

การทดสอบการใช้ไบโอดีเซลล้วนในเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว: สมรรถนะ ควันดำ และผลการใช้งานระยะยาว

Experiment Test of Biodiesel in Single Cylinder Diesel Engine: Performance, Black Smoke and Long Term Evaluation

ธีรพงษ์ ปายเที่ยง เกียรติทอง สุวรรณกิจ ธนากร ต้วมพะพะเนาะ ชไมพร สุขแจ่มศรี สุนภกช โตไพมูลย์* และ นุวงศ์ ชลคุป
ห้องปฏิบัติการวิจัยเชื้อเพลิงชีวภาพ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
214 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทร 0-2564-6500 ต่อ4742, โทรสาร.0-2564-6403, อีเมลล์ subongkk@mtec.or.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการสนับสนุนการใช้ไบโอดีเซลให้แพร่หลายทั่วประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรเพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล และลดค่าใช้จ่ายทางพลังงานของชุมชน เครื่องยนต์เป้าหมายชนิดแรกที่มีการส่งเสริมให้ใช้ไบโอดีเซลคือเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว เนื่องจากสามารถนำไปเป็นต้นกำลังของอุปกรณ์ทางการเกษตรมากมาย เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องปั่นไฟ รถไถเดินตาม ฯลฯ งานวิจัยชิ้นนี้จึงดำเนินการทดสอบสมรรถนะ ควันดำ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และผลกระทบจากการใช้งานระยะยาวที่ 300 ชั่วโมงต่อระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 14 แรงม้า โดยใช้ไบโอดีเซลล้วนเกรดเมทิลเอสเทอร์เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล เครื่องยนต์ทดสอบที่ใช้สามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงข้อจำกัดของเครื่องยนต์ชนิดเดียวกันที่มีในท้องตลาดได้เป็นอย่างดี จากผลการทดสอบพบว่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์มีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าควันดำลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลพบว่าสูงขึ้นไม่มากนัก เมื่อนำเครื่องยนต์ไปทดสอบใช้งานในระยะยาว 300 ชั่วโมงโดยต่อเข้ากับเครื่องสูบน้ำ ผลที่ได้พบว่าระบบน้ำมันเริ่มเกิดปัญหาที่กรองน้ำมันและหัวฉีด

Abstract

At the present, biodiesel has been widely promoted in Thailand especially in agriculture section. To reduce the use of petroleum diesel and the budget for energy import are key factors for promotion of biodiesel. Single cylinder diesel engines, which have been use for agriculture such as water pump, electric generator and agricultural machinery, is the first target of promoting. Hence, this paper aims to investigate engine performance, black smoke capacity, fuel consumption and effects of long term usage when fueled 14 hp single cylinder diesel

engine fueled with biodiesel. The comparison with fossil diesel shows little difference in torque and power, small increase on fuel consumption but obvious decrease on black smoke. Nonetheless, the 300 hr durability test with water pump application reveals some problems in fuel filter and injector.

1. บทนำ

ไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ เช่น ปาล์ม สนุ่นดำ มะพร้าว ทานตะวัน ถั่วเหลือง เมล็ดธัญพืช หรือน้ำมันสัตว์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำมาทำปฏิกิริยา "transesterification" ร่วมกับเมทานอลจนเกิดเป็นสารเอสเทอร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล [1]

จากสภาวะวิกฤตพลังงานในปัจจุบัน ประเทศไทยจึงมีนโยบายสนับสนุนให้ใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียมจากต่างประเทศ ประกอบกับการที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถนำวัตถุดิบมาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้อย่างเหมาะสมและพอเพียง ทั้งนี้กลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการสนับสนุนให้ใช้ไบโอดีเซลเป็นกลุ่มแรกคือกลุ่มเกษตรกร เนื่องจากเป็นประชากรกลุ่มใหญ่ของประเทศที่ต้องพึ่งพาน้ำมันดีเซลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับอุปกรณ์ต้นกำลังต่าง ๆ ที่ใช้ในงานเกษตร เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องปั่นไฟ รถไถเดินตาม โดยอุปกรณ์ต้นกำลังในงานเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว ซึ่งสามารถใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องแก้ไขหรือดัดแปลงแต่อย่างใด

เพื่อเป็นการศึกษาและยืนยันถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดสอบการใช้ไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 14 แรงม้า ในด้านสมรรถนะ ควันดำ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง และศึกษาผลกระทบต่อชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ในเครื่องยนต์ภายหลังการใช้งานระยะยาว 300 ชั่วโมง ผลการทดสอบจะชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของการใช้ไบโอดีเซลใน

เครื่องยนต์ชนิดเดียวกัน และสามารถนำข้อมูลที่ได้อัปไปปรับปรุงเครื่องยนต์หรือคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้นในอนาคต

2. การทดสอบ

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดี่ยว ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น RT 140 โดยมีข้อมูลรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบคือไบโอดีเซลจากปาล์มเสตียรินซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2 และน้ำมันดีเซลจากท้องตลาดทั่วไป

การทดสอบแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นการนำเครื่องยนต์ไปทดสอบกับชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ เพื่อวัดกำลัง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (รูปที่ 1 และ 2) และควันท้ายโดยเครื่องวัดควันท้ายห่อ TECHNO TEST รุ่น 495/01 (รูปที่ 3) โดยใช้ไบโอดีเซลและดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเก็บเป็นข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นนำเครื่องยนต์ไปทดสอบระยะยาวด้วยการติดตั้งกับเครื่องสูบน้ำ และใช้งานต่อเนื่องจนครบ 300 ชั่วโมง โดยใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง สุดท้ายจึงนำเครื่องยนต์ดังกล่าวมาทดสอบกับชุดทดสอบสมรรถนะ เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของกำลัง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และควันท้ายเมื่อใช้ไบโอดีเซล และดีเซลเป็นเชื้อเพลิงอีกครั้ง

ตารางที่ 1 รายละเอียดเครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น RT 140 [2]

แบบเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบระบายความร้อนด้วยน้ำ
แบบเผาไหม้	ไดเร็กอินเจกชัน
ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	97 x 96 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	709 cc.
กำลังแรงม้าสูงสุด	14 /2400 hp/รอบต่อนาที (10.3 /2400 kW/รอบต่อนาที)
กำลังแรงม้าต่อเนื่อง	12.5/2400 hp/รอบต่อนาที (9.2/2400 kW/รอบต่อนาที)
อัตราส่วนแรงอัด	12.5/2400 hp/รอบต่อนาที (9.2/2400 kW/รอบต่อนาที)
แรงบิดสูงสุด	18 : 1
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	5.0 kg-m/1600 รอบต่อนาที

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ

รายการวิเคราะห์	วิธีทดสอบ	ค่าวิเคราะห์	หน่วย
1. Water Content	ASTM D 6304	754.75	ppm
2. Acid Value	ASTM D 664	0.27	mg KOH/g
3. Oxidation Stability	EN 14112	11.01	Hour
4. Carbon Residue	ASTM D 4530	0.01328	%wt
5. Gross Heat	ASTM D 240	38.20	MJ/kg
6. Cloud Point	ASTM D 2500	19.4	°C
7. Density	ASTM D 4052	0.84695	g/cm ³
8. ASTM Color	ASTM D 1500/156	0.8	-
9. Pour Point	ASTM D 97	18.0	°C
10. Flash Point	ASTM D 93	165.0	°C
11. Kinematic viscosity at 40 °C	ASTM D 445	4.518	mm ² /sec



รูปที่ 1 เครื่องยนต์ทดสอบต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 2 ชุดหลอดไฟ อุปกรณ์วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3 เครื่องวิเคราะห์ควันท้า TECNTEST

2.1. การทดสอบเครื่องยนต์ด้านสมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และควันท้า

วิธีการทดสอบดำเนินการโดยนำเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า รุ่น RT 140 ขนาดเล็ก มาประกอบเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะผลิตกระแสไฟฟ้าสลับจ่ายให้กับชุดหลอดไฟทดสอบ ซึ่งมีค่ากำลังวัตต์ 300, 500, 1,500 และ 2000 วัตต์ เมื่อเปิดสวิตช์ชุดหลอดไฟดังกล่าวให้ทำงาน จะเกิดแรงเบรกหรือภาระขึ้นกับเครื่องยนต์ต้นกำลัง ยิ่งเมื่อชุดหลอดไฟทดสอบกินกระแสไฟฟ้ามากขึ้นหรือเปิดหลอดไฟหลายตัว จำนวนวัตต์รวมมากขึ้น ภาระที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ก็จะเพิ่มขึ้นนั่นเอง และเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ 80% ดังนั้นกำลังวัตต์ของเครื่องยนต์ (Power) และแรงบิด (Torque) จะเป็นดังสมการ (1), (2) และ (3) ตามลำดับ

$$P_{Gen.} = I \times V \quad (1)$$

$$P_{Engine} = \frac{I \times V}{\eta_{Gen}} \quad (2)$$

$$\tau = \frac{P_{Engine} \times 60}{2\pi N} \quad (3)$$

โดยที่

$P_{Gen.}$	คือ	กำลังจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (วัตต์)
I	คือ	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
V	คือ	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
P_{Engine}	คือ	กำลังจากเครื่องยนต์ (วัตต์)
τ	คือ	แรงบิด (นิวตัน-เมตร)
N	คือ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)
η_{Gen}	คือ	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กรณีนี้ใช้ค่าคงที่ 0.8

การทดสอบครั้งนี้เป็นแบบ Full load-Full Throttle ซึ่งเป็นการเปิดคันเร่งค้างไว้ที่ตำแหน่งสูงสุด ความเร็วรอบเริ่มต้นทดสอบอยู่ที่ประมาณ 2,400 รอบต่อนาที หลังจากนั้นจะทำการเพิ่มภาระโดยการเปิดหลอดไฟเพิ่มขึ้น เพื่อให้ความเร็วรอบลดลงประมาณครึ่งละ 200 รอบต่อนาที จนถึงประมาณ 1,400 รอบต่อนาที ทำการเก็บข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลของสมรรถนะ และควันท้าของเครื่องยนต์

2.2. การทดสอบระยะยาว

การทดสอบทำโดยต่อเครื่องยนต์เข้ากับปั๊มน้ำที่สามารถให้ภาระแก่เครื่องยนต์ได้ 75% (รูปที่ 4) เดินเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่ประมาณ 2,400 รอบต่อนาที ทดสอบประมาณ 22 ชั่วโมงต่อวัน ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 300 ชั่วโมง หลังจากทดสอบครบ 300 ชั่วโมงแล้ว นำเครื่องยนต์มาทดสอบสมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และควันท้าอีกครั้ง



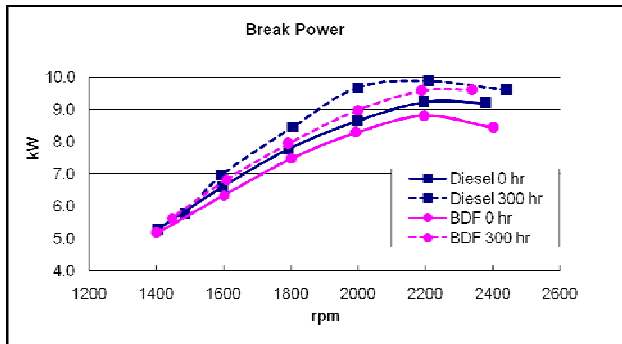
รูปที่ 4 การทดสอบใช้งานในระยะยาว

3. ผลการทดสอบ

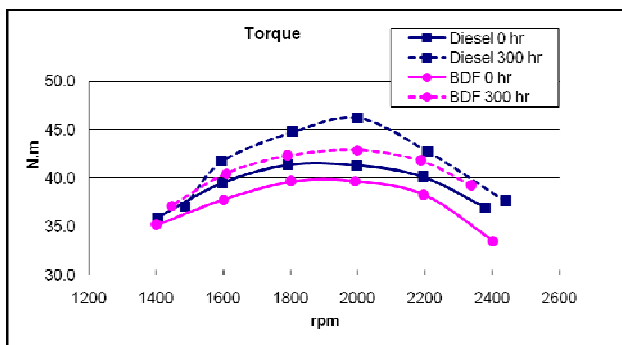
ผลการทดสอบสมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และควันท้าของเครื่องยนต์ ทั้งก่อนและหลังการใช้งานระยะยาวพบว่ามีความสอดคล้องกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งพบว่าสมรรถนะทางด้านกำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยกำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์เมื่อใช้ไบโอดีเซลจะมีค่าลดลงเล็กน้อย ดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ว่ามีอัตราการกินน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ดังรูปที่ 7 เนื่องจากค่าความร้อน (Heating value) ของไบโอดีเซลต่ำกว่าดีเซล เครื่องยนต์จึงจำเป็นต้องฉีดไบโอดีเซลในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อรักษากำลังของเครื่องยนต์ไว้ให้คงที่ [3]

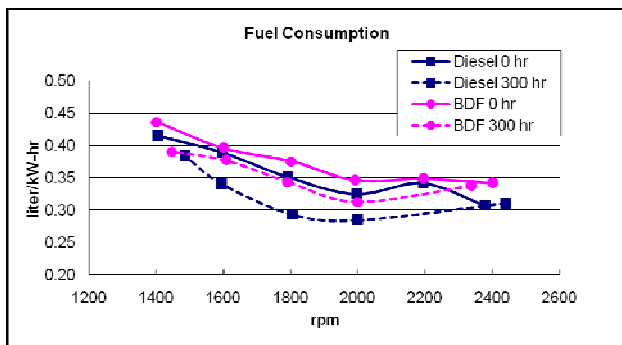
ค่าความหนาแน่นควันท้าลดลงอย่างเห็นได้ชัด สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าไบโอดีเซลมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า ซึ่งสาเหตุนี้เกิดจากการที่ไบโอดีเซลมีปริมาณออกซิเจนมากกว่าน้ำมันดีเซลนั่นเอง [4]



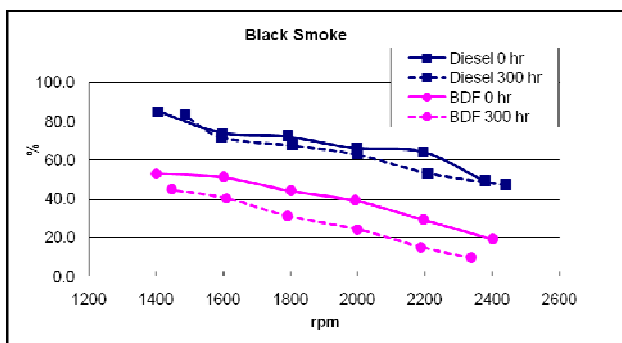
รูปที่ 5 ผลการทดสอบกำลังของเครื่องยนต์



รูปที่ 6 ผลการทดสอบแรงบิดของเครื่องยนต์



รูปที่ 7 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของเครื่องยนต์



รูปที่ 8 ผลการทดสอบควันดำของเครื่องยนต์

อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบด้วยน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล เมื่อใช้งานจนครบ 300 ชั่วโมง พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ทั้ง แรงบิดและกำลังมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันและควันดำ

มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบระยะแรก อาจมีสาเหตุ เนื่องจากการที่เครื่องยนต์ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ใหม่ จึงทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อใช้งานไปในระยะหนึ่ง

ระหว่างทดสอบการใช้งานระยะยาว และภายหลังการทดสอบเสร็จสิ้น ได้ทำการสังเกตและตรวจสอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ ซึ่งพบว่าที่กรองน้ำมันเชื้อเพลิงหยาบจะมีเศษผงติดตาม กรองทำให้ยากต่อการเทน้ำมัน ดังรูปที่ 9 เมื่อเริ่มมีเศษผงมากขึ้น สามารถล้างออกแล้วประกอบเข้าที่เดิม ส่วนกรองละเอียดมีเศษผง ติดตามกรองบ้างเล็กน้อย ดังรูปที่ 10 กรองไม่เกิดการอุดตัน สามารถทำการล้างแล้วประกอบเข้าที่เดิม ในขณะเดียวกันเมื่อทดสอบจนครบ 300 ชั่วโมง ได้ทำการถอดหัวฉีดของเครื่องยนต์นำมาตรวจสอบผลปรากฏว่าหัวฉีดเริ่มมีเขม่าจับตรงปลาย แต่ก็ยังสามารถเดินเครื่องทดสอบได้ต่อไปโดยเครื่องยนต์ไม่เกิดอาการสะดุด



รูปที่ 9 กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (หยาบ)



รูปที่ 10 กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (ละเอียด)



รูปที่ 11 หัวฉีดหลังการทดสอบ 300 ชั่วโมง

4. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบสมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน และควันท้าของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดี่ยวที่ใช้ในงานเกษตรกรรม เมื่อใช้ไบโอดีเซลล้วนเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล โดยทำการทดสอบทั้งก่อนและหลังการใช้งานเครื่องยนต์ในระยะยาว ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์จากการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีค่าลดลงเล็กน้อย อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้น ควันท้ามีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ สามารถใช้งานได้จนครบ 300 ชั่วโมง โดยไม่มีอาการผิดปกติของเครื่องยนต์แต่อย่างใด อย่างไรก็ตามพบว่าตัวกรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดความสกปรก แต่ยังสามารถล้างทำความสะอาดได้ ส่วนหัวฉีดพบว่าเริ่มมีเขม่าจับแต่ยังสามารถใช้งานต่อไปได้

สำหรับแผนการทดสอบในอนาคตนั้นจะเป็นการทดสอบการใช้งานของเครื่องยนต์ในระยะยาว ที่จะศึกษาถึงผลกระทบของการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่ภายในเครื่องยนต์ เช่น ลูกสูบ แหวน

ลูกสูบ ลูกปั๊มในปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ฯลฯ เป็นต้น โดยจะใช้ช่วงเวลาการทดสอบประมาณ 2,000 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากโปรแกรมพลังงานทางเลือก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ รหัสโครงการ MT-B-49-END-07-012-I: การศึกษาผลกระทบของน้ำมันสบู่ดำสำหรับเครื่องจักรกลเกษตรและใช้ไบโอดีเซลสำหรับรถยนต์ขนส่งขนาดเล็ก

เอกสารอ้างอิง

1. Magin Lapuerta, Octavio Armas, Jose Rodriguez-Fernandez, Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions, Process in energy and combustion science 34 (2008) 198-223.
2. คู่มือเครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น RT บริษัท สยามคูโบต้า อุตสาหกรรม จำกัด
3. รายงานความก้าวหน้าโครงการ MT-B-49-END-07-012-I การศึกษาผลกระทบของน้ำมันสบู่ดำสำหรับเครื่องจักรกลเกษตรและใช้ไบโอดีเซลสำหรับรถยนต์ขนส่งขนาดเล็ก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
4. Yamane K., Ueta A., Shimamoto Y., Influence of physical and chemical properties of biodiesel fuels on injection, combustion and exhaust emission characteristics in a direct injection compression ignition engine, Int. J. Engine Vol.2 No.4 (2001) 249-261.