่ที่ออกแบบสร้างมาเป็นพิเศษ หัวพรวนนี้จะช่วยจิกดินและช่วยหน่วงการเคลื่อนที่ของตัวรถไปข้างหน้า

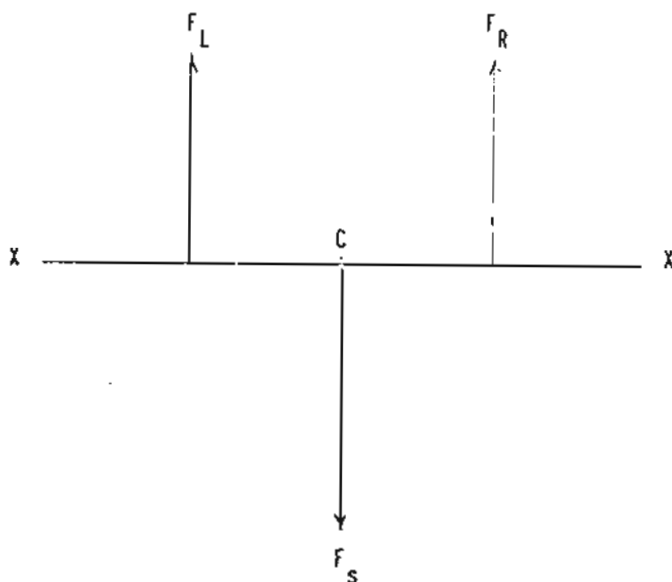
ขนาดของ F_T ขึ้นอยู่กับความลึกที่หัวพรวนกินดิน นอกจากนี้หัวพรวนยังเลื่อนไปมาได้บนแคร่ หากหัวพรวนอยู่ตำแหน่งที่เอียงจาก F_L มาทางซ้าย และ $F_L = \frac{2}{3} F_R$ ก็จะมีส่งผลให้การเลี้ยวซ้ายเป็นไปได้อย่างดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 5 เมื่อหัวพรวนชุดที่สองอยู่เยื้องมาทางด้านซ้ายรวมทั้ง $F_L < F_R$ ด้วย จะช่วยส่งผลให้รถพรวนเลี้ยวซ้ายได้ดียิ่งขึ้น

ทฤษฎีที่ 4

ใช้วิธี force component หรือการแยกแรง ซึ่งทำได้โดยทำให้เกิดแนวแรงการขับเคลื่อนไปข้างหน้าของตัวรถ มีทิศเบี่ยงเบนมาทางด้านที่ต้องการเลี้ยว



ภาพที่ 6 แสดงสภาวะปกติของรถพรวนดินทั่วไป

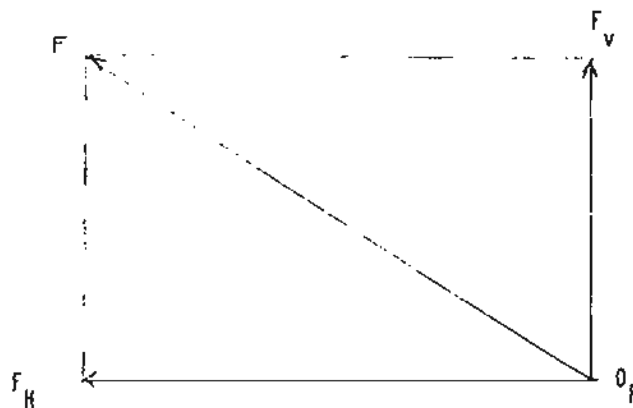
ในสภาวะปกติ รถพรวนทั่วไปมีรูปแบบของแรงที่มากกระทำดังในภาพ 6 ซึ่ง F_L = แรงขับเคลื่อนตัวรถไปข้างหน้าของล้อพรวนดินข้างซ้าย ซึ่งเท่ากับ F_R หรือแรงขับเคลื่อนตัวรถไปข้างหน้าของล้อพรวนดินข้างขวาในขณะนี้

$E F$ ในแนวดิ่งจะได้

$$(F_L + F_R) - F_i = F_v \text{ ----- (2)}$$

F_v = แรงสุทธิที่ขับเคลื่อนตัวรถไปข้างหน้า

ในการที่จะให้ตัวรถเคลื่อนที่เป็นทางโค้งได้นั้น แนวนแรงลัพธ์ F_v จะต้องมียกมาทางด้านที่ต้องการจะเลี้ยว ซึ่งในที่นี้สมมุติเป็นข้างซ้าย ซึ่ง F_v จะมีทิศเฉียงมาทางด้านข้างได้นั้นจะต้องมีแรงอีกแรงหนึ่ง ซึ่งสมมุติว่าเป็น F_H มากกระทำดังในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดง F_H ซึ่งเป็นแรงกระทำทางด้านข้าง

การที่จะทำให้เกิด F_H ได้นั้น สามารถทำได้โดยการผูกสลิงยึดโครงตัวรถไว้กับดินมะม่วงที่จะพรวน ดังแสดงในภาพถ่ายที่ 10 ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้ตัวรถเคลื่อนที่เป็นทางโค้งวนรอบต้นทางด้านซ้าย

ทฤษฎีที่ 5

วิธีนี้จะทำให้ความเร็วรอบหมุนของชุดโรเตอร์ หรือล้อพรวนดินหมุนด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากันระหว่างล้อพรวนดินข้างซ้าย-ขวา

วิธีนี้ผลที่ได้จะคล้ายกับในข้อ 1 กล่าวคือถ้าให้ล้อข้างซ้ายหมุนด้วยความเร็ว $\frac{2}{3}$ ของล้อข้างขวา แรงผลักให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า อันเนื่องมาจากการหมุนตัดดินของใบมีดข้างซ้ายจะมีค่าประมาณ $\frac{2}{3}$ ของล้อข้างขวา

สมการต่อไปนี้จะแสดงกำลังที่ใช้ในการพรวนของ Rotary Tiller (Dalin A.D. และ Plavov P.V, 1950)

$$N = N_{wt} + N_c + N_r + N_{fd} + N_p$$

เมื่อ N = กำลังของ rotary tiller

N_{wt} = กำลังที่ใช้ในการตัดดิน

N_c = กำลังที่ใช้ในการเหวี่ยงดินออกไป

N_r = กำลังที่ใช้ในการหมุนล้อ

N_{fd} = กำลังที่สูญเสียไปในระบบการส่งกำลัง

N_p = กำลังที่ใช้ในการจุดลาก

ดังนั้น กำลังที่ใช้เฉพาะตัดและเหวี่ยงดินขณะใบมีดทำงานจะเท่ากับ

$$N_{wt} + N_c = N - (N_r + N_{fd} + N_p)$$

การสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือ

ในขั้นตอนนี้ได้สร้างอุปกรณ์และเครื่องมือขึ้นมาหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะสอดคล้องกับการออกแบบทางทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดันกำลังที่ใช้จะเป็นรถพรวนเดินตามขนาดเบา ชนิดไม่มีล้อขับเคลื่อน ซึ่งเรียกว่า wheelless cultivator แต่จะมีล้อพรวนดิน (drum rotor) ในขณะทำงานล้อพรวนดินซึ่งมีใบมีดพรวนดินประกอบอยู่จะหมุนตัดดิน และผลักให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ดังรายละเอียดในข้างต้น อุปกรณ์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นนี้จะใช้ประกอบกับตัวรถพรวนดินดังกล่าวเพื่อให้สามารถเลี้ยวรอบต้นมะม่วงได้ในขณะพรวนดิน อุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบและถูกสร้างขึ้นนี้จะสอดคล้องกับการออกแบบทางทฤษฎี รายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมีดังนี้

1. ชุดล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินน้อยกว่าอีกข้างหนึ่ง เนื่องจากรถพรวนเดินตามที่ใช้เป็นต้นกำลังเป็นรถพรวนดิน Honda รุ่น FA500 มีล้อพรวนดิน 2 ข้างเท่ากัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 160 มม. ยาว 400 มม. ล้อแต่ละข้างมีใบมีดพรวนดินชนิด C-Blade จำนวน 9 ใบ ดังนั้นจึงได้ออกแบบและสร้างล้อพรวนดินที่มีจำนวนใบมีดพรวนดินเท่ากับ $\frac{2}{3}$ ของล้อเดิมหรือเท่ากับ 6 ใบ ในที่นี้ได้

กำหนดในรถวนเลี้ยวไปทางด้านซ้ายมือ ดังนั้นจึงสร้างล้อพรวนดินข้างซ้ายมีใบมีด 6 ใบ ววนเรียงอย่างสม่ำเสมอ เหตุผลที่ให้มี 6 ใบเนื่องจากเป็นระยะต่ำสุดที่จะตีดินได้โดยไม่เหลือพื้นที่ที่ไม่ถูกพรวน รายละเอียดแสดงในรูปที่ 2, 4 และภาพถ่ายที่ 1, 2

อนึ่งเนื่องจากได้ใช้รถพรวนดิน 2 คัน ต่างยี่ห้อกัน โดยรถคันที่ 2 เป็นรถที่ผลิตในประเทศยี่ห้อแรดน้อย ลักษณะของล้อพรวนดินและใบมีดพรวนดินจะต่างจากรถพรวนดิน Honda ดังนั้นจึงได้ออกแบบและสร้างใบมีดพรวนดินชุดข้างซ้ายให้มีจำนวน 9 ใบ (ซึ่งน้อยกว่าข้างขวาซึ่งเป็นของเดิมที่มี 12 ใบ) ดังแสดง ในภาพถ่ายที่ 3,4 จากการที่ล้อพรวนดินมีใบมีดไม่เท่ากันนี้จะทำให้รถพรวนดินเลี้ยวไปทางด้านที่มีใบมีดน้อย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ 1

2. ได้ออกแบบและสร้างครีบ (fin) สำหรับติดใต้ท้องหัวพรวนที่ใช้ถ่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถ ครีบนี้นี้ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร ตัดเป็นรูปสามเหลี่ยม ส่วนท้องมีคมและส่วนปลายจะแหลมเพื่อลดแรงต้านจากดิน มีความยาว 230 มิลลิเมตร และสูง 100 มิลลิเมตร ครีบนี้อย่างทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของตัวรถประมาณ 25 องศา ดังนั้นจึงทำให้เกิดแรงดันด้านข้างอันเนื่องมาจากแรงปฏิกิริยาจากดิน ขนาดของครีบและขนาดของมุมที่ตั้งเอียง 25 องศา นี้ได้มาจากการวิธีทดลอง (trial and error method)

การออกแบบในข้อนี้สอดคล้องกับทฤษฎีของ lateral dynamic behavior of mounted implement ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ 2 รายละเอียดแสดงในรูปที่ 1, 3 และรูปที่ 5-8 และภาพถ่ายที่ 1-4 รถพรวนดิน Honda รุ่น FA500 มีน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม ส่วนรถพรวนดินแรดน้อยมีน้ำหนักมากกว่าเล็กน้อย

3. ได้ออกแบบและสร้างหัวพรวนอีกหนึ่งชุดพร้อมแคร่สำหรับยึดหัวพรวนนี้นี้สามารถเลื่อนไป-มาบนแคร่ได้ ในขณะที่ทำงานหัวพรวนชุดนี้ซึ่งอยู่เยื้องมาทางด้านซ้ายจากจุดกึ่งกลางของตัวรถจะกินดินและหน่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถ ส่งผลให้เกิดโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาที่จุดกึ่งกลาง (จุด C ในภาพที่ 5) ระหว่างล้อพรวนดินสองข้าง และจะทำให้ตัวรถถูกผลักมาทางด้านซ้าย รายละเอียดของหัวพรวนชุดนี้พร้อมแคร่ยึดแสดงในภาพถ่ายที่ 6,7

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุดนี้สอดคล้องกับทฤษฎีที่ 3 ที่ใช้แรงจุดตัวรถข้างที่ต้องการเลี้ยวในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของตัวรถ

4. ออกแบบและสร้างหุ้ยดตัวรตพร้อมลวดสลึงสำหรับเกี่ยวในขณะทำงาน จะใช้ลวดสลึงเกี่ยวกับตัวรตตรงหุ้ยดนี้แล้วคล้องเข้ากับต้นไม้ ซึ่งจะส่งผลให้ตัวรตเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบต้นไม้หุ้ยดนี้เป็นส่วนหนึ่งของแคร่ที่สร้างขึ้นมาเป็นส่วนประกอบพิเศษของตัวรตเพื่อใช้ในกรณีที่ 3 และ 4 ดังแสดงในภาพถ่ายที่ 8-10

หลักการนี้สอดคล้องกับทฤษฎีที่ 4 คือ การทำให้เกิดแนวแรงด้านข้างเพิ่มขึ้นมาจากแรงผลักให้ตัวรตเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ซึ่งจะส่งผลให้เกิดแรงลัพท์เบนมาทางด้านที่ผูกลวดสลึง ทำให้ตัวรตเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบต้นไม้มั่วได้

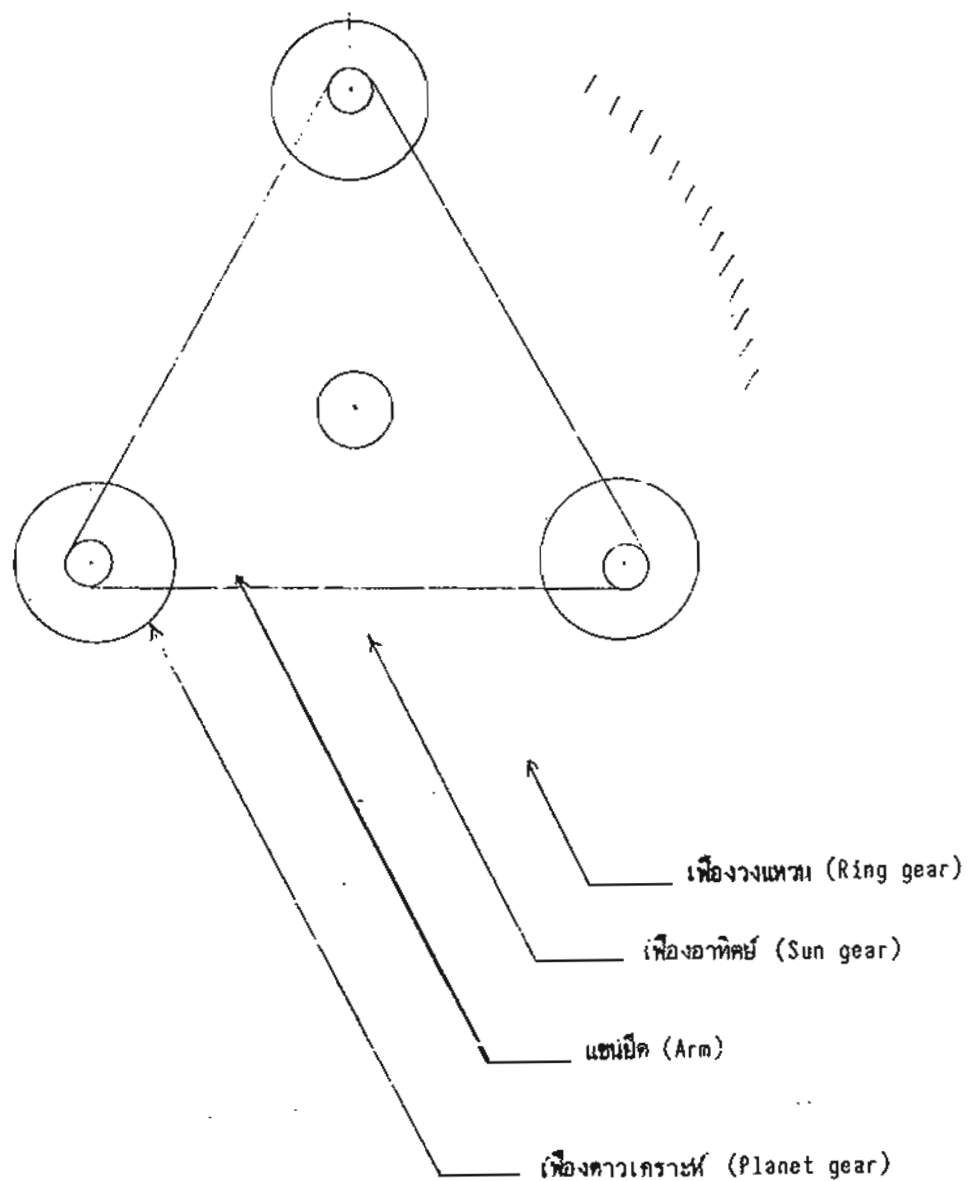
5. ออกแบบและสร้างชุดเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary Gear Train) เพื่อลดความเร็วรอบของเพลาล้อพรวนดินข้างหนึ่ง การออกแบบและสร้างนี้เป็นไปตามทฤษฎีที่ 5 ชุดเฟืองดาวเคราะห์นี้ประกอบด้วย Ring gear หรือเฟืองวงแหวน 1 ชุด Sun gear หรือเฟืองอาทิตย์ 1 ชุด Planet gear หรือเฟืองดาวเคราะห์ 3 ชุด arm หรือแขนยึด 1 ชุด กำลังจากเพลาล้อเข้าเข้ากับเฟืองอาทิตย์ ส่วนเพลาลูกจะต่อออกจาก arm หรือแขนยึดให้ความเร็วรอบหมุนของเพลาลูกมากกว่าเพลาลูกตาม เพลาลูกรับกำลังมาจากแกนขับข้างซ้ายของตัวรต ส่วนเพลาลูกจะต่อเข้ากับล้อพรวนดิน

การที่ออกแบบและสร้างชุดเฟืองดาวเคราะห์เพื่อลดรอบของเพลาลูกข้างหนึ่งให้ช้าลงนี้เป็นไปตามทฤษฎีที่ 5 เหตุผลที่ใช้ชุดเฟืองดาวเคราะห์แทนที่จะดัดแปลงชุดเกียร์ของตัวรต เนื่องจากต้องการให้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่สามารถใช้กับรถพรวนเดินตามขนาดเบาได้ทุกชนิด ภาพที่ 8 เป็นคิเนมาติกไดอะแกรมของชุดเฟืองดาวเคราะห์ ภาพถ่ายที่ 24 แสดงการประกอบเข้ากับตัวรถพรวนดิน

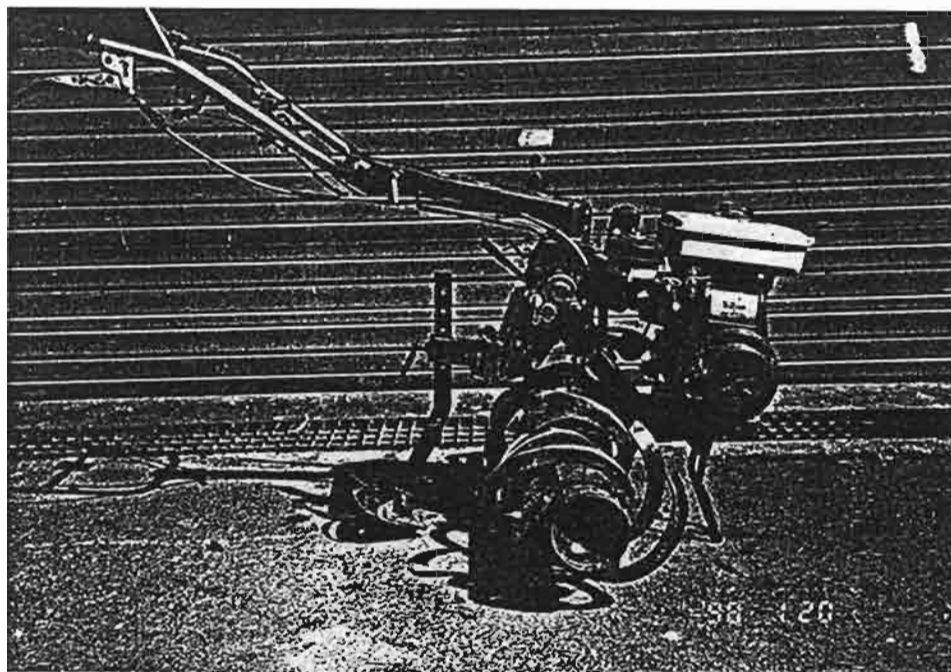
6. ออกแบบและสร้างรถพรวนเดินตามขนาดเบา เพื่อใช้สำหรับพรวนรอบต้นไม้มั่วโดยเฉพาะ

วัตถุประสงค์ของการสร้างรถพรวนชุดนี้ มีดังนี้

- ก. เพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งหมดขึ้นมาเอง
- ข. เพื่อลดต้นทุนให้ต่ำลง
- ค. เพื่อให้ง่ายต่อการใช้และบำรุงรักษา

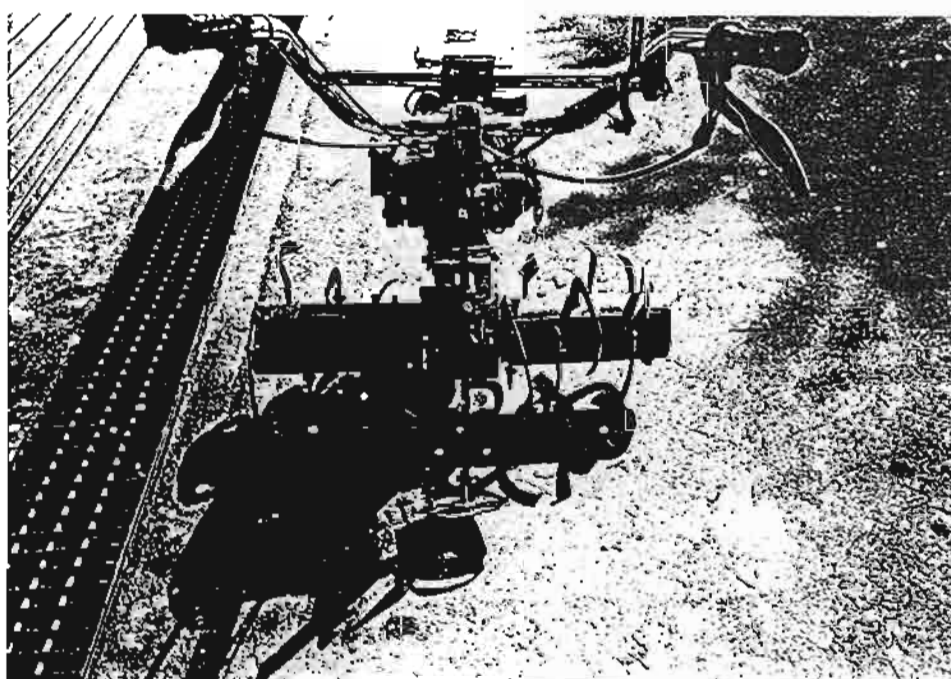


ภาพที่ 8 แสดงคิเนมาติกส์ไดอะแกรมของชุดเฟืองดาวเคราะห์

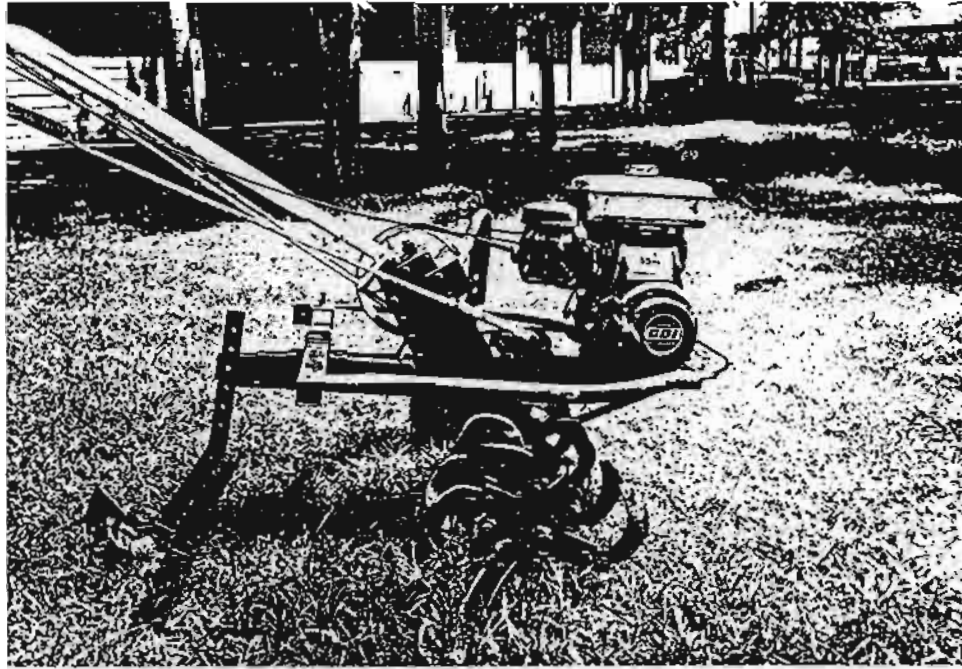


ภาพถ่ายที่ 1 ภาพถ่ายด้านข้างของรถพรวนดินฮอนด้า รุ่น FA500 ที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์คันกำลัง โดยดัดแปลงและเพิ่มเติมอุปกรณ์ได้แก่

1. ลดจำนวนใบมีดพรวนดินของล้อพรวนดินข้างซ้ายให้เหลือ 6 ใบ (จากเดิมมี 9 ใบ) ส่วนล้อพรวนดินข้างขวายังคงมี 9 ใบ เช่นเดิม
2. ติดตั้งแผ่นครีปใต้หัวพรวนให้เอียงทำมุม 25 องศากับแนวแกนกลางของตัวรถ (หัวพรวนนี้ใช้หน่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า) ของตัวรถทำให้ชุดพรวนกินดินได้ลึก

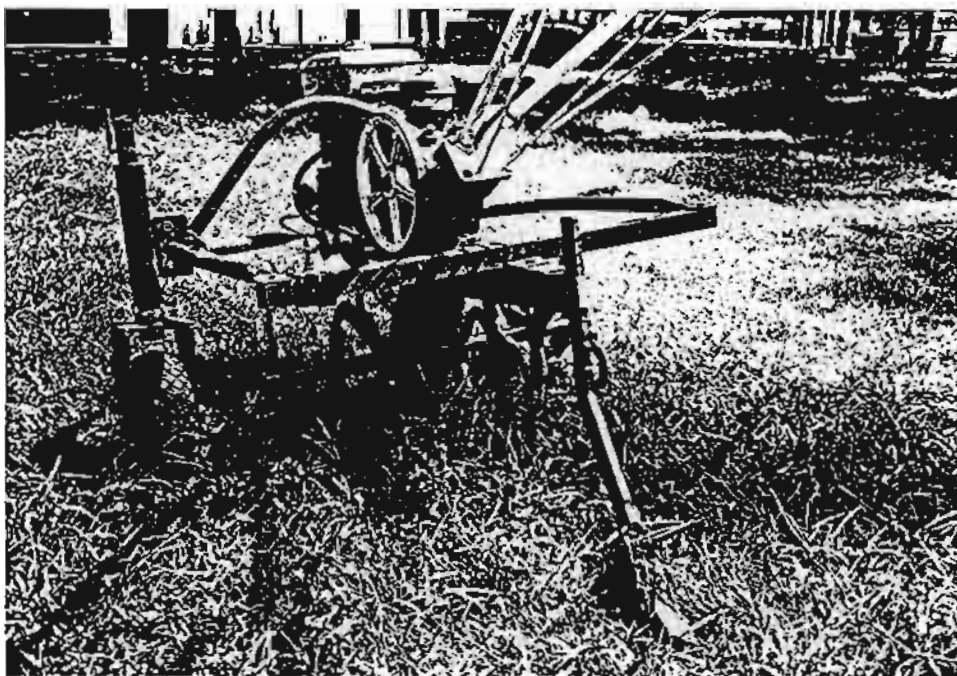


ภาพถ่ายที่ 2 ภาพด้านหลังของรถพรวนดิน ที่ได้พัฒนาและติดตั้งอุปกรณ์ประกอบแล้ว ล้อพรวนดินข้างซ้ายมีใบมีดพรวนดิน 6 ใบ ในขณะที่ข้างขวามี 9 ใบ และติดตั้งใต้หัวพรวนทำมุม 25 องศากับแนวแกนกลางรถ

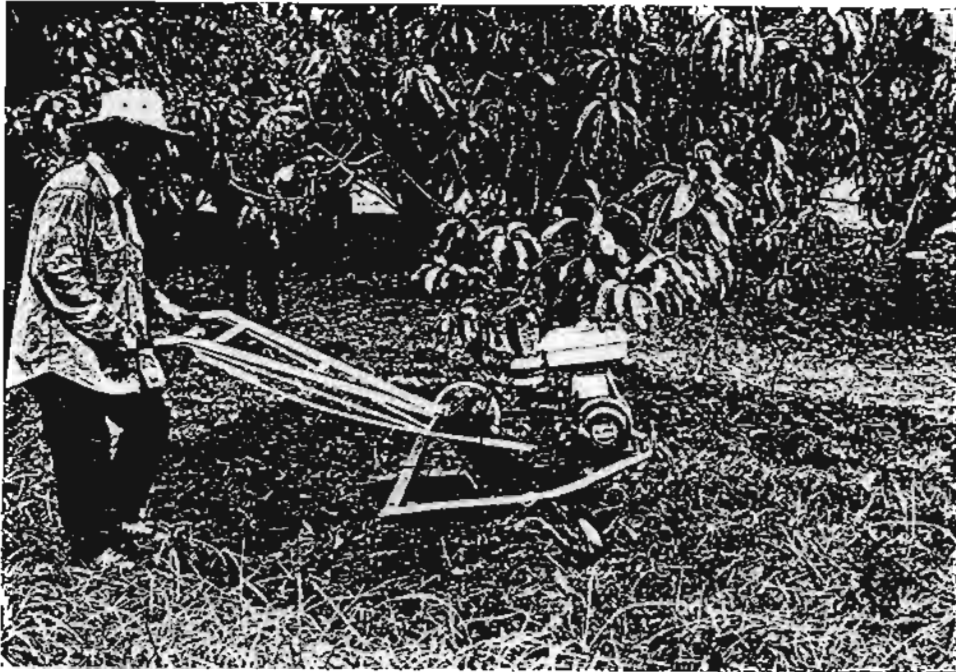


ภาพถ่ายที่ 3 รถพรวนดิน “เรดน้อย” ซึ่งผลิตที่ อ. ศรีประจันต์ จ. สุพรรณบุรี
ได้นำมาปรับปรุงและเพิ่มเติมอุปกรณ์คือ

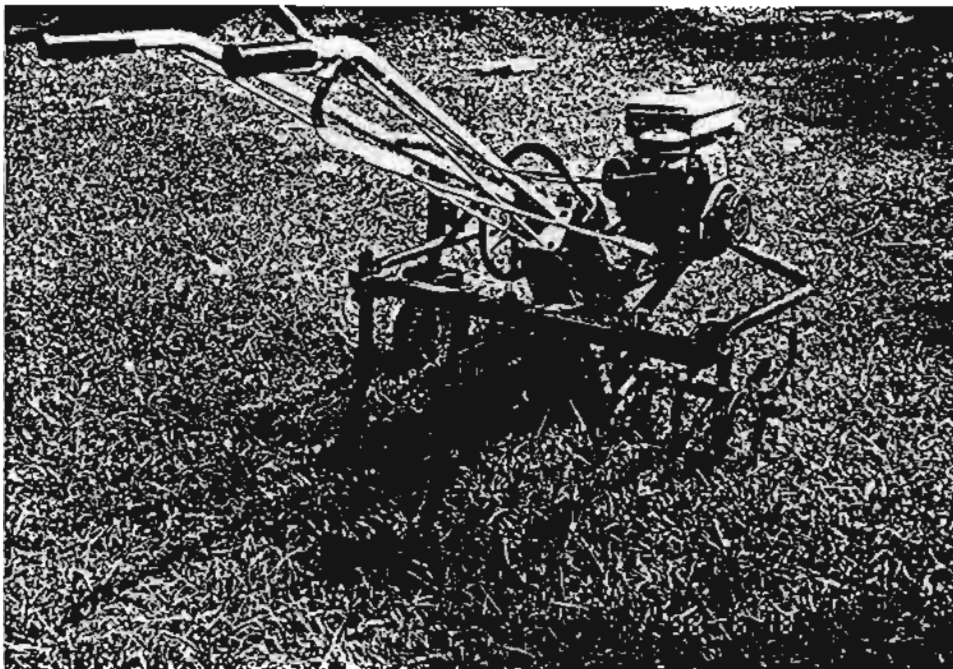
1. ล้อพรวนดินข้างซ้ายลดใบมีดพรวนดินลงเหลือ 9 ใบ
ในขณะที่ข้างขวามีเท่าเดิม 12 ใบ
2. ใส่ครีปใต้ท้องหัวพรวน
3. ติดตั้งโครงยึดและแคร่



ภาพถ่ายที่ 4 ภาพด้านหลังรถพรวน “เรดน้อย” มีล้อรักษาสมดุลอยู่ด้านซ้าย
ในกรณีที่จะใช้ลวดสลิงโยงด้านซ้ายของโครงรถเข้ากับคันมะม่วง
เพื่อให้รถวนรอบได้คั่นในขณะพรวน



ภาพถ่ายที่ 5 ขณะกำลังพรวนรอบโคนต้น รถพรวน “เรคน้อย” ติดตั้งชุดพรวนข้างซ้ายที่มี
จำนวนใบมีดพรวนดินน้อยกว่าข้างขวา นอกจากนี้ได้ติดตั้งได้หัวพรวนด้วย



ภาพถ่ายที่ 6 แสดงหัวพรวนชุดที่ 2 ติดตั้งบนแคร่ (ในกรณีที่ไม่ใช้วิธีเอาทวนคสถึงโขงโคนคั่น)
ก็ไม่จำเป็นต้องใส่ล้อรักษาสมดุลย์ที่เห็นในภาพ)



ภาพถ่ายที่ 7 ทดลองพรวนรอบโคนต้นไม้โดยใช้หัวพรวนชุดที่ 2 ติดตั้งเพิ่มเติม
ทางด้านซ้ายของตัวรถ เพื่อให้เกี่ยววงแคบได้ดีขึ้น



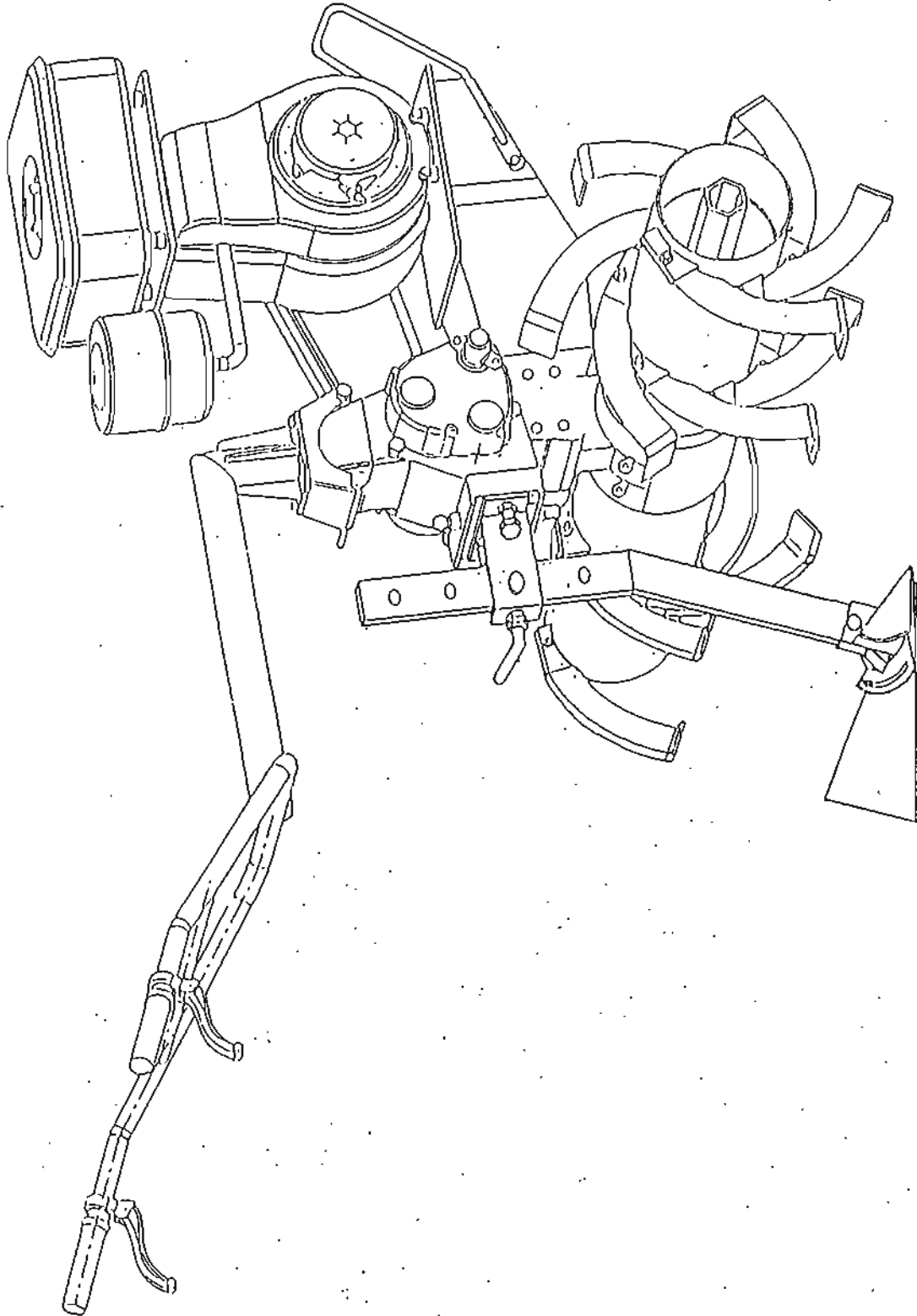
ภาพถ่ายที่ 8 รถพรวน "Honda รุ่น FA500" ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบครบทุกชนิด
(ในขณะทำงานเลือกใช้เพียงบางอย่างเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกชนิด
พร้อมกันในขณะเดียวกัน)



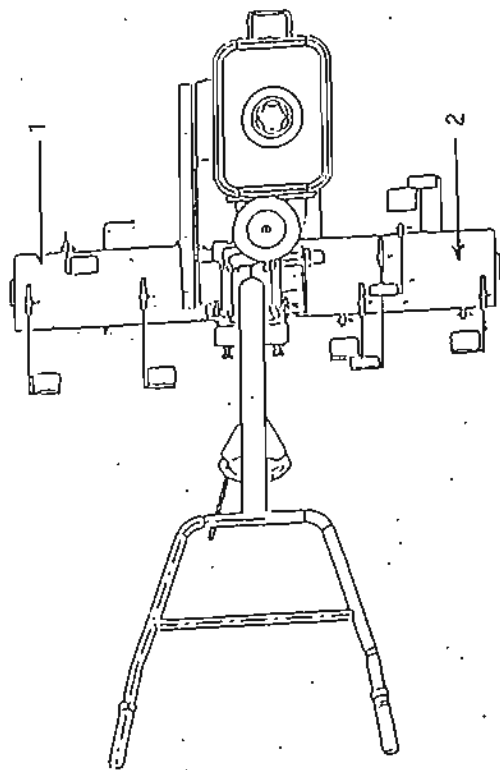
ภาพถ่ายที่ 9 ทดลองโยงกลดตถึง ปรากฏว่ากลดตถึงหย่อนเนื่องจากไม้จําเป็นต้องไ้ใช้ เพราะรถพรวนดินสามารถไ้เกี่ยวไ้ด้วงแคงอยู่ไ้แล้ว เนื่องจากติดตั้งอุปกรณ์ ประกอบอื่น เพื่อช่วยไ้เกี่ยววนรอบไ้ไ้ต้นไ้แล้ว



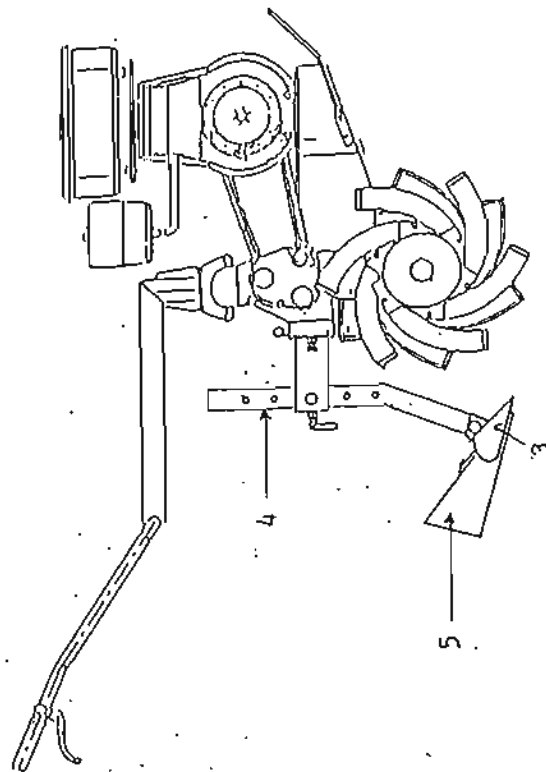
ภาพถ่ายที่ 10 ทดลองโยงกลดตถึงโดยไ้ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบอื่น



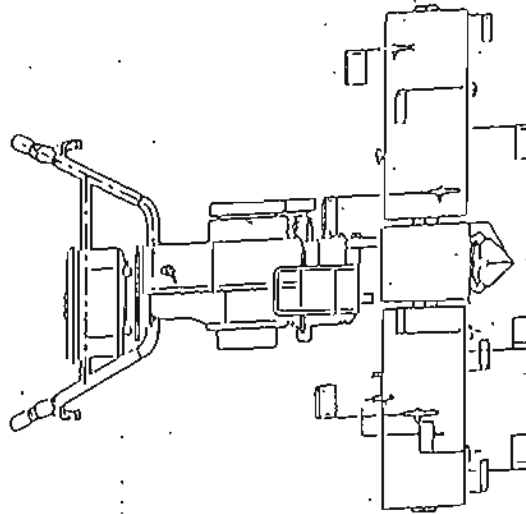
รูปที่ 1



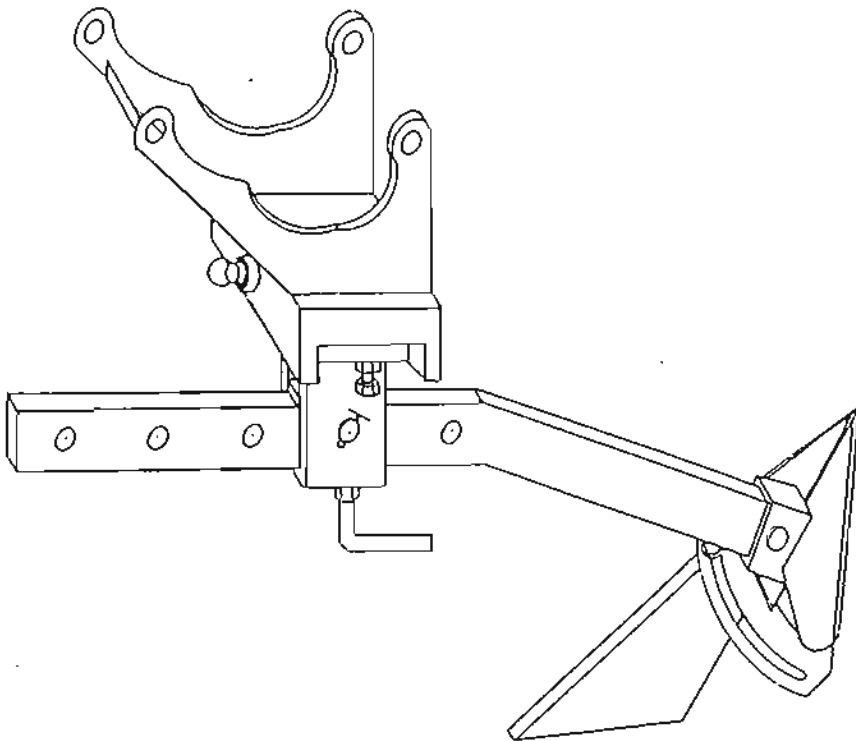
รูปที่ 2



รูปที่ 3

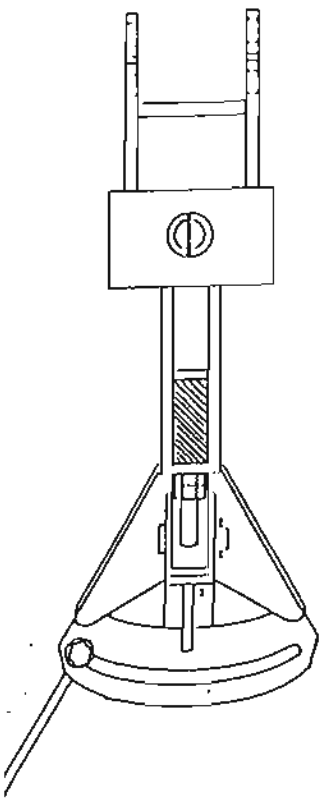


รูปที่ 4

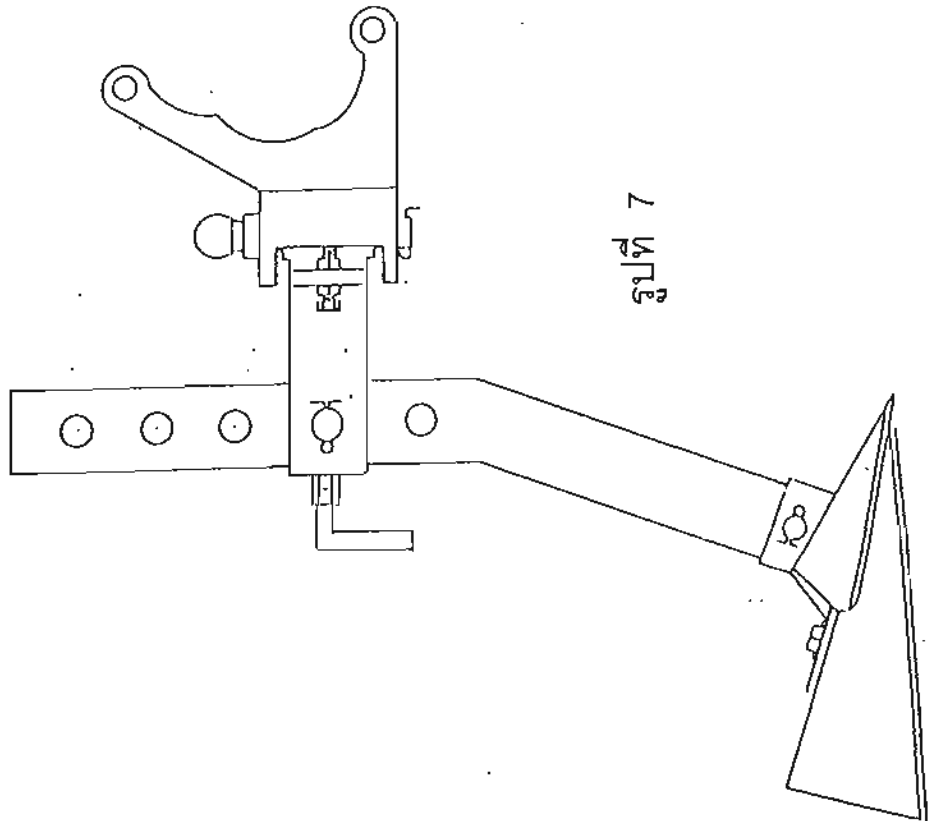


รูปที่ 5

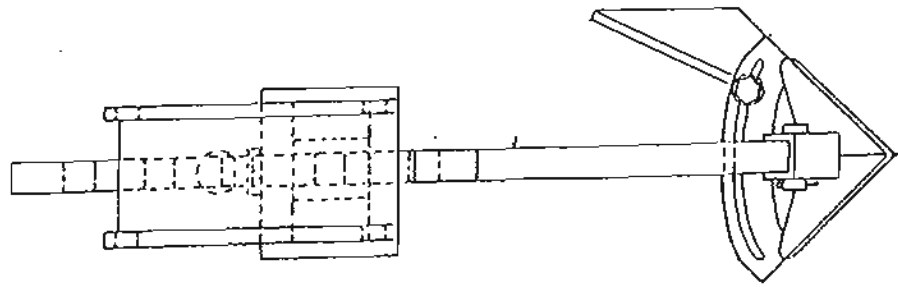
รูปที่ 6

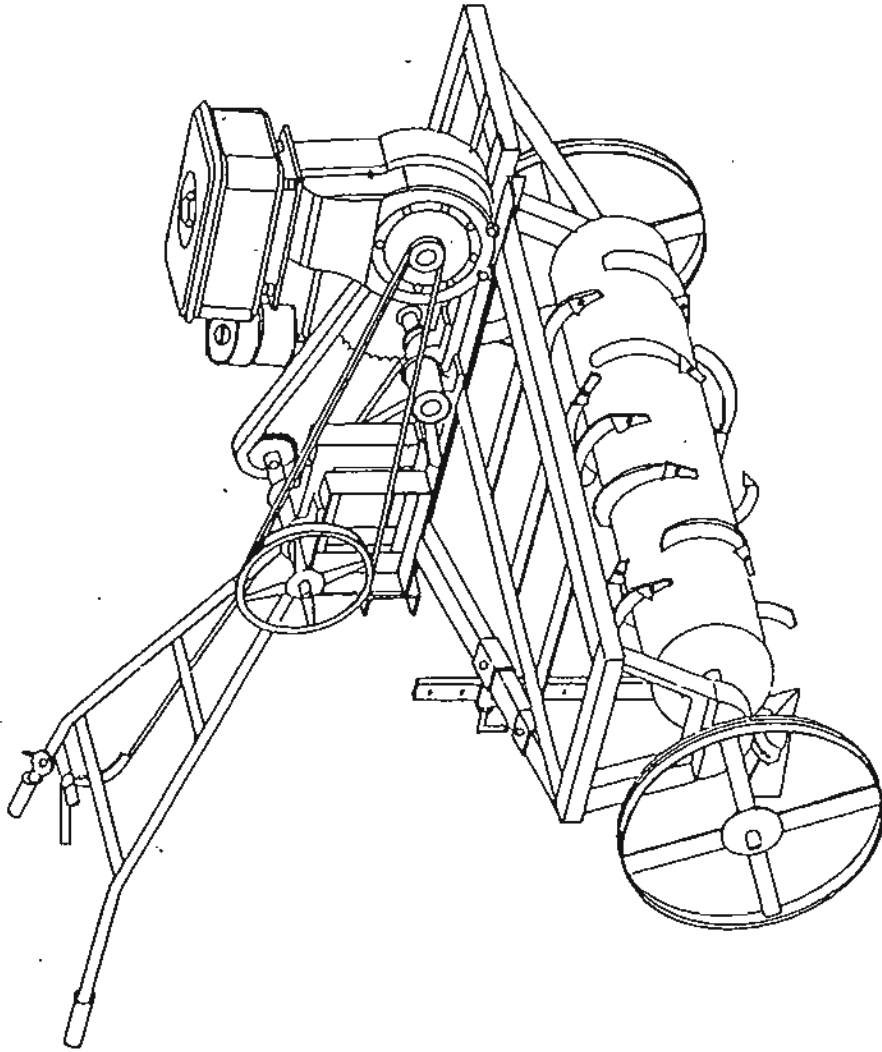


รูปที่ 7

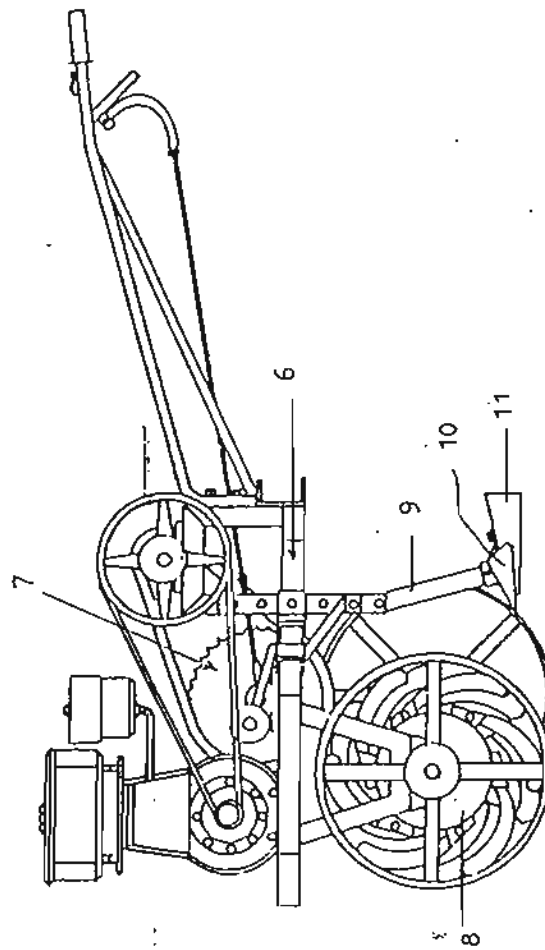


รูปที่ 8

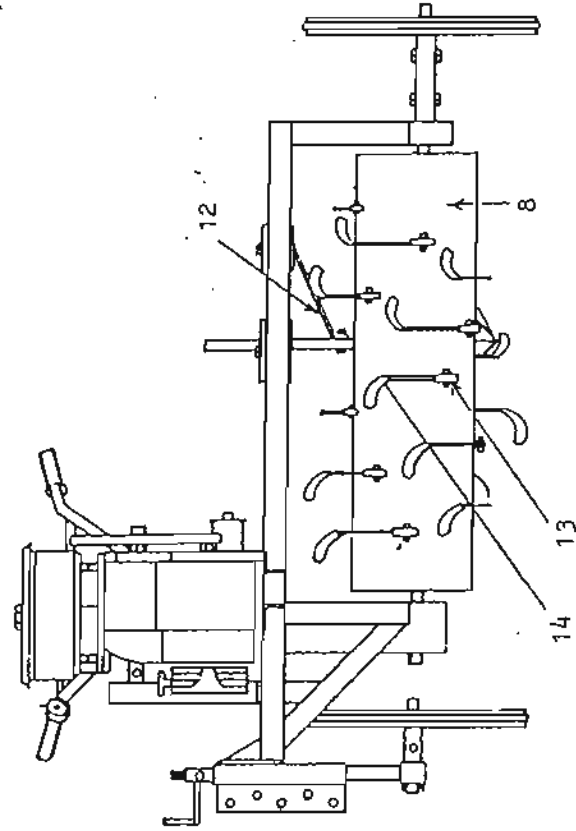




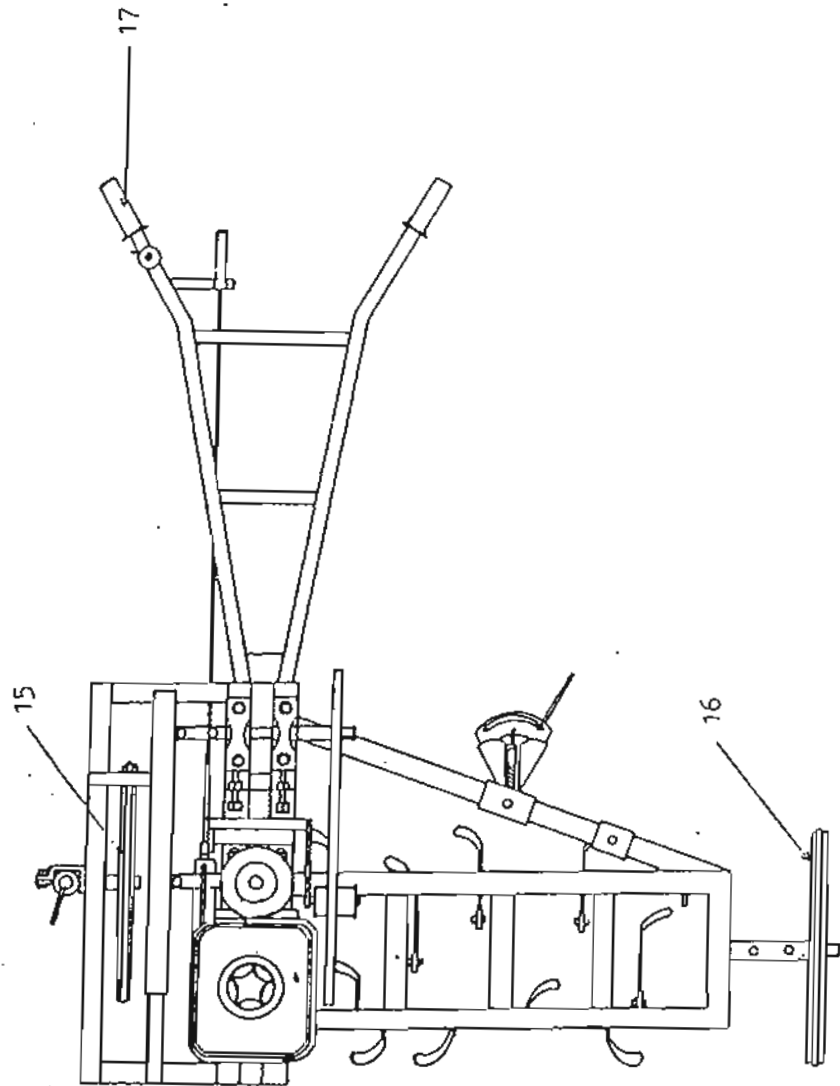
รูปที่ 9



รูปที่ 10



รูปที่ 11



รูปที่ 12

รายละเอียดการออกแบบและโครงสร้างตัวรถมีดังนี้

1. โครงรถ ทำด้วยเหล็กฉาก ขนาด $1\frac{1}{2}" \times 1\frac{1}{2}" \times \frac{1}{8}"$ เป็นโครงสร้างเชื่อม (Welded construction) เป็นที่ยึดอุปกรณ์ทั้งหมด และมีด้ามจับสำหรับควบคุมรถ
 2. เครื่องยนต์ต้นกำลัง เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดแรงม้าสูงสุดประมาณ 5 แรงม้า
 3. ชุดกลไกถ่ายทอดกำลัง ประกอบด้วยมู่เล่ย์สายพานและเฟือง-โซ่ ใช้ถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์มายังล้อพรวนดิน การบังคับความตึงของสายพานทำโดยลูกรอก (Idler) ซึ่งคันบังคับอยู่ใกล้ด้ามจับ กำลังจากเครื่องยนต์ถูกถ่ายทอดมายังล้อพรวนดินให้หมุนด้วยความเร็วประมาณ 70 รอบ/นาที
 4. ล้อพรวนดิน ทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกกลม มีแผ่นเหล็กเชื่อมปิดหัว-ท้าย มีเพลาร้อยตรงกลางตลอดความยาวของล้อพรวนดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกระบอก 220 มิลลิเมตร ความยาวทรงกระบอก 800 มิลลิเมตร บริเวณผิวทรงกระบอกโดยรอบมีฝัก สำหรับยึดใบมีดพรวนดินอยู่ เมื่อวัดจากแนวถึงกลางทรงกระบอกไปทางซ้าย จะมีใบมีด 6 ใบ ในขณะที่ทางขวามีใบมีด 9 ใบ การที่มีใบมีดไม่เท่ากันนี้จะส่งผลให้แรงขับทางด้านซ้ายน้อยกว่าแรงขับทางด้านขวา ทำให้รถเคลื่อนที่เป็นทางโค้งเลี้ยวมาทางด้านซ้าย ใบมีดพรวนดินสามารถถอดและเปลี่ยนใหม่ได้ ใช้ได้ทั้งชนิด L-blade และ C-blade
 5. ชุดหัวพรวนติดครีปได้ทั้งอง ชุดหัวพรวนนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หน่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถในขณะที่ล้อพรวนดินทำงานเพื่อให้ล้อพรวนดินสามารถพรวนดินได้ลึก ได้หัวพรวนจะติดครีปสามเหลี่ยมขนาด 280×130 มิลลิเมตร เอียงทำมุมกับแนวแกนกลางตัวรถประมาณ 25 องศา การที่แผ่นครีปตั้งเอียงจะทำให้เกิดแรงดันด้านข้างอันเนื่องมาจากแรงปฏิกิริยาจากดิน และส่งผลให้ตัวรถถูกผลักให้เลี้ยวไปในทิศตรงกันข้าม
 6. ล้อรักษาสมดุลย์และล้อเดินทาง เนื่องจากเครื่องยนต์วางอยู่ด้านขวาของตัวรถ (เมื่อมองจากตำแหน่งผู้ปฏิบัติงาน) ซึ่งการออกแบบเช่นนี้เพื่อลดต้นทุนและให้สร้างง่าย ตลอดจนสะดวกในการบำรุงรักษา ดังนั้นจึงมีล้อรักษาสมดุลย์ของตัวรถอยู่ทางด้านขวา นอกจากนี้ทางด้านซ้ายของตัวรถยังมีล้อขนาดเดียวกันเพื่อความสะดวกในการเดินทางและจะถอดออกเมื่อถึงแปลงปฏิบัติงาน
- ล้อทั้งสองนี้ทำด้วยเหล็กเพื่อให้มีค่าความต้านทานในการกลิ้ง (rolling resistance) ต่ำทำให้ลดแรงต้านในการเคลื่อนที่
- รถพรวนดินนี้มีน้ำหนักประมาณ 150 กิโลกรัม รายละเอียดรถพรวนดินตามชนิดนี้แสดงในรูปที่ 9-12 และภาพถ่ายที่ 11-13

การออกแบบและสร้างชุดพรวนตีนเปิด (duck foot) พร้อมล้อเหล็กและน้ำหนักถ่วง

วัตถุประสงค์ในการพัฒนาอุปกรณ์พรวนชนิดนี้ ก็เพื่อใช้กับพื้นที่ดินอ่อนนุ่มและหญ้าเฟื่องออก อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาชนิดนี้

1. ล้อเหล็กเพื่อช่วยเพิ่มการจุดลาก
2. ชุดพรวนชนิดมีใบพรวนเป็นแบบตีนเปิด
3. น้ำหนักถ่วงที่เพลาล้อเพื่อช่วยเพิ่มการจุดลาก

รายละเอียดการประดิษฐ์แสดงในภาพถ่ายที่ 14

การทดลองเบื้องต้น

วัตถุประสงค์ในการทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิค ตลอดจนจุดที่จะต้องปรับปรุงแก้ไข รวมทั้งเพื่อพิจารณาชนิดและแบบของอุปกรณ์ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมาว่า ชนิดใดมีความเหมาะสมในการใช้งานมากที่สุด การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลและศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานได้กระทำในขั้นตอนหลังจากนี้

วิธีการทดลองเบื้องต้น กระทำโดยนำอุปกรณ์และรถพรวนทุกชนิดที่ได้สร้างขึ้นมา ไปทดลองพรวนรอบคันมะม่วงเพื่อศึกษาความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ตลอดจนความคล่องตัวในการทำงาน ในการทดลองได้ใช้ผู้ปฏิบัติงานเพื่อควบคุมรถพรวน 1 คน

ผลการทดลองเบื้องต้น

ผลการทดลองเบื้องต้นในแปลงมะม่วง ระยะปลูกตั้งแต่ 2.5 x 2.5 เมตร และ 4 x 4 เมตร ได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

1. รถพรวนดินเดินตามขนาดเบามีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปนั้น เมื่อนำล้อพรวนดินข้างหนึ่งมาปรับปรุงโดยลดจำนวนใบมีดลง 1/3 พร้อมกับติดตั้งแผ่นครีปใต้ท้องชุดหัวพรวนให้เอียงทำมุมกับแนวแกนกลางตัวรถประมาณ 25 องศา เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพรวนกำจัดวัชพืชใต้ต้นมะม่วง เนื่องจากมีขนาดเบา มีความคล่องตัวในการทำงานและประการสำคัญสิ้นเปลืองเงินค่าลงทุนดัดแปลงต่ำ และกระทำได้ง่ายดาย (ภาพถ่ายที่ 1-4) และสามารถถอดเปลี่ยนใส่อุปกรณ์เดิมได้โดยง่าย

2. รถพรวนดินตามข้อหนึ่งแต่ติดตั้งหัวพรวนอีกชุดหนึ่ง (ภาพถ่ายที่ 6-7) เพื่อช่วงหน่วงการเคลื่อนที่ด้านที่ต้องการจะเลี้ยว รถพรวนดินชนิดนี้ช่วยให้สามารถเลี้ยวรอบต้นมะม่วงได้วงแคบยิ่งขึ้น ข้อด้อยมีเพียงประการเดียวคือมีส่วนประกอบมากขึ้น ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและมีค่าใช้จ่ายมากขึ้น

3. รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมาทั้งคัน (ภาพถ่ายที่ 11-12) สามารถทำงานได้ดีมาก มีความคล่องตัวและขีดความสามารถในการทำงานเหมือนกับรถพรวนดินในข้อ 1 แต่มีน้ำหนักมากกว่า และมีความเร็วรอบหมุนของล้อพรวนดินเพียงจังหวะเดียว ส่วนข้อดีคือแข็งแรงทนทานโดยเฉพาะชุดอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังและล้อพรวนดินมีความแข็งแรงมากและบำรุงรักษา

ง่าย ประการสำคัญมีต้นทุนต่ำที่สุดในบรรดารถพรวนดินทุกประเภท อนึ่งเนื่องจากการที่มีน้ำหนักมากกว่านี้เองทำให้เกิดผลดีประการหนึ่งคือช่วยลดการสิ้นเสทือนในขณะพรวนดิน

4. รถพรวนดินที่ใช้ลวดสลิงเกี่ยวหุ้ยที่ตัวรถแล้วคล้องกับต้นไม้ (ภาพถ่ายที่ 10) รถพรวนดินชนิดนี้สามารถเลี้ยววนรอบไถ่ต้นมะม่วงได้ดีแต่มีข้อจำกัดในการทำงานคือ

1. ต้นมะม่วงต้องมีขนาดใหญ่และแข็งแรงพอที่จะคล้องลวดสลิง และสามารถต้านทานแรงเหวี่ยงของตัวรถขณะหมุนวนรอบต้นได้
2. ทำงานได้ช้าเนื่องจากเสียเวลาค่อนข้างลวดสลิงในการพรวนแต่ละต้น และต้องหยุดรถพร้อมกับเลื่อนระยะคล้องให้ยาวขึ้นเมื่อต้องการขยายวงรอบการพรวนรอบไถ่ต้น รวมทั้งต้องเสียเวลาปลดลวดสลิงเมื่อจะต้องย้ายไปพรวนต้นต่อไป
3. ต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน คนหนึ่งบังคับตัวรถ ส่วนอีกคนหนึ่งคอยคล้องและปลดลวดสลิง
4. มีส่วนประกอบมากขึ้น ทำให้มีน้ำหนักมากขึ้น

5. รถพรวนดินที่ใช้ชุดเฟืองดาวเคราะห์ (planetary gear train) มาประกอบเพลาขับล้อพรวนดินข้างหนึ่งเพื่อลดความเร็วรอบหมุนลง (ภาพถ่ายที่ 24) จากการทดลองเบื้องต้นพบว่ามีความไม่สะดวกและไม่เหมาะในการใช้งานเนื่องจาก

1. ล้อพรวนดินข้างที่ถูกลดความเร็วรอบหมุนลงจะไม่สามารถยอยดินได้ดีเหมือนอีกข้างหนึ่ง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชไม่ดีเท่าที่ควร
2. ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายไปทำงานจากต้นหนึ่งไปยังอีกต้นหนึ่ง เพราะรถจะวิ่งวนเป็นวงกลมตลอดเวลา ถึงแม้จะยกด้ามจับจนหัวพรวนลอยพ้นพื้นแล้วก็ตาม ซึ่งในรถพรวนดินสี่แบบแรกจะไม่มีปัญหาเช่นว่านี้ ทั้งนี้เพราะล้อพรวนดินทั้งสองข้างจะหมุนด้วยความเร็วที่เท่ากัน

จากการทดลองเบื้องต้นนี้ทำให้ได้ข้อสรุปว่ารถพรวนดินชนิดเดินตามแบบที่ 1 และแบบที่ 3 เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการพรวนกำจัดวัชพืชไถ่ต้นมะม่วง รถพรวนดินเดินตามแบบที่ 2 ก็มีความเหมาะสมเช่นกัน แต่เหมาะสำหรับการเลี้ยววนรอบไถ่ต้นเป็นวงแคบมาก ๆ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงได้ปรับปรุงให้สามารถเลื่อนตำแหน่งหัวพรวนชุดที่สองให้เลื่อนไป-มาบนแคร่ได้ หัวพรวนชุดที่สองนี้จะหน่วงการเคลื่อนที่ของตัวรถเฉพาะด้านที่ต้องการเลี้ยว ดังนั้นจึงช่วยให้รถสามารถเลี้ยวเป็นวงแคบได้ดียิ่งขึ้น

อนึ่งสำหรับรถพรวนที่ติดตั้งอุปกรณ์แบบพรวนดินเปิดนั้น มีข้อจำกัดในการใช้อยู่ตรงที่ว่าดินจะต้องไม่แข็งและวัชพืชต้องอยู่ในระยะเริ่มงอกเท่านั้น ดังนั้นรถพรวนชนิดนี้ (ภาพถ่ายที่ 14) จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานพรวนกำจัดวัชพืชไถ่ต้นมะม่วงโดยทั่ว ๆ ไป เนื่องจากชนิดและการงอกของวัชพืชไถ่ต้นมะม่วงนั้นไม่แน่นอน อีกทั้งวัชพืชมักจะงอกงามเร็วมาก รายละเอียดการประดิษฐ์และลักษณะการทำงานของรถพรวนดินไถ่ต้นมะม่วงชนิดที่ 1 และชนิดที่ 3 (ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าชนิดที่ 2) เป็นดังนี้

ลักษณะการทำงานและรายละเอียดการประดิษฐ์ของรถพรวนหลัก 2 ชนิด

เครื่องพรวนดินไถดำนี้ไม่มีลักษณะเป็นรถพรวนชนิดเดินตาม ดันกำลังเป็นเครื่องยนต์ขนาด 5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านชุดเฟืองและโซ่มาขับเคลื่อนล้อพรวนดิน ซึ่งมีใบมีดพรวนดินติดตั้งอยู่ ขณะทำงานล้อพรวนดินจะถูกขับให้หมุนและตะกรุยดิน ทำให้มีแรงผลักดันให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า จะมีคราดขาแข็งติดหัวพรวนอยู่ด้านหลังล้อพรวนดินตรงจุดกึ่งกลางพอดี คราดนี้จะทำหน้าที่คอยหน่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถให้ช้าลงส่งผลให้ใบมีดพรวนดินตีดินได้ลึก ล้อพรวนดินนี้จะแบ่งออกเป็นสองซีกโดยวัดจากแนวกึ่งกลาง ซีกซ้ายมีใบมีดพรวนดินจำนวน 6 ใบ ซีกขวามีใบมีดพรวนดินจำนวน 9 ใบ ทำให้แรงผลักดันเคลื่อนที่ไปข้างหน้าไม่เท่ากัน ส่งผลให้ตัวรถเคลื่อนที่เป็นทางโค้ง นอกจากนี้ภายใต้หัวพรวนที่ติดอยู่กับชุดคราดยังมีแผ่นครีบทึบที่ติดตั้งทำมุมกับแนวแกนกลางตัวรถประมาณ 25 องศา โดยวัดตามเข็มนาฬิกา ทำให้ช่วยผลักดันให้ตัวรถเคลื่อนที่เป็นทางโค้งมากขึ้น ดังนั้นในขณะที่ทำการพรวนไถดำนี้ เช่น ดันมะม่วง รถก็จะพรวนดินรอบๆ โคนต้นโดยสามารถเลี้ยวรอบไถดำนี้ได้เอง ผู้ปฏิบัติงานเพียงแต่คอยบังคับคันจับตามปกติเท่านั้น

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้เพื่อให้สามารถใช้เครื่องนี้พรวนดินและกำจัดวัชพืชได้รอบต้นไม้โดยไม่ต้องบีบคลัสเพื่อบังคับเลี้ยว รถจะสามารถพรวนดินพร้อมกับเลี้ยวรอบไถดำนี้ได้เองอย่างสะดวก

รถพรวนดินชนิดเดินตามขนาดเล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยทั่วไปใช้เครื่องยนต์ดันกำลังเป็นเครื่องเบนซิน ขนาดประมาณ 5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ทดมาขับเคลื่อนล้อพรวนดิน ซึ่งมีข้างซ้ายและขวาแยกกัน ล้อพรวนดินนี้จะมีใบมีดพรวนดินติดตั้งจำนวนเท่ากันและหมุนตะกรุย ทำให้ตัวรถถูกผลักดันให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ตรงกึ่งกลางด้านหลังของตัวรถจะมีคราดขาแข็งติดหัวพรวนเพื่อใช้พรวนดินตรงกลางและคอยถ่วงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัวรถด้วย ทำให้ใบมีดสามารถฟันดินได้ลึก ยิ่งตัวรถถูกถ่วงให้เคลื่อนที่ช้าเท่าใด ก่อนดินจะถูกย่อยได้ละเอียดยิ่งขึ้นเท่านั้น รถพรวนดินนี้จะเคลื่อนที่ในแนวทิศตรงไปข้างหน้าหากต้องการให้เลี้ยวผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำดังนี้

1. ถ้าเป็นรถชนิดมีคลัสบีบเลี้ยวก็ต้องบีบคลัสด้านที่ต้องการจะเลี้ยว เพื่อตัดการส่งกำลังไปล้อพรวนดินข้างนั้นก็จะทำให้รถเลี้ยวได้ ซึ่งดินที่อยู่ใต้ล้อพรวนดินข้างนั้นก็จะได้ไม่ถูกพรวนเพราะล้อหยุดหมุน
2. ถ้าเป็นรถพรวนดินชนิดไม่มีคลัสบีบเลี้ยวผู้ปฏิบัติงานจะต้องออกแรงยกด้ามจับพร้อมกับผลักด้ามจับไปในทิศตรงกันข้ามกับด้านที่ต้องการจะเลี้ยว

ดังนั้นการที่จะใช้รถพรวนชนิดนี้มาพรวนดินไถดำนี้เพื่อย่อยดินให้ร่วนซุย และกำจัดวัชพืชไปในตัวจึงทำได้ไม่สะดวกหรือเป็นไปได้ยากมาก และอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับตัวรถด้วย ดังกล่าวในรายละเอียดข้างต้นแล้ว

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการประดิษฐ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ชนิดที่ 1 ประดิษฐ์อุปกรณ์พิเศษที่ใช้กับรพพรขนาดเบาชนิดเดินตาม เพื่อให้สามารถเลี้ยวรอบได้ต้นไม้ได้ในขณะทำการพรวนดิน รูปที่ 1 แสดงตัวรถทั้งคันติดตั้งใบมีดพรวนดินชนิดรูปตัว L (L-blade) ตามรูปที่ 2 ล้อพรวนพรวนดินข้างซ้าย 1 จะมีใบมีดพรวนดินจำนวน 6 ใบ ซึ่งได้ประดิษฐ์ขึ้นมา ซึ่งน้อยกว่าล้อพรวนดินข้างขวา 2 ซึ่งมีใบมีดพรวนดินจำนวน 9 ใบ และเป็นล้อพรวนดินของเดิมที่ติดมากับตัวรถ นอกจากนี้จากรูปที่ 3 หัวพรวน 3 ที่ติดอยู่กับคราดขาแข็ง 4 ยังมีครีบ (fin) 5 ติดอยู่ข้างล่างทำหน้าที่เป็นเสมือนหางเสือเพื่อบังคับให้ตัวรถเลี้ยวได้

ในขณะทำงานกำลังจากเครื่องยนต์ถูกส่งผ่านชุดเกียร์ตกลงมาขับเคลื่อนล้อพรวนดินทั้งสองข้างให้หมุนพร้อมกัน แต่การที่มีจำนวนใบมีดไม่เท่ากันจะทำให้แรงผลักดันตัวรถ (negative thrust) อันเนื่องมาจากการตะกรุยดินของล้อพรวนดินไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นทางโค้ง (curvilinear motion) นอกจากนี้คราดขาแข็งที่ใช้หน่วงการเคลื่อนที่ของตัวรถยังมีครีบได้ห้องหัวพรวนที่ตั้งเอียงทำมุมกับแนวแกนกลางรถประมาณ 25 องศา โดยด้านท้ายของครีบจะเบนมาทางด้านที่ต้องการให้รถเลี้ยว

อุปกรณ์ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมาสำหรับรพพรชนิดนี้คือ

1. ล้อพรวนดินที่มีจำนวนใบมีดน้อยกว่าล้อเดิมที่ติดมากับตัวรถ การเรียงตัวของใบมีดจะสม่ำเสมอ ใบมีดจะถูกยึดเข้ากับฝักใบมีด และสามารถถอดหรือเปลี่ยนใบใหม่ได้ ใบมีดนี้สามารถเปลี่ยนเป็นชนิด L-blade หรือ C-blade ก็ได้ ขนาดความโตของล้อพรวนดินจะเท่ากันทั้งสองข้างแล้วแต่ว่าจะเป็นล้อแบบใด
2. ครีบติดได้ห้องหัวพรวน ครีบนี้เป็นเหล็กแผ่นหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร ตัดเป็นชิ้นสามเหลี่ยม ยาว 230 มิลลิเมตร สูง 100 มิลลิเมตร ด้านล่างซึ่งเป็นส่วนท้องของครีบจะมีคม ครีบนี้จะทำมุม 25 องศา กับแนวแกนของตัวรถ ด้านท้ายของครีบจะหันมาทางด้านที่ต้องการจะเลี้ยว รายละเอียดแสดงในรูปที่ 5-8

การที่ล้อพรวนดินมีใบมีดไม่เท่ากัน จะส่งผลให้แรงผลักดันตัวรถไปข้างหน้า อันเนื่องมาจากการหมุนตัดดินของใบมีดไม่เท่ากัน จะทำให้รถเคลื่อนที่เป็นทางโค้ง ประกอบกับแผ่นครีบได้ห้องหัวพรวนที่ตั้งเป็นมุมเอียง ดังนั้นแรงลัพธ์อันเนื่องมาจากแรงปฏิกิริยาจากดินจะดันให้ส่วน

ท้ายรถปิดไปในทิศตรงกันข้ามกับที่ต้องการจะเลี้ยว ระยะจากจุดรวมแรงของแผ่นครีบบางยังแนวแกนกลางของเพลาล้อพรวนดินคือ ความยาวของแกนโมเมนต์ ผลจากการกระทำร่วมกันของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้จะทำให้รถพรวนดินสามารถเลี้ยวรอบคันไม่ได้เองในขณะพรวนดิน โดยที่ผู้ปฏิบัติงานออกแรงบังคับเพียงเล็กน้อย

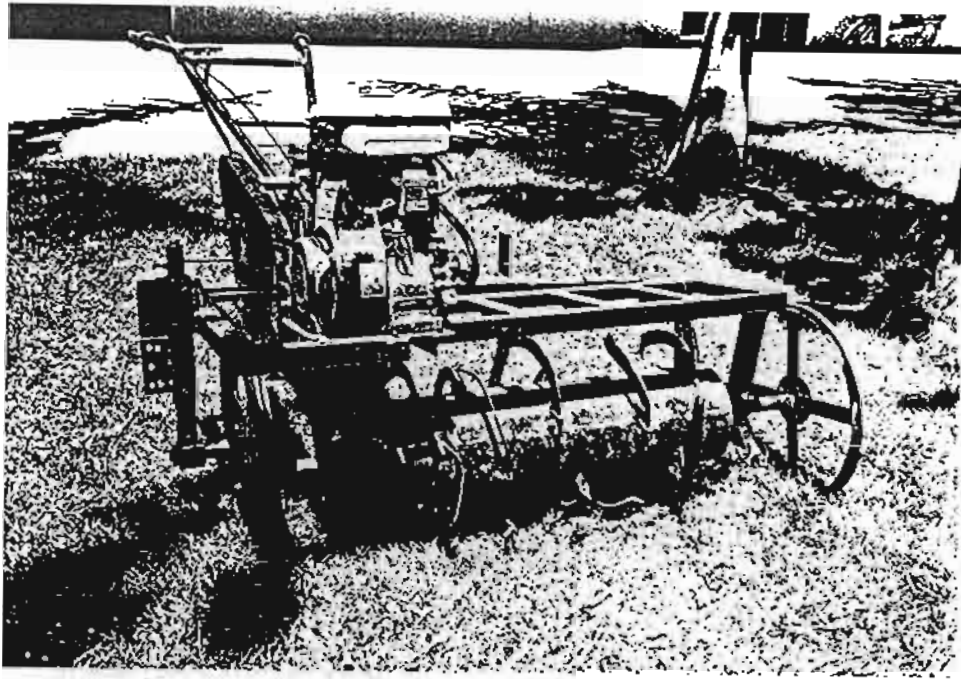
ชนิดที่ 2

ได้ประดิษฐ์รถพรวนดินที่สามารถเลี้ยวรอบได้คันไม่ได้เองในขณะพรวนดิน รถพรวนดินคันนี้แสดงในรูปที่ 9-12 ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้ จากรูปที่ 10 โครงรถ 6 เป็นที่ยึดของอุปกรณ์ทุกชิ้น ทำด้วยเหล็กฉาก $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} \times \frac{1}{8}$ ชุดกลไกถ่ายทอดกำลังซึ่งจะรับกำลังจากเครื่องยนต์เบนซินขนาดประมาณ 5 แรงม้า ผ่านชุดมูเลย์-สายพานตัววี แล้วทอดรอบผ่านเฟืองและโซ่ 7 ให้มาขับเคลื่อนล้อพรวนดิน 8 โดยมีอัตราทดรอบจากเครื่องยนต์มายังล้อพรวนดินเท่ากับ 42:1 ความเร็วรอบหมุนที่เหมาะสมของล้อพรวนดินจะประมาณ 65-90 รอบต่อนาที ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์และแล้วแต่สภาพของดินด้วย จากรูปที่ 10 จะมีคราดชาแข็ง 9 ที่ติดหัวพรวน 10 ชนิดมีครีบบิดได้ห้อง 11 ครีบนี้นำมูมกับแนวแกนกลางรถประมาณ 25 องศา โดยที่ทางครีบก้นมาทางด้านที่ต้องการจะเลี้ยว ครีบนี้นยาว 280 มิลลิเมตร สูง 130 มิลลิเมตร จากรูปที่ 11 คราดนี้ติดตั้งกับโครงรถ และตำแหน่งจะอยู่ตรงกลางด้านหลังของล้อพรวนดิน 8 พร้อมกับมีเหล็กค้ำยัน 12 ล้อพรวนดินนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการทำงานของรถ เพราะเป็นที่ยึดของฝักใบมีด 13 ซึ่งใบมีดพรวนดิน 14 จะสวมเข้ากับฝักใบมีดแล้วยึดด้วยน็อต สามารถถอดและเปลี่ยนใหม่ได้ ล้อพรวนดินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร และยาว 800 มิลลิเมตร เพลาล้อพรวนดินรองรับด้วยดัลลูปป็นสองข้าง ล้อพรวนดินแบ่งออกเป็นสองส่วนไม่เท่ากัน ส่วนที่หนึ่งจะมีใบมีดพรวนดิน 9 ใบ วางเรียงเป็นระเบียบมีระยะห่างของแนวใบมีดตามแนวแกนล้อเท่ากับ 40 มิลลิเมตร ส่วนที่สองจะมีใบมีดพรวนดิน 6 ใบ มีระยะห่างของแนวใบมีดตามแนวแกนล้อเท่ากับ 60 มิลลิเมตร การที่มีใบมีดไม่เท่ากันนี้ส่งผลให้แรงขับเคลื่อนตัวรถไปข้างหน้าอันเนื่องมาจากการตะกรุยของใบมีดไม่เท่ากัน จะทำให้รถเคลื่อนที่เป็นทางโค้งเลี้ยวไปทางด้านที่มีจำนวนใบมีดน้อยกว่า ประกอบกับการที่มีครีบบิดได้ห้องหัวพรวนที่ตั้งเอียงทำมุมกับแนวแกนรถก็จะช่วยให้เกิดแรงดันด้านข้างต่อหัวพรวนจะส่งผลให้ช่วยผลักให้ตัวรถเลี้ยวไปทางด้านเดียวกัน ซึ่งในรูปที่แสดงจะเป็นการบังคับให้รถเลี้ยวไปทางด้านซ้ายเพราะมีจำนวนใบมีดน้อยกว่าด้านขวา และทางของครีบก้นก็หันไปทางด้านซ้าย

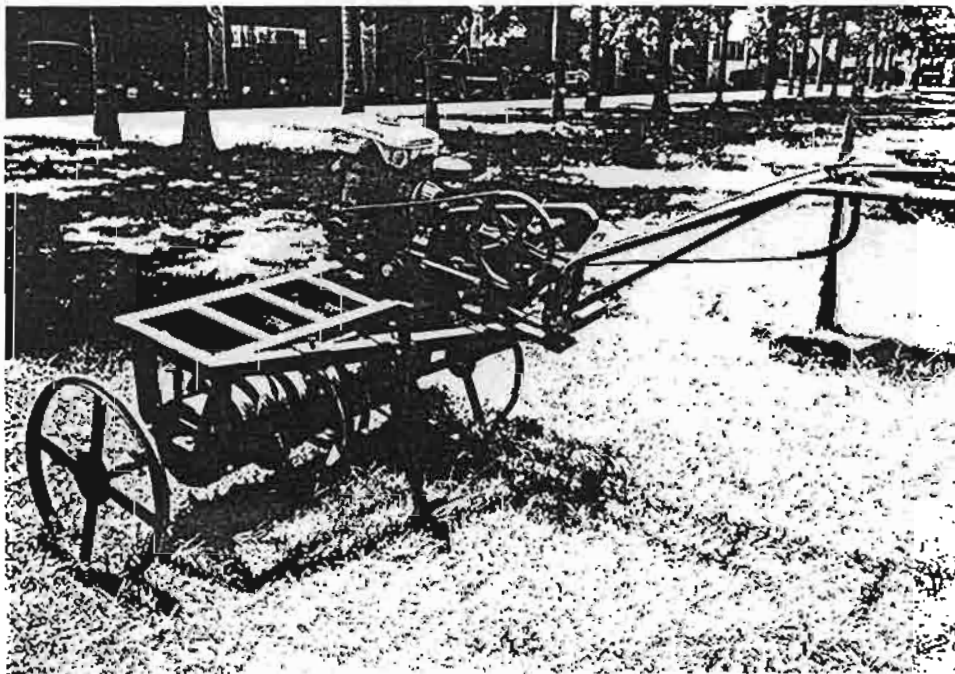
รูปที่ 12 ล้อบังคับความลึก 15 สามารถปรับระดับได้จะรับน้ำหนักของตัวรถแล้วถ่ายลงบนพื้นล้อนี้อยู่ทางด้านขวาของตัวรถ ส่วนล้อด้านซ้าย 16 มีขนาดเท่าล้อ 15 แต่ใช้สำหรับเดินทางเท่านั้น ผู้ปฏิบัติงานจะบังคับรถโดยถือด้ามจับ 17 ล้อ 16 นี้ติดตั้งบนเพลาคับเดียวกันกับล้อพรวนดิน เมื่อจะทำการพรวนจะถอดล้อ 16 นี้ออก ส่วนการย้ายรถไปพรวนต้นอื่นก็เพียงแต่ยกด้ามจับขึ้นให้ชุดหัวพรวนลอยพ้นพื้นดินรถก็จะวิ่งเป็นทางตรง

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

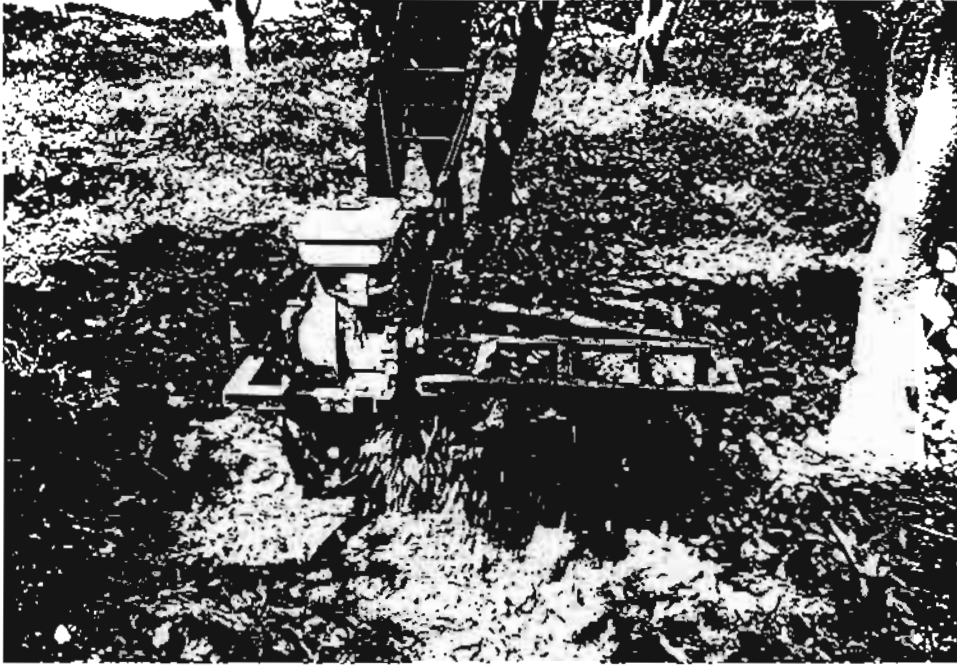
- รูปที่ 1 รถพรวนดินขณะติดตั้งล้อพรวนดินที่มีจำนวนใบมีดของล้อข้างซ้ายน้อยกว่าข้างขวา พร้อมกับติดตั้งหัวพรวนที่มีแผ่นครีปใต้ท้องทำมุม 25 องศา กับแนวแกนกลางรถ (เป็นภาพไอโซเมตริก)
- รูปที่ 2 ภาพด้านบนรถพรวนดินชนิดเดินตาม
- รูปที่ 3 ภาพด้านข้างรถพรวนดิน
- รูปที่ 4 ภาพด้านหน้ารถพรวนดิน
- รูปที่ 5 ชุดคราดชาแข็งติดหัวพรวนที่มีแผ่นครีปใต้ท้องทำมุม 25 องศา กับแนวแกนกลางของตัวรถ
- รูปที่ 6 ภาพด้านบนของชุดคราดชาแข็งพร้อมหัวพรวนที่มีครีปใต้ท้อง
- รูปที่ 7 ภาพด้านข้างของชุดคราดชาแข็งพร้อมหัวพรวนที่มีครีปใต้ท้อง
- รูปที่ 8 ภาพด้านหน้าของชุดคราดชาแข็งพร้อมหัวพรวนที่มีครีปใต้ท้อง
- รูปที่ 9 ภาพไอโซเมตริกของรถพรวนเดินตามที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น (รถพรวนชนิดที่ 2)
- รูปที่ 10 ภาพด้านข้างของรถพรวนเดินตาม
- รูปที่ 11 ภาพด้านหน้าของรถพรวนเดินตาม
- รูปที่ 12 ภาพด้านบนของรถพรวนเดินตาม



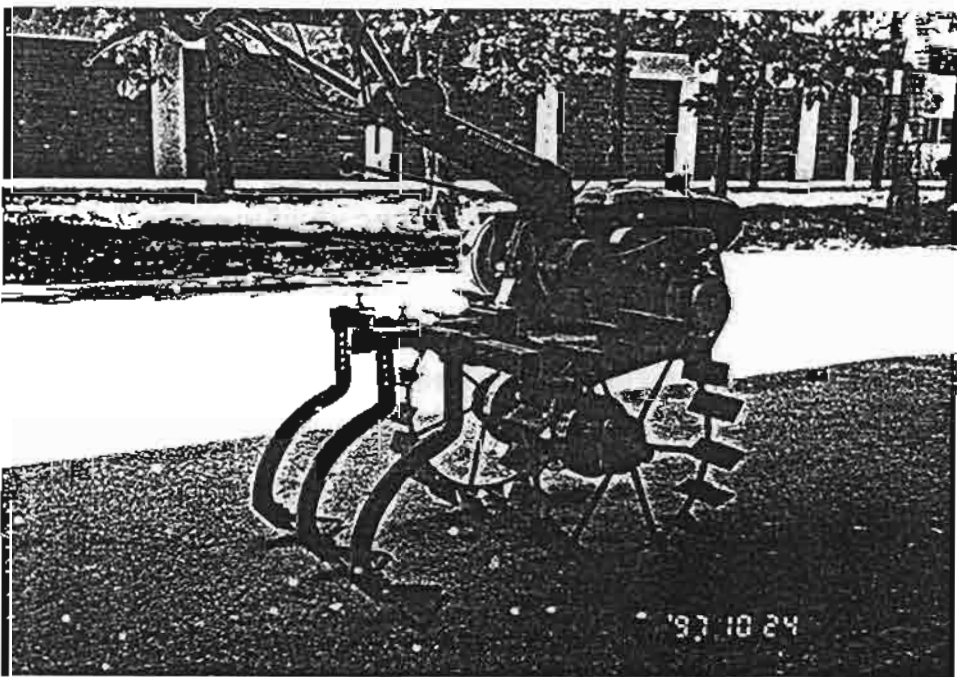
ภาพถ่ายที่ 11 ภาพด้านข้างของรถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา ล้อด้านซ้ายเป็นล้อเดินทาง ซึ่งจะถอดออกขณะทำงาน ส่วนล้อด้านขวาเป็นล้อรักษาสมดุล โดยมีพรวนดินที่ใช้เป็นชนิด C-blade



ภาพถ่ายที่ 12 ภาพด้านหลังของรถพรวนดิน



ภาพถ่ายที่ 13 ขณะทำการพรวนรอบต้นมะม่วง



ภาพถ่ายที่ 14 รถพรวนดินอีกชนิดหนึ่ง ที่พัฒนาล้อเหล็กเพื่อให้ตุลกลากได้ดีขึ้น พร้อมน้ำหนักถ่วงที่แกนล้อ ติดตั้ง พรวนชนิดตีนเป็ด (duck foot) ที่พัฒนาขึ้นมา รถพรวนที่ติดตั้งอุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับพรวนดินที่อ่อน ความชื้นสูง และวัชพืชอยู่ในระยะเริ่มออก การเลี้ยววนรอบได้ดั้น สามารถผลักเลี้ยวได้ เนื่องจากระยะระหว่างล้อแบบลักษณะการเลี้ยวแบบนี้จะเกิดการวิบัติของดินภายใต้ล้อข้างที่เลี้ยว (soil failure under wheel)

บทที่ 4

การทดลอง

ได้ทำการทดลองหลายลักษณะโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการและการทดลองในแปลง ซึ่งมีลำดับและขั้นตอนของการทดลองแต่ละประเภทดังนี้

1. การทดลองในห้องปฏิบัติการ

เป็นการทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดหรือหาข้อมูลเชิงวิศวกรรมของเครื่องพรวนดินในลักษณะต่างๆ มีการใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ การทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นการทดลองเพื่อหากำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนใบมีดพรวนดินของรถพรวนดินเรตน้อย สำหรับกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนใบมีดชนิด C-blade และ L-blade นั้นได้ทำการทดลองก่อนหน้านี้แล้ว (M. Kwangwaropas, 1997)

2. การทดลองในแปลง

ได้แบ่งการทดลองตามลักษณะของประเภทรถพรวนและอุปกรณ์ที่ใช้ตลอดจนวิธีการปฏิบัติงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 รถพรวนดิน “Honda รุ่น FA500” ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินข้างซ้ายมีใบมีดพรวนดิน จำนวน 6 ใบ ล้อพรวนดินข้างขวามีจำนวนใบมีด 9 ใบ ทำการทดลอง 4 ชนิด ดังนี้คือ

- 2.1.1 ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง
- 2.1.2 ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางและมีหัวพรวนธรรมดาอีกชุดหนึ่งคอยดัดแปลงการเคลื่อนที่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว
- 2.1.3 ติดตั้งหัวพรวนธรรมดาทั้ง 2 ชุด (ตำแหน่งที่ติดตั้งเหมือนในข้อ 2.1.2)
- 2.1.4 ติดตั้งหัวพรวนที่มีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง พร้อมกับโยงตัวรถเข้ากับคันมะม่วงด้วยลวดสลิง

2.2 รถพรวนดิน “Honda รุ่น FA500” ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดิน 6 ใบ ข้างซ้าย และมีใบมีดพรวนดิน 9 ใบ ข้างขวา ทำการทดลอง 4 ชนิด ดังนี้คือ

- 2.2.1 ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง
- 2.2.2 ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง และมีหัวพรวนธรรมดาอีกชุดหนึ่งคอยดัดแปลงการเคลื่อนที่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว
- 2.2.3 ติดตั้งหัวพรวนธรรมดาทั้ง 2 ชุด (ตำแหน่งที่ติดตั้งเหมือนในข้อ 2.2.2)

2.2.4 ติดตั้งหัวพรวนที่มีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง พร้อมกับโยงตัวรถกับต้นมะม่วงด้วยลวดสลิง

2.3 รถพรวนดิน “แรดน้อย” ติดตั้งชุดโรเตอร์พรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้ายจำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา 12 ใบ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชนิดคือ

2.3.1 ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง

2.3.2 ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง และมีหัวพรวนธรรมดา อีกชุดหนึ่งคอยถ่วงการเคลื่อนที่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว

2.3.3 ติดตั้งหัวพรวนธรรมดาทั้ง 2 ชุด (ตำแหน่งที่ติดตั้งเหมือนกับในข้อ 2.3.2)

2.3.4 ติดตั้งหัวพรวนที่มีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง พร้อมกับโยงลวดสลิงคล้องรถกับต้นมะม่วงในขณะทำงาน

3. การทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับผลการกำจัดวัชพืชบริเวณโคนต้นด้วยสารเคมี

วัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำลายวัชพืชระหว่างการใช้เครื่องพรวนทุกชนิด กับการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งได้ใช้กรัมม็อกโซนฉีดพ่นรอบต้น การศึกษานี้จะกระทำในลักษณะศึกษาเบื้องต้น ซึ่งจะเป็นการเฝ้าสังเกตผลการฉีดพ่นสารเคมี โดยเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องพรวนชนิดต่าง ๆ หลังทำการพรวนแล้วทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ การทดลองพรวนและฉีดพ่นสารเคมีจะกระทำในบริเวณแปลงเดียวกัน

สถานที่ทำการทดลองเป็นสวนมะม่วงในเขตอำเภอกำแพงแสน ความสูงเฉลี่ยของต้นประมาณ 4 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 4 เมตร ในขณะทำการทดสอบได้เก็บข้อมูลเหล่านี้คือ

1. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพพื้นที่ซึ่งได้เก็บข้อมูลในรายละเอียดดังนี้
 - 1.1 แรงต้านการแทงทะลุของ Cone penetrometer (maximum cone penetration resistance) ของแต่ละต้นที่ทดลอง
 - 1.2 ความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์ (Soil moisture content)
2. ข้อมูลเชิงประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องพรวน ซึ่งได้เก็บข้อมูลในรายละเอียดดังนี้
 - 2.1 เวลาที่ใช้ในการพรวน เป็นวินาที/ต้น
 - 2.2 จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน เป็นต้น/ตารางเมตร
 - 2.3 จำนวนต้นวัชพืชที่เหลือหลังพรวน เป็นต้น/ตารางเมตร
 - 2.4 ความสูงเฉลี่ยของวัชพืชก่อนพรวน เป็นเซนติเมตร (สุ่มเก็บเฉพาะบางการทดลอง)
 - 2.5 เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวนได้ต้น เป็นเซนติเมตร (สุ่มเก็บเฉพาะบางการทดลอง)
 - 2.6 ค่า MMD หรือ Mass Mean Diameter ของก้อนดินที่ถูกพรวน

อนึ่ง มาตรฐานในการทดสอบและคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (Weeding Efficiency) นั้นใช้มาตรฐานของ RNAM Test Code for Weeder ซึ่งสูตรในการคำนวณเป็นดังนี้

$$\text{ก. ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช} = \frac{\text{จำนวนวัชพืชก่อนพรวน} - \text{จำนวนวัชพืชหลังพรวน}}{\text{จำนวนวัชพืชก่อนพรวน}} \times 100$$

ข. ภาหาค่า MMD นั้นใช้วิธีการหาค่าและคำนวณโดย RNAM Test Code เช่นกัน โดยมีวิธีการดังนี้

1. เก็บตัวอย่างดินที่ถูกพรวนแล้วใส่ถุง แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงที่ใช้สำหรับการนี้โดยเฉพาะ
2. รวบรวมก้อนดินที่ผ่านช่องตะแกรงแต่ละขนาด แล้วชั่งน้ำหนัก
3. นำค่าที่ได้ใส่ในตาราง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางก้อนดิน เป็นมิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 23

ค่าที่ได้จากการทดลองทั้งหมดของแต่ละชุดจะนำไปใส่ไว้ในตารางผลการทดลอง

การหาค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้อนดิน

ตารางผนวกที่ 23 แสดงการหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนดิน (MMD)

ขนาดตะแกรง (มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ ก้อนดินที่ผ่านแต่ละตะแกรง (มม.)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง ก้อนดินในแต่ละตะแกรง (มม.)	น้ำหนักก้อนดิน (กก.)
10	<10	5	A
20	10 - 20	15	B
30	20 - 30	25	C
40	30 - 40	35	D
50	40 - 50	45	E
	50>	N	F

$$\text{จากสูตร} \quad \text{MMD} = \frac{1}{W} (5A + 15B + 25C + 35D + 45E + NF)$$

เมื่อ $\text{MMD} =$ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนดิน (มม.)

$$W = A + B + C + D + E + F \quad (\text{กก.})$$

N = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนดิน (มม.)
ที่เหลืออยู่ในตะแกรงสุดท้าย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

นอกจากกรรพรวนชนิดต่าง ๆ พร้อมอุปกรณ์ประกอบแบบต่าง ๆ แล้วยังมีอุปกรณ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. การทดลองในแปลง

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. เทปวัดระยะทาง
2. ตารางสุม ขนาด 1 x 1 เมตร เพื่อบันทึกจำนวนต้นวัชพืช
3. นาฬิกาจับเวลา
4. Cone Penetrometer
5. Core Sampling
6. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า
7. ตู้อบดินที่ควบคุมอุณหภูมิได้

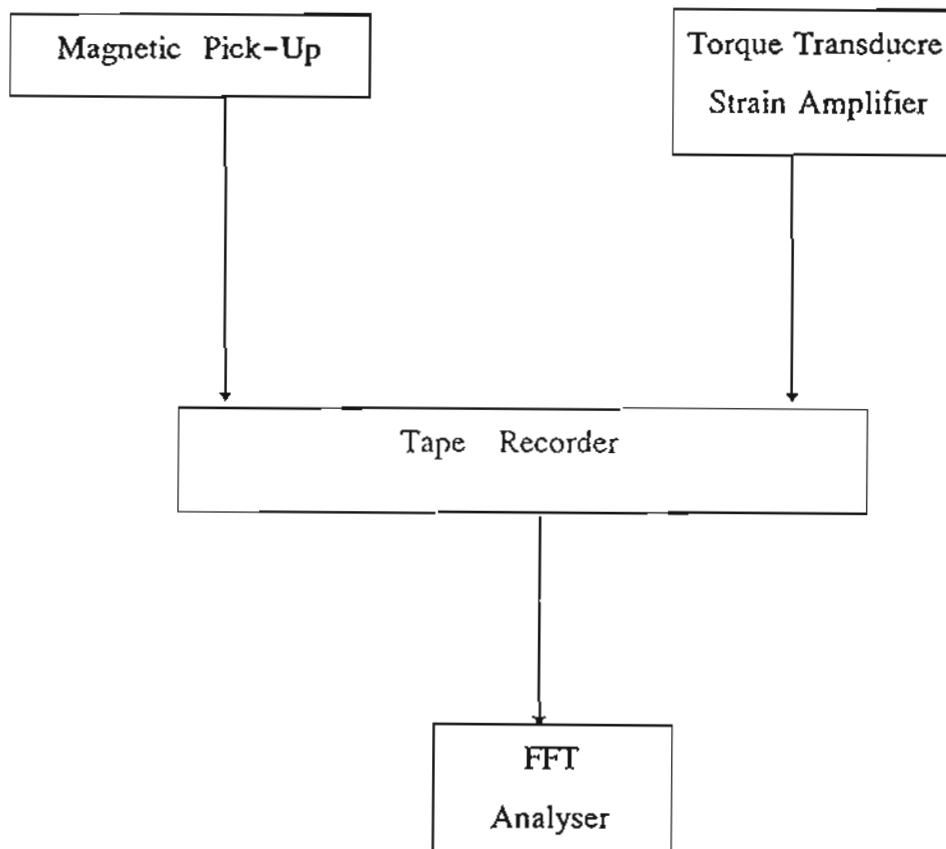
ข. การทดลองในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. กระบะดินชนิดในร่ม (Indoor Soil Bin) มีขนาดกว้าง 3.30 เมตร ยาว 45 เมตร ลึก 0.6 เมตร พร้อมแทรกเตอร์ดันกำลัง ขนาด 30 แรงม้า
2. ชุดเกียร์เปลี่ยนทิศการหมุนพร้อมโครงยึดเพื่อรับกำลังจากเพลลา พิตช์โอของรถแทรกเตอร์มาขับเคลื่อนชุดใบมีดพรวนดิน
3. Torque Transducer
4. Magnetic Pick-Up ใช้วัดความเร็วรอบ
5. Strain amplifier
6. Tape Recorder
7. เทปวัดระยะทาง
8. Core Sampling
9. Cone Penetrometer
10. พรวนจอบหมุนสำหรับเตรียมดินในกระบะดิน
11. ลูกกลิ้งบดอัดดิน

ในการทดลองแต่ละครั้งจะต้องเตรียมดิน พร้อมกับเกลี่ยผิวดินให้เรียบและบดอัดดิน จากนั้นจึงตรวจสอบความชื้นของดินและค่าแรงต้านการแทงทะลุของ Cone Penetrometer ค่าที่บันทึกในการทดลองจะบันทึกในเทป จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (FFT Analyser) การพ่วงต่ออุปกรณ์แสดงในภาพที่ 9

เกณฑ์การนับจำนวนวัชพืชที่ถูกพรวน หากมีก้อนดินยังหุ้มเกาะติดรากวัชพืชและวัชพืชยังอยู่ในแนวตั้ง และอยู่ในสภาพที่อาจงอกขึ้นมาใหม่ได้ง่ายก็จะถือว่าวัชพืชต้นนั้นไม่ถูกทำลาย



ภาพที่ 9 แสดงผังการติดตั้งและต่อพ่วงอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ
สำหรับหาค่าแรงขับเคลื่อนและค่าความเร่ง



ภาพถ่ายที่ 15 ดินรอบต้นไม้ร่วงหลังจากที่ถูกพรวนเพื่อกำจัดวัชพืช 4 วัน
ในช่วงปลายฤดูฝน พรวนโดยใช้ใบมีดชนิด C-blade



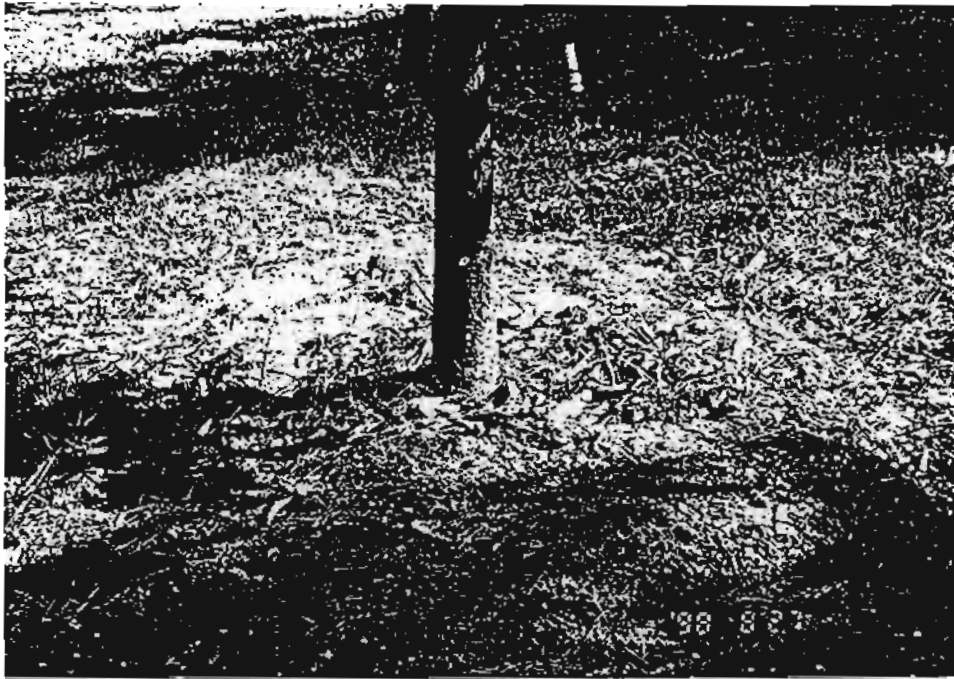
ภาพถ่ายที่ 16 ดินรอบต้นไม้ร่วงหลังจากที่ถูกพรวนเพื่อกำจัดวัชพืชแล้ว 36 วัน ช่วงปลายฤดูฝน
พรวนโดยใช้ L-blade วัชพืชแทบจะไม่มีโอกาสงอกขึ้นมาอีกหลังถูกพรวน



ภาพถ่ายที่ 17 ดินรอบต้นมะม่วงหลังถูกพรวนด้วยรถ “แรคน้อย” แล้ว 36 วัน
หญ้างอกขึ้นมากกว่าดินที่ถูกพรวนด้วย C-blade หรือ L-blade
เนื่องจากใบมีดพรวนดินของ “แรคน้อย” ไม่สามารถพลิกดินได้ดี
เหมือนใบมีดชนิด C-blade หรือ L-blade



ภาพถ่ายที่ 18 หลังพรวนด้วยใบมีด C-blade ถึงแม้วัชพืชจะขาวและเหี่ยว
แต่ก็จะถูกทำลายและไม้พื้ดักถือพรวนดินมากจนเกิดปัญหา



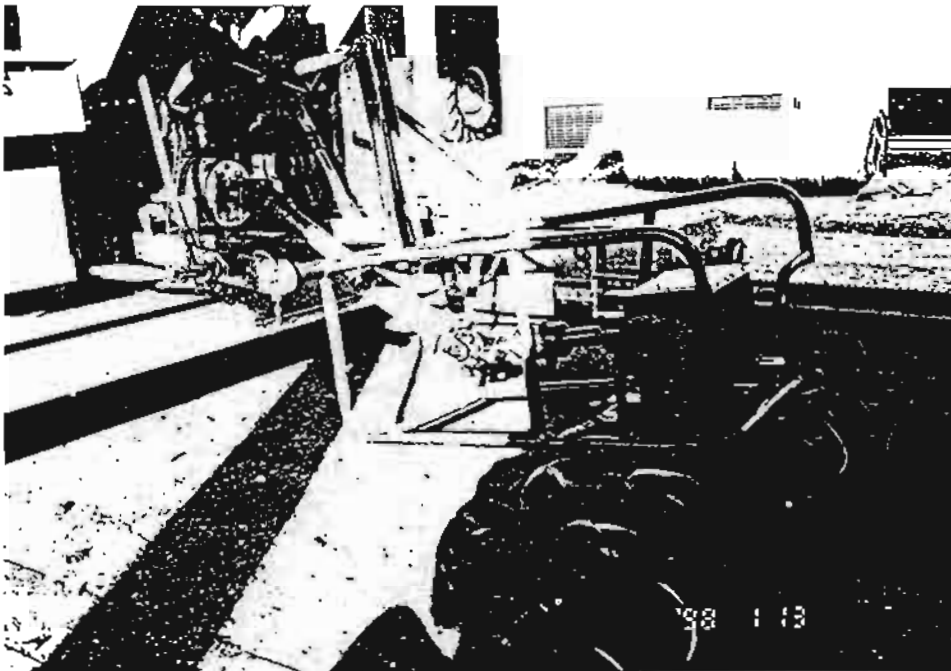
ภาพถ่ายที่ 19 ดินรอบต้นมะม่วงหลังถูกพรวน 10 สัปดาห์ ในช่วงฤดูฝน



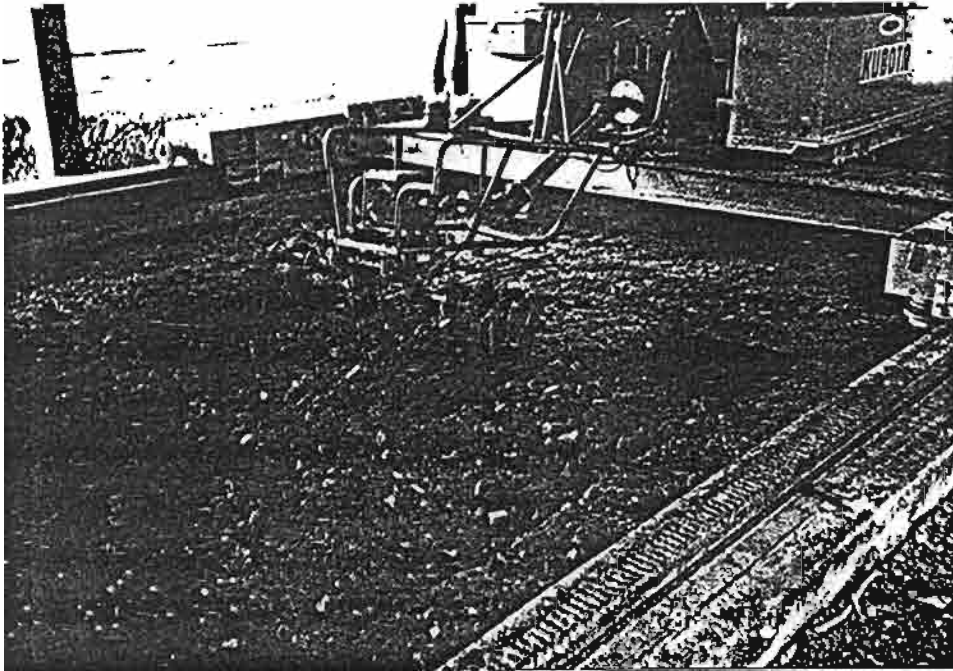
ภาพถ่ายที่ 20 บริเวณรอบโคนต้นมะม่วง หลังจากฉีดกรรมมือกโชน 21 วัน (ไม่ได้พรวน)



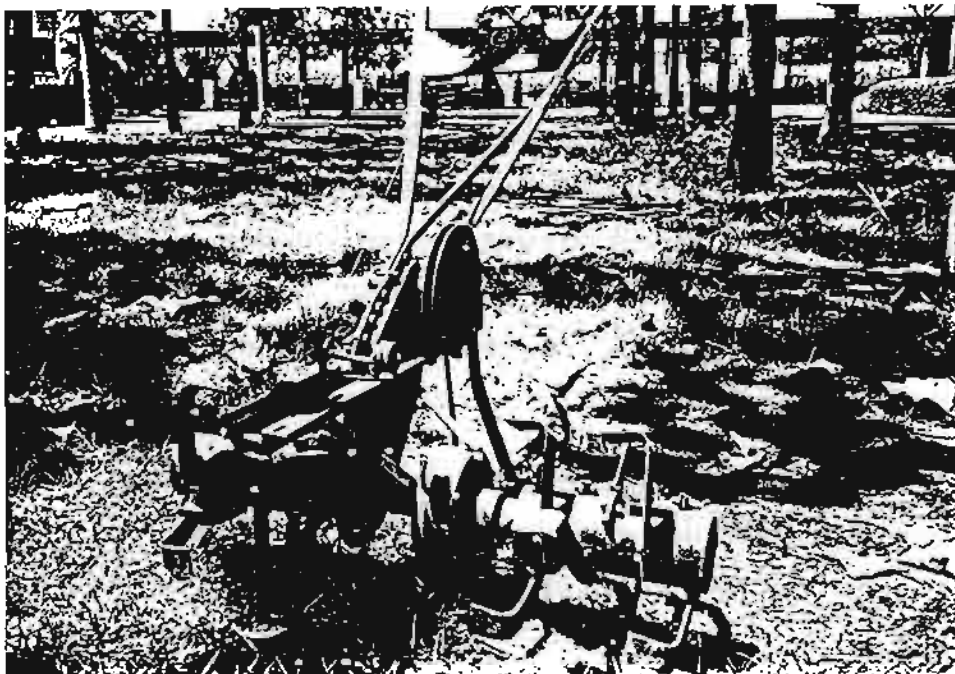
ภาพถ่ายที่ 21 บริเวณรอบคันมะม่วง หลังจากฉีดกรรมมือโกโซน 34 วัน
พบว่าหญ้าเริ่มขึ้นหนาแน่น



ภาพถ่ายที่ 22 การทดสอบกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนมีดพรวนดิน ซึ่งกระทำใน Soil bin
ณ ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ



ภาพถ่ายที่ 23 ขณะกำลังทอดขอบเพื่อหากำลังขับเคลื่อนด้วยพรวนดิน



ภาพถ่ายที่ 24 แสดงชุดเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary gear train) ที่สวมเข้ากับเพลาขับเคลื่อนพรวนดินข้างหนึ่งเพื่อลดความเร็วรอบหมุนของล้อพรวนดินข้างนั้นลง

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ผลการทดลองได้แบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

ก. ผลการทดลองในแปลง

1. ผลการทดลองในแปลงมะม่วง เพื่อหาประสิทธิภาพต่างๆ ในขณะทำงานของเครื่องพรวนชนิดต่างๆ และได้ทำการทดลองในลักษณะต่างๆ กันนั้น แสดงในตารางที่ 1 ถึง 20 และภาพที่ 10 ถึง 13 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า
 - 1.1 รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมามีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุด 95.09% และประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 87.43%
 - 1.2 รถพรวนดิน HONDA ที่ใช้ใบมีด L-blade มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุด 99.09% และประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 93.31%
 - 1.3 รถพรวนดิน HONDA ที่ใช้ใบมีด C-blade มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุด 99.60% และประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 90.48%
 - 1.4 รถพรวนดินเรดน้อยมีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชสูงสุด 88.61% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 76.85%
2. เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบรอยพรวนรอบโคนต้น หากพรวนต้นละ 2 รอบ จะประมาณ 90-100 เซนติเมตร หากพรวนต้นละ 3 รอบ จะประมาณ 120-130 เซนติเมตร
3. ความเร็วเฉลี่ยในการพรวนของรถพรวนทุกชนิดประมาณ 20 ถึง 30 วินาที/รอบ ดังนั้น หากพรวนต้นละ 2 รอบ จะใช้เวลาเฉลี่ยต่อต้นประมาณ 40-60 วินาที เท่านั้น ส่วนเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายเครื่องพรวนจากต้นหนึ่งไปยังอีกต้นหนึ่งในการพรวนต่อเนื่องสำหรับรถพรวนที่พัฒนาขึ้นมากับรถพรวน HONDA ประมาณ 4-12 วินาที ส่วนรถพรวนเรดน้อยจะใช้เวลามากกว่าคือประมาณ 7 ถึง 17 วินาที ดังนั้นเมื่อรวมเวลาเคลื่อนย้ายแล้วในการพรวนต่อเนื่องสำหรับรถพรวนที่พัฒนาขึ้นมากับรถพรวน HONDA จะใช้เวลาเฉลี่ยต่อต้นประมาณ 60-70 วินาทีเท่านั้น ส่วนรถพรวนเรดน้อยจะใช้เวลามากกว่า
4. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้อนดินโดยเฉลี่ยที่พรวนโดยใบมีดพรวนดินทั้ง L-blade และ C-blade จะประมาณ 20-30 มิลลิเมตร ส่วนรถพรวนเรดน้อยเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินจะโตกว่าเล็กน้อยคืออยู่ในระดับกว่า 30 มิลลิเมตรเศษ

5. ความชื้นในดินที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานจะอยู่ระหว่าง 12-22% อย่างไรก็ตามความชื้นสูงสุดขณะทดลองประมาณ 28% พบว่ารถพรวนดินก็ยังคงสามารถทำงานได้ แต่จะใช้เวลาในการพรวนวนรอบคันในแต่ละรอบนานขึ้น
6. ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช จากผลการทดลองพบว่าหลังจากฉีดกรัมม็อกโซนในอัตราที่กำหนดแล้ว 1 เดือน เริ่มมีวัชพืชขึ้นประปรายในขณะไถแปรที่พรวนด้วย L-blade วัชพืชจะขึ้นดกที่สุด ส่วนแปลงที่พรวนด้วย C-blade มีวัชพืชขึ้นเพียงเล็กน้อยหลังพรวน 1 เดือน ส่วนแปลงที่พรวนด้วยเครื่องพรวนแรदन้อยจะมีวัชพืชขึ้นบ้างหลังจากพรวนแล้ว 1 เดือน เมื่อเวลาผ่านไปถึง 6 สัปดาห์บริเวณที่ฉีดพ่นสารเคมีและมีวัชพืชหนาแน่นขึ้นและขึ้นอย่างสม่ำเสมอต้นสูงไม่เกิน 10 เซนติเมตร ส่วนแปลงที่พรวนด้วย C-blade และ L-blade วัชพืชยังคงขึ้นน้อยต้นแต่จะมีมากตรงบริเวณขีดโค่นคันที่พรวนเข้าไปไม่ถึง แปลงที่พรวนด้วยรถพรวนแรदन้อยวัชพืชจะขึ้นยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร แต่ไม่สม่ำเสมอและไม่หนาแน่น ภาพถ่ายที่ 15-21 แสดงการเปรียบเทียบบริเวณรอบโค่นคันระหว่างการพรวนและการฉีดสารเคมี

ข. การทดลองในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าลังที่ไถ้ขับไ้บมิตพรวนดินของรถพรวนแรदन้อยได้แสดงในตารางที่ 21-22 แสดงให้เห็นว่าค่าลังที่ต้องการเฉลี่ยสูงสุดจะประมาณ 1.82 กิโลวัตต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับไ้บมิตชนิด L-blade และ C-blade (ที่ความชื้นเฉลี่ย 9.57%) ไ้บมิต C-blade จะใช้ค่าลัง 2.14 กิโลวัตต์ ไ้บมิต L-blade ใช้ค่าลัง 3.20 กิโลวัตต์ (M. Kwangwaropas, 1977) ดังนั้นเครื่องยนต์ต้นค่าลังที่ไ้ขนาด 5 แรงม้า จึงพอเพียงสำหรับรถพรวนดินทุกชนิด

ตารางที่ 1
การทดลอง ชุดที่ 1.1

รดพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยว
กึ่งกลางด้านหลังล้อพรวนดิน

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้ พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพ การกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืช ก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	22	11.11	46	388	10	97.42	6.3	24.3
2	23	19.33	56	377	12	96.82	12.1	26.8
3	23	16.67	50	281	25	91.10	13.5	18.3
4	22	22.31	55	287	0	100	9.6	18.9
5	32	10.14	44	172	17	90.12	5.78	29.8
เฉลี่ย	24.4	15.91	50.2	301	12.8	95.09	9.5	23.62

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรดพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 7.71 วินาที
4. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 25.1 วินาที)

ตารางที่ 2
การทดลอง ชุดที่ 1.2

รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีดรีบบังคับเลี้ยว
กึ่งกลางด้านหลังล้อพรวนดิน

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้ พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพ การกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลาง วงรอบ การพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	10	15.06	49.37	37	10	72.93	107.5	37.23
2	40	20.17	51.34	80	15	81.25	97.5	13.12
3	10	12.03	39.38	8	3	62.50	110.0	7.26
4	10	11.79	35.1	10	4	60.00	120.0	7.04
5	20	17.48	48.21	15	3	80.00	112.5	5.76
6	30	17.38	30.67	3	0	100.00	100.0	4.80
7	30	-	33.77	5	0	100.00	100.0	10.17
8	30	-	41.12	42	10	76.19	95.0	7.5
9	20	-	34.80	50	9	82.00	92.5	5.73
10	15	-	40.49	48	11	77.00	80.0	8.34
11	30	-	31.74	41	9	78.05	95.0	11.93
12	25	-	39.14	45	7	84.44	92.5	6.86
13	20	-	33.39	52	9	82.69	95.0	5.10
เฉลี่ย	22.31	15.65	39.12	33.54	6.92	79.77	99.81	10.07

- หมายเหตุ
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวนเป็นมิลลิเมตร
 3. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 19.56 วินาที)

ตารางที่ 3
การทดลอง ชุดที่ 2.1

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ตัน (วินาที)	จำนวนตันวัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนตันวัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	12	23.74	95	29	4	86.20	145.0	35.15
2	8	23.56	135	30	4	86.67	152.5	34.40
3	13	24.49	115	40	5	87.50	132.5	36.99
4	22	18.66	120	55	5	90.91	130.0	30.90
5	20	19.74	115	79	6	92.41	125.0	21.24
6	16	19.40	90	36	3	91.67	127.5	28.69
7	30	19.55	100	79	9	88.61	130.0	24.86
เฉลี่ย	17.29	21.31	110	49.71	5.14	89.14	134.64	30.32

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวนเป็นมิลลิเมตร
3. พรวนดินละ 3 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 36.67 วินาที)

ตารางที่ 4
การทดลอง ชุดที่ 2.2

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีดเรียบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	30	22.15	135	44	3	93.18	127.5	20.16
2	22	26.49	155	31	2	93.55	122.5	24.99
3	20	24.34	135	54	5	90.74	145.0	43.83
4	24	23.97	105	51	4	92.16	110.0	27.61
5	20	22.13	105	57	2	96.49	117.5	26.51
6	30	24.88	110	51	6	88.24	117.5	24.92
7	28	23.95	180	40	4	90.00	120.0	37.94
เฉลี่ย	24.86	23.99	117.86	46.86	3.71	92.05	122.86	29.42

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. พรวนต้นละ 3 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 39.28 วินาที)

ตารางที่ 5
การทดลอง ชุดที่ 2.3

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่จะเลี้ยว

คันที่	แรงต้าน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ตัน (วินาที)	จำนวนตันวัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนตันวัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	13	19.59	36	80	3	96.25	32.4	13.6
2	6.5	18.42	34	91	0	100	30.6	7.0
3	15.5	17.65	33	95	0	100	32	8.6
4	21.5	19.05	37	81	0	100	27	12.4
5	22	18.30	34	121	0	100	32.2	9.1
เฉลี่ย	15.7	18.60	34.8	93.6	0.6	99.25	30.8	10.14

หมายเหตุ

1. แรงต้านคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 8.47 วินาที
4. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 17.4 วินาที)

ตารางที่ 6
การทดลอง ชุดที่ 2.4

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดธรรมดาทั้ง 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่กลางรถ อีกชุดหนึ่งอยู่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	22	18.24	32	181	4	97.79	32.4	6.6
2	14.5	15.29	50	92	0	100.00	30.6	9.0
3	18	17.24	45	80	3	96.25	32	7.8
4	17	17.73	50	91	1	98.90	27	8.3
5	17	17.33	42	93	2	97.85	32.2	17.3
เฉลี่ย	17.7	17.17	43.8	107.40	2	98.16	30.8	9.8

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 4.53 วินาที
4. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 21.9 วินาที)

ตารางที่ 7
การทดลอง ชุดที่ 2.5

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้ง ล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับ เลี้ยวตรงกลางรถ และใช้ลวดสลิงโยงกับคันมะม่วง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคันวัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคันวัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	12	19.68	60	24	5	79.17	85.0	14.83
2	32	23.57	45	54	6	88.89	82.5	29.67
3	22	20.98	110	26	2	92.31	92.5	19.61
4	40	20.80	60	53	6	88.68	85.0	22.74
5	30	20.76	70	33	9	72.73	85.0	33.36
6	20	17.79	55	28	6	78.57	92.5	37.74
7	22	20.50	65	31	9	70.97	90.0	29.38
เฉลี่ย	25.43	20.58	66.43	35.57	6.14	81.62	87.50	26.76

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 33.21 วินาที)

ตารางที่ 8
การทดลอง ชุดที่ 2.6

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีดรับบังคับเลี้ยวตรงกลาง 1 หัว และใช้ลวดสลิงโยงตัวรถกับคันมะม่วง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	15	15.92	46	43	0	100	32.4	6.0
2	22	16.56	38	44	0	100	30.6	8.1
3	17	20.00	50	60	1	98.33	32	12.3
4	7.5	20.78	46	101	0	100	27	10.4
5	14	19.63	42	142	0	100	32.2	10.5
เฉลี่ย	15.1	18.58	44.4	78	0.2	99.67	30.8	9.5

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 12 วินาที
4. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 22.2 วินาที)

ตารางที่ 9
การทดลอง ชุดที่ 3.1

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีดรีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ

คันที่	แรงต้าน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคันวัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคันวัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	18	23.96	108	42	5	88.10	115	28.74
2	22	25.44	103	57	6	89.47	120	26.00
3	20	21.99	95	60	4	93.33	125	36.56
4	20	26.27	89	47	9	80.43	110	38.11
5	16	27.93	90	34	8	76.47	120	24.15
6	16	23.17	83	32	3	90.63	97.5	26.53
7	22	24.75	105	51	7	86.27	105	36.46
เฉลี่ย	19.24	24.79	96.14	46	6	86.39	113.21	30.94

- หมายเหตุ
1. แรงต้านคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. พรวนคันละ 3 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 32.05 วินาที)

ตารางที่ 10
การทดลอง ชุดที่ 3.2

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีดรับบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ตัน (วินาที)	จำนวนตัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนตัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	21	18.70	31	157	6	96.18	4.1	28.4
2	12	17.42	32	111	0	100	5.7	18.3
3	20	20.30	23	58	0	100	9.2	27.7
4	31	13.27	35	178	1	99.44	5.1	20.4
5	30	13.53	25	150	5	96.67	3.8	31.6
เฉลี่ย	22.8	16.64	29.2	131	2.40	98.46	5.58	25.28

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 4.57 วินาที
4. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 14.6 วินาที)

ตารางที่ 11
การทดลอง ชุดที่ 3.3

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบนับดับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	14	28.19	96	35	9	74.29	95	34.98
2	14	23.25	71	70	4	94.29	95	35.61
3	30	23.54	71	46	6	86.96	92.5	32.71
4	20	5.18	65	63	4	93.65	102.5	42.44
5	40	24.20	82	78	5	93.59	92.5	31.68
6	30	22.24	69	44	5	88.64	92.5	28.79
7	20	21.10	78	42	6	85.71	97.5	41.08
เฉลี่ย	24	21.10	76	54	5.57	88.16	95.36	35.33

- หมายเหตุ
1. แรงดันคือ maximum conc penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. พรวนคันละ 3 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 25.3 วินาที)

ตารางที่ 12
การทดลอง ชุดที่ 3.4

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดธรรมดา จำนวน 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ตรงกลางรถ อีกชุดหนึ่งอยู่ด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนคัน วัชพืชหลังพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	18	19.25	27	101	2	98.2	20.6	22.2
2	19	16.08	21	30	0	100	36.3	36.2
3	21	17.39	15	61	0	100	25.5	19.5
4	22	17.37	17	86	0	100	19.9	22.1
5	12	17.28	18	92	0	100	5.4	35.5
เฉลี่ย	18.4	17.47	18.6	74	0.4	99.6	21.5	27.1

- หมายเหตุ
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 4 วินาที
 4. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 9.3 วินาที)

ตารางที่ 13
การทดลอง ชุดที่ 3.5

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบนั่งค้ำเลี้ยวตรงกลางรถ และโยงตัวรถกับต้นมะม่วงด้วยลวดสลิง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ต้น (วินาที)	จำนวนต้น วัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	จำนวนต้น วัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	21	15.67	30	100	0	100	8.1	25.4
2	29	24.31	31	41	0	100	6.0	41.8
3	18	18.75	30	172	26	84.88	28.7	30.3
4	28	16.87	34	47	0	100	15.9	22.0
5	12	20.57	28	65	10	84.62	13.6	19.5
เฉลี่ย	21.6	19.23	30.6	85	7.20	93.9	14.5	27.8

- หมายเหตุ**
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 11.6 วินาที
 4. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 15.3 วินาที)

ตารางที่ 14
การทดลอง ชุดที่ 3.6

รถพรวนดิน HONDA รุ่น FA500 ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-blade ติดตั้งล้อพรวนดินที่มีใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 6 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 9 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และใช้ลวดสลิงโยงกับคันมะม่วง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคันวัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคันวัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	14	36.93	64	30	9	70.00	90	49.81
2	36	24.88	59	32	9	75.00	85	32.64
3	20	23.41	61	30	6	80.00	87.5	23.63
4	18	26.59	48	40	10	75.00	87.5	33.21
5	12	31.30	48	30	4	86.67	87.5	31.76
6	14	26.66	52	40	9	70.00	90	34.92
7	20	28.28	57	46	10	78.26	86.25	31.54
เฉลี่ย	19.14	28.30	55.57	35.4	8	76.42	87.68	33.93

- หมายเหตุ
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. พรวนคันละ 3 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 18.5 วินาที)

ตารางที่ 15
การทดลอง ชุดที่ 4.1

รดพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมิตพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมิตพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมิตพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบนักับเลี้ยวตรงกลางรถ

ต้นที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ต้น (วินาที)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	22	22.41	107	32	8	75.00	125	29.18
2	32	18.86	94	20	8	60.00	102.5	34.30
3	30	19.99	81	22	10	54.55	102.5	30.45
4	32	19.25	82	19	10	47.37	110.0	33.24
5	30	23.38	80	44	14	68.18	110.0	28.37
6	18	22.12	86	33	9	73.73	110.0	30.90
7	24	21.00	78	51	8	84.31	100.0	32.99
เฉลี่ย	26.86	21.00	86.85	31.57	9.57	66.16	108.57	31.34

- หมายเหตุ**
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 43.42 วินาที)

ตารางที่ 16
การทดลอง ชุดที่ 4.2

รถพรวนดินแรงดันน้อย ใช้ใบมีดพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และหัวพรวนชนิดธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่จะเลี้ยว

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	จำนวนคัน วัชพืชก่อนพรวน (คัน)	ประสิทธิภาพ การกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	16	24.83	67	51	20	60.78	100	36.44
2	22	21.09	79	80	14	82.50	92.5	31.70
3	14	23.34	86	42	14	16.67	90.0	30.56
4	16	22.35	78	35	12	65.71	92.5	27.81
5	38	22.47	67	45	11	75.56	92.5	31.51
6	18	24.63	61	56	13	76.79	92.5	34.36
7	20	23.10	60	30	10	16.67	92.5	33.28
เฉลี่ย	20.57	23.12	71.14	48.43	13.43	70.67	93.21	32.24

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 35.57 วินาที)

ตารางที่ 17
การทดลอง ชุดที่ 4.3

รถพรวนดินเรดน้อย ใช้ใบมีดพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีรับบังคับับเลี้ยวตรงกลางรถ และมีหัวพรวนธรรมดาด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการเลี้ยว

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ตัน (วินาที)	จำนวนตัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนตัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	22	20.83	50	164	9	94.51	32.4	40.4
2	10	23.21	40	136	22	84.06	30.6	33.6
3	23	25.20	39	184	32	82.61	32	30.8
4	14	22.37	45	142	10	92.96	27	36.7
5	9.5	16.24	47	160	19	88.13	32.2	23.3
เฉลี่ย	15.7	21.57	44.2	157.2	18.40	88.45	30.8	32.96

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 7.43 วินาที
4. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 22.1 วินาที)

ตารางที่ 18
การทดลอง ชุดที่ 4.4

รถพรวนดินเรตต์น้อย ใช้ใบมีดพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดธรรมดา 2 ชุด ชุดหนึ่งตรงกลางรถ อีกชุดหนึ่งด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการจะเลี้ยว

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ตัน (วินาที)	จำนวนตัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	จำนวนตัน วัชพืชก่อนพรวน (ตัน)	ประสิทธิภาพ การกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืช ก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	10.5	20.18	55	197	19	90.36	33.4	34.3
2	12.5	17.14	54	114	11	90.35	34.8	22.2
3	11.5	21.01	50	133	12	90.98	32.4	23.3
4	12	18.46	52	239	31	87.03	32.1	27.6
5	11	24.20	58	153	24	84.31	41.1	23.5
เฉลี่ย	11.5	20.20	53.8	167.2	19.6	88.61	34.8	26.18

หมายเหตุ

1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² ที่ความลึก 20 ซม.
2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 10.14 วินาที
4. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 26.9 วินาที)

ตารางที่ 19
การทดลอง ชุดที่ 4.5

รถพรวนดินเรดน้อย ใช้ใบมีดพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลาง และผูกมัดสลิงโยงตัวรถกับต้นมะม่วง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/ต้น (วินาที)	จำนวนต้น วัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	จำนวนต้น วัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงรอบการพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	24	25.04	51	30	10	66.67	87.5	32.86
2	30	21.75	57	46	11	76.09	95.0	33.76
3	20	26.39	54	38	11	71.05	95.0	30.69
4	18	28.58	64	33	21	36.36	92.5	33.33
5	32	20.17	64	54	12	77.78	90.0	32.71
6	35	25.60	61	34	14	58.82	90.0	31.42
7	34	24.61	76	36	9	75.00	90.0	38.77
เฉลี่ย	27.57	24.59	61	38.71	12.57	65.97	91.43	33.36

- หมายเหตุ
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม²
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. พรวนต้นละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 30.5 วินาที)

ตารางที่ 20
การทดลอง ชุดที่ 4.6

รถพรวนดินแรदन้อย ใช้ใบมีดพรวนดินชนิดติดมากับรถ ติดตั้งใบมีดพรวนดินข้างซ้าย จำนวน 9 ใบ และมีใบมีดพรวนดินข้างขวา จำนวน 12 ใบ ติดตั้งหัวพรวนชนิดมีดรับบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ และโยงตัวรถเข้ากับคันด้วยลวดสลิง

คันที่	แรงดัน	ความชื้นดิน (%)	เวลาที่ใช้พรวน/คัน (วินาที)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	จำนวนต้นวัชพืชก่อนพรวน (ต้น)	ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช (%)	ความสูงวัชพืชก่อนพรวน (เซนติเมตร)	MMD (มม.)
1	12	19.49	47	159	27	83.02	35	29.8
2	15.5	20.60	45	128	38	70.31	25.4	26.9
3	11.5	19.29	50	168	27	82.93	35.2	27.7
4	19	23.95	54	235	40	32.98	30.4	23.3
5	9.5	22.50	48	115	16	86.09	31.4	23.5
เฉลี่ย	13.5	21.17	48.8	161	29.6	81.27	31.5	26.24

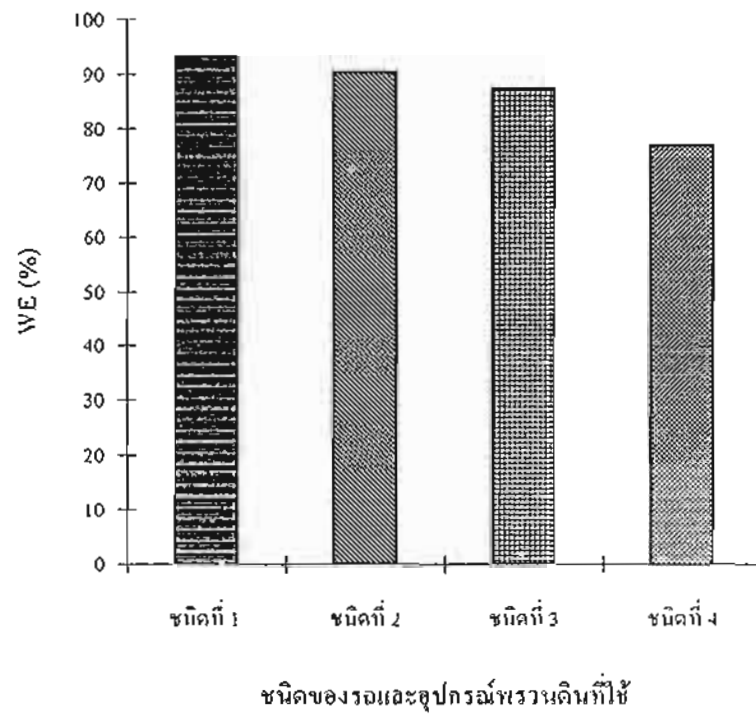
- หมายเหตุ**
1. แรงดันคือ maximum cone penetration resistance, กก./ซม² มีความลึก 20 ซม.
 2. MMD คือ Mass mean diameter หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนดินที่ถูกพรวน
 3. เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายรถพรวนดินจากคันหนึ่งไปยังอีกคันหนึ่งเท่ากับ 17.86 วินาที
 4. พรวนคันละ 2 รอบ (เวลาเฉลี่ยรอบละ 24.4 วินาที)

ตารางที่ 21 การทดลองหาค่าลึงขั้บไ้บมิดพรวนดินที่ไ้กับรตพรวนดินเรตน้อย ที่ soil bin
ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ เป็นดินเหนียวค่าความชื้นเฉลี่ย 15.97%
ค่าสูงสุดของ soil resistance to conc penetration = 20.2 กก./ซม²

การทดลอง ครั้งที่	ความเร็วรอบหมุน ฟิตโอ (รอบ/นาที)	แรงบิด กก. - ม.	ค่าลึงที่ไ้ขั้บไ้บมิด	
			แรงม้า	กิโลวัตต์
1	393.4	3.74	2.03	1.51
2	393.4	4.81	2.60	1.94
3	392.15	4.23	2.28	1.76
4	374.16	2.99	1.54	1.15
5	390.45	4.05	2.16	1.61
6	391.84	2.68	1.45	1.08
7	384.61	4.45	2.35	1.76
8	393.01	3.45	1.87	1.39
9	385.44	2.60	1.36	1.03
10	388.89	2.93	1.57	1.17
11	378.15	2.97	1.54	1.15
12	392.16	3.63	1.96	1.46
13	391.84	2.16	1.16	0.87
14	371.90	2.44	1.25	0.93
เฉลี่ย	387.24	3.37	1.79	1.34

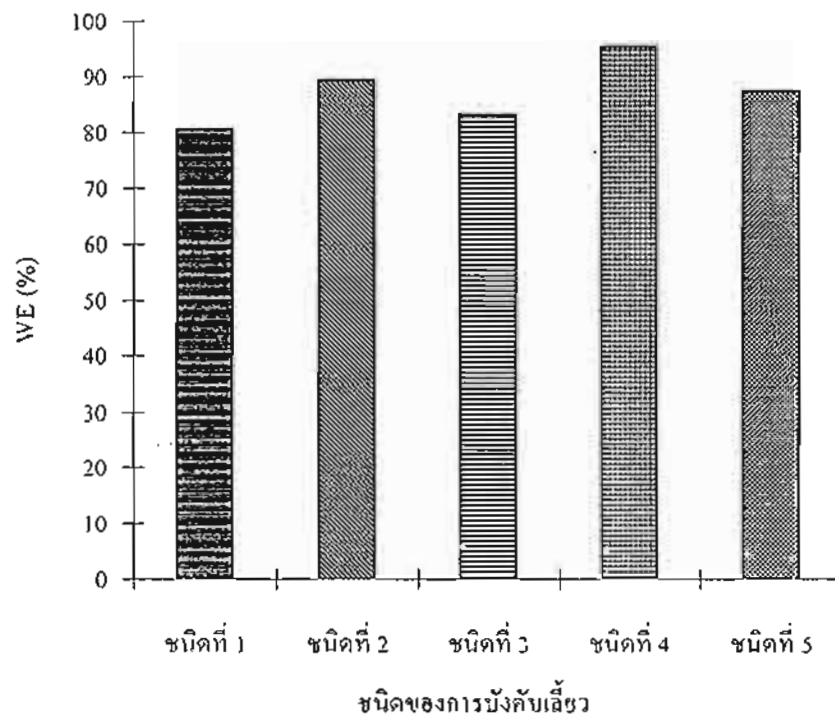
ตารางที่ 22 การทดลองหาค่ากำลังขับไบนิตพรวนดินที่ใช้กับรถพรวนดินเรดน้อย ที่ soil bin ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ เป็นดินเหนียวค่าความชื้นเฉลี่ย 14.19% ค่าสูงสุดของ soil resistance to cone penetration = 13.1 กก./ชม²

การทดลอง ครั้งที่	ความเร็วรอบหมุน พีทีโอ (รอบ/นาที)	แรงบิด กก. - ม.	กำลังที่ใช้ขับไบนิต	
			แรงม้า	กิโลวัตต์
1	398.23	3.28	1.80	1.34
2	390.75	3.85	2.07	1.54
3	393.44	2.86	1.55	1.16
4	402.59	2.30	1.27	0.95
5	395.74	2.72	1.48	1.11
6	399.14	2.10	1.15	0.86
7	389.94	1.63	0.87	0.65
8	409.1	3.55	2.00	1.49
9	390.24	3.89	2.09	1.56
10	398.28	3.08	1.69	1.26
11	394.06	2.67	1.45	1.08
12	400.00	2.24	1.45	1.08
13	398.28	2.31	1.27	0.94
เฉลี่ย	396.91	2.85	1.56	1.16



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชระหว่างรถพรวนและอุปกรณ์การพรวนชนิดต่างๆที่ใช้ประกอบ

-  ชนิดที่ 1 : รถพรวน HONDA ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-Blade (93.31%)
-  ชนิดที่ 2 : รถพรวน HONDA ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-Blade (90.48%)
-  ชนิดที่ 3 : รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา (ใช้ใบมีดชนิด C-Blade) (87.43%)
-  ชนิดที่ 4 : รถพรวนดินแรदन้อย (76.85%)



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชระหว่างรถพรวนทุกชนิด โดยจำแนกตามอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้บังคับเลี้ยว



ชนิดที่ 1 : ตัดแต่งหัวพรวนที่มีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ (80.56%)



ชนิดที่ 2 : ตัดแต่งหัวพรวนที่มีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถและตัดแต่งหัวพรวนธรรมดาอีกหนึ่งชุดด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการจะเลี้ยว (89.51%)



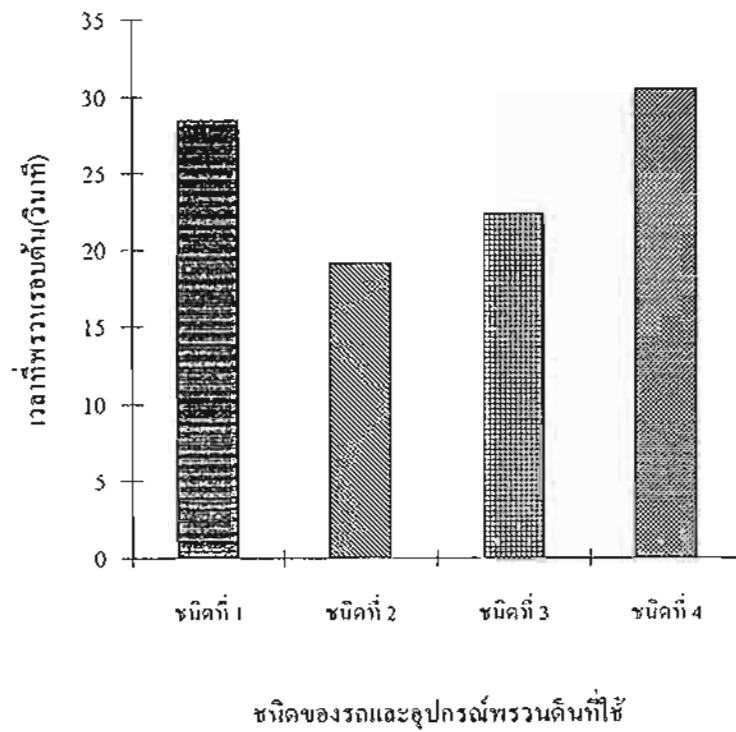
ชนิดที่ 3 : ตัดแต่งหัวพรวนที่มีครีบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถและโยงตัวรถเข้ากับต้นมะม่วงด้วยลวดสลิง (83.14%)



ชนิดที่ 4 : ใช้หัวพรวนธรรมดา 2 ชุด ชุดหนึ่งติดตั้งกลางตัวรถ อีกชุดหนึ่งติดตั้งหลังล้อพรวนดินที่ต้องการจะเลี้ยว (95.45%)



ชนิดที่ 5 : รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา (87.43%)



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบความเร็วในการพรวนรอบต้นมะม่วงเป็นวินาที/รอบ ระหว่างรถพรวนและอุปกรณ์การพรวนชนิดต่างๆที่ใช้ประกอบประกอบการพรวน



ชนิดที่ 1 : รถพรวน HONDA ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-Blade
(28.44 วินาที)



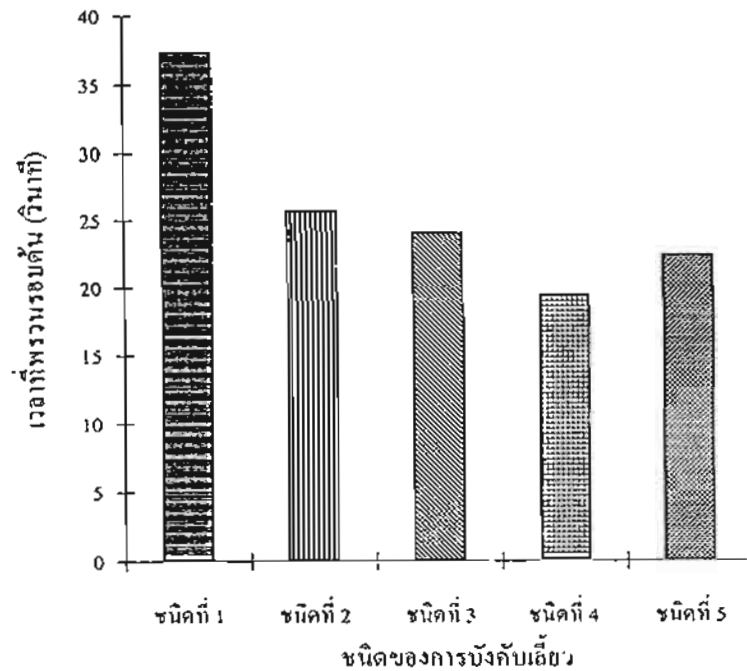
ชนิดที่ 2 : รถพรวน HONDA ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด C-Blade
(19.17 วินาที)



ชนิดที่ 3 : รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา (ใช้ใบมีดชนิด C-Blade)
(22.33 วินาที)



ชนิดที่ 4 : รถพรวนดินเรดน้อย (30.48 วินาที)



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบความเร็วในการพรวนรอบคันมะม่วงเป็นวินาที/ระหว่างรถพรวนทุกชนิดโดยจำแนกตามอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้บังคับเลี้ยว



ชนิดที่ 1 : ติดตั้งหัวพรวนที่มีครบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถ (37.38 วินาที)



ชนิดที่ 2 : ติดตั้งหัวพรวนที่มีครบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถและติดตั้งหัวพรวนธรรมดาอีกหนึ่งชุดด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการจะเลี้ยว (25.70 วินาที)



ชนิดที่ 3 : ติดตั้งหัวพรวนที่มีครบบังคับเลี้ยวตรงกลางรถและโยงตัวรถเข้ากับคันมะม่วงด้วยลวดสลิง (24.02 วินาที)



ชนิดที่ 4 : ใช้หัวพรวนธรรมดา 2 ชุด ชุดหนึ่งติดตั้งกลางรถอีกชุดหนึ่งติดตั้งด้านหลังล้อพรวนดินข้างที่ต้องการจะเลี้ยว (19.37 วินาที)



ชนิดที่ 5 : รถพรวนที่ได้พัฒนาขึ้นมา (22.33 วินาที)

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

1. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช (WE) โดยจำแนกตามชนิดของรถและใบมีดพรวนพบว่า รถพรวน IIONDA ที่ใช้ใบมีดพรวนดินชนิด L-blade มี WE สูงสุดคือ 93.31% รองลงมาคือรถพรวน HONDA ใช้ใบมีดชนิด C-blade มี WE 90.48% รถพรวนดินที่ได้พัฒนาขึ้นมา มี WE 87.43% ส่วนรถพรวนเรดน้อยมี WE 76.85%

2. ในด้านความเร็วเฉลี่ยในการพรวนรอบต้นเป็นวินาที/รอบ รถพรวนที่ติดตั้งหัวพรวนธรรมดา 2 ชุด จะทำงานเร็วที่สุดคือ 19.37 วินาที รองลงมาคือรถพรวนที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้เวลา 22.33 วินาที หากใช้รถพรวนที่ติดครีบบังคับเลี้ยวเพียงอันเดียวตรงกลางจะใช้เวลา 37.38 วินาที

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการเผยแพร่ผลงานวิจัยไปสู่ผู้ใช้โดยตรง การใช้รถพรวนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแล้วเป็นต้นกำลัง แล้วพัฒนาและติดตั้งอุปกรณ์ประกอบเพื่อให้เลี้ยวรอบได้ต้นได้นั้นจะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ส่วนวิธีที่ประหยัดที่สุดก็คือใช้รถพรวนที่ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นต้นแบบเนื่องจากอุปกรณ์ทุกชนิดหาได้ภายในประเทศ สำหรับผู้ที่มีรถพรวนอยู่แล้ว วิธีที่ง่ายที่สุดที่จะดัดแปลงนำมาใช้พรวนรอบได้ต้นมะม่วงคือการติดตั้งครีบบังคับเลี้ยวที่ได้หัวพรวน พร้อมกับทำล้อพรวนดินข้างหนึ่งขึ้นใหม่ให้มีจำนวนใบมีดพรวนดินลดลงจากเดิม 1 ใน 3

ในด้านความเหมาะสมทางเทคนิคและความสะดวกในการใช้งาน รถพรวนทุกชนิดสามารถใช้งานได้สะดวก ส่วนการโยงตัวรอกับต้นมะม่วงจะไม่เหมาะสมในขณะปฏิบัติงานเพราะเสียเวลาโยงลาดสลับ และต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ในขณะที่รถพรวนที่ใช้อุปกรณ์ประกอบอย่างอื่นใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 คน

เมื่อพิจารณาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์จะพบว่าน่าสนใจเนื่องจากรถพรวนใช้น้ำมันเบนซินประมาณ 1.1 ลิตร/ชั่วโมงการทำงาน ดังนั้นถักรถพรวนทำการพรวนได้ ชั่วโมงละ 50 ต้น โดยประมาณก็จะสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเพียงต้นละประมาณ 26 สตางค์ และจะประหยัดกว่าการจ้างแรงงานคนในการพรวน ซึ่งจะเสียค่าจ้างตายหัวต้นละประมาณ 3-5 บาท นอกจากนี้ยังทำงานได้รวดเร็วกว่าเดิม ผลงานสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงสามารถแก้ปัญหาในเรื่องการขาดแคลนเครื่องมือในการกำจัดวัชพืชได้เป็นอย่างดี ผลพลอยได้บางประการคือช่วยฟื้นฟูสภาพดิน นอกจากนั้นยังสามารถคลุกเศษพืชหรือปุ๋ยเข้ากับดินเป็นการช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินภายใต้ต้นมะม่วงโดยตรง และจะเป็นอีกหนทางหนึ่งในการช่วยเพิ่มทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตมะม่วง

บรรณานุกรม

1. Bekker, M.G. 1956. Theory of Land Locomotion. University of Michigan Press, Ann Arbor.
2. Butterworth, B. 1972. Rotary Cultivators. Power Farming, 8(2):91-92.
3. Kepner, R. A., Bainer, R., Barger, E. L. Principles of Farm Machinery. The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut, 1972.
4. Kwangwaropas, M. , Soonthornnondh, A. , Onkong, Onkong, N. 1997. Comparison of Performance Between C-blade and L- blade Type Drum Rotor of a Walking Type Wheelless Cultivator Used for Interrow-Weeding in Sugarcane Field. Proceedings 14 th International Soil Tillage Research Organization Conference. July 27- August 1, 1977. Pulawy, Poland. Page 411-414.
5. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. 1995. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery. Bangkok.
6. สมยศ ธรรมพัฒน์พงศ์. 2537. วิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบเครื่องมือไถจอบหมุน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. สุภชาติ เสงี่ยมพงษ์ และอัคคพล เสนาณรงค์. 2535. การออกแบบและพัฒนาจอบหมุน ดัดแปลงไถเดินตามสำหรับงานไร่ ข้าวสารกองเกษตรวิศวกรรม 6(1) : 4-5
8. สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ. 2539. วิศวกรรมรถไถเดินตาม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.