รหัสโครงการ SUT7-703-50-12-97

รายงานการวิจัย

การศึกษาความต้องการพลังงานสำหรับเครื่องมือไถเตรียมดิน
(Study on Energy Requirement for Tillage Implements)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2550 ผู้วิจัยขอขอบคุณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่สำหรับการวิจัย นายกวี คงมั่น นายคงเดช พะสีนาม นายยงยุทธ์ เสียงดัง นายอรรถพล อาภรณ์พงษ์ นายธีรวัฒน์ เจเถื่อน นายวิทิตย์ แสนขวา และนายประวิทย์ วิจิตรชัย ที่ช่วยทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รหัสโครงการ SUT7-703-50-12-97

รายงานการวิจัย

การศึกษาความต้องการพลังงานสำหรับเครื่องมือไถเตรียมดิน
(Study on Energy Requirement for Tillage Implements)

หัวหน้าโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ธันวาคม 2557

บทคัดย่อ

การไถเตรียมดินสำหรับปลูกพืชเป็นขั้นตอนที่สำคัญและต้องใช้พลังงานมาก การหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถด้วยการวัดกำลังฉุดลากทำได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการไถโดยอาศัยปริมาตรดินที่ไถได้ การทดสอบการไถด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ทำในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทราย ความชื้น 6.2%(d.b.) จากผลการทดสอบพบว่า การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับกำลังฉุดลาก ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายของ ASABE ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบ โดยมีค่าอยู่ในช่วง -4.1– 32.8% เมื่อความเร็วในการไถค่อนข้างคงที่ ความลึกในการไถมีอิทธิพลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถด้วยไถจานและไถหัวหมูอย่างมาก ส่วนกรณีของไถพรวนจานไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์นี้ ความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับปริมาตรดินที่ไถได้สำหรับไถจานและไถหัวหมู สามารถสร้างให้อยู่ในรูปของสมการถดถอยแบบเส้นตรง โดยมีค่าความผิดพลาดประมาณ 6.2% และ 5.2% ตามลำดับ ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินของการไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทรายมีค่าเท่ากับ 8.85, 8.73 และ 8.08 g/(m^3/rai)h ตามลำดับ สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนี้สามารถช่วยทำนายการใช้พลังงานในภาคเกษตรของประเทศได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: การไถเตรียมดิน เครื่องมือเตรียมดิน การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความต้องการพลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Tillage for planting is an important operation and requires high energy consumption. There is a difficulty in determining fuel consumption based on drawbar power of tillage implements. Therefore, the objective of this research was to develop fuel consumption equations based on tilled soil volume for the implements. Field tests for disk plowing, moldboard plowing and disk harrowing were carried out in a sand soil, which had moisture content about 6.2 %(d.b.). Experimental results showed the linear relationships between the fuel consumption and the drawbar power. The fuel consumptions predicted by ASABE Standard's equation were in the range of -4.1–32.8% higher than the fuel consumptions predicted by the equation developed. When the tillage speed was rather constant, the tillage depth highly affected the fuel consumptions for the disk plowing and the moldboard plowing, but not for the disk harrowing. The relationships between fuel consumption and tilled soil volume for the disk plow and the moldboard plow could be expressed as linear regression equations with the error of 6.2% and 5.2%, respectively. The soil volume-specific fuel consumption for the disk plowing, the moldboard plowing and the disk harrowing in the sand soil were 8.85, 8.73 and 8.08 g/(m^3/rai)h, respectively. Based on the testing, it can be concluded that the developed fuel consumption equation is capable to predict the energy use in country's agricultural sector with satisfactory level of accuracy under practical situation.

Keywords: tillage, tillage implement, fuel consumption, energy requirement

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 การใช้พลังงานในภาคการเกษตร	3
2.2 เครื่องมือเตรียมดิน	4
2.2.1 ไถจาน	4
2.2.2 ไถหัวหมู	5
2.2.3 ไถพรวนจาน	7
2.3 การไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืช	7
2.4 การวัดแรงกระทำระหว่างรถแทรกเตอร์และเครื่องมือเตรียมดินแบบพ่วงสามจุด	10
2.5 การหาการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์	12
2.6 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์	12
2.6.1 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ	12
2.6.2 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะตามมาตรฐาน ASABE	12
2.6.3 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินที่ไถได้	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	14
3.1 บทนำ	14
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	14
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การวัด	14
3.3.1 รถแทรกเตอร์และเครื่องมือเตรียมดิน	10
3.3.2 เครื่องมือวัดแรงสำหรับระบบต่อพ่วงแบบสามจุดของรถแทรกเตอร์	17
3.3.3 เครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	18

หน้า

3.3.4 เครื่องมือวัดการลื่นไถลและความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์ 22
3.3.5 เครื่องมือวัดความลึกในการไถ 22
3.4 การทดสอบไถเตรียมดินในแปลงเกษตร 23
3.4.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินกับปริมาตรดินที่ไถได้ 23
3.4.2 การหาค่าการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่ 24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 25
4.1 บทนำ 25
4.2 ผลการออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือวัด 25
4.2.1 เครื่องมือวัดแรงฉุดลาก 25
4.2.2 เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 26
4.2.3 เครื่องมือวัดการลื่นไถลและความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์ 27
4.3 ผลการทดสอบไถเตรียมดินในแปลงเกษตร 28
4.3.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับปริมาตรดินที่ไถได้ 28
4.3.2 การใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่ 38
4.3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 42
4.3.4 การใช้สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 44
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 45
5.1 สรุปผลการวิจัย 45
5.2 ข้อเสนอแนะ 46
เอกสารอ้างอิง 47
ประวัติหัวหน้าโครงการ 49

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	มุมของจานไถและมุมของไถจานที่เหมาะสมในสภาพดินต่างๆ	5
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลจำเพาะของรถแทรกเตอร์ ยี่ห้อ Massey Ferguson รุ่น 4245	16
ตารางที่ 3.2	ข้อมูลจำเพาะของไถหัวหมู ยี่ห้อ Dowdeswell รุ่น DP5L	16
ตารางที่ 3.3	ข้อมูลจำเพาะของไถจาน ยี่ห้อ K.M.T. รุ่น K60-704	17
ตารางที่ 3.4	ข้อมูลจำเพาะของไถพรวนจาน ยี่ห้อ K.M.T. รุ่น K60-707	17
ตารางที่ 4.1	การสอบเทียบมาตรฐานของทรานส์ดิวเซอร์แบบ EOR	26
ตารางที่ 4.2	ค่าความละเอียดของเซนเซอร์วัดน้ำมันเชื้อเพลิง	26
ตารางที่ 4.3	ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล	30
ตารางที่ 4.4	ผลการทดสอบการไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน	31
ตารางที่ 4.5	การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดสอบ และค่าเฉลี่ยของมาตรฐาน ASABE	33
ตารางที่ 4.6	การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาตรดินที่ไถได้	36
ตารางที่ 4.7	การไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน	39
ตารางที่ 4.8	การไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ด้วยไถจานและไถหัวหมู	42
ตารางที่ 4.9	การเปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง	43
ตารางที่ 4.10	การเปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์	44

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	ไถจาน	4
รูปที่ 2.2	มุมของจานไถและมุมของไถจาน	5
รูปที่ 2.3	ไถหัวหมู	6
รูปที่ 2.4	การแตกตัวของดินเมื่อถูกไถด้วยไถหัวหมู	6
รูปที่ 2.5	ไถพรวนจาน	7
รูปที่ 2.6	การไถแบบไถวนขวา	8
รูปที่ 2.7	การไถแบบไถวนซ้าย	9
รูปที่ 2.8	การไถแบบไถต่อเนื่อง	9
รูปที่ 2.9	ทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ extended circular ring, ECR (ซ้าย) แบบ extended octagonal ring, EOR (กลาง) และตำแหน่งการติดตั้งมาตรวัดความเครียด	11
รูปที่ 3.1	การต่อพ่วงเครื่องมือเกษตรชนิดต่างๆ (ก) ไถจาน (ข) ไถหัวหมู (ค) ไถพรวนจาน	15
รูปที่ 3.2	เครื่องมือวัดแรงแบบสองแนวแกนสำหรับต่อพ่วงสามจุด	18
รูปที่ 3.3	เครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ก) เซนเซอร์วัดอัตราการไหล (ข) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ค) อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล (ง) โมดูลวัดสัญญาณอะนาล็อก	19
รูปที่ 3.4	แผนผังการวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ (ก) อุปกรณ์ (ข) แผนผัง	20
รูปที่ 3.5	การติดตั้งเซนเซอร์ในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการสอบเทียบมาตรฐาน (ก) อุปกรณ์ (ข) แผนผัง	21
รูปที่ 3.6	เครื่องมือวัดการลื่นไถลและความเร็วของรถแทรกเตอร์ (ก) proximity sensor (ข) อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล	22
รูปที่ 3.7	อุปกรณ์วัดความลึกของร่องไถ	23
รูปที่ 4.1	การติดตั้งเครื่องมือวัดแรงฉุดลาก	25
รูปที่ 4.2	การติดตั้งเซนเซอร์แบบ proximity switch (ก) ล้อขับ (ข) ล้อที่ห้า	27
รูปที่ 4.3	การทดสอบไถจานในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย	28
รูปที่ 4.4	การทดสอบไถหัวหมูในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย	28
รูปที่ 4.5	การทดสอบไถพรวนจานในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย	29
รูปที่ 4.6	ดัชนีความแข็งของดินในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย	29

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.7	สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจาน	37
รูปที่ 4.8	สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานหัวหมู	38
รูปที่ 4.9	การทดสอบไถจานในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย	40
รูปที่ 4.10	การทดสอบไถหัวหมูในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย	40
รูปที่ 4.11	การทดสอบไถพรวนจานในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย	41
รูปที่ 4.12	ดัชนีความแข็งของดินในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย	41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ

ในปี 2548 ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งหมดประมาณ 1.15 ล้านล้านบาท คิดเป็น 15.7% ของ GDP โดยแยกเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า 51% และน้ำมันเชื้อเพลิง 49% เมื่อจำแนกการใช้พลังงานตามสาขาเศรษฐกิจของประเทศจะพบว่า มีการใช้พลังงานในภาคขนส่ง 37% ภาคอุตสาหกรรม 36% ภาคธุรกิจและครัวเรือน 21% และภาคเกษตร 6% (เชิดพงษ์, 2549)

จากสภาวการณ์ที่เพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานนของประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น กระทรวงพลังงานจึงได้จัดทำยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาและพัฒนาด้านพลังงานของประเทศไทย เช่น การรณรงค์สร้างจิตสำนึกในการประหยัดพลังงาน การส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทน และการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงาน เป็นต้น เพื่อให้การจัดทำยุทธศาสตร์บรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ จำเป็นต้องมีการสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานของแต่ละสาขาเศรษฐกิจของประเทศ จากการดำเนินการที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงปัญหาการขาดแคลนข้อมูลการใช้พลังงานของภาคเกษตร ทั้งปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์

สำหรับการปลูกพืช การเตรียมดินเป็นขั้นตอนที่สำคัญและใช้พลังงานเป็นอันมาก เพื่อให้ได้พื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช พลังงานหลักที่ใช้ได้มาจาก น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นการทราบถึงปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเตรียมดิน จึงมีความสำคัญต่อการจัดทำยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศ โดยปกติการหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเตรียมดิน ทำได้โดยการวัดค่าแรงดึงในแนวราบ (draft force) ของเครื่องมือเตรียมดิน โดยค่าแรงดึงนี้จะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น ชนิดของดิน ชนิดของเครื่องมือเตรียมดิน และความลึกของการเตรียมดิน เป็นต้น แต่การหาค่าแรงดึงในแนวราบในแปลงเกษตรมีความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งจะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จะทำการหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการไถเตรียมดินโดยอาศัยปริมาตรดินที่ไถได้ ในการศึกษาจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับปริมาตรดินที่ไถได้สำหรับเครื่องมือเตรียมดินที่เกษตรกรนิยมใช้ ซึ่งจะนำไปสู่การหาพลังงานที่ใช้ในการปลูกพืชอันเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานที่ใช้ในภาคเกษตรของประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินกับปริมาตรดินที่ไถได้สำหรับเครื่องมือเตรียมดิน โดยสร้างสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบของสมการถดถอย (regression equation)

