بررسی پارامترهای عملکردی موتور تراکتور MF-399 با استفاده از ترکیب سوخت های دیزل، بیودیزل و بیواتانول

وحیده ایستان[1]، سید رضا حسن بیگی[2]،برات قبادیان[3]، محمد ابونجمی[4] ، ابوالفضل جوهر[5]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

2- دانشیار گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

v.istan@ut.ac.ir

چکیده

استفاده‌ی روزافزون از سوخت‌های فسیلی، افزایش قیمت محصولات نفتی، کاهش ذخایر موجود، افزایش آلاینده های زیست‌محیطی حاصل از احتراق سوخت های فسیلی محققان را در جهت یافتن منابع جدید انرژی غیرنفتی جایگزین ترغیب نموده است . سوخت‌های زیستی به عنوان یک انرژی جایگزین می توانند به صورت خالص یا مخلوط با سوخت‌های فسیلی به‌کار روند. از میان این سوخت‌ها، دو سوخت بیواتانول و بیودیزل پیشرفت قابل توجهی داشته اند و دسترسی به آن‌ها راحت‌تر است. در تحقیق حاضر با استفاده از سوخت مرسوم دیزل ونیز بیودیزل و بیواتانول تولید شده توسط مرکز تحقیقات بیوانرژی دانشگاه تربیت مدرس، مخلوط‌های مختلف سوخت با درصدهای حجمی متفاوت مطابق با استاندارد ASTM D-6751 تهیه شدند. در این تحقیق پارامترهای عملکردی (توان، گشتاور و مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه) موتور تراکتور MF-399 مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین توان و گشتاور از میان ترکیبات، مربوط به سوخت $D_{79}B_{15}E_6$ (بیودیزل 15٪ و اتانول 6٪) و $D_{93}B_5E_2$(بیودیزل 5٪ و اتانول 2٪) است. دلیل این امر کیفیت سوخت دیزل مصرفی و اکسیژن دار بودن سوخت بیودیزل و بیواتانول است که منجر به احتراق کامل می شود. با توجه به ارزش گرمایی پایین بیودیزل، مقدار مصرف سوخت نیز افزایش پیدا می‌کند. در مجموع نتیجه‌گیری شد که با افزودن 5٪ درصد بیودیزل و 2٪ اتانول به دیزل عملکرد موتور بدون هیچگونه تغییر و اصلاحی در اجزای آن بهبود می‌یابد و این ترکیب سوختی می تواند جایگزین مناسبی برای گازوئیل باشد و اگر هدف استفاده بیشتر از بیوسوخت ها باشد سوخت $D_{79}B_{15}E_6$ می‌تواند جایگزین خوبی برای گازوئیل باشد.

کلمات کلیدی: بیواتانول، بیو دیزل، تراکتور، توان، دیزل، گشتاور، مصرف سوخت.

مقدمه

با توجه به کاهش ذخایر سوختهای فسیلی، و افزایش آلاینده ها و تغییرات اقلیمی ناشی از آن در جو زمین، تولید و بکارگیری منابع نوین انرژی تجدیدپذیر که آلایندگی کمتری منتشر می کند، یک ضرورت است. در راستای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیم، برنامه‌های توسعه انرژی‌های پاک مطرح می‌باشد که با استفاده از منابع انرژی نوین مانند بیوفیول امکانپذیر است. بیوفیول یک سوخت غیرسمی، ایمن و قابل تجزیه بیولوژیکی می‌باشد که از منابع طبیعی نظیر روغن‌های گیاهی، روغن پسماند غذایی، چربی حیوانات و جلبک‌ها بدست می‌آید. بیوفیول می‌تواند در موتورهای دیزلی موجود، بدون نیاز به اصلاح موتور، استفاده شود. بیوفیول را می‌توان به هر نسبتی با سوخت دیزل معمولی مخلوط نمود. این عمل بهسوزی سوخت را افزایش داده و آلاینده

کمتری تولید می‌کند. استفاده از بیوفیول حاصل از بیوماس مواد کشاورزی همچنین باعث کاهش وابستگی به واردات سوخت و کاهش هزینه ی انرژی شده و بخشی از تقاضای انرژی جهانی را جوابگو می‌باشد.
بیودیزل یکی از انواع بیوسوخت‌هاست و خواصی بسیار شبیه به سوخت دیزل دارد با این تفاوت که دارای مواد ناخوشایندی از قبیل گوگرد، نیتروژن و آروماتیک‌های پلی سایکلیک نیست. این سوخت می‌تواند بدون ایجاد تغییر در بویلرها، ماشین‌های گرمایی و موتورهای درونسوز به جای سوخت دیزل به کار رود]زنوزی، 1386، Lee *et al*.2004[
اتانول نیز یکی از انواع الکلها به فرمول C_2H_5OH می باشد که به آن اسم‌های گوناگونی نظیر الکل اتیلیک، الکل نوع دوم، الکل غلات و ... نسبت داده می شود .اتانول دومین عضو از سری الکلهای آلیفاتیک 1 می باشد.کاملاً در آب و حلالهای آلی حل شده و بسیار آب دوست می باشد. اتانول مایعی بی رنگ با بویی مطبوع می‌باشد. در کشورهای مختلف دنیا اتانول به عنوان یک سوخت تجدیدپذیر مهم مطرح می باشد. تولید بیواتانول از مواد گیاهی در کشورهای مختلف دنیا رایج است . از تخمیر مواد قندی و نشاسته ای نیز می توان اتانول تولید نمود [نجفی، 1387]. مهم‌ترین استفاده اتانول، کاربرد سوختی آن در موتورهای درونسوز و خودروهای با پیل سوختی است [قبادیان، 1389].

مواد و روشها

پس از اندازه گیری خواص سوخت بیودیزل تهیه شده به روش ترانس استریفیکاسیون و مطابقت دادن آن ها با استاندارد بین‌المللی ASTM D6751-09 و اطمینان از استاندارد بودن آن، مخلوط های سوخت د یزل ، بیودیزل وبیواتانول به صورت درصد حجمی و بر اساس نسبت های ارائه شده در جدول (1) تهیه شدند. همچنین از دیزل خالص ($D_{100}B_0E_0$) به عنوان حد نهایی سوخت، استفاده گردید.

جدول1: مخلوط‌های سوخت دیزل ، بیودیزل وبیواتانول

پارامتر	سطوح					
	1	2	3	4	5	6
ترکیبات سوخت (٪حجمی)	$D_{100}B_0E_0$	$D_{93}B_5E_2$	$D_{86}B_{10}E_4$	$D_{79}B_{15}E_6$	$D_{72}B_{20}E_8$	$D_{65}B_{25}E_{10}$

در این جدول، حرف B بیانگر بیودیزل و حرف D بیانگر سوخت دیزل و حرف E بیانگر بیواتانول و اندیس کنار هر حرف سهم درصد آن سوخت در ترکیب را مشخص می‌کند که در این تحقیق برای اختصار هر سوخت با درصد اتانول مشخص می شود. به عنوان مثال سوخت $D_{93}B_5E_2$ به صورت مختصر با E_2 نمایش داده می‌شود. پس از آن خواص سوخت‌های تولیدشده با استاندارد ASTM-D6751 مطابقت داده شد و مشاهده شد که خصوصیات اصلی ترکیب‌های مورد نظر شامل ویسکوزیته سینماتیک، چگالی، نقطه ریزش، نقطه ابری شدن، نقطه اشتعال، خوردگی مس ، میزان آب ورسوبات و عدد ستان مطابق استانداردهای ASTM است .بنابراین با اطمینان از این سوخت‌ها در موتور دیزل تحت آزمایش استفاده شد.

از دینامومتر مدل NJ- FROMENT Σ5 برای اندازه‌گیری مصرف سوخت، گشتاور و توان موتور تراکتور MF-399 استفاده شد. دینامومتر به وسیله‌ی محور توان دهی به تراکتور متصل می‌شود و با افزایش بار، توان و گشتاور موتور را در هردور نمایش می دهد(شکل 1 و 2). برای اندازه‌گیری مصرف سوخت از جریان سنج دیجیتالی FTO

ساخت شرکت Flowtech استفاده گردید. این جریان‌سنج در مسیر ج ریان سوخت نصب شد و مسیر برگشت سوخت نیز به مخزن دیگری هدایت شد. مشخصات جریان سنج در جدول (2) مشاهده می‌شود.

جدول2: مشخصات دستگاه جریان‌سنج.

نام دستگاه	مدل	محدوده‌ی اندازه‌گیری	واحد	روش اندازه‌گیری
جریان‌سنج	FTO	37-1514	ml/min	توربین با حسگر مغناطیسی

شکل1:رابط محور PTO: الف) دینامومتر ، ب)تراکتور

شکل2: نمایی از دینامومتر NJ-FROMENT Σ5

مشخصات موتور تراکتور MF-399 در جدول (3) مشاهده می‌شود.

جدول3: مشخصات موتور تراکتور MF-399

مدل	پرکینز A63544
کارخانه سازنده	شرکت موتورسازان تراکتورسازی ایران
تعداد سیلندر	6
کورس سیلندر	127 mm
قطر سیلندر	98/6 mm
حجم سیلندر	5/8 L
ترتیب احتراق	1،5،3،6،2،4
بیشینه توان در 2300 rpm	(82 kW) 110 hp
بیشینه گشتاور در rpm 1300	376 N.m

مصرف سوخت ویژه نیز عبارت است از میزان جرمی از سوخت که برای تولید یک کیلوو ات ساعت کار واقعی در موتور مصرف می شود. در واقع مصرف سوخت ویژه یک متغیر مقایسه ای است که نشان می دهد یک موتور با چه کارایی انرژی سوخت را به کار تبدیل می کند. از آنجا که در این تحقیق میزان مصرف سوخت بر حسب ml/min در دسترس است، مقدار مصرف سوