

วิจัยและพัฒนาจอบหมุนติตรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็ก
สำหรับพรวนดินสวนผลไม้

Research and Development of an Off-Set Rotary Cultivator
Implementing with a Small Four-Wheel Tractor for Fruit Tree Cultivation

ชนิษฐ์ หว่านณรงค์^{1/} อัคคพล เสนานรงค์^{1/} ประสาท แสงพันธุ์ตา^{1/} สุภาชิต เสงี่ยมพงศ์^{1/}
Khanit Wannaronk^{1/} Akkapol Senanarong^{1/} Prasat Sangphanta^{1/} Suphasit Sngiamphongse^{1/}

ABSTRACT

An off-set rotary cultivator implemented with a 22 hp four-wheel tractor for fruit tree cultivation was designed and developed. The rotary cultivator was off-set about 1 m from the outer rim of the right wheel. The cutting width of the rotary cultivator was 155 cm. The rotary cultivator drum had eight flanges to mount the blades. Six C-L type blades were fitted on each flange. Results from the test in a mango orchard (plant density 32 trees/rai) with 540 rpm PTO speed and 150 rpm rotor speed indicated the field capacity of 0.97 rai/hr. with 1.22 km/hr. travelling speed. Field efficiency was 83.64 %. Weeding efficiency was 96.09%. Power requirement of the rotary cultivator was 5.07 hp.

Key words : off-set rotary cultivator, cultivation, fruit tree, small four-wheel tractor

บทคัดย่อ

จอบหมุนแบบเยื้องข้างสำหรับพรวนดินและกำจัดวัชพืชในสวนผลไม้ ได้ถูกพัฒนาให้ใช้ติดตั้งกับรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาด 22 แรงม้า โดยมีลักษณะยื่นออกจากขอบนอกของล้อขวาประมาณ 1 เมตร ความกว้างการทำงาน 155 ซม. เพลาจอบหมุนมีจานยึดใบจอบหมุน 8 ชุด แต่ละจานมีใบจอบหมุนแบบ C ผสม L 6 ใบ จากการทดสอบในสวนมะม่วง (ความหนาแน่นของต้นมะม่วง 32 ต้น/ไร่) ที่ความเร็วรอบเพลลาอำนาจกำลัง 540 รอบ/นาที ซึ่งให้ความเร็วรอบเพลلاجอบหมุนประมาณ 150 รอบ/นาที พบว่าความสามารถ

^{1/} กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

^{1/} Crop Production Engineering Research Group, Agriculture Engineering Research Institute,
Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

การทำงานเท่ากับ 0.97 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.22 กม./ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 83.64 % ประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช 96.09 % โดยกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนเท่ากับ 5.07 แรงม้า

คำหลัก : จอบหมุน พรวนดิน สวนผลไม้ รถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็ก

คำนำ

การพรวนดินเพื่อกำจัดวัชพืชบริเวณโคนรอบต้นนับว่าเป็นงานที่สร้างความเหนื่อยยากให้กับผู้ทำสวนผลไม้เป็นอย่างมาก การกำจัดวัชพืชโดยวิธีกลนับว่าเป็นวิธีที่ได้ผลอย่างยิ่ง ซึ่งเป็นการลดการใช้สารกำจัดวัชพืช ที่อาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรและเกิดมลพิษต่อดินและน้ำ มงคล (2542) กล่าวว่า วัชพืชที่ถูกกำจัดโดยการพรวนดินจะฟื้นตัวช้ากว่าวัชพืชที่ถูกกำจัดโดยใช้สารเคมีมาก การพรวนดินกำจัดวัชพืชที่ได้ผลควรจะต้องทำลายและพรวนกลบวัชพืช ซึ่งควรจะทำขณะดินแห้งวัชพืชจะตายดี

การกำจัดวัชพืชในสวนผลไม้ขนาดเล็กอาจดำเนินการโดยใช้จอบถาด หรือใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายหลัง ส่วนสวนขนาดกลางอาจใช้รถพรวนดินขนาดเล็ก ใช้เครื่องยนต์ 3-5 แรงม้าเป็นต้นกำลังสำหรับสวนขนาดใหญ่มักใช้เครื่องตัดหญ้าตัดท้ายรถแทรกเตอร์ (Subhadrabundhu, 1995) ซึ่งการตัดวัชพืชนั้นจะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพราะวัชพืชจะเจริญเติบโตเร็วมาก นอกจากนั้นเครื่องตัดวัชพืชติดรถแทรกเตอร์มีข้อจำกัดในการเข้าไปทำงานในสวน คือไม่สามารถเข้าไปตัดบริเวณใต้ทรงพุ่มได้ ทำให้ต้องใช้แรงงานคนเข้าไป

ใช้จอบพรวนกำจัดวัชพืชที่เหลื่อ หรือไม่ก็ใช้เครื่องตัดวัชพืชแบบสะพายหลังเข้าไปตัด ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก

การใช้จอบไปพรวนดินกำจัดวัชพืชพร้อมพูนโคนต้นนับเป็นวิธีที่ได้ผล แต่วิธีนี้จะสิ้นเปลืองแรงงาน และค่าใช้จ่ายสูงโดยเฉลี่ยประมาณต้นละ 5 บาท หากทำอย่างประณีตจะพรวนได้ประมาณคนละ 30 ต้น/วัน (มงคล, 2542)

รถพรวนดินขนาดเล็กที่เรียกว่า wheelless cultivator หรือรถพรวนดินชนิดไม่มีล้อเริ่มได้รับความนิยมมากตามลำดับ เนื่องจากจะรวดเร็วและประหยัดกว่าการใช้แรงงานคนอย่างไรก็ตามการใช้รถพรวนดินตามขนาดเล็ชนิดไม่มีล้อจะมีข้อจำกัดคือเกษตรกรจะรู้สึกเมื่อยล้าค่อนข้างเร็ว และก่อนดินค่อนข้างแข็งก็จะทำงานได้ไม่ดี เพราะผลวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ เพื่อให้เกิดสมดุลของแรงจำเป็นต้องอาศัยแรงกดของเกษตรกรที่ค้มมือถือในการทำงาน ต่างจากรถติดจอบหมุนที่สามารถพรวนดินโดยไม่ต้องอาศัยแรงกดจากมือ (สุรินทร์, 2539)

ในสวนผลไม้สมัยใหม่ในต่างประเทศที่มีขนาดและรูปแบบเหมาะสม จะมีการใช้จอบหมุนติดรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็ก (ขนาดต่ำกว่า 35 แรงม้า) ในการพรวนดินกำจัดวัชพืชอย่างแพร่หลาย (Bell, 1995) เพราะนอกจากจะมีความสะดวกสบายในการใช้งานแล้ว ยังมีความสามารถทำงานที่รวดเร็ว และยังสามารถทำงานได้ในดินที่ค่อนข้างแข็ง

ในประเทศไทยแม้ว่าจะมีสวนผลไม้ที่มีขนาดและรูปแบบเหมาะสม ต่อการใช้จอบหมุนติดรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็กมากขึ้นเป็นลำดับ แต่ปริมาณการใช้จอบหมุนติดรถแทรกเตอร์สี่ล้อใน

การพรวนดินกำจัดวัชพืชยังต่ำมาก เนื่องจากจอบหมุนติตรรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็ก ที่มีขายในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นจอบหมุนสำหรับนาข้าว ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในสวนผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะไม่เอียงข้าง (off-set) หรือเอียงข้างเพียงเล็กน้อย ทำให้ไม่สามารถพรวนดินชิดโคนต้นได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนจอบหมุนสำหรับพรวนดินสวนผลไม้ที่มีผู้นำเข้าจากต่างประเทศ ก็จะมีเทคโนโลยีสูง (Bell and Cousins, 1991) เพราะส่วนใหญ่จะใช้ระบบไฮดรอลิกในการปรับระยะเอียงข้าง ทำให้มีราคาแพง และบำรุงรักษายาก

Wannaronk (2002) ได้พัฒนาจอบหมุนเอียงข้างให้สามารถพับเก็บได้ 90 องศาในแนวราบเพื่อสะดวกในการเดินทางบนถนนเช่นเดียวกับจอบหมุนของต่างประเทศ โดยจอบหมุนมีหน้ากว้างการ

ทำงาน 120 ซม. ยื่นออกจากรถแทรกเตอร์ราว 2 เมตร ทำให้ความกว้างรวมรถแทรกเตอร์ราว 3 เมตร (Figure 1) ซึ่งยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่บ้าง คือการกลับหัวงานทำได้ไม่สะดวก บางครั้งต้องคอยพับเก็บจอบหมุนขณะกลับหัวงาน และไม่สามารถทำงานได้อย่างสะดวกในสวนผลไม้ที่ระยะห่างระหว่างต้นต่ำกว่า 6 เมตร

นอกจากนี้พบว่า รถแทรกเตอร์ในงานสวนผลไม้ส่วนใหญ่ไม่มีความจำเป็นต้องวิ่งบนถนนภายนอกสวน เพราะไม่มีระบบรับจ้างเหมือนงานนาหรืองานไร่ ดังนั้นถ้าจอบหมุนไม่ยื่นมากเกินไปก็ไม่จำเป็นต้องมีกลไกพับเก็บ ผู้วิจัยจึงมีเป้าหมายที่จะออกแบบและพัฒนาจอบหมุนเอียงข้างแบบใหม่ให้ยื่นออกจากตัวรถน้อยลงเหลือราว 1 เมตร โดยไม่ต้องมีกลไกพับเก็บจอบหมุน

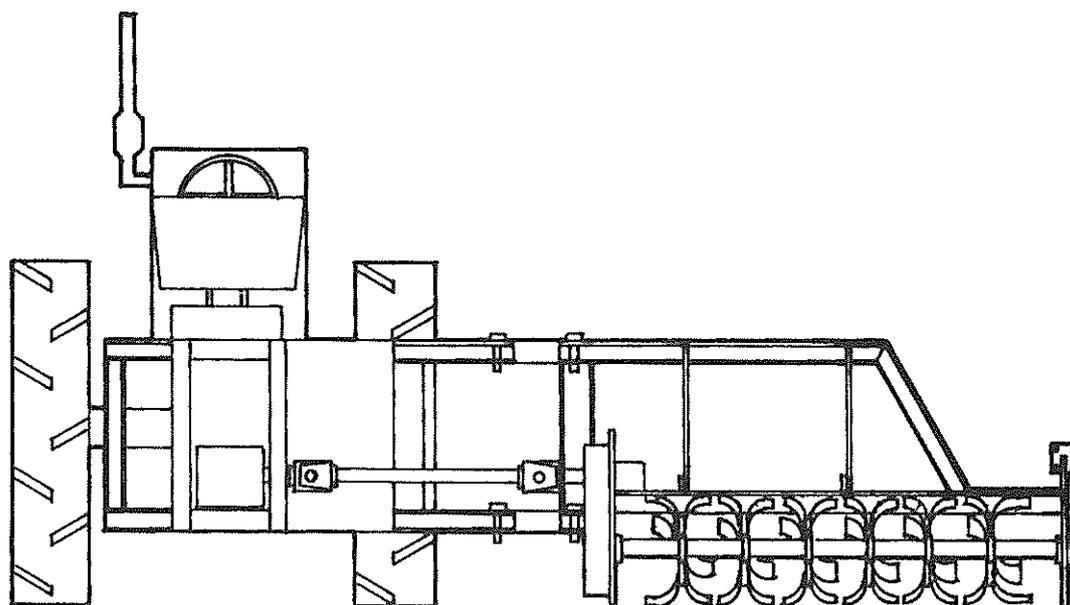


Figure 1. AIT (Asian Institute of Technology) rotary cultivator

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นแบบจอบหมุนที่ได้ออกแบบและสร้างถูกนำไปทดสอบเพื่อหาความสามารถการทำงานจริงในสนาม ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และกำลังที่เพลลาอำนาจกำลังใช้ในการขับเคลื่อน รวมทั้งประเมินคุณภาพของงานโดยวัดประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช และคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เปลี่ยนไป เช่น ค่าความหนาแน่นดินสภาพแห้ง (soil bulk density) ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (cone index) ค่า Mean Mass Diameter (MMD) ของก้อนดินที่ถูกพรวน

การทดสอบเก็บข้อมูลได้ดำเนินการในสวนมะม่วงของเกษตรกร อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา ซึ่งมีระยะปลูกระหว่างแถว 10 ม. และ ระยะห่างระหว่างต้น 5 ม. ซึ่งคิดเป็นความหนาแน่นของมะม่วง 32 ต้น/ไร่ ในการทดสอบได้แบ่งแปลงออกเป็น 3 แปลง ซึ่งแต่ละแปลงมีขนาด กว้าง 50 ม. ยาว 80 ม. หรือคิดเป็นพื้นที่ 2.5 ไร่/แปลง ก่อนทำการทดสอบได้ทำการเก็บข้อมูลของสภาพดินแปลงละ 5 จุด เพื่อหาค่าความชื้นของดิน ค่าความหนาแน่นดินสภาพแห้ง ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน รวมถึงความหนาแน่นของวัชพืช และค่าเหล่านี้จะถูกเก็บอีกครั้ง หลังการพรวนกำจัดวัชพืชเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน

การวัดกำลังขับเคลื่อนของจอบหมุน ทำวัดความเร็วรอบของเพลลาอำนาจกำลังของรถแทรกเตอร์ในทุกสภาวะโดยใช้ proximity sensor และบันทึกข้อมูลลงใน data logger หลังจากนั้นทำการจำลองเหตุการณ์ในห้องปฏิบัติการ โดยนำรถแทรกเตอร์มาขึ้นแท่นทดสอบเพื่อหาค่ากำลังของเพลลาอำนาจ

กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การออกแบบ

ได้ออกแบบจอบหมุนให้มีหน้ากว้างการทำงาน 155 ซม. มีระยะยื่นออกจากตัวรถแทรกเตอร์ประมาณ 1 ม. ซึ่งเป็นระยะที่ไม่มากเกินไป โดยรถแทรกเตอร์สามารถติดตั้งจอบหมุนเดินทางในสวนได้โดยไม่ต้องมีกลไกพับเก็บจอบหมุน เพราะความกว้างของรถแทรกเตอร์รวมจอบหมุนจะประมาณ 2 ม. และจะเหมาะสมกับสวนผลไม้ที่มีระยะปลูกระหว่างแถวตั้งแต่ 4 ม.ขึ้นไป และจอบหมุนจะสามารถถ่ายทอดกำลังได้ดีกว่าจอบหมุนแบบพับเก็บได้ เพราะถ่ายทอดกำลังจากชุดห้องเกียร์มายังห้องโซ่ได้โดยตรง

โครงของจอบหมุนประกอบด้วยจุดพ่วงแบบสามจุด ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านซ้ายสุดของจอบหมุน เมื่อมองจากด้านหลังของแทรกเตอร์ และบนโครงจอบหมุนด้านซ้ายจะมีชุดเกียร์เปลี่ยนทิศทางของเพลลาอำนาจกำลัง ขนาด 38 แรงม้า (Figure 2)

ระบบการส่งกำลัง ออกแบบให้ส่งกำลังจากรถแทรกเตอร์ไปยังห้องเกียร์ของจอบหมุน โดยใช้ชุดห้องเกียร์เปลี่ยนทิศทางเพลลาอำนาจกำลังซึ่งมีอัตราทด 1.93 :1 และถ่ายทอดกำลังจากห้องเกียร์ผ่านเฟืองโซ่ไปยังเพลลาจอบหมุน ด้วยอัตราทด 1.875 :1 โดยเฟืองโซ่ตัวบนสวมอยู่บนเพลลาที่ยื่นออกมาของชุดห้องเกียร์ เพื่อขับเพลลาของจอบหมุนโดยตรง (Figure 3) ซึ่งทำให้เพลลาจอบหมุนมีความเร็วรอบประมาณ 150 รอบ/นาที ที่ความเร็วรอบเพลลาอำนาจกำลัง 540 รอบ/นาที

ใบของจอบหมุนเป็นแบบ C ผสม L มีทั้ง

หมตรวม 48 ใบ ลักษณะการเรียงใบของจอบหมุน การเรียงใบจะวางใบให้เป็นลักษณะเกลียวเยื้องกัน 10 องศา โดยมีจายัดใบจอบหมุน 8 จาย แต่ละจายจะมีใบจอบหมุน 6 ใบ ติดอยู่สลับด้านกันข้างละ 3 ใบ เพื่อไม่ให้เกิดแนวรอยจายที่ไม่มีการตีดิน

ระยะระหว่างจายยัดใบจอบหมุน จะกำหนดให้มีการเหลื่อมซ้อนของปลายใบจอบหมุนประมาณ 1 ซม. เพื่อให้เมื่อใบเริ่มสึกทรอจะไม่เกิดแนวรอยที่ไม่มีการตีดิน

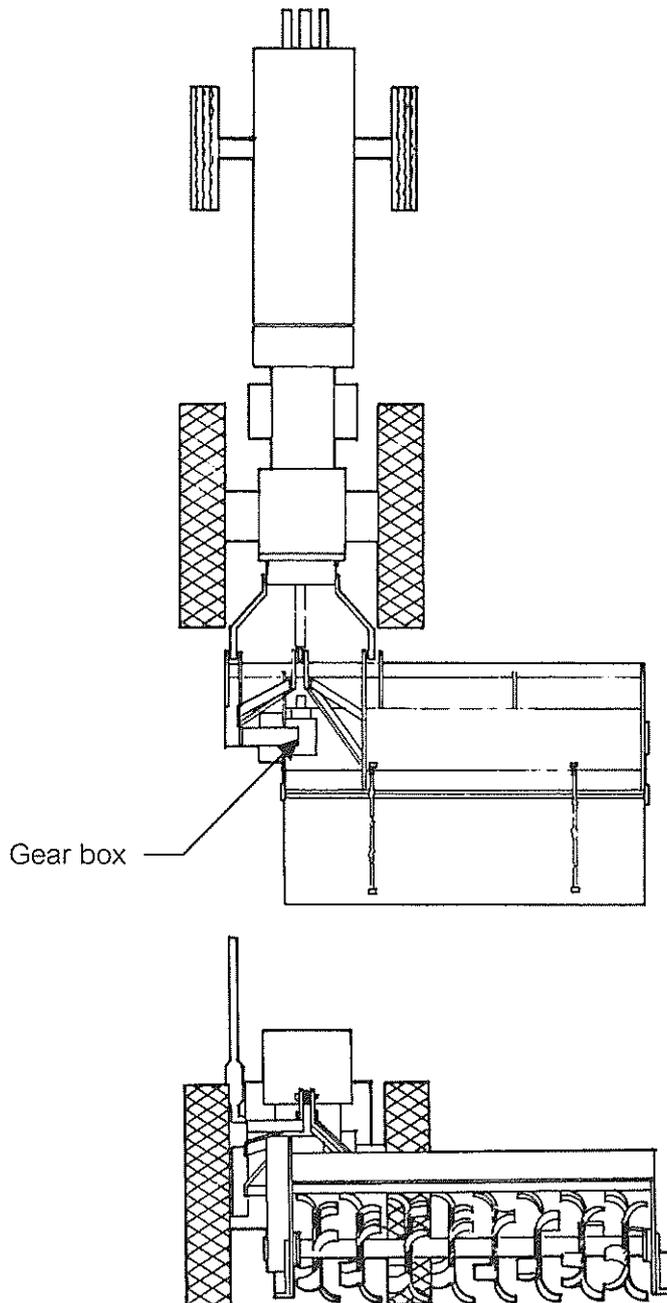


Figure 2. DOA (Department of Agriculture) rotary cultivator

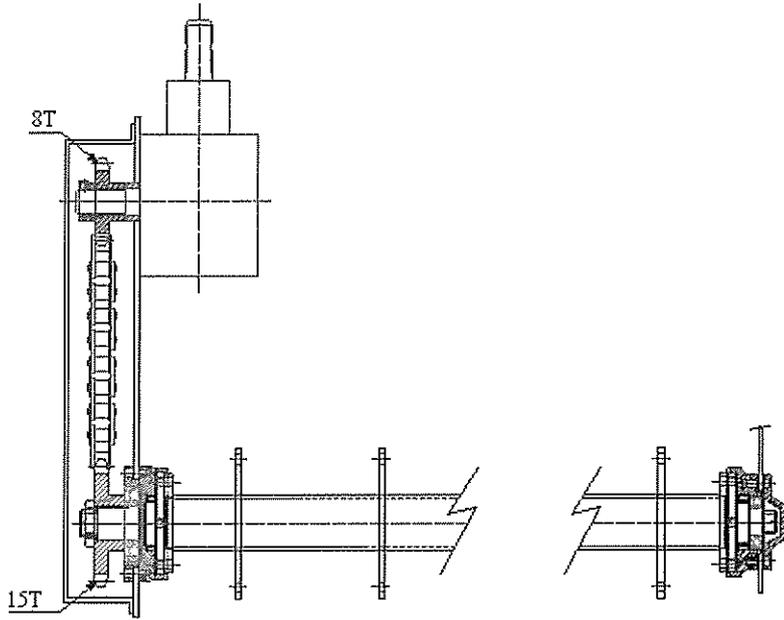


Figure 3. Power transmission

2. การทดสอบการทำงานในแปลงทดสอบ

ในการทดสอบได้ทำการเก็บข้อมูลของสภาพดินแปลงละ 5 จุด ได้แก่ ค่าความชื้นของดิน ค่าความหนาแน่นดินสภาพแห้ง ค่าความต้านทานการแทรกทะลุของดิน โดยได้ผลเท่ากับ 21.89 % มาตรฐานแห้ง 1.15 กรัม./ลบ.ซม. 945.3 กิโลพาสคาล ตามลำดับ

ในการทดสอบเบื้องต้น ได้ทำการติดตั้งจอบหมุนต้นแบบกับรถแทรกเตอร์คูโบต้า รุ่น L 2201 ขนาด 22 แรงม้า ใช้น้ำหนัก 64 กก. ถ่วงด้านหน้าเพื่อให้น้ำหนักรถแทรกเตอร์สมดุล และใช้น้ำหนัก 33 กก.ถ่วงที่ล้อหลังด้านซ้ายของคอนซัท พร้อมปรับแขนยกอุปกรณ์ตัวล่างด้านขวาของคอนซัทให้สั้นลงเพื่อให้แทรกเตอร์สมดุลทางด้านซ้ายและขวา การทดสอบใช้เกียร์ 1L ตั้งรอบเครื่องยนต์ 2,440 รอบ/นาที ซึ่งให้ความเร็วรอบของเพลลาอำนาจกำลัง 540 รอบ/นาที และความเร็วรอบ

ของเพลลาจอบหมุน(ตัวเปล่า) 150 รอบ/นาที และใช้สีกทั้งสองข้างเป็นตัวช่วยกำหนดความลึกประมาณ 10 ซม. หลังจากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าจอบหมุนสามารถกำจัดวัชพืชและย่อยก้อนดินได้ดี คอนซัทแทรกเตอร์สามารถทำงานได้สะดวกพอควร อย่างไรก็ตามบางจังหวะต้องก้มหลบกิ่งมะม่วงหรือต้องให้คนช่วยยกกิ่งมะม่วง (Figure 4)

ความสามารถการทำงาน (ไม่คิดพื้นที่ไม่ถูกพรวนดิน) เฉลี่ยเท่ากับ 0.97 ไร่/ชม. ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.22 กม./ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 83.64 % ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.05 ลิตร/ไร่ หรือ 1.99 ลิตร/ชม. โดยถ้าคิดพื้นที่ซึ่งไม่ถูกพรวนดินด้วยจะมีความสามารถถึง 1.62 ไร่/ชม.

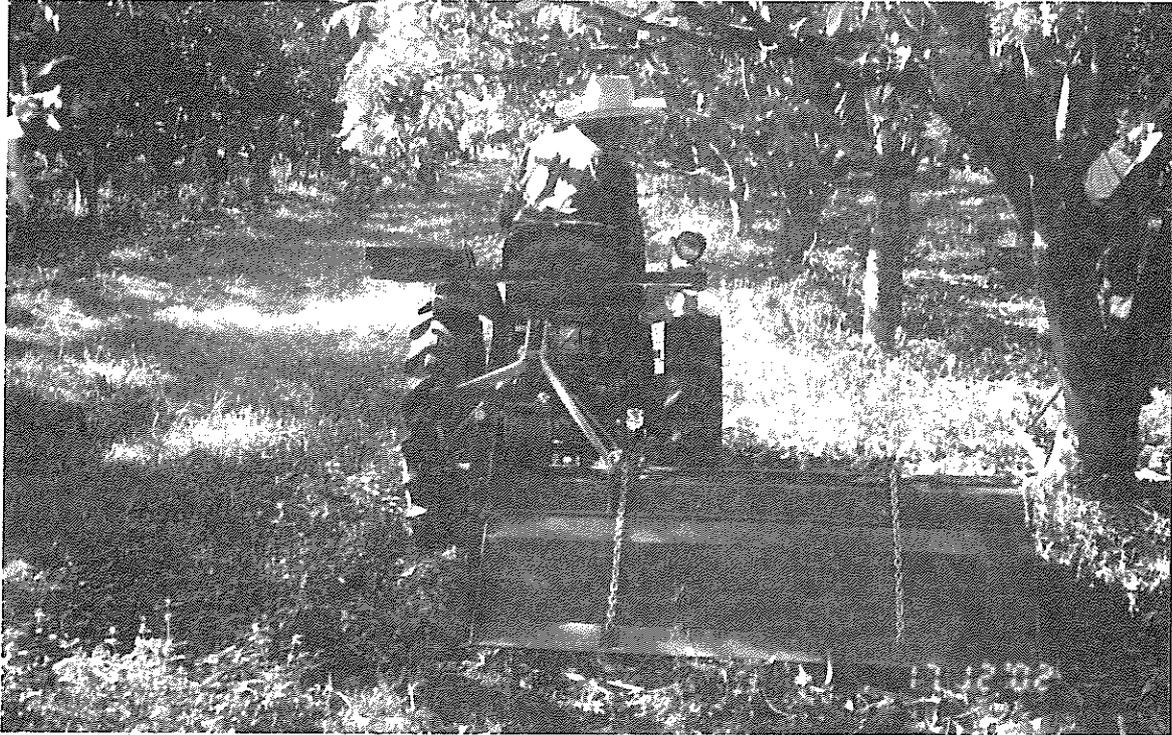


Figure 4. Operation of an off-set rotary cultivator

ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง ซึ่ง ก่อนพรวนมีค่า 1.15 กรัม/ลบ.ซม. และหลังพรวน มีค่า 0.82 กรัม/ลบ.ซม. ค่าความหนาแน่นดินสภาพ แห้งลดลง 28.7%

ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน วัดโดยใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานการแทง

ทะลุ (cone penetrometer) โดยใช้กรวย มาตรฐานที่มีมุม 30° และพื้นที่ฐาน 1.29 ตร.ซม. บันทึกค่าความลึกทุกๆ 3.5 ซม. ค่าความต้านทาน การแทงทะลุของดินที่ความลึกของดินเฉลี่ย 10 ซม. มีค่า 945.3 กิโลพาสคาล หลังพรวนมีค่า 649.6 กิโลพาสคาล ลดลง 31.3 % (Figure 5)

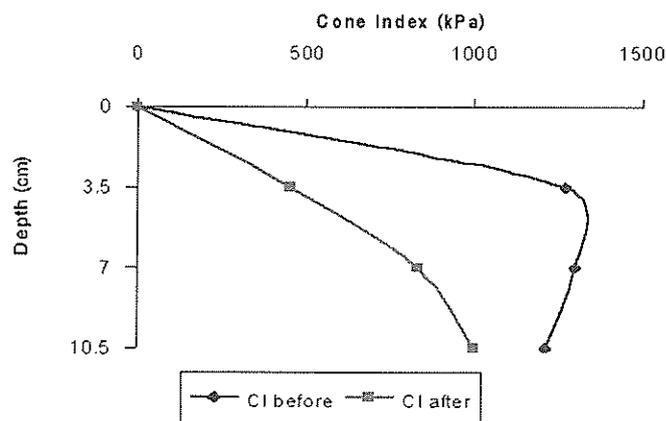


Figure 5. Cone index (CI) at each depth

ค่า MMD ของก้อนดินที่ถูกรวน หาได้โดยใช้ชุดตะแกรงร่อนดินซึ่งมีขนาดรูตะแกรง 75, 50, 35, 25, 20, 15, 10, 5 มม. และค่า MMD ที่คำนวณได้มีค่าตั้งแต่ 17 ถึง 24 มม. ขนาดก้อนดินโดยเฉลี่ยเท่ากับ 21 มม. ทั้งนี้ค่าขนาดก้อนดินเฉลี่ยที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่รวน

ประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืช วัดโดยสุ่มตัวอย่างวัชพืชที่มีรากยึดอยู่กับดินใน 1 ตร.ม. แปลงละ 5 จุดทั้งก่อนและหลังรวนกำจัดวัชพืช พบว่าความหนาแน่นของวัชพืชก่อนรวนมีค่าเท่ากับ 606 กรัม/ตร.ม. วัชพืชมีความสูงประมาณ 20-30 ซม. หลังจากรวนพบว่า วัชพืชเกือบทั้งหมดได้ถูกรวนกลบและถูกสับเป็นชิ้น ซึ่งวัชพืชเหล่านี้สามารถย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยได้เร็วกว่าการตัดแล้วพูนโคน จำนวนประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชได้เท่ากับ 96 %

3. การหากำลังที่เพล่าอำนวยการกำลังใช้ในการขับจอบหมุน

การวัดกำลังขับของจอบหมุนทำโดยวัดความเร็วรอบของเพล่าอำนวยการกำลังของรถแทรกเตอร์ขณะรถแทรกเตอร์ไม่มีภาระ และขณะใช้งานจอบหมุน ด้วยอุปกรณ์วัดความเร็วรอบของเพล่าอำนวยการกำลัง และบันทึกด้วยเครื่องมือบันทึกข้อมูล พบว่า ขณะจอบหมุนทำงานมีความเร็วรอบเพล่าอำนวยการกำลังเฉลี่ย 529 รอบ/นาที

ในการจำลองสภาวะการณ์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าที่ความเร็วรอบเพล่าอำนวยการกำลัง 529 รอบ/นาที ค่าแรงบิดที่เพล่าอำนวยการกำลังเท่ากับ 68.3 นิวตัน/เมตร และคำนวณได้ว่ากำลังที่เพล่าอำนวยการกำลังใช้ขับจอบหมุนเฉลี่ยเท่ากับ 5.07 แรงม้า

สรุปผลการทดลอง

จอบหมุนแบบเยื้องข้างดีตรกแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็กสามารถรวนดินกำจัดวัชพืชในสวนผลไม้ได้ตามเป้าหมาย โดยสามารถกำจัดวัชพืชได้เป็นอย่างดี และลดการใช้สารกำจัดวัชพืชแล้วยังช่วยให้ดินร่วนซุย ตลอดจนสามารถคลุมเคล้าปุ๋ยหรือสารบำรุงดินอื่นๆ โดยต้นแบบที่ได้พัฒนาจะมีราคาไม่แพง บำรุงรักษาง่าย อย่างไรก็ตามควรที่จะต้องมีการวางแผนการปลูกไม้ผลและระบบให้น้ำให้เหมาะสม ตลอดจนมีการตัดแต่งกิ่งไม้ผลไม่ให้ต่ำเกินไป จึงจะทำให้การใช้จอบหมุนแบบเยื้องข้างดีตรกแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็กมีประสิทธิภาพสูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท เค แอนด์ โอ เอ็นจิเนียริง จำกัด ซึ่งได้สนับสนุนการวิจัยในการนำเข้ขึ้นส่วนของจอบหมุนที่สำคัญ ได้แก่ ใบจอบหมุนห้องเกียร์และโซ่

เอกสารอ้างอิง

- มงคล กวางวโรภาส. 2542. การศึกษาและวิจัยอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวนกำจัดวัชพืชใต้ต้นมะม่วง. หน้า 256 - 262 ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 4. 27-29 ตุลาคม 2542, ชลบุรี.
- สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ. 2539. วิศวกรรมรถไถเดินตาม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 417 หน้า.
- Bell, B. 1995. Fifty Years of Garden Machinery. Farming Press, Ipswich. 227 p.

Bell, B. and S. Cousins. 1991. Machinery for Horticulture. Farming Press, Ipswich. 290 p.

Subhadrabandhu, S. 1995. Changes in traditional society during industrialization in Thailand. Pages 171-175. *In* Proceeding of the UNESCO-University of Tsukuba International

Seminar on Traditional Technology for Environmental Conservation and Sustainable Development in the Asian-Pacific Region. Dec. 11-14, 1995. Japan.

Wannaronk, K. 2002. Development of an Off-Set Rotary Cultivator for Use in Orchards. Thesis (M.Eng.). Asian Institute of Technology, Thailand. 68 p.