

ไถระเบิดดินดานติดรถแทรกเตอร์ขนาดกลางสำหรับพื้นที่ปลูกอ้อย

Subsoiler Attached to Medium-Size Tractor for Sugarcane plantation

ยุทธนา เครือหาญชาณพงศ์^{1/} พงษ์ศักดิ์ ต่ายก้อนทอง^{1/}
อุษฎา สุขจันทร์^{2/} อัศพล เสนาณรงค์^{1/}
Yuttana Khaehanchanpong¹ Pongsak Trykornong^{1/}
Utchida Sukjun^{2/} Akkapol Senanarong^{1/}

ABSTRACT

Soil compaction occur under the downward forces of heavy machine in the field. The soil can be defined as an increase in its dry density, and the closer packing of solid particles or reduction in porosity. Subsoiler which large size tractor used to loosen and break up soil but almost high price for using in the field. At present, tractors 49-50 hp are widely used in the fields but still has not proper size of subsoiler to attach with. This research was design subsoiler to connect with this size tractor. The subsoiler designed was 2 shank, 2 wing and the shank length of 1 m. At the end of the shank was designed to provide the angle with 30 degrees on a width 3.81 cm. For the field test in Khonkaen province, the soil compaction depth 35 cm., 14.53% moisture content. Subsoiler can disrupt soil compaction grown down to 41 cm depths, the capacity was 2.41 rai/hr, field efficiency 70.71%, fuel consumption 3.52 liter/rai. A subsoiler for 49-50 hp tractor was designed to be utilized conveniently. As a result, it can help solve the problem in the field by themselves.

Key words: Subsoiler, Tractor, 49-50 hp, Sugarcane

¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture

² กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture

บทคัดย่อ

การไถระเบิดดินดาน ส่วนใหญ่จะใช้ไถระเบิดดินดานพ่วงติดกับรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งมีราคาแพง จึงได้ทำการออกแบบไถระเบิดดินดาน เพื่อใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 49-50 แรงม้า ได้ออกแบบไถระเบิดดินดานเป็นแบบ 2 ขา มีปีกสองข้าง ขนาดขาไถยาว 1 ม. ที่ปลายขาไถถูกออกแบบให้มีมุมจิกสำหรับระเบิดดินดานที่ 30 องศา มีความกว้างของหัวจิกที่ 3.81 ซม. จากนั้นทำการทดสอบไถระเบิดดินดานในแปลงของเกษตรกรปลูกอ้อย ที่ อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น มีดินลึกที่ 35 ซม. ที่ความชื้นดิน 14.53 % พบว่า สามารถระเบิดดินดานได้ โดยไถระเบิดดินดานสามารถไถได้ที่ความลึกเฉลี่ย 41 ซม. มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.41 ไร่/ชม. มีประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 70.71% ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.52 ลิตร/ไร่ ไถระเบิดดินดานที่ออกแบบมาใหม่นี้สามารถใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 49 แรงม้า ซึ่งที่ผ่านมา ยังไม่มีการใช้งานไถระเบิดดินดานกับรถแทรกเตอร์ที่มีต้นกำลังขนาดกลาง จึงนับว่าจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้เกษตรกรที่มีรถแทรกเตอร์ขนาดดังกล่าวสามารถไถระเบิดดินดานได้ด้วยตัวเอง

คำหลัก : ไถระเบิดดินดาน รถแทรกเตอร์ 49-50 แรงม้า อ้อย

คำนำ

จากการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรขนาดใหญ่ในพื้นที่ปลูกพืชไร่ของเกษตรกร เช่น ในแปลง

มันสำปะหลัง หรือ อ้อย ทำให้ชั้นดินมีลักษณะแน่นทึบและแข็ง เนื้อดินมีช่องว่างสำหรับน้ำและอากาศน้อย ทำให้เกิดชั้นดินดานขึ้น ในทางวิชาการ การตรวจความหนาแน่นของดินโดยตรงที่ระดับความลึกประมาณ 40-50 ซม. ถ้ามีความหนาแน่นเกินกว่า 1.6 ก./ลบ.ซม. แสดงว่ามีชั้นดินดาน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) สำหรับเกษตรกรสามารถตรวจสอบจากการสังเกตโดยวิธีง่าย ๆ เช่น เวลาฝนตกลงมาพื้นที่ราบ น้ำจะแช่ท่วมขังอยู่นาน เนื่องจากไม่สามารถซึมลงไปในดินชั้นล่าง แต่จะไหลบ่าบนผิวดิน ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายบนผิวดิน

ดินดาน คือ ดินที่ถูกบดอัดแน่นจากการใช้เครื่องจักรกลหนักอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี เกิดการบดทับอัดแน่นทำให้เกิดชั้นดิน ไถพรวนที่ความลึกประมาณ 30-50 ซม. จากชั้นผิวดิน (Buckingham, 1976) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hakanssan *et al.* (1996) ได้รายงานว่า ผลของการเตรียมดินด้วยการไถพรวนแบบปกติทุกปีเป็นเวลานานทำให้เกิดดินอัดตัวแน่นหรือชั้นดานที่ระดับความลึกประมาณ 20 ซม. ดินที่มีแนวโน้มที่จะเกิดชั้นดานไถพรวน ได้แก่ ดินร่วนปนทรายแป้ง เนื่องจากประกอบไปด้วยอนุภาคขนาดทรายละเอียด หรือทรายแป้งในปริมาณสูงซึ่งง่ายต่อการถูกอัดตัว โครงสร้างของดินถูกทำลายได้ง่าย ทนแรงกระทำจากการไถพรวนหรือการกดทับด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้น้อย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550; เอกราช, 2552; อรพิน, 2553; Pornperm *et al.*, 2005) ชั้นดินดานนี้จะหนาหรือบางแล้วแต่ชั้นดินนั้นจะมีอนุภาคทรายแป้ง

มากหรือน้อยเพียงใด หรือเคยมีการไถระเบิดดินดานมาก่อนหรือไม่ พื้นที่ปลูกพืชถ้ามีดินดานจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืช คือ ในฤดูฝนเมื่อมีฝนตกลงมา น้ำจะซึมลงไปดินชั้นล่างไม่ได้ เนื่องจากมีดินดานมากกั้นไม่ให้น้ำไหลซึมลงไปเก็บกักในดินชั้นล่างได้ ขณะเดียวกันในฤดูแล้งดินดานจะกั้นมิให้ความชื้นที่อยู่ข้างล่างขึ้นมาถึงรากพืช ทำให้พืชขาดน้ำและตายได้

จากปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องมีการไถระเบิดดินดาน เพื่อมิให้เกิดชั้นดานโดยการใช้ไถระเบิดดินดานด้วยไถลั่ว เช่น พื้นดินที่ปลูกมันสำปะหลังอาจจะไถระเบิดดินดานปีเว้นปี ส่วนไร่อ้อยควรไถระเบิดดินดานช่วงรื้อต่ออ้อยทุกครั้ง คือประมาณ 3-4 ปีต่อครั้ง เพราะไร่อ้อยจะใช้เครื่องจักรกลหนักเข้าไปทำงาน เช่น รถแทรกเตอร์ รถบรรทุกอ้อย ซึ่งทำงานต่อเนื่องทุกปี ทำให้ดินเกิดการบดทับ จึงมีโอกาสดินดานสูง

ไถระเบิดดินดาน มีหลักการทำงานคือ ไถต้องจิกลงไปดิน และถูกลากไปตลอดแนว ทำให้ดินแตก่วนโดยไม่มีการพลิกดิน เช่น ไถหัวหมู หรือ ไถจาน คุณภาพของดินที่ต้องการจะ

ขึ้นอยู่กับความลึก ระยะห่างระหว่างขา มุมของขา และความชื้นในดิน ชนิดของขาไถระเบิดดินดานมีหลายชนิด (Figure 1) และลักษณะการแตกตัวของดิน เมื่อใช้งานไถระเบิดดินดาน (Figure 2)

การไถระเบิดดินดาน จะทำการไถ 2 แนว ตัดกันเป็นตารางหมากรุก เนื่องจากการไถระเบิดดินดานเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย จึงไม่จำเป็นต้องไถระเบิดทุกปี อาจไถ 3-5 ปีต่อครั้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และวิธีเขตกรรม หลังจากไถระเบิดดินดาน ใช้พาล 3 เพื่อพลิกดินให้กลับวัชพืช ทิ้งไว้ 5-7 วัน ไถพรวนด้วยพาล 7 เพื่อย่อยดิน และกลบรอยไถระเบิดดินดาน ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากใต้ดิน หากปลูกยกทรงก็ให้ยกทรงหลังจากพรวนดิน

ปัจจุบันมีรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง (49-50 แรงม้า) ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานไร่ แต่ไถระเบิดดินดานที่มีใช้งานส่วนใหญ่จะใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ และมีราคาแพง รวมถึงค่าจ้างในการระเบิดดินดานแต่ละครั้ง ราคาค่อนข้างสูง ถ้าเกษตรกรมีเครื่องมือที่เหมาะสมที่

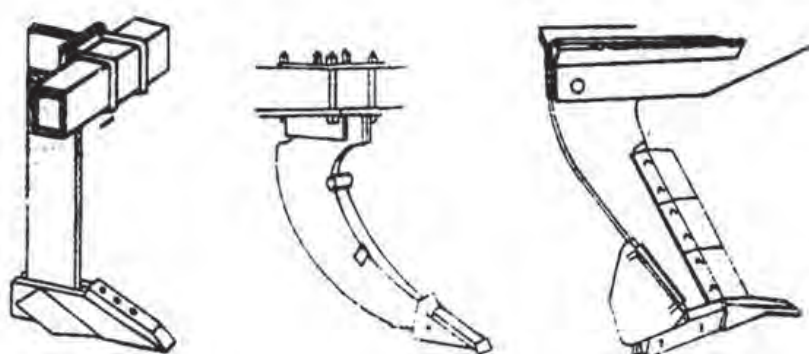


Figure 1 Three types of Subsoiling (แหล่งข้อมูล: มงคล,2530)

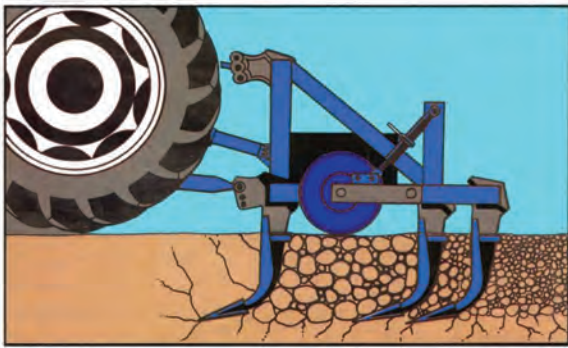


Figure 2 Soil loosen and break up by subsoiler (Source: Buckingham,1976)

จะสามารถต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ที่เกษตรกรมีใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และราคาไม่สูงมาก ก็จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ปลูกอ้อย เพื่อให้เข้าถึงการไถระเบิดดินดานด้วยตัวเอง ดังนั้นสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จึงมีแนวคิดที่จะวิจัยและพัฒนาไถระเบิดดินดานสำหรับติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ปลูกอ้อย อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ออกแบบไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ 49-50 แรงม้า

1.1 ออกแบบไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ดันแบบที่ 1

ทำการสร้างต้นแบบ ไถระเบิดดินดานสำหรับพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง โดยไถระเบิดดินดานที่สร้างต้นแบบใช้เหล็กหนา 1.59 ซม. (5 หุน) ความยาวของไถตั้งแต่หัวกระโجمถึงปลาย 100 ซม. มุมจิกของปลายใบมีด ที่ 30 องศา ด้านชุดไถจะมีการใส่ซูปเปอร์สปีดตามความโค้ง

ของไถ ซึ่งชุดซูปเปอร์สปีดนี้จะช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของดินไม่ให้ไปปะทะกับโครงไถ นอกจากนี้ยังมีปีกไถ เพื่อช่วยให้เกิดการแตกตัวของดินได้ดีอีกด้วย (Figure 3) หลังจากนั้นนำไปทดสอบเบื้องต้น ในแปลงของเกษตรกร จ. ขอนแก่น พบว่า ทำงานได้ ที่ความลึกในการไถที่ 35-40 ซม. (Figure 4)

1.2 ออกแบบไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ดันแบบที่ 2

ทำการออกแบบผลไถระเบิดดินดาน โดยการเพิ่มขนาดเหล็กจาก 1.59 ซม. (5 หุน) เป็นขนาด 2.54 ซม. (1 นิ้ว) แล้วนำไปทดสอบในแปลงเกษตรกรปลูกอ้อย ที่ อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น ซึ่งดินที่ทดสอบเป็นดินทราย ที่ความชื้น 12.5 % และนำต้นแบบที่ 2 มาทดสอบในแปลงเกษตรกรที่ จ. นครราชสีมา ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียว ที่มีความชื้นดิน 13.5%

1.3 ออกแบบไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ดันแบบที่ 3

ทำการเพิ่มขนาดเหล็กที่นำมาใช้ทำไถเป็น 3.81 ซม. (1.5 นิ้ว) และเพิ่มขนาดน็อตเป็น 3.81 ซม. นำมาทดสอบในชุดดินขอนแก่น ชุดดินนครราชสีมา ชุดดินบ่อพลอย และทดสอบต้นแบบที่ 3 ในแปลงเกษตรกร อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น

2. การทดสอบแรงฉุดลากในการไถระเบิดดินดาน

การทดสอบวัดแรงฉุดลาก ทำการทดสอบในแปลงปลูกอ้อยที่ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

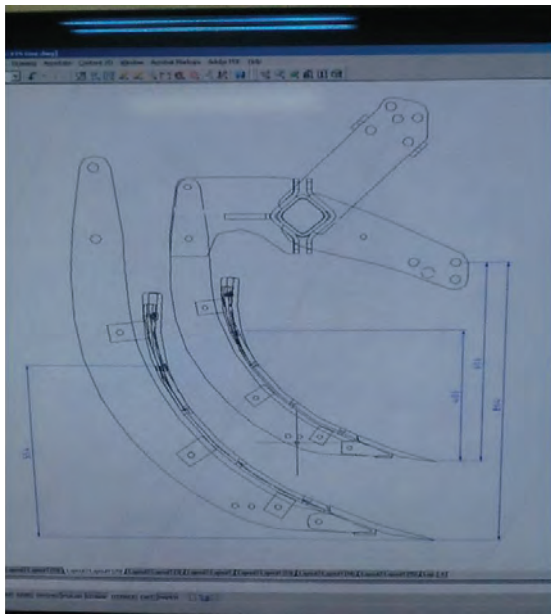


Figure 3 The shape of prototype I



Figure 4 Measuring of Draft for a tractor mounted implement (A) and indicator Kyowa (B)

โดยใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลัง Messy 4245 ขนาด 90 แรงม้า จดลาก รถแทรกเตอร์ Kioti EX 50 ขนาด 49 แรงม้า ที่ติดพ่วงไถระเบิดดินดาน (Figure 4) โดยใช้ Load Cell ขนาด 5 ตัน ติดไว้ระหว่างรถแทรกเตอร์ทั้ง 2 คัน และใช้ Indicator Kyowa SLW 220 PC เป็นตัวอ่านค่าแรงที่ได้จากการไถ

การทดสอบวัดแรงจุดลาก ทำการทดสอบในหัวไถระเบิดดินดานที่หน้ากว้าง การไถ 3 ระดับ คือ หน้ากว้างการระเบิดดินดาน 3.81, 6.35, 8.69 ซม. (หัวเล็ก, หัวกลาง, หัวใหญ่) ตามลำดับ และ อุปกรณ์เสริมแตกต่างกัน 4 ระดับคือ A ไถระเบิดดินดานใส่ชุปเปอร์ลิน และ ปีกทั้งสองข้าง B ไถระเบิดดินดานใส่ ชุปเปอร์ลิน C ไถระเบิดดินดานใส่เฉพาะปีกทั้งสองข้าง D เฉพาะหัวระเบิดดินดาน (Table 1) และกำลังของแทรกเตอร์ที่ใช้ในระดับต่าง ๆ (Table 2)

3. ดำเนินการแก้ไขต้นแบบและนำไปทดสอบในแปลงของเกษตรกร

การทดสอบไถระเบิดดินดาน ทำการทดสอบในแปลงปลูกอ้อยที่พบว่า มีชั้นดินดานเกิดขึ้น การทดสอบและเก็บข้อมูลเพื่อหาความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

Table 1 Draft force (Newton)

Type	Level		
	small	medium	large
A	16,405	18,205	20,395
B	16,430	18,375	20,470
C	14,160	14,755	18,880
D	14,705	15,160	19,390

A: Subsoiler with superlene and two wings, B: Subsoiler with superlene

C: Subsoiler with two wing, D: Subsoiler, Small: The working width of subsoiler 3.81 cm.,

Medium: The working width of subsoiler 6.35 cm., Large : The working width of subsoiler 8.69 cm.

Table 2 Power of Tractor N.m/s (HP)

Type	Level		
	small	medium	large
A	13,288 (17.81)	14,564 (19.52)	16,112 (21.60)
B	13,308 (17.84)	14,883 (19.95)	16,785 (22.50)
C	11,044 (14.80)	11,804 (15.82)	14,664 (19.66)
D	12,058 (16.16)	12,431 (16.66)	15,512 (20.79)

A: Subsoiler with superlene and two wings, B: Subsoiler with superlene

C: Subsoiler with two wing, D: Subsoiler, Small: The working width of subsoiler 3.81 cm.,

Medium: The working width of subsoiler 6.35 cm., Large : The working width of subsoiler 8.69 cm.

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ออกแบบไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ 49-50 แรงม้า

1.1 ดันแบบที่ 1

หลังจากนำไปทดสอบเบื้องต้น ในแปลงของเกษตรกร จ. ขอนแก่น พบว่า ไถระเบิดทำงานได้ ที่ความลึกในการไถที่ 35-40 ซม. (Figure 4) แต่เมื่อนำไปทดสอบกับชุดดินอื่น ที่ จ. ขอนแก่น ในแปลงปลูกอ้อย พบว่า เกิดการบิดตัวของชุดไถระเบิดดินดาน และน็อตสำหรับยึดชุดโครงสร้างไม่สามารถรับแรงได้ จึงเกิดการขาดของตัวน็อต

1.2 ดันแบบที่ 2

เมื่อนำไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ดันแบบที่ 2 ไปทดสอบในแปลงเกษตรกรปลูกอ้อย ที่ อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น พบว่า สามารถทำงานได้ที่ความลึก 40-45 ซม. (Figure 5) แต่เมื่อนำมาทดสอบในแปลงปลูกอ้อย ที่ จ. นครราชสีมา ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียว ที่มีความชื้นดิน 13.5% พบว่า น็อตสำหรับรับแรงไถไม่สามารถทนแรงได้ เกิดการฉีกขาด และขาไถเกิดการบิดตัว



Figure 4 Prototype I test (A) and working depth of prototype I (B)



Figure 5 Prototype II test

1.3 ต้นแบบที่ 3

ไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ต้นแบบที่ 3 นี้ พบว่า สามารถทำงานได้ดี ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น ซึ่งทั้งสามชุดดินที่ทดสอบสามารถทำการไถระเบิดดินดานได้ลึกถึง 40-45 ซม. (Figure 6) และการ

ทดสอบต้นแบบที่ 3 ในแปลงเกษตรกร อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น พบว่า เมื่อลากไถระเบิดดินดานทำงาน ดินจะค่อยๆ ดันให้ไถจมลึกลงไปในดิน ทำให้กำลังของรถแทรกเตอร์ทำงานไม่ได้ ทำการแก้ไขโดยทำล้อควบคุมความลึกในการไถ ให้ไถระเบิดดินดานทำงานในความลึกที่ต้องการ



Figure 6 Prototype III test

2. ทดสอบแรงฉุดลากในการไถระเบิดดินดาน

ในการทดสอบเพื่อปรับสมดุลของการไถระเบิดดินดาน และรถแทรกเตอร์ จึงจำเป็นต้องเพิ่มน้ำหนัก โดยการทดลองค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักที่ด้านหน้าของรถแทรกเตอร์ จนได้น้ำหนักที่ไถระเบิดดินดานสามารถทำงานได้ในความลึกที่ต้องการ น้ำหนักที่ทำการเพิ่มคือ 300 กก. ผลการทดสอบไถระเบิดดินดาน ตามสภาวะต่าง ๆ กัน เพื่อศึกษาถึงแรงฉุดลาก ความลึกในการไถ การแตกตัวของดินภายหลังการไถระเบิดดินดาน พบว่า หัวเล็ก C มีการใช้แรงฉุดลากน้อยที่สุด มีความลึกในการระเบิดดินดานที่ 40 ซม. (Table 3) และมีการแตกตัวของดินดี ดังนั้นจึงเลือกใช้หัวเล็ก C ในการเป็นต้นแบบสำหรับทดสอบในแปลงเกษตรกร

Table 3 Working Depth (cm)

Type	Level		
	small	medium	large
A	32	38	33
B	40	45	40
C	40	40	40
D	42	43	43

A: Subsoiler with superlene and two wings, B: Subsoiler with superlene

C: Subsoiler with two wing, D: Subsoiler, Small: The working width of subsoiler 3.81 cm.,

Medium: The working width of subsoiler 6.35 cm., Large : The working width of subsoiler 8.69 cm.

Table 4 The efficacy of subsoiler attached to tractor 49 hp testing in the field

	Trail 1	Trail 2	Trail 3
Area (rai)	0.5	0.5	0.5
Moving Speed of Tractor (km/hr)	2.88	2.88	2.88
Field efficiency (%)	72.69	68.74	70.71
Field capacity (rai/hr)	2.35	2.48	2.42
Fuel consumption (l/rai)	3.54	3.62	3.52
Working depth (cm)	42	40	42



Figure 7 Testing the subsoiler attached to tractor 50 hp in sugarcane field

ระดับดานลึก 35 ซม. ค่าความชื้นในการทดสอบ 14.53 % ทดสอบโดยใช้รถแทรกเตอร์ Kioti Ex 50 ขนาด 49 แรงม้า เป็นต้นกำลัง (Figure 7) เก็บข้อมูลการทดสอบเพื่อคำนวณหาความสามารถในการทำงานประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 4

สรุปผลการทดลอง

3. ทดสอบไถระเบิดดินดานในแปลงทดสอบของเกษตรกร

การทดสอบไถระเบิดดินดานในแปลงเกษตรกรปลูกอ้อย ที่ อ.บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น ที่

ไถระเบิดดินดานที่ออกแบบเป็นแบบ 2 ขา มีปีกสองข้าง ขนาดขาไถยาว 1 ม. ที่ปลายขาไถมีเหล็กสำหรับระเบิดดินดานขนาด 1.5 นิ้ว ไถระเบิดดินดานที่ระดับดินดานลึก 35 ซม.

ในแปลงของเกษตรกรปลูกอ้อย ที่ อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น สามารถระเบิดดินดานได้ ที่ ความชื้นดิน 14.53 % โดยไถได้ที่ความลึกเฉลี่ย 41 ซม. มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.42 ไร่/ชม. มีประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 70.71% ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.56 ล./ไร่ ปัจจุบัน ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศรีกำแพงแสนมอเตอร์ นำต้นแบบไปผลิตจำหน่ายเชิงพาณิชย์เรียบร้อยแล้ว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณกิตติพิชญ์ อิงสถิตย์ถาวร เกษตรกรไร้อ้อย ใน จ. ขอนแก่น ซึ่งได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดสอบ ให้สถานที่ในการทดสอบ ขอขอบคุณ ชำราชกร และลูกจ้างสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เจ้าหน้าที่ หจก. ศรีกำแพงแสนมอเตอร์ ทุกท่านที่ได้ร่วมมือในการสร้าง และทดสอบไถระเบิดดินดานสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. *มันสำปะหลัง*. เอกสารวิชาการ. กลุ่มวิจัยอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการจัดการที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มงคล กวางวิโรภาส. 2530. *เครื่องทุ่นแรงในฟาร์ม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ประชาชน จำกัด (แผนกการพิมพ์), กรุงเทพฯ.

อรพิน เกลี้ยงกลม. 2553. *สมบัติของชั้นดานไถ*

พรวนในดินปลูกมันสำปะหลังและอ้อย จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกราช มีวาสนา. 2552. *ลักษณะและปัญหาของชั้นดานไถพรวนในระบบการปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Buckingham, F. 1976. *Fundamentals of Machine Operation-Tillage*. John Deere. Moline, IL.

Hakanassan, I., T. Grath and H.J. Olsen. 1996. Influence of machinery traffic in Swedish farm fields on penetration resistance in the subsoil. *Swedishl. Agric. Res.* 26: 181-187.

Anusont Pornperm, S., S. Nortcliff and I. Kheoruenromne. 2005. Hardpan Formation of Some Coarse-textured Upland Soils in Thailand. In : *Proc. of Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture*, Symposium 27 November - 2 December, 2005. Khon Kaen, Thailand.