2) เพื่อหาค่าอัตราการใช้พลังงานในการเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่เศรษฐกิจหลัก เช่น มันสำปะหลัง และข้าวโพดอาหารสัตว์ เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะทำการทดลองไถเตรียมดิน ณ แปลงเกษตรของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยใช้เครื่องมือเตรียมดินที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่ คือ ไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการไถเตรียมดิน จะสนับสนุนการทำการเกษตรให้กับเกษตรกร โดยเกษตรกรสามารถเลือกใช้เครื่องมือไถเตรียมดินที่เหมาะสมกับพื้นที่การเกษตรของตน และสามารถประมาณค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินได้อย่างถูกต้อง ทำให้ใช้พลังงานในการทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ กระทรวงพลังงานยังมีข้อมูลการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไปใช้ประกอบการกำหนดนโยบายและแผนพัฒนาพลังงานในภาคเกษตรของประเทศได้ ซึ่งสามารถตอบสนองมาตรการแก้ไขปัญหาด้านพลังงาน ในหัวข้อการสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ตามแผนพัฒนาพลังงานของประเทศทั้งระยะสั้นและระยะยาวได้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 การใช้พลังงานในภาคการเกษตร

แม้ว่าภาคเกษตรมีการใช้พลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับภาคเศรษฐกิจอื่นๆ โดยในปี 2548 มีการใช้พลังงานเพียง 6% ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ (เชิดพงษ์, 2549) แต่ข้อมูลการใช้พลังงานของภาคเกษตรก็มีสำคัญต่อการกำหนดยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศ (สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5, 2548)

จากการทบทวนเอกสารเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในภาคเกษตรพบว่า มีการศึกษาหาค่าพลังงานที่ใช้ในการเตรียมดินสำหรับการปลูกข้าว โดย อนุชิต และคณะ (2548) ทำการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับเตรียมดินในนาข้าวชลประทาน โดยทำการวิเคราะห์หาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรกลเกษตรในระบบการเตรียมดินแบบต่างๆ ส่วนการศึกษาหาพลังงานที่ใช้ในการปลูกพืชไร่พบว่า ข้อมูลส่วนใหญ่ถูกรวบรวมโดยวิธีการสอบถามจากเกษตรกรและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานราชการ (กรมวิชาการเกษตร, 2550; บุษยวรรณ, 2549; Tippayawong et al., 2003)

การศึกษาวิจัยเพื่อหาค่าความต้องการพลังงานสำหรับการเตรียมดิน มีการดำเนินการกันอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ ส่งผลให้เกษตรกรในประเทศเหล่านั้นสามารถเลือกระบบและเครื่องมือการเกษตรที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของตนเอง (Ashrafizadeh and Kushwaha, 2006; Downs and Hansen, 1998; Kheiralla et al., 2004; Smith, 1993) นอกจากนี้ สมาคมวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพแห่งอเมริกา (ASABE) ได้รวบรวมค่าความต้องการพลังงานและพัฒนาสมการทำนายการใช้พลังงานของเครื่องมือการเกษตรประเภทต่างๆ (ASABE Standards, 2013) แต่การใช้งานของสมการเหล่านั้นมีข้อจำกัดตามสภาพของดินและเครื่องมือการเกษตรที่สมการถูกพัฒนาขึ้นมา

พลังงานที่ใช้ในการเตรียมดินมีค่าขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของดิน รูปร่างของเครื่องมือ ความลึกการไถ ความเร็ว และความกว้างของเครื่องมือ (Gill and Vanden Berg, 1968; Palmer and Kruger, 1982) โดยคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการเตรียมดิน คือ ความชื้น ความหนาแน่น ความแข็ง และองค์ประกอบของดิน (Upadhyaya et al., 1984) เนื่องจากพื้นที่การเกษตรแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อหาค่าความต้องการพลังงานในการเตรียมดินของแต่ละพื้นที่จึงมีสำคัญและได้รับความสนใจมากขึ้น

2.2 เครื่องมือเตรียมดิน

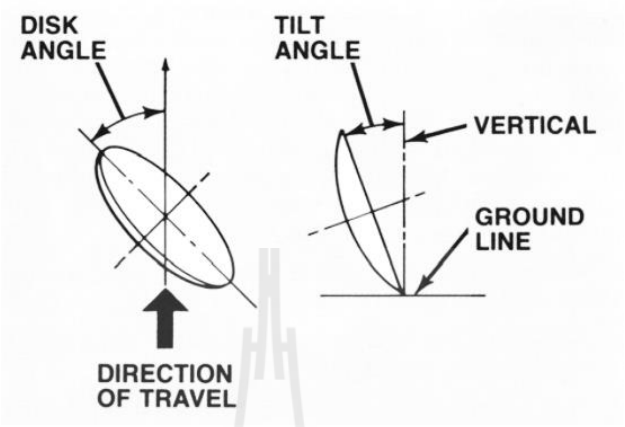
2.2.1 ไถจาน

ไถจานเป็นไถที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่เป็นการไถบุกเบิกครั้งแรก มีรากไม้ ตอไม้ หรือก้อนหินอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก ไถจานจัดเป็นไถประเภทที่ใช้สำหรับไถเตรียมดินครั้งแรก จุดเด่นของไถจานคือ ขณะที่ไถเคลื่อนที่ตัวจานไถจะหมุนรอบตัวเองพร้อมทั้งทำหน้าที่ตัดและย่อยดินให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งทำให้รากพืชหรือเศษวัชพืชจะถูกตัดได้ดี จานไถทนต่อการสึกหรอได้ดี ขี้ไถหรือดินที่ถูกไถจะติดกับจานไถน้อย ที่สำคัญในพื้นที่ที่มีหินกรวดมาก ตลอดจนดินแข็งมาก ไถจานยังคงสามารถทำงานได้ดี อย่างไรก็ตามไถจานก็มีข้อจำกัด คือ การพลิกกลบขี้ไถและความลึกในการไถไม่ดีเท่ากับไถหัวหมู ดังนั้นถ้าต้องการให้ไถจานกินดินลึกมากยิ่งขึ้นอาจต้องเพิ่มน้ำหนักให้กับชุดไถ รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของไถจานผาลสามของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง

รูปที่ 2.1 ไถจาน

การต่อพ่วงไถจานกับรถแทรกเตอร์นิยมต่อพ่วงแบบสามจุด เพื่อความสะดวกในการทำงาน จำนวนของจานโดยทั่วไปจะมีอยู่ประมาณ 3-5 จาน มีขนาดของจานไถจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 61-71 cm จานไถแต่ละจานสามารถตัดดินได้ความกว้างระหว่าง 18-30 cm ลักษณะที่สำคัญของไถจาน คือ จานไถจะมีมุมของจานไถ (horizontal disk angle) ซึ่งเกิดจากเส้นผ่าศูนย์กลางขอบของจานไถในแนวระดับทำมุมกับทิศทางการเคลื่อนที่ของไถ และมีมุมของไถ (vertical tilt angle) ซึ่งเกิดจากเส้นแนวขอบของจานไถในแนวดิ่งทำมุมกับเส้นตั้งฉากของพื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงค่ามุมของจานไถจะมีผลต่อการหมุนของจาน โดยเฉพาะการเปลี่ยนให้ค่ามุมของจานไถมีค่าน้อยจะทำให้การหมุนของจานเร็วขึ้นทั้งยังลดแรงดันทางผนังร่องไถด้วย การปรับให้มุมของไถมีค่าน้อยมากๆ จะทำให้ไถกินดินได้ดี ส่วนการเปลี่ยนค่ามุมของไถจะมีผลต่อการกินดิน การเพิ่มมุมของไถ

จะทำให้ไถกินดินได้ดีโดยเฉพาะดินเหนียวจัด ดินจะเกิดการแตกร่วนได้ดีและยังตัดกลบวัชพืชได้ ค่าของมุมของจานไถและมุมของไถจานที่เหมาะสมต่อการไถเตรียมดินในสภาพดินต่างๆ ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.2 มุมของจานไถและมุมของไถจาน

ตารางที่ 2.1 มุมของจานไถและมุมของไถจานที่เหมาะสมในสภาพดินต่างๆ

สภาพของดิน	มุมของจานไถ (Disk angle)	มุมของไถ (Tilt angle)
ดินแข็ง	3° - 20°	45° - 50°
ดินทั่วไปหรือดินชื้น	10° - 25°	43° - 48°
ดินร่วน ดินร่วนปนทราย	15° - 30°	40° - 45°

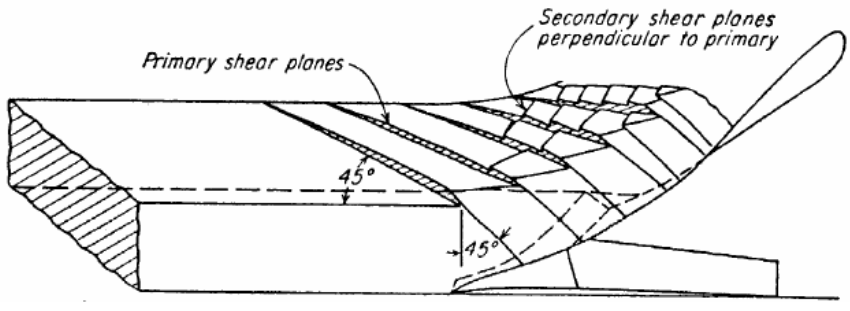
2.2.2 ไถหัวหมู

ไถหัวหมูเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดินครั้งแรก ไถหัวหมูเป็นไถที่มีอายุเก่าแก่ที่สุด มนุษย์เริ่มใช้ไถหัวหมูเมื่อเริ่มรู้จักการเพาะปลูกและยังคงใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน ไถหัวหมูทำหน้าที่ตัดและแซะหน้าดินออกเป็นส่วนๆ จากนั้นดินที่ถูกตัดและแซะจะถูกพลิกกลับหน้าดินจากบนลงล่าง ทำให้วัชพืชเกิดการหมักเป็นปุ๋ยของพืชต่อไป ไถหัวหมูถือเป็นไถที่พลิกกลับหน้าดินที่ดีที่สุด ซึ่งมีผลทำให้ดินมีคุณสมบัติที่เหมาะต่อการเพาะปลูก อย่างไรก็ตามไถหัวหมูจะทำงานได้ดีในสภาพพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงมาก่อนแล้ว ซึ่งต้องไม่มีก้อนหิน รากไม้ และตอไม้ขนาดใหญ่ รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของไถหัวหมูของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง

การพลิกและย่อยดินที่เกิดจากการกระทำของไถหัวหมูจะเกิดขึ้นเมื่อไถเริ่มเคลื่อนที่ เมื่อไถหัวหมูเริ่มไถดินก็จะเกิดแรงกระทำต่อไถ แรงนี้จะทำให้ดินเกิดการแตกตัวแยกออกจากกัน ดินที่เกิดการแตกตัวแยกออกจากกันในขั้นแรกนี้ เกิดจากถูกกระทำโดยส่วนของใบมีดตัดดิน (share) ด้วยแรงเฉือนในแนวระนาบแรก (primary shear plane) ซึ่งทำมุมประมาณ 45° กับแนวระดับ หลังจากนั้นดินส่วนนี้จะถูกดันขึ้นไปยังปีกไถ (moldboard body) ที่มีลักษณะโค้ง ทำให้ดินนี้เกิดการแตกย่อยอีกครั้งด้วยแรงเฉือนในแนวระนาบที่สอง (secondary shear plane) ซึ่งจะมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของแนวเฉือนครั้งแรก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.3 ไถหัวหมู

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.4 การแตกตัวของดินเมื่อถูกไถด้วยไถหัวหมู

2.2.3 ไถพรวนจาน

ไถพรวนจานเหมาะสำหรับไถเตรียมดินครั้งที่สองในพื้นที่ค่อนข้างราบ มีรากไม้ ตอไม้ และก้อนหินในพื้นที่น้อย ไถพรวนจานจะมีความลึกในการไถน้อยกว่าไถจาน แต่จะมีหน้ากว้างในการไถมากกว่า ลักษณะของจานไถก็คล้ายกับจานไถของไถจานแต่จะมีขนาดเล็กกว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจานไถจะมีขนาดระหว่าง 50-66 cm ไถพรวนจากมักถูกติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์แบบพ่วงสามจุด ไถพรวนจานจะแตกต่างจากไถจานตรงที่จานไถแต่ละตัวจะติดตั้งอยู่บนเพลาหมุนอันเดียวกัน ซึ่งมีระยะห่างระหว่างจานไถตั้งแต่ 20-25 cm ดังนั้นการหมุนของจานไถแต่ละจานจะหมุนไปพร้อมกัน ความกว้างในการไถขึ้นอยู่กับระยะห่างของจานไถและมุมของแกนเพลายึดจานไถกับทิศทางการเคลื่อนที่ของชุดไถ ไถพรวนจานจะมีเฉพาะมุมของจานไถเท่านั้น ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 35°-55° และจำนวนของจานไถส่วนมากจะมีมากกว่า 6 จาน

รูปที่ 2.5 ไถพรวนจาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 การไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืช

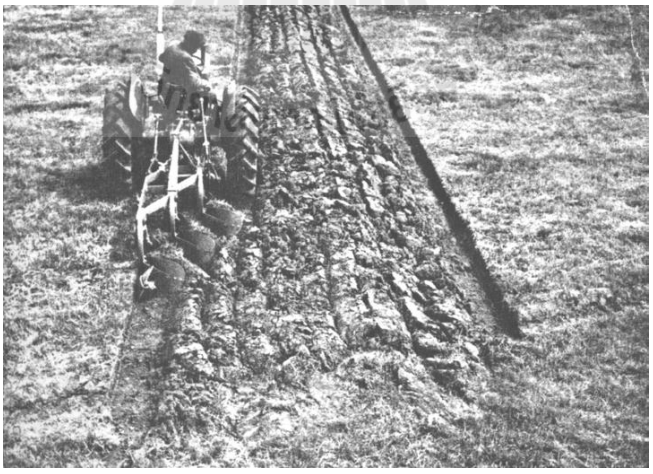
การไถเตรียมดินสำหรับปลูกพืชเป็นขั้นตอนที่สำคัญและต้องใช้พลังงานมาก การไถเตรียมดินมีวัตถุประสงค์ เพื่อทำให้โครงสร้างของดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การไถเตรียมดินที่เหมาะสมต่อพืชจะทำให้พืชให้ผลผลิตดี การไถเตรียมดินถูกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ได้แก่ การไถเตรียมดินครั้งแรก และการไถเตรียมดินครั้งที่สอง การไถเตรียมดินครั้งแรกเป็นการลดความแข็งแรงของดินลงโดยทำให้ดินแตกออกจากกัน และกลบตอพืชและวัชพืช ดินที่แตกออกจากกันมีขนาดใหญ่และยังไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เครื่องมือที่นิยมใช้ในการเตรียมดินครั้งแรกได้แก่ ไถหัวหมู ไถจาน และไถดินดาน เป็นต้น ส่วนการไถเตรียมดินครั้งที่สองเป็นการย่อยดินที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงและเหมาะสมต่อการปลูกพืช เครื่องมือที่นิยมใช้ได้แก่ ไถพรวนจาน ไถพรวนซี่ และไถพรวนหมุน เป็นต้น

การไถเตรียมดินสามารถแบ่งออกได้ 3 วิธี คือ การไถแบบไถวนขวาหรือวนจากในออกนอก การไถแบบไถวนซ้ายหรือวนจากนอกเข้าใน และการไถแบบต่อเนื่อง

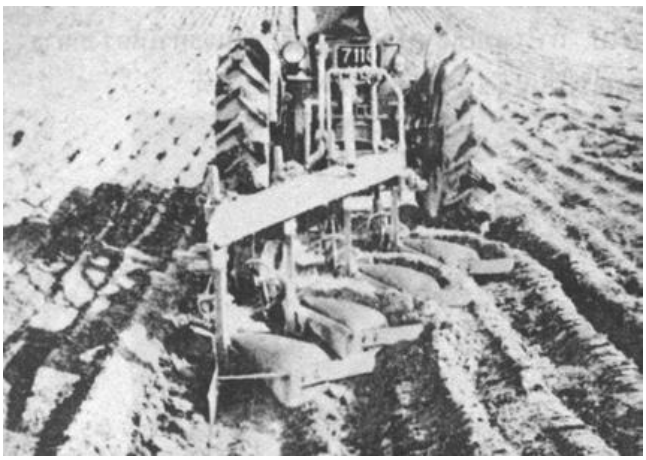
การไถแบบไถวนขวาหรือวนจากในออกนอก การไถโดยวิธีนี้จะเริ่มการไถที่กึ่งกลางแปลงเสมอ และให้รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ตามด้านยาวของพื้นที่ โดยจะเริ่มไถวนขวาจากตรงกลางแปลงและออกไปยังด้านข้างแปลงเรื่อยๆ จนหมดพื้นที่ การไถวนขวานี้เหมาะกับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่พอสมควร แต่การไถวนขวาแบบนี้จะเกิดข้อเสียคือ ภายหลังการไถเสร็จสิ้นแล้วจะเกิดสันนูนบริเวณกลางแปลง พื้นที่ด้านล่างที่เกิดสันนูนมักเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับการไถเพียงแต่ถูกขี้ไถกลบ หากทำการไถลักษณะเช่นนี้ทุกปีจะทำให้บริเวณกลางแปลงมีลักษณะเป็นหลังเต่า

การไถแบบไถวนซ้ายหรือวนจากนอกเข้าใน การไถจะเริ่มจากบริเวณริมแปลงด้านขวาจากนั้นจะวนซ้ายขยับเข้ามาบริเวณกลางแปลงเรื่อยๆ การไถแบบนี้เหมาะกับพื้นที่ที่ขอบนอกของแปลงไม่เป็นเส้นตรง โดยพื้นที่อาจเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูหรือรูปวงรี ข้อเสียของการไถวิธีนี้คือ ภายหลังเสร็จสิ้นการไถแล้วจะปรากฏเป็นแอ่งตรงบริเวณกลางแปลง ส่วนริมขอบแปลงจะเป็นนูนสูง หากทำการไถวิธีนี้ทุกปีบริเวณกลางแปลงจะมีน้ำขังได้

การไถแบบต่อเนื่อง การไถแบบนี้เป็นการไถที่สามารถไถต่อเนื่องต่อจากแนวไถเดิมตลอดความยาวพื้นที่ทั้งเที่ยวขาไปและเที่ยวขากลับ โดยที่แทรกเตอร์ไม่จำเป็นต้องวิ่งอ้อมพื้นที่ ผาลไถที่สามารถไถในลักษณะนี้ได้คือ ไถแบบสองทาง การกลบขี้ไถจะกระทำต่อเนื่องกันอย่างเป็นระเบียบและสม่ำเสมอ การไถวิธีนี้จะไม่ทำให้เกิดสันนูนหรือแอ่งกลางแปลงของพื้นที่ที่ทำการไถ



รูปที่ 2.6 การไถแบบไถวนขวา



รูปที่ 2.7 การไถแบบไถวนซ้าย

รูปที่ 2.8 การไถแบบไถต่อเนื่อง

ในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเตรียมดิน 2 ขั้นตอน คือ การไถเตรียมดินด้วยไถจานผาลสามหรือผาลสี่ 1 ครั้ง สำหรับการเตรียมดินครั้งแรก เพื่อไถกลบและหมักวัชพืชให้เป็นปุ๋ย โดยร่องไถจะมีความลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร และทิ้งไว้ประมาณ 20-30 วัน ส่วนการเตรียมดินครั้งที่สอง เกษตรกรจะไถด้วยไถพรวนผาลเจ็ด 1-2 ครั้ง ตามความเหมาะสม แล้วยกร่องปลูก

ในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกอ้อยเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมไถเตรียมดิน 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมดินครั้งแรก เกษตรกรจะไถโดยใช้ไถดินดานประมาณ 1-2 ครั้ง เพื่อทำลายดินดาน ซึ่งจะส่งผลให้ดินเก็บน้ำได้มากและรากอ้อยหยั่งลงได้ลึก ร่องไถจะมีความลึกประมาณ 30-40 เซนติเมตร จากนั้นจะใช้ไถผาลสามไถอีก 1 ครั้ง ส่วนการเตรียมดินครั้งที่สองจะใช้ไถพรวนผาลเจ็ดไถ 1-2 ครั้ง ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ และยกร่องปลูก

ในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเตรียมดิน 2 ขั้นตอน คือ การไถโดยใช้ไถผาลสามหรือผาลสี่ ในการไถเตรียมดินครั้งแรก โดยร่องไถมีความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร และทิ้งไว้ประมาณ 10-15 วัน ส่วนการเตรียมดินครั้งที่สองจะไถด้วยไถจานผาลเจ็ด 1-2 ครั้ง เพื่อย่อยดินให้มีความร่วนซุย

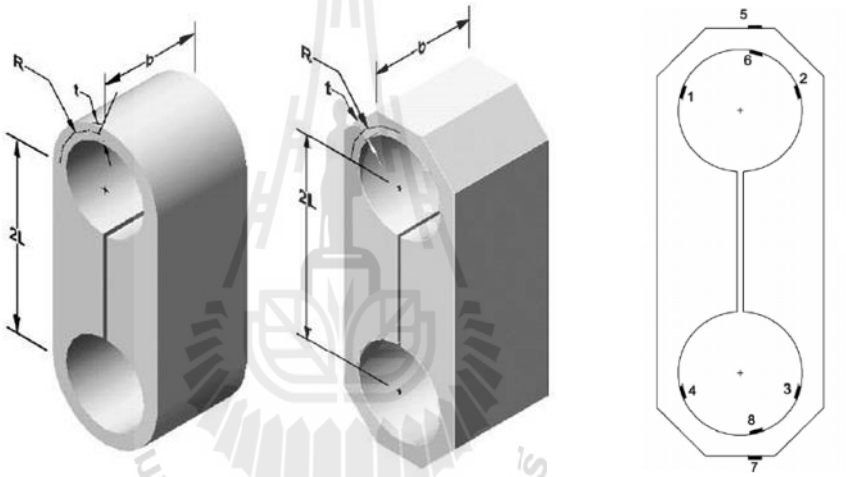
จากการศึกษาข้อมูลในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ พบว่าการเตรียมดินจะมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนๆ กัน โดยการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง ข้าวโพดอาหารสัตว์ และอ้อย จะประกอบไปด้วยการไถโดยใช้ไถจานผาลสามหรือผาลสี่ 1 ครั้ง ลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร และย่อยดินด้วยไถพรวนจานผาลเจ็ดอีก 1-2 ครั้ง ถ้าพื้นที่การเกษตรนั้นไม่มีรากไม้ ตอไม้ หิน และดินไม่แข็งมาก อาจจะใช้ไถหัวหมูแทนไถจาน หรือถ้าพื้นที่นั้นมีชั้นดินดานอยู่ก็จำเป็นต้องทำการไถเพื่อทำลายชั้นดินดานด้วยไถดินดาน และปัจจุบันพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเตรียมดินได้มาจากน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำมันดีเซล ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเตรียมดินขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น คุณสมบัติของดิน (ความชื้น ความหนาแน่น ความแข็ง และองค์ประกอบของดิน เป็นต้น) รูปร่างและความกว้างของเครื่องมือเตรียมดิน ความลึกและความเร็วของการไถ

2.4 การวัดแรงกระทำระหว่างรถแทรกเตอร์และเครื่องมือเตรียมดินแบบพ่วงสามจุด

เครื่องมือวัดแรงแบบพ่วงสามจุดถูกออกแบบเพื่อวัดแรงกระทำระหว่างรถแทรกเตอร์และเครื่องมือเกษตรแบบพ่วงแบบสามจุด (three-point hitch implement) การออกแบบเครื่องวัดแรงแบบพ่วงสามจุดนี้สามารถทำได้โดยการสร้างทรานสดิวเซอร์วัดแรง (force transducer) แบบ extended octagonal ring (EOR) ติดตั้งบนชุดต่อพ่วงเร็ว (quick-attaching coupler) เพื่อวัดแรงกระทำที่แขนพ่วงทั้งสามแขนของรถแทรกเตอร์ ทรานสดิวเซอร์วัดแรงแบบ EOR สามารถวัดแรงในแต่ละแนวได้อย่างอิสระต่อกันและมีความแม่นยำสูง โดยไม่ต้องทำการดัดแปลงชิ้นส่วนของรถแทรกเตอร์และเครื่องมือเกษตร ส่วนชุดต่อพ่วงเร็วเป็นโครงสร้างที่ช่วยให้การต่อพ่วงระหว่างรถแทรกเตอร์และเครื่องมือเกษตรทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นเครื่องมือวัดแรงที่ออกแบบโดยใช้หลักการข้างต้นนี้จะสามารถนำไปใช้งานได้ง่ายและวัดค่าแรงได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ EOR เป็นอุปกรณ์ที่นิยมสำหรับการวัดแรงและโมเมนต์ในงานวิจัยทางวิศวกรรมเกษตร เพราะสามารถวัดแรงกระทำในแต่ละแนวแกน คือ แรงในแนวราบ และแรงในแนวดิ่ง ได้อย่างอิสระ ทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ EOR ถูกพัฒนามาจากทฤษฎีของเครื่องมือวัดแรงแบบ extended circular ring (ECR) เพราะสามารถขึ้นรูปและติดตั้งมาตรวัดความเครียดได้สะดวกกว่า แต่จากการศึกษางานวิจัยของนักวิจัยบางท่าน พบว่าในบางกรณีตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งมาตรวัดความเครียดอยู่ตำแหน่งที่เป็นเหลี่ยมของทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ EOR นักวิจัยจึงแก้ปัญหานี้ด้วยการติดตั้งมาตรวัดความเครียดภายในวงแหวนของทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ EOR ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ extended circular ring, ECR (ซ้าย) แบบ extended octagonal ring, EOR (กลาง) และตำแหน่งการติดตั้งมาตรวัดความเครียด

2.5 การหาการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์

การลื่นไถลในการทำงานของรถแทรกเตอร์สามารถคำนวณได้จากระยะทางที่ล้อขับและล้อตามเคลื่อนที่ได้ตามสมการต่อไปนี้

$$slip = \frac{S - S_0}{S} \times 100 \qquad (2.1)$$

โดยที่ S คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของล้อขับ (m)

S_0 คือ ระยะทางการเคลื่อนที่จริง (m)

2.6 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์

2.6.1 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ

ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเครื่องยนต์ใดๆ สามารถคำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$SFC = \frac{FC}{P_{engine}} \tag{2.2}$$

โดยที่ SFC คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (g/kWh)

FC คือ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (g/h)

P_{engine} คือ กำลังของเครื่องยนต์ (kW)

2.6.2 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะตามมาตรฐาน ASABE

ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเฉลี่ยของรถแทรกเตอร์เกษตรที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลในการปฏิบัติงานทางการเกษตร สามารถคำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้ (ASABE Standards, 2013)

$$SFC = (0.22 + \frac{0.096}{X})PTM \tag{2.3}$$

$$X = \frac{P}{P_{rated}}; PTM = 1-(N-1)(0.45X - 0.877); N = \frac{n_{pt}}{n_{ft}}$$

โดยที่ SFC คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (L/kWh)

X คือ สัดส่วนของกำลังเพลาอำนวยกำลัง

PTM คือ ตัวคูณการเร่งบางส่วน

P คือ กำลังเพลาอำนวยกำลังเทียบเท่าของภาระงาน, kW

P_{rated} คือ กำลังเพลาอำนวยกำลังสูงสุด, kW

N คือ สัดส่วนของความเร็วรอบเครื่องยนต์

n_{pt} คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะเร่งบางส่วน, rpm

n_{ft} คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะเร่งสุด, rpm

2.6.3 การหาการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินที่ไถได้

ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะถูกวัดให้อยู่ในรูปของ มวลของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาตรดินที่ไถได้ในหนึ่งไร่ต่อชั่วโมงการไถ (g/(m^3/rai)h) ปริมาตรของดินที่ไถได้นี้สามารถคำนวณได้จากความลึกเฉลี่ยคูณกับพื้นที่ของการไถในหนึ่งไร่ ซึ่งเป็นหลักการคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เหมาะที่จะแนะนำให้กับเกษตรกรและหน่วยงานต่าง ๆ นำไปใช้เพื่อประมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเตรียมดินในพื้นที่ต่างๆ ได้ ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$SFC_{sv} = \frac{FC}{V_{soil}} \quad (2.4)$$

โดยที่ SFC_{sv} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดิน (g/(m^3/rai)h)

FC คือ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ (g/h)

V_{soil} คือ ปริมาตรดินที่ไถได้ต่อพื้นที่หนึ่งไร่ (m^3/rai)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

การศึกษาวิจัยนี้มุ่งเน้นหาความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินกับปริมาตรดินที่ไถได้ของไถชนิดต่างๆ โดยสร้างเป็นสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในรูปแบบของสมการถดถอย (regression equation) และหาค่าการใช้พลังงานในการเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่เศรษฐกิจหลัก เช่น มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัย การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์การวัด และการออกแบบการทดสอบไถเตรียมดินในแปลงเกษตร

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาความต้องการพลังงานสำหรับเครื่องมือไถเตรียมดิน สามารถหาได้จากการวัดปริมาตรดินที่ไถได้ โดยค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนี้จะถูกวัดให้อยู่ในรูปของ มวลของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาตรดินที่ไถได้ในหนึ่งไร่ต่อชั่วโมงการไถ (g/(m^3/rai)h) ปริมาตรของดินที่ไถได้นี้สามารถคำนวณได้จากความลึกเฉลี่ยคูณกับพื้นที่ของการไถในหนึ่งไร่ ซึ่งเป็นหลักการคำนวณที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เหมาะที่จะแนะนำให้กับเกษตรกรและหน่วยงานต่าง ๆ นำไปใช้เพื่อประมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเตรียมดินในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1) ศึกษาขั้นตอนและระบบการเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก และหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนของการเตรียมดิน

2) ออกแบบการทดสอบ ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัด และทดสอบประสิทธิภาพการวัด

3) ทดสอบการเตรียมดินในแปลงด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน เพื่อหาค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและวิเคราะห์อัตราการใช้พลังงาน

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์การวัด

3.3.1 รถแทรกเตอร์และเครื่องมือเตรียมดิน

รถแทรกเตอร์ชนิดขับเคลื่อนสี่ล้อ ขนาด 85 hp (category II) ยี่ห้อ Massey Ferguson รุ่น 4245 ถูกนำมาใช้เป็นต้นกำลังสำหรับการทดสอบไถเตรียมดินในแปลงเกษตร ส่วนเครื่องมือเตรียมดินที่ใช้ทดสอบ คือ ไถหัวหมู ยี่ห้อ Dowdeswell รุ่น DP5L ไถจาน ยี่ห้อ K.M.T. รุ่น K60-704 และไถพรวนจาน ยี่ห้อ K.M.T. รุ่น K60-707 โดยมีรายละเอียดทางวิศวกรรมแสดงในตารางที่ 3.1-3.4 ส่วนการต่อพ่วงเครื่องมือเกษตรกับรถแทรกเตอร์ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 3.1

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.1 การต่อพ่วงเครื่องมือเกษตรชนิดต่างๆ
(ก) ไถจาน (ข) ไถหัวหมู (ค) ไถพรวนจาน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำเพาะของรถแทรกเตอร์ ยี่ห้อ Massey Ferguson รุ่น 4245

ข้อมูลจำเพาะ	รายละเอียด
เครื่องยนต์	Perkins 1004.4TW, turbocharged diesel, 4-cylinder, liquid-cooled
แรงม้าสูงสุด (hp)	85
แรงม้าสูงสุดของ PTO (hp)	75
รอบสูงสุดเครื่องยนต์ (rpm)	2,200
ชนิดเกียร์	ซิงโครเมช
จำนวนเกียร์	8 เดินหน้า (H/L) 2 ถอยหลัง
ขนาดยาง	หน้า 7.5L - 15 หลัง 16.9 - 30
พวงมาลัย	พาวเวอร์ ไฮโดรลิค
เพลาอำนวยกำลัง	category II
ความเร็วเพลาอำนวยกำลัง (rpm)	540/1,000
อัตราการไหลปั๊มไฮโดรลิก (L/min)	36.3
ระบบคุมแขนยกอุปกรณ์ 3 จุด	category II
น้ำหนักยกที่ปลายแขนยก (kg)	1,968
น้ำหนักเฉพาะตัวรถแทรกเตอร์ (kg)	3,386
ยาว x กว้าง x ความยาวฐานล้อ x สูง (mm)	4,060 x 2,000 x 2,360 x 2,610
ความสูงใต้ท้องรถจากพื้น (mm)	350

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลจำเพาะของไถหัวหมู ยี่ห้อ Dowdeswell รุ่น DP5L

ข้อมูลจำเพาะ	รายละเอียด
จำนวนผาล	3
ระยะห่างระหว่างด้านล่างของแผ่นข้างกับพื้นร่องไถ (down suction) (mm)	50
ระยะห่างระหว่างด้านข้างของแผ่นข้างกับด้านข้างของร่องไถ (land suction) (mm)	15
ความกว้างของการทำงาน (mm)	1,200
น้ำหนัก (kg)	400

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำเพาะของไถจาน ยี่ห้อ K.M.T. รุ่น K60-704

ข้อมูลจำเพาะ	รายละเอียด
จำนวนผาล	4
ขนาดจาน (mm)	710
ระยะห่างระหว่างจาน (mm)	610
มุมจานไถ (disc angle) (deg)	41
มุมเอียงของจานไถ (tilt angle) (deg)	18
ความกว้างของการทำงาน (mm)	1,200
ขนาดกำลังที่ต้องการ (hp)	70-80
น้ำหนัก (kg)	480

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลจำเพาะของไถพรวนจาน ยี่ห้อ K.M.T. รุ่น K60-707

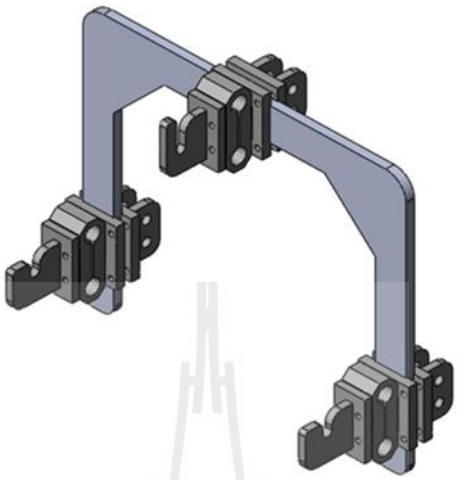
ข้อมูลจำเพาะ	รายละเอียด
จำนวนผาล	7
ขนาดจาน (mm)	660
ระยะห่างระหว่างจาน (mm)	265
ความกว้างในการทำงาน (mm)	1,600
ขนาดกำลังที่ต้องการ (hp)	70-80
น้ำหนัก (kg)	480

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 เครื่องมือวัดแรงสำหรับระบบต่อพ่วงแบบสามจุดของรถแทรกเตอร์

เครื่องมือวัดแรงสำหรับการต่อพ่วงแบบสามจุดของรถแทรกเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่นิยมสำหรับวัดแรงและโมเมนต์ในงานวิจัยทางวิศวกรรมเกษตร เพราะสามารถวัดแรงกระทำในแต่ละแนวแกน คือ แรงในแนวราบและแรงในแนวดิ่งได้อย่างอิสระ เครื่องมือวัดแรงถูกพัฒนาให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานกับรถแทรกเตอร์ที่มีระบบต่อพ่วงแบบสามจุด ใน category II ซึ่งประกอบด้วย ทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ extended octagonal ring (EOR) และชุดต่อพ่วงเร็ว (quick-attaching coupler) ทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ EOR มีลักษณะเป็นรูปแปดเหลี่ยมรีด้านหนึ่งจะถูกต่อพ่วงเข้ากับรถแทรกเตอร์ อีกด้านหนึ่งจะถูกต่อพ่วงเข้ากับเครื่องมือเกษตร ทำหน้าที่วัดแรงกระทำทั้งสามตำแหน่งของจุดต่อพ่วง ทรานสดิวเซอร์แบบ EOR จะถูกติดตั้งบนชุดต่อพ่วงเร็ว (quick-attaching coupler)

เพื่อให้การต่อพ่วงระหว่างรถแทรกเตอร์และเครื่องมือเกษตรทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น แต่จะทำให้เครื่องมือเกษตรถอยหลังจากตำแหน่งจุดต่อพ่วงเดิม ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดแรงแบบสองแนวแกนสำหรับต่อพ่วงสามจุด

3.3.3 เครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถูกติดตั้งเข้าไปในระบบเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ โดยใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหล ยี่ห้อ Oval รุ่น M-III model LSF40 จำนวน 2 ตัว ติดตั้งบริเวณท่อน้ำมันด้านเข้าเครื่องยนต์ระหว่างถังน้ำมันกับปั๊มจ่ายน้ำมัน 1 ตัว และบริเวณท่อน้ำมันด้านออกจากเครื่องยนต์ที่ไหลกลับถังน้ำมันอีก 1 ตัว เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ถูกติดตั้งบริเวณด้านหน้าของเซนเซอร์ทั้งสองตัวเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำมันก่อนเข้าเซนเซอร์ อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล (data acquisition unit) ยี่ห้อ NI รุ่น USB-6212 และ โมดูลวัดสัญญาณอะนาล็อก ยี่ห้อ NI รุ่น 9219 ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจวัดสัญญาณจากเซนเซอร์วัดอัตราการไหล และเทอร์โมคัปเปิล ตามลำดับ เนื่องจากเซนเซอร์ของเครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นเซนเซอร์ที่วัดเชิงปริมาตร ดังนั้นในการวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์จำเป็นต้องมีการชดเชยค่าการสิ้นเปลืองอันเนื่องมาจากอุณหภูมิของน้ำมันที่ต่างกัน ซึ่งสามารถทำได้โดยการแปลงค่าปริมาตรของน้ำมันที่วัดได้ในแต่ละครั้งเป็นค่ามวลของน้ำมันด้วยการคูณด้วยค่าความหนาแน่นของน้ำมัน อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถูกแสดงในรูปที่ 3.3 ส่วนรูปที่ 3.4 แสดงการติดตั้งและแผนผังเครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 3.3 เครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
(ก) เซนเซอร์วัดอัตราการไหล (ข) เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K
(ค) อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล (ง) โมดูลวัดสัญญาณอะนาล็อก

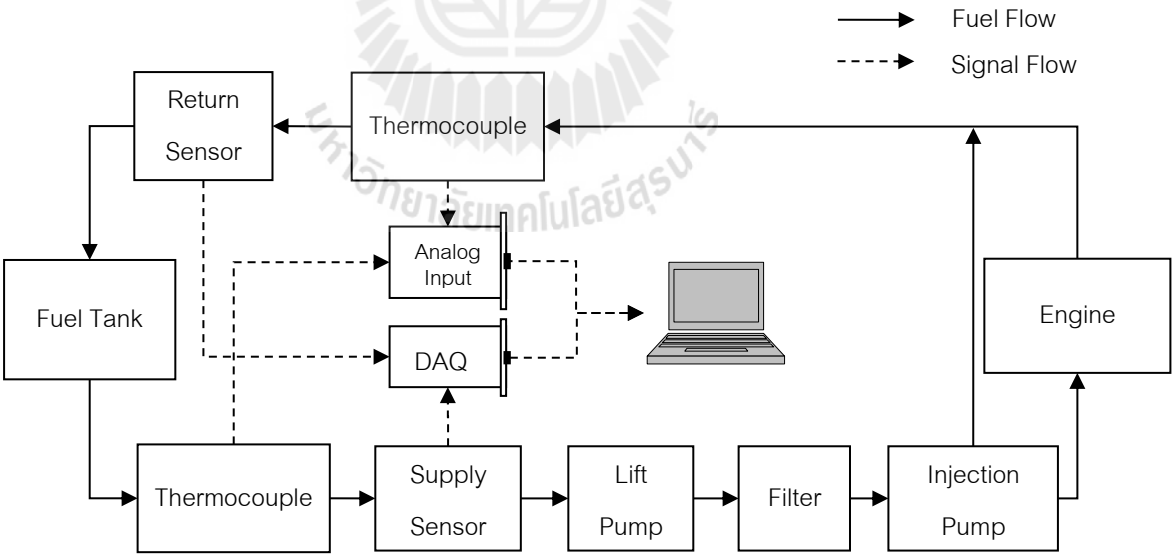
(ก) การสอบเทียบมาตรฐานชุดวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ความถูกต้องของการวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง เช่น ความหนืดของน้ำมัน อุณหภูมิของน้ำมัน เซนเซอร์ เป็นต้น เนื่องจากเซนเซอร์เหล่านี้ถูกใช้งานมาก่อน จึงจำเป็นต้องสอบเทียบมาตรฐานอีกครั้ง เพราะอาจจะมีการสึกหรอของเซนเซอร์ ซึ่งส่งผลต่อค่าความถูกต้องของการวัดที่ผิดไปจากค่ามาตรฐาน

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ทำโดยการติดตั้งเซนเซอร์เข้าไปในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ ตรงบริเวณท่อน้ำมันด้านเข้าเครื่องยนต์ระหว่างถังน้ำมันกับปั๊มสูบน้ำมัน (lift pump) ติดตั้งหลอดแก้วที่ทราบปริมาตรเข้ากับปลายของท่อน้ำมันด้านเข้าตรงบริเวณระหว่างถังน้ำมันเชื้อเพลิงกับเซนเซอร์ด้วยข้อต่อแบบสามทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 การทดสอบทำที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เท่ากับ 850 rpm และ 1,500 rpm น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ใน

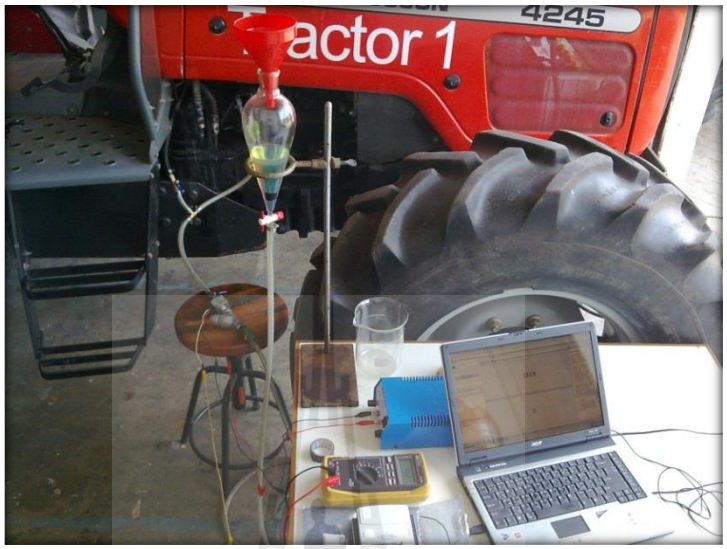
การทดสอบเป็นน้ำมันดีเซลที่มีค่าความหนืดคิเนเมติก (kinematic viscosity) ที่ 40 °C เท่ากับ 4.17 cSt ตามมาตรฐาน ASTM D445 ซึ่งเทียบเป็นค่าความหนืดสัมบูรณ์ (absolute viscosity) ได้เท่ากับ 3.42 mPa.s

(ก)

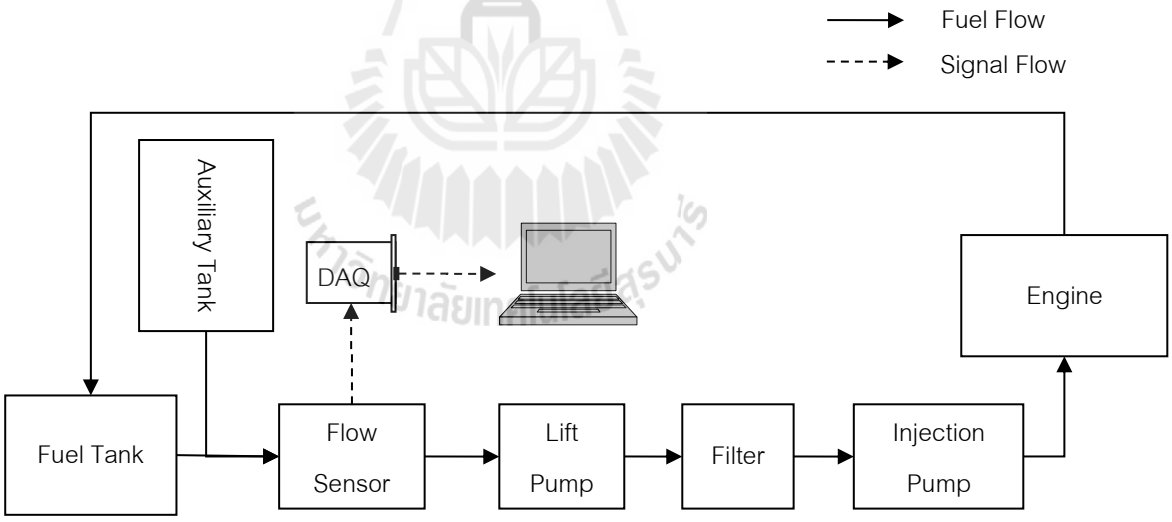


(ข)

รูปที่ 3.4 แผนผังการวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์
(ก) อุปกรณ์ (ข) แผนผัง



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.5 การติดตั้งเซนเซอร์ในระบบน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการสอบเทียบมาตรฐาน
(ก) อุปกรณ์ (ข) แผนผัง

3.3.4 เครื่องมือวัดการลื่นไถลและความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์

เครื่องมือวัดความเร็วและการลื่นไถลในการทำงานของรถแทรกเตอร์สามารถสร้างได้โดยการเพิ่มล้อตาม จำนวน 1 ล้อ บนรถแทรกเตอร์ (ในที่นี้เรียกว่า ล้อที่ห้า) จากนั้นจะติดตั้งเซนเซอร์แบบ proximity switch บริเวณล้อขับและล้อที่ห้า เพื่อนับจำนวนรอบการหมุนของล้อทั้งหมด และคำนวณหาระยะทางที่ล้อเหล่านี้เคลื่อนที่ได้ ความเร็วในการทำงานสามารถหาได้จากระยะทางที่ล้อที่ห้าเคลื่อนที่ได้หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ส่วนการลื่นไถลในการทำงานสามารถคำนวณได้จากระยะทางที่ล้อขับและล้อที่ห้าเคลื่อนที่ได้ตามสมการ 2.2 เซนเซอร์แบบ proximity switch และอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลยี่ห้อ NI รุ่น USB-6212 ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 3.6

(ก) (ข)

รูปที่ 3.6 เครื่องมือวัดการลื่นไถลและความเร็วของรถแทรกเตอร์
(ก) proximity sensor (ข) อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.5 เครื่องมือวัดความลึกในการไถ

การวัดความลึกของร่องไถทำโดยใช้เครื่องมือวัดความลึกที่ทำขึ้นมาเฉพาะ ซึ่งมีลักษณะคล้ายไม้ฉากสามเหลี่ยม โดยด้านประกอบมุมฉากด้านหนึ่งจะมีสเกลที่สามารถยืดหดได้ เพื่อใช้หยั่งลงไปในร่องไถ ส่วนด้านประกอบมุมฉากอีกด้านจะถูกวางไว้บนขอบร่องไถในแนวราบ เพื่อทำให้ด้านที่มีสเกลอยู่ในแนวดิ่ง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.7 ในการทดสอบจะทำการวัดความลึกของร่องไถแต่ละร่อง จำนวน 3 ค่า ตรงบริเวณ หัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลงทดสอบ

รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดความลึกของร่องไถ

3.4 การทดสอบไถเตรียมดินในแปลงเกษตร

3.4.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินกับปริมาตรดินที่ไถได้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินกับปริมาตรดินที่ไถได้ ทำได้โดยการวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการไถเตรียมดินที่ระดับความลึกต่างๆ ของเครื่องมือไถเตรียมดินแต่ละชนิด การทดสอบทำในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทราย เนื่องจากความกว้างในการทำงานของเครื่องมือไถเตรียมดินแต่ละชนิดมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังนั้นปริมาตรดินที่ไถได้จึงขึ้นอยู่กับค่าความลึกของการไถเพียงอย่างเดียว ในการทดสอบจะกำหนดความลึกและความเร็วในการไถจำนวน 4 ค่า และ 2 ค่า ตามลำดับ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมแปลงทดสอบที่มีลักษณะราบเรียบ

2. กำหนดค่าความลึกของการไถเตรียมดิน โดยการตั้งค่าของระบบควบคุมแขนพ่วงแบบควบคุมตำแหน่ง (position control) ของรถแทรกเตอร์จำนวน 4 ค่า

3. ไถเตรียมดินเป็นแนวเส้นตรงระยะทาง 40 m โดยใช้ไถหัวหมู ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 rpm ตำแหน่งเกียร์ 2L และระบบควบคุมตำแหน่งค่าที่ 1

4. บันทึกข้อมูลที่ได้จากการไถเตรียมดิน คือ ความลึก ความกว้าง การลื่นไถล ความเร็วการทำงาน การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และแรงฉุดลาก

5. ปฏิบัติตามข้อ 3–4 ซ้ำอีก 2 ครั้ง

6. ปฏิบัติตามข้อ 3–5 โดยเปลี่ยนค่าระบบควบคุมตำแหน่งเป็นค่าที่ 2–4

7. ปฏิบัติตามข้อ 3–6 โดยเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์เป็น 3L

8. ปฏิบัติตามข้อ 3–7 โดยเปลี่ยนเครื่องมือทดสอบเป็นไถจานและไถพรวนจาน

9. วิเคราะห์ข้อมูล

9.1 เปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดสอบ และค่ามาตรฐานของ ASABE (ASABE Standards, 2013)

9.2 แสดงความสัมพันธ์และสร้างสมการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะกับปริมาตรดิน เมื่อทดสอบด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน

3.4.2 การหาค่าการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่

การหาค่าการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่เศรษฐกิจหลักทำโดยการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังทำในแปลงทดสอบที่มีดินเป็นดินทราย ส่วนการไถเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทำในแปลงที่มีดินเป็นดินร่วนปนทราย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมแปลงทดสอบขนาด 20 x 30 m^2 จำนวน 2 แปลง เพื่อทดสอบไถจานและไถหัวหมู อย่างละหนึ่งแปลงสำหรับการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง (การทดสอบไถพรวนจานทำในแปลงที่ ทดสอบไถหัวหมูและไถจานเสร็จเรียบร้อยแล้ว)

2. ทดสอบไถเตรียมดินโดยใช้ไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ตามลำดับ และบันทึกข้อมูล

3. เปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดสอบ และค่าจากสมการทำนายที่ถูกสร้างขึ้น

4. ปฏิบัติตามข้อ 1-3 โดยเตรียมแปลงขนาด 40 x 80 m^2 สำหรับการไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 บทนำ

บทนี้จะนำเสนอผลการออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องมือวัดแรงฉุดลาก เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องมือวัดการลื่นไถล และเครื่องมือวัดความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์ ผลการทดสอบการไถเตรียมดินในแปลงเกษตรด้วยไถชนิดต่างๆ ถูกนำเสนอในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินกับปริมาตรดินที่ไถได้ต่อพื้นที่ และค่าการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่เศรษฐกิจ

4.2 ผลการออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือวัด

4.2.1 เครื่องมือวัดแรงฉุดลาก

เครื่องมือวัดแรงฉุดลากถูกติดตั้งอยู่บนโครงเหล็กแผ่นรูปตัวยูคว่ำ ซึ่งสามารถต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ที่มีระบบต่อพ่วงแบบสามจุดใน category II ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เครื่องมือวัดแรงประกอบด้วยทรานส์ดิวเซอร์วัดแรงแบบ extended octagonal ring (EOR) จำนวน 3 ตัว โดยถูกออกแบบให้สามารถรับแรงในแนวราบและแรงในแนวดิ่งได้ 20 kN และ 5 kN ตามลำดับ ทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสามตัวถูกติดตั้งเพื่อวัดแรงกระทำระหว่างรถแทรกเตอร์กับเครื่องมือไถเตรียมดินบริเวณแขนบน แขนล่างซ้าย และแขนล่างขวาของรถแทรกเตอร์ ผลการสอบเทียบมาตรฐานของทรานส์ดิวเซอร์ทั้งสามตัวถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การติดตั้งเครื่องมือวัดแรงฉุดลาก

ตารางที่ 4.1 การสอบเทียบมาตรฐานของทรานส์ดิวเซอร์แบบ EOR

EOR	Horizontal load	Vertical load
Top link	$\varepsilon_x = 0.1471F_x + 0.3476$	$\varepsilon_y = 0.1474F_y + 0.4003$
Left lower link	$\varepsilon_x = 0.1488F_x + 0.2432$	$\varepsilon_y = 0.1482F_y - 0.0003$
Right lower link	$\varepsilon_x = 0.1477F_x + 0.0818$	$\varepsilon_y = 0.1426F_y - 2.6090$

4.2.2 เครื่องมือวัดความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

การสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถูกทำที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 800 rpm และ 1,500 rpm จากการสอบเทียบพบว่า เซนเซอร์ตัวที่ 1 มีค่าความละเอียด (resolution) เท่ากับ 0.275 ml/pulse ณ ทั้งสองความเร็วรอบ ส่วนเซนเซอร์ตัวที่ 2 มีค่าความละเอียด (resolution) เท่ากับ 0.269 ml/pulse และ 0.271 ml/pulse ที่ความเร็วรอบ 800 rpm และ 1,500 rpm ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไม่มีผลกระทบต่อค่าความละเอียดของเซนเซอร์ และแม้ว่าเซนเซอร์นี้สามารถวัดปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าความหนืดสัมบูรณ์ช่วงระหว่าง 0.3 - 1,000 mPa.s โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1 % แต่จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ค่าความผิดพลาดของเซนเซอร์ตัวที่ 1 และ 2 มีค่าสูงประมาณ 10 % และ 8 % ตามลำดับ ค่าความผิดพลาดนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากการสึกหรอของเซนเซอร์อันเนื่องมาจากการใช้งานมาระยะหนึ่งแล้ว

ตารางที่ 4.2 ค่าความละเอียดของเซนเซอร์วัดน้ำมันเชื้อเพลิง

Engine speed (rpm)	Sensor resolution (ml/pulse)			Difference from standard (%)	
	Standard	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2
800	0.25	0.275	0.269	9.9	7.6
1,500	0.25	0.275	0.271	10.0	8.4

4.2.3 เครื่องมือวัดการลื่นไถลและความเร็วการทำงานของรถแทรกเตอร์

เครื่องมือวัดการลื่นไถลประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดความเร็วของล้อขับ และล้อที่ห้า (fifth wheel) จากการสอบเทียบมาตรฐานพบว่าเซนเซอร์แบบ proximity switch สำหรับวัดระยะทางของล้อขับและล้อตามมีค่าความละเอียด (resolution) เท่ากับ 0.5882 m/pulse และ 0.4167 m/pulse ตามลำดับ การติดตั้งเซนเซอร์ทั้งสองตัวบนรถแทรกเตอร์ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4.2

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.2 การติดตั้งเซนเซอร์แบบ proximity switch
(ก) ล้อขับ (ข) ล้อที่ห้า

4.3 ผลการทดสอบการไถเตรียมดิน

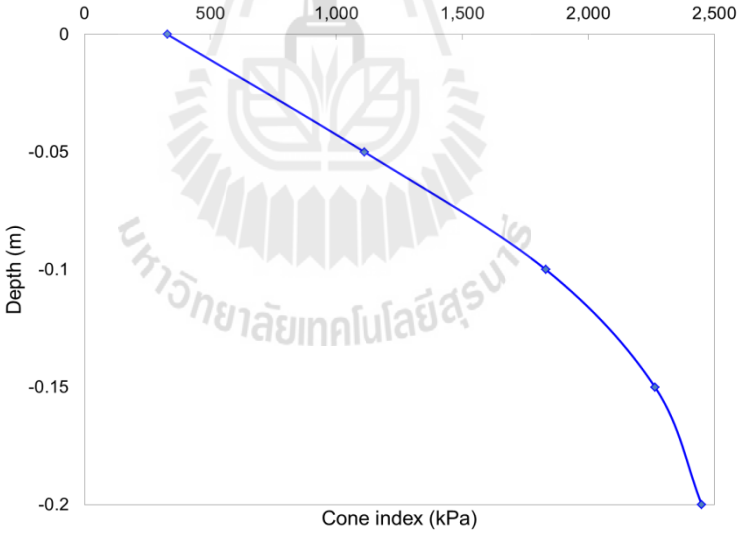
4.3.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกับปริมาตรดินที่ไถได้

การทดสอบการไถเตรียมดินด้วยไถชนิดต่างๆ ทำในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทราย (sand) ซึ่งเนื้อดินประกอบด้วย sand 88%, silt 9% และ clay 3% ความชื้น 6.2%d.b. ดังแสดงในรูปที่ 4.3 – 4.5 ค่าดัชนีความแข็งของดินถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ค่าความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.3 การทดสอบไถจานในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย

รูปที่ 4.4 การทดสอบไถหัวหมูในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย

รูปที่ 4.5 การทดสอบไถพรวนจานในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย



รูปที่ 4.6 ดัชนีความแข็งของดินในแปลงทดสอบที่เป็นดินทราย

ตารางที่ 4.3 ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล

Temperature (°C)	Mass (g)	Volume (cm^3)	Density (g/cm^3)
20	42.5520	51.130	0.8322
30	42.2503	51.130	0.8263
40	41.9156	51.130	0.8198
50	41.5918	51.130	0.8135
60	41.2467	51.130	0.8067

(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับกำลังฉุดลากของรถแทรกเตอร์

ผลการทดสอบการไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 จากการวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) ของผลการทดสอบพบว่า การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับกำลังฉุดลาก กล่าวคือ เมื่อรถแทรกเตอร์ใช้กำลังฉุดลากไถมากขึ้น จะส่งผลให้มีค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถต่างๆ ถูกแสดงด้วยสมการถดถอยดังต่อไปนี้

$$FC_D = 0.243P_{DP} + 3.4269 \quad \text{with } R^2 = 0.8207 \qquad (4.1)$$

$$FC_M = 0.2529P_{DP} + 3.3464 \quad \text{with } R^2 = 0.8935 \qquad (4.2)$$

$$FC_H = 0.2281P_{DP} + 2.7815 \quad \text{with } R^2 = 0.8797 \qquad (4.3)$$

โดยที่ FC_D คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจาน (L/h)

FC_M คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถหัวหมู (L/h)

FC_H คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถพรวนจาน (L/h)

P_{DP} คือ กำลังฉุดลากของรถแทรกเตอร์ (kW)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน

Implement/Gear	Depth (m)	Draft (kN)	Speed (km/h)	Draft power (kW)	Slip (%)	FC (L/h)
Disk plow						
2L	0.200	3.79	2.77	2.92	1.8	3.97
	0.230	4.68	2.84	3.70	2.1	4.31
	0.296	7.02	2.77	5.41	4.5	4.93
	0.326	8.31	2.41	5.57	12.3	5.25
3L	0.162	5.43	3.67	5.54	1.9	4.44
	0.191	6.54	3.60	6.54	4.4	4.98
	0.220	9.51	3.53	9.31	6.4	5.43
	0.242	10.23	3.28	9.31	12.1	5.84
Moldboard plow						
2L	0.173	5.14	2.77	3.96	1.3	4.12
	0.205	7.92	2.70	5.94	4.0	4.63
	0.261	10.16	2.52	7.11	7.2	5.18
	0.343	13.88	2.41	9.30	11.6	5.65
3L	0.208	5.63	3.71	5.80	3.5	5.10
	0.262	8.34	3.56	8.26	4.6	5.83
	0.281	10.98	3.49	10.65	6.0	5.97
	0.299	11.58	3.64	11.69	5.7	6.15

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน (ต่อ)

Implement/Gear	Depth (m)	Draft (kN)	Speed (km/h)	Draft power (kW)	Slip (%)	FC (L/h)
Disk harrow						
2L	0.228	9.32	2.74	7.1	2.4	4.44
	0.242	10.63	2.77	8.2	9.0	5.03
	0.284	2.08	2.95	1.7	10.6	3.45
	0.286	4.63	2.81	3.6	15.7	3.56
3L	0.228	3.65	3.82	3.9	2.8	3.63
	0.248	10.86	3.31	10.0	4.6	4.93
	0.266	5.51	3.85	5.9	8.0	3.94
	0.270	3.52	4.03	3.9	9.0	3.37

FC = Fuel consumption;

โดยทั่วไปการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมักถูกนำเสนอในรูปแบบของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ ส่วนกำลังฉุดลากมักถูกนำเสนอในรูปแบบของกำลังเทียบเท่าของเพลาอำนวยกำลัง (equivalent PTO power) ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ตามสมการต่อไปนี้

$$P_{EQ} = P_{DP} \times TE \qquad (4.4)$$

โดยที่ TE คือ ประสิทธิการตะกุยดิน ซึ่งมีค่าประมาณ 0.76 สำหรับไถจานและไถหัวหมู และ 0.72 สำหรับไถพรวนจาน (ASABE Standards, 2013)

ดังนั้นสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ถูกแสดงด้วยสมการถดถอยดังนี้

$$SFC_D = 2.6948 P_{EQ}^{-0.706} \quad \text{with } R^2 = 0.9699 \qquad (4.5)$$

$$SFC_M = 2.2812 P_{EQ}^{-0.631} \quad \text{with } R^2 = 0.9732 \qquad (4.6)$$

$$SFC_H = 0.1643 P_{EQ}^{-0.754} \quad \text{with } R^2 = 0.9658 \qquad (4.7)$$

โดยที่ SFC_D คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจาน (L/kWh)

SFC_M คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถหัวหมู (L/kWh)

SFC_H คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถพรวนจาน (L/kWh)

P_{EQ} คือ กำลังเพลาอำนวยกำลังเทียบเท่า (kW)

เมื่อค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะสำหรับไถต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะตามมาตรฐานของ ASABE (ASABE Standards, 2013) พบว่า ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายของ ASABE ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายนี้ โดยมีค่าอยู่ในช่วง -4.1 – 14.3%, -1.9-13.2% และ 14.6-32.8% สำหรับไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 สาเหตุที่ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายของ ASABE มีค่าสูงกว่าอาจจะเป็นเพราะว่าสมการทำนายของ ASABE ถูกพัฒนาสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีกำลังประมาณ 100 kW หรือมากกว่า ซึ่งเป็นรถแทรกเตอร์ที่นิยมใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนสมการทำนายที่กำลังพัฒนาใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 56 kW ในการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดสอบและค่าเฉลี่ยของมาตรฐาน ASABE

Implement/Gear	Depth (m)	Equivalent PTO power (kW)	SFC (L/kWh)	SFC_{ASABE} (L/kWh)	Error (%)
Disk plow					
2L	0.200	3.84	1.03	1.15	11.5
	0.230	4.87	0.89	0.95	6.8
	0.296	7.12	0.69	0.70	1.4
	0.326	7.32	0.76	0.69	-4.1
3L	0.162	7.29	0.61	0.70	14.3
	0.191	8.60	0.57	0.62	6.6
	0.220	12.26	0.44	0.49	10.0
	0.242	12.25	0.48	0.49	2.3
Moldboard plow					
2L	0.173	5.21	0.79	0.90	13.2
	0.205	7.81	0.59	0.66	10.7
	0.261	9.36	0.55	0.58	4.3
	0.343	12.23	0.46	0.48	4.8

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดสอบและค่าเฉลี่ยของมาตรฐาน ASABE (ต่อ)

Implement/Gear	Depth (m)	Equivalent PTO power (kW)	SFC (L/kWh)	SFC_{ASABE} (L/kWh)	Error (%)
Moldboard plow					
3L	0.208	7.64	0.67	0.67	0.7
	0.262	10.87	0.54	0.53	-1.9
	0.281	14.01	0.43	0.45	5.2
	0.299	15.39	0.40	0.43	6.6
Disk harrow					
2L	0.228	9.83	0.48	0.58	23.6
	0.242	11.36	0.47	0.53	14.6
	0.284	2.36	1.54	1.85	20.9
	0.286	5.02	0.75	0.96	30.1
3L	0.228	5.37	0.71	0.92	30.4
	0.248	13.87	0.38	0.47	27.3
	0.266	8.18	0.51	0.67	32.8
	0.270	5.48	0.65	0.91	41.0

SFC = Specific fuel consumption; SFC_{ASABE} = Specific fuel consumption recommended from American society of agricultural and biological engineers

(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันและปริมาตรดินที่ไถได้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความลึก กำลังฉุดลาก และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของผลการทดสอบในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า กรณีของไถจานและไถหัวหมู ความลึกในการไถมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นต่อกำลังฉุดลากและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ คือ เมื่อความลึกในการไถมีค่ามากขึ้น รถแทรกเตอร์จะใช้กำลังในการฉุดลากไถมากขึ้น ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น ส่วนกรณีของไถพรวนจานไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์ข้างต้น สาเหตุอาจจะเกิดจากการทดสอบไถพรวนจานทำในพื้นที่ที่ถูกไถเตรียมดินด้วยไถจานและไถหัวหมูไว้แล้ว ซึ่งเป็นการไถเตรียมดินครั้งที่สอง ถึงแม้ว่าจะมีการทิ้งพื้นที่ไว้ 1 สัปดาห์ แต่เนื้อดินก็ยังขาดความสม่ำเสมอไม่ค่อย

เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังฉุดลากและความลึกในการไถได้ ดังนั้นผลการทดสอบของไถพรวนจานในการทดสอบนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาสร้างเป็นสมการทำนายเพื่อทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความลึกในการไถและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานและไถหัวหมู ถูกแสดงด้วยสมการถดถอยดังต่อไปนี้

$$FC_{D2L} = 9.9941T + 1.9866 \quad \text{with } R^2 = 0.9989 \quad (4.8)$$

$$FC_{D3L} = 17.291T + 1.6484 \quad \text{with } R^2 = 0.9988 \quad (4.9)$$

$$FC_{M2L} = 8.7094T + 2.7569 \quad \text{with } R^2 = 0.9549 \quad (4.10)$$

$$FC_{M3L} = 11.592T + 2.7217 \quad \text{with } R^2 = 0.9888 \quad (4.11)$$

โดยที่ FC_{D2L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานด้วยเกียร์ 2L (L/h)

FC_{D3L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานด้วยเกียร์ 3L (L/h)

FC_{M2L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถหัวหมูด้วยเกียร์ 2L (L/h)

FC_{M3L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถหัวหมูด้วยเกียร์ 3L (L/h)

T คือ ความลึกในการไถ (m)

จากความสัมพันธ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่า เมื่อความเร็วในการไถเตรียมดินค่อนข้างคงที่ ความลึกในการไถจะมีอิทธิพลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์อย่างมาก ดังนั้นค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้จากการวัดปริมาตรดินที่ไถได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.7-4.8 สมการสำหรับทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยปริมาตรดินที่ไถได้สำหรับไถจานและไถหัวหมูถูกแสดงด้วยสมการถดถอยดังต่อไปนี้

$$SFC_{D2L} = -0.0097V_{soil} + 13.303 \quad \text{with } R^2 = 0.9909 \quad (4.12)$$

$$SFC_{D3L} = -0.0135V_{soil} + 17.615 \quad \text{with } R^2 = 0.9875 \quad (4.13)$$

$$SFC_{M2L} = -0.0141V_{soil} + 16.223 \quad \text{with } R^2 = 0.9985 \quad (4.14)$$

$$SFC_{M3L} = -0.0143V_{soil} + 17.439 \quad \text{with } R^2 = 0.9984 \quad (4.15)$$

โดยที่ SFC_{D2L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินสำหรับไถจานด้วยเกียร์ 2L (g/((m^3/rai)h)

SFC_{D3L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินสำหรับไถจานด้วยเกียร์ 3L (g/((m^3/rai)h)

SFC_{M2L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินสำหรับไถหัวหมูด้วยเกียร์ 2L (g/((m^3/rai)h)

SFC_{M3L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินสำหรับไถหัวหมูด้วยเกียร์ 3L (g/((m^3/rai)h)

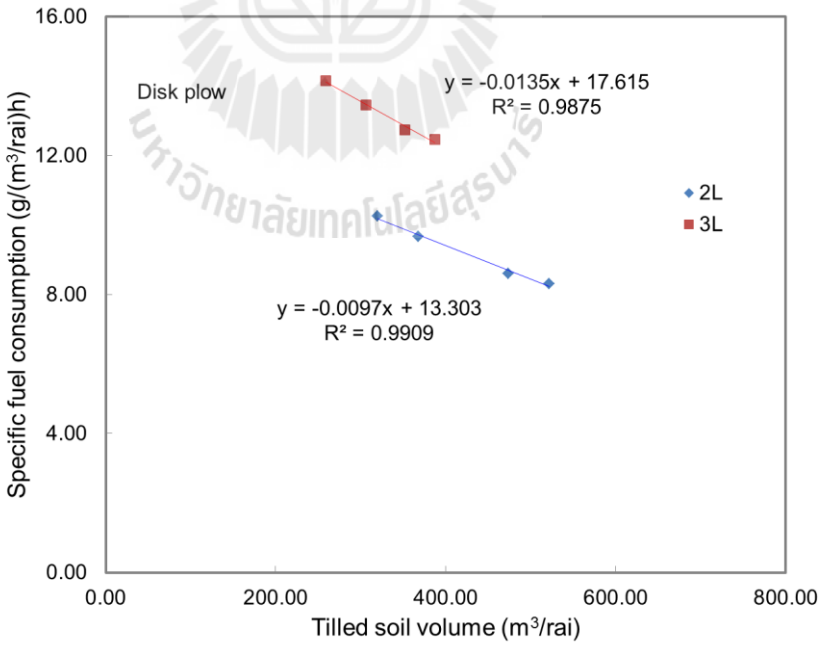
V_{soil} คือ ปริมาตรดินที่ไถได้ต่อพื้นที่หนึ่งไร่ (m^3/rai)

ตารางที่ 4.6 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาตรดินที่ไถได้

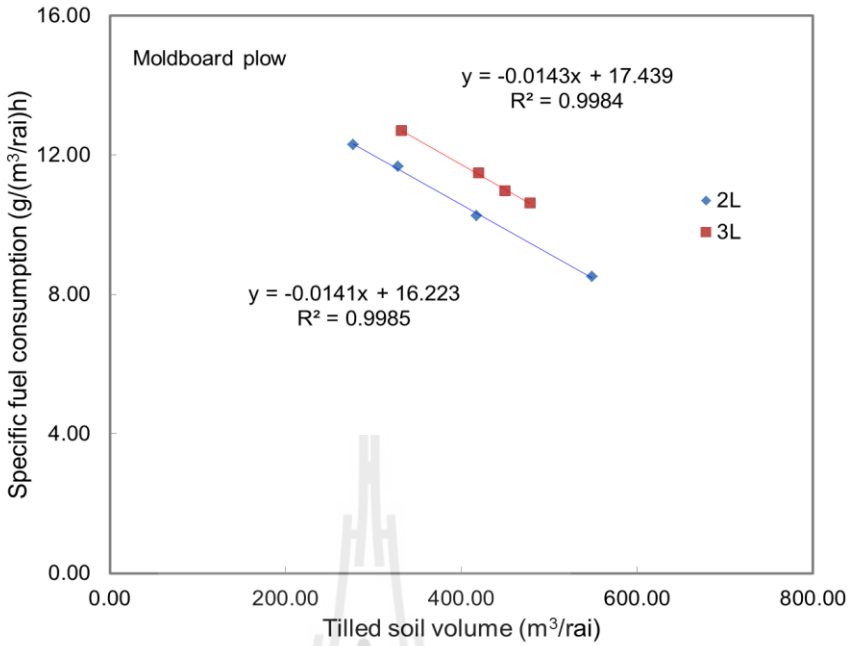
Implement/Gear	Depth (m)	Tilled soil volume (m^3/rai)	SFC (g/(m^3/rai)h)
Disk plow			
2L	0.200	320.0	10.25
	0.230	368.0	9.68
	0.296	473.6	8.60
	0.326	521.6	8.32
3L	0.162	259.2	14.15
	0.191	306.0	13.45
	0.220	352.0	12.75
	0.242	387.2	12.46
Moldboard plow			
2L	0.173	276.8	12.30
	0.205	328.0	11.66
	0.261	417.6	10.25
	0.343	548.8	8.51
3L	0.208	332.0	12.69
	0.262	419.2	11.49
	0.281	449.6	10.97
	0.299	478.1	10.63

ตารางที่ 4.6 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาตรดินที่ไถได้ (ต่อ)

Implement/Gear	Depth (m)	Tilled soil volume (m^3/rai)	SFC (g/(m^3/rai)h)
Disk harrow			
2L	0.228	364.8	10.06
	0.242	387.2	10.73
	0.284	454.4	6.27
	0.286	457.6	6.43
3L	0.228	364.8	8.22
	0.248	396.0	10.29
	0.266	425.6	7.65
	0.270	432.0	6.45



รูปที่ 4.7 สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจาน



รูปที่ 4.8 สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานหัวหมู

4.3.2 การใช้พลังงานในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชไร่

การหาการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ทำ ณ แปลงเกษตรของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีบนพื้นที่ขนาด 20 x 30 m^2 ดินเป็นดินทราย ความชื้น 6.2%d.b. และค่าดัชนีความแข็งของดินดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ผลการทดสอบไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน พบว่ามีค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินเท่ากับ 8.85, 8.73 และ 8.08 g/(m^3/rai)h ตามลำดับ หรือคิดเป็นค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.68, 3.43 และ 1.79 L/rai ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 ดังนั้นหากทำการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ที่ดินเป็นดินทราย 2 ครั้ง ด้วยไถจานและไถพรวนจาน ก็จะใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถทั้งหมดประมาณ 4.47 L/rai

ตารางที่ 4.7 การไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน

Tillage data/Implement	Unit	Disk plow	Moldboard plow	Disk harrow
Gear	-	2L	2L	2L
Engine speed	rpm	1,500	1,500	1,500
Area	m^2	600	600	600
Speed	km/h	2.8	2.6	3.0
Slip	%	9.6	10.6	7.1
Furrow depth	m	0.23	0.27	0.25
Working width	m	1.14	1.08	1.62
Tilled soil volume	m^3/rai	368	432	400
Effective area capacity[1]	rai/h	1.47	1.33	2.18
Theorical area capacity[2]	rai/h	1.99	1.75	3.03
Field efficiency	%	74	76	72
Elapsed fuel	cm^3	1,007	1,282	897
Elapsed time	s	920	1,012	826
Fuel consumption	L/h	3.94	4.56	3.91
Fuel consumption	L/rai	2.68	3.43	1.79
Soil volume-specific fuel consumption	g/(m^3/rai)h	8.85	8.73	8.08

[1]Effective area capacity คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ประสิทธิผล

[2]Theorical area capacity คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ทางทฤษฎี

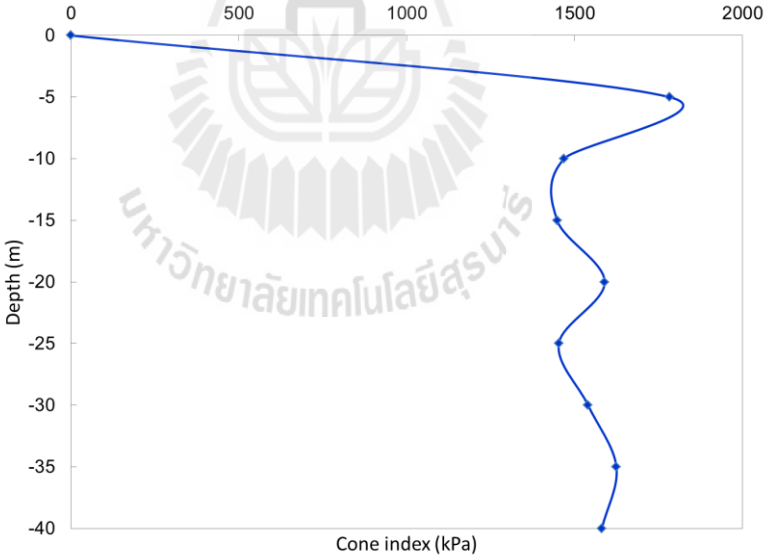
การหาการใช้พลังงานในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ด้วยไถจานและไถหัวหมู ทำ ณ แปลงเกษตรของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีบนพื้นที่ขนาด 40 x 80 m^2 ดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งเนื้อดินประกอบด้วย sand 71%, silt 14% และ clay 15% ความชื้น 10%d.b. ดังแสดงในรูปที่ 4.9-4.11 และค่าดัชนีความแข็งของดินดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.12 ผลการทดสอบไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน พบว่ามีค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินเท่ากับ 16.28, 15.76 และ 14.91 g/(m^3/rai)h ตามลำดับ หรือคิดเป็นค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 4.77, 6.07 และ 2.31 L/rai ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.8 ดังนั้นหากทำการไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ในพื้นที่ที่ดินเป็นดินร่วนปนทราย 2 ครั้ง

ด้วยไถจานและไถพรวนจาน ก็จะใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถทั้งหมดประมาณ 7.08 L/rai

รูปที่ 4.9 การทดสอบไถจานในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย

รูปที่ 4.10 การทดสอบไถหัวหมูในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย

รูปที่ 4.11 การทดสอบไถพรวนจานในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย



รูปที่ 4.12 ดัชนีความแข็งของดินในแปลงทดสอบที่มีดินร่วนปนทราย

ตารางที่ 4.8 การไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ด้วยไถจานและไถหัวหมู

Tillage data/Implement	Unit	Disk plow	Moldboard plow	Disk harrow
Gear	-	3L	3L	4L
Engine speed	rpm	1,500	1,500	1,500
Area	m^2	3,200	3,200	3,200
Speed	km/h	3.6	3.4	4.6
Slip	%	5.8	11.9	6.2
Furrow depth	m	0.25	0.28	0.21
Working width	m	1.20	1.17	1.62
Tilled soil volume	m^3/rai	400	448	336
Elapsed fuel	L	9.53	12.14	4.61
Elapsed time	h	1.21	1.42	0.76
Effective area capacity[1]	rai/h	1.65	1.41	2.63
Theorical area capacity[2]	rai/h	2.80	2.49	4.82
Field efficiency	%	59	57	55
Fuel consumption	L/h	7.88	8.55	6.07
Fuel consumption	L/rai	4.77	6.07	2.31
Soil volume-specific fuel consumption	g/(m^3/rai)h	16.28	15.76	14.91

[1]Effective area capacity คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ประสิทธิผล

[2]Theorical area capacity คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ทางทฤษฎี

4.3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังด้วยไถจานและไถหัวหมูถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการสมการทำนาย ก่อนทำการเปรียบเทียบ ต้องทำการปรับแก้ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบ เพราะว่าค่าการสิ้นเปลืองนี้ประกอบด้วย ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทำการไถและไม่ทำการไถ ส่วนค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายสร้างจากข้อมูลการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขณะทำการไถเพียงอย่างเดียว การปรับแก้นี้สามารถทำได้โดยอาศัยสมการดังต่อไปนี้

$$FC_{measure} = FC_{load} + FC_{noload} \quad (4.16)$$

$$FC_{measure} = E_f \times FC_{predict} + (1 - E_f) \times FC_{headland} \quad (4.17)$$

$$FC_{predict} = \frac{FC_{measure} - FC_{headland}}{E_f} + FC_{headland} \quad (4.18)$$

โดยที่ $FC_{measure}$ คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบ (L/h)

FC_{load} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขณะมีภาระ (L/h)

FC_{noload} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขณะไม่มีภาระ (L/h)

$FC_{headland}$ คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงขณะกลับรถหัวแปลง ซึ่งมีค่า 3.67 (L/h)

$FC_{predict}$ คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทำนาย (L/h)

E_f คือ ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่

ผลการเปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 จากผลการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายมีค่าสูงกว่าค่าจากการทดสอบประมาณ 6.2% และ 5.2% สำหรับไถจานและไถหัวหมู ตามลำดับ ความไม่เรียบราบของพื้นที่ซึ่งทำให้ผาลไถกินดินได้ไม่สม่ำเสมออาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบมีค่าต่ำกว่าจากสมการทำนาย

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลัง

Implement	Furrow depth, m	Tilled soil volume, m^3/rai	$FC_{measure}$, L/h	$FC_{predict}$, L/h	FC_{model}, L/h	Error, %
Disk plow	0.23	368	3.94	4.04	4.29	6.2
Moldboad plow	0.27	432	4.56	4.84	5.09	5.2

แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ด้วยไถจานและไถหัวหมูพบว่า การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายมีค่าต่ำกว่าค่าจากการทดสอบประมาณ 38.9% และ 44.4% สำหรับไถจานและไถหัวหมู ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.10 ชนิดดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อความคลาดเคลื่อนของสมการทำนาย เนื่องจากดินในแปลงเกษตรนี้เป็นดินร่วนปนทรายซึ่งต้องการแรงฉุดลากมากกว่าดินทรายประมาณ 25% (ASABE Standards, 2013) จึงทำให้ค่าผิดพลาดของสมการทำนายมีค่าสูงมาก

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินเพื่อปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์

Implement	Furrow depth, m	Tilled soil volume, m^3/rai	$FC_{measure}$, L/h	$FC_{predict}$, L/h	FC_{model}, L/h	Error, %
Disk plow	0.25	400	7.88	9.77	5.97	-38.9
Moldboad plow	0.28	448	8.55	10.74	5.97	-44.4

4.3.4 การใช้สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

โดยทั่วไป ในการไถเตรียมดินเกษตรกรต้องการไถที่ระดับความลึกคงที่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามชนิดพืชที่ต้องการปลูก จากการทดสอบพบว่า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการไถเตรียมดินต่อพื้นที่ของแปลงเกษตรใดๆ ค่อนข้างคงที่ แต่จะมีค่าเปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดดิน ความชื้น หรือความลึกในการไถเตรียมดิน ดังนั้น สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินควรถูกนำเสนอในรูปของ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อพื้นที่ (L/rai) ซึ่งจะมีความสะดวกในการนำไปใช้งาน

สมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการไถเตรียมดินด้วยไถจานและไถหัวหมูสำหรับดินทรายถูกแสดงไว้ในสมการต่อไปนี้

$$FC_{D2L} = 4.0793T + 1.3822 \quad \text{with } R^2 = 0.9009 \quad (4.19)$$

$$FC_{D3L} = 6.4343T + 0.7682 \quad \text{with } R^2 = 0.9687 \quad (4.20)$$

$$FC_{M2L} = 7.8791T + 1.0193 \quad \text{with } R^2 = 0.94 \quad (4.21)$$

$$FC_{M3L} = 4.2519T + 1.193 \quad \text{with } R^2 = 0.8286 \quad (4.22)$$

โดยที่ FC_{D2L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานด้วยเกียร์ 2L (L/rai)

FC_{D3L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถจานด้วยเกียร์ 3L (L/rai)

FC_{M2L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถหัวหมูด้วยเกียร์ 2L (L/rai)

FC_{M3L} คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับไถหัวหมูด้วยเกียร์ 3L (L/rai)

T คือ ความลึกในการไถ (m)

การหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการไถเตรียมสามารถทำได้โดยง่าย เช่น เกษตรกรมีพื้นที่เกษตรจำนวน 10 rai ต้องการไถเตรียมดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังด้วยไถจาน 1 ครั้ง ลึก 25 cm โดยใช้ความเร็วเกียร์ 3L เมื่อประมาณค่าจากสมการทำนายก็จะได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้มีค่าประมาณ 10 x (6.4343 x 0.25 + 0.7682) = 23.77 L

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความต้องการพลังงานสำหรับเครื่องมือไถเตรียมดินถูกดำเนินการเพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถทำนายความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ด้วยวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน โดยเน้นการศึกษาการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับปริมาตรดินที่ไถได้ต่อพื้นที่ ของเครื่องมือเตรียมดินที่เกษตรกรนิยมใช้ ได้แก่ ไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน จากผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ในการทดสอบไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจานพบว่า การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับกำลังฉุดลาก ซึ่งสอดคล้องกับสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของ ASABE แต่ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากสมการทำนายของ ASABE ส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากจากการทดสอบ โดยมีค่าอยู่ในช่วง -4.1–14.3%, -1.9-13.2% และ 14.6-32.8% สำหรับไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ตามลำดับ

(2) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์และความลึกในการไถ พบว่า กรณีของไถจานและไถหัวหมู การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับความลึก และเมื่อความเร็วในการไถเตรียมดินค่อนข้างคงที่ ความลึกในการไถจะมีอิทธิพลต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์อย่างมาก ดังนั้นค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้จากปริมาตรดินที่ไถได้ ส่วนกรณีของไถพรวนจานไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์นี้

(3) ความสัมพันธ์ระหว่างการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับปริมาตรดินที่ไถได้สำหรับการไถเตรียมดินด้วยไถจานและไถหัวหมูในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทราย สามารถสร้างให้อยู่ในรูปของสมการถดถอยแบบเส้นตรง โดยมีค่าความผิดพลาดประมาณ 6.2% และ 5.2% สำหรับไถจานและไถหัวหมู ตามลำดับ

(4) ค่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะต่อปริมาตรดินที่ไถได้ของการไถเตรียมดินด้วยไถจาน ไถหัวหมู และไถพรวนจาน ในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทรายมีค่าเท่ากับ 8.85, 8.73 และ 8.08 g/(m^3/rai)h ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสมการทำนายการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลการทดสอบไถเตรียมดินด้วยไถจานและไถหัวหมูที่ปฏิบัติงานในแปลงเกษตรที่มีดินเป็นดินทราย ทำให้เกิดข้อจำกัดในการงานของสมการทำนายนี้ ดังนั้นควรมีการขยายกรอบงานวิจัยให้ครอบคลุมชนิดดินและเครื่องมือเตรียมดินที่เกษตรกรนิยมใช้ในการปลูกพืชไร่เศรษฐกิจ เพื่อให้สามารถทราบข้อมูลการใช้พลังงานในภาคการเกษตรได้ถูกต้องมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2550. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, “ฐานความรู้ด้านพืช” www.doa.go.th

เชิดพงษ์ สิริวิชช์, 2549. เอกสารประกอบการบรรยาย “นโยบายและแผนงานด้านพลังงานของประเทศไทย”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา

บุษยวรรณ อาริยธรรม, 2549. การเปรียบเทียบความคุ้มค่าเชิงพลังงานของวัตถุดิบอุตสาหกรรมเอทานอล, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา

สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5, 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์ “โครงการศึกษาการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานระดับจังหวัดแบบบูรณาการ”, จังหวัดนครราชสีมา

อนุชิต ฉ่ำสิงห์ อัคคพล เสนาณรงค์ สุภาษิต เสงี่ยมพงศ์ พักตร์วิภา สุทธิวารี ยุทธนา เครือหาญชาญพงค์ ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ และประสาท แสงพันธุ์ตา, 2548. ทดสอบประเมินผลการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับเตรียมดินในนาข้าวชลประทาน, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร

ASABE Standards, 2013. ASAE D497.7 MAR2011: Agricultural machinery management data. ASABE, St. Joseph, MI, USA.

Ashrafizadeh, S.R. and Kushwaha, R.L., 2006. Development of a Tillage Energy Model using a Simple Tool, the CSBE/SCGAB SCGAB National Technical Conference, Edmonton, Alberta, Canada, Paper No. 06130.

Downs, H., Hansen, R. 1998. Estimating Farm Fuel Requirements. No. 5.006, Colorado State University Cooperative Extention, www.ext.colostate.edu/pubs/farmmgt/05006.html.

Gill, W. R. and G. E. Vanden Berg. 1968. Soil dynamics in tillage and traction. Agricultural handbook 316. Washington, D.C.: USDA-Agric. Res. Service.

Kheiralla, A.F., Yahya, A., Zohadie, M. and Ishak, W., 2004. Modelling of power and energy requirements for tillage implements operating in Serdang sandy clay loam, Malaysia, Soil & Tillage Research, 78(1), 21-34.

Palmer, A.L. and I. R. kruger. 1982. Comparative drafts of six tillage implements. Proceeding of conference on agricultural engineering, 163-167, Armidale, NSW Australia, 22-24 August. Barton, Australia.

Tippayawong, N., Pittayapak, A. and Jompakdee, W., 2003. Analysis of Energy Requirement for Vegetable Oil Production in Northern Thailand's Farms. Chiangmai University Journal, 2(1), 37-47.

Smith, L.A., 1993. Energy requirements for selected crop production implements, Soil & Tillage Research, 25(4), 281–299.

Upadhyaya, S. K., T.H. Williams, L. J. Kemble and N. E. Collins. 1984. Energy requirement for chiseling in coastal plain soils. Transactions of the ASAE 36(5): 1267-1270.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติหัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท M.S.(Agricultural Science) และระดับปริญญาเอก Ph.D.(Agricultural Science) จาก University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีผลงานวิชาการและผลงานวิจัยด้านเครื่องจักรกลเกษตรและพลังงานทดแทน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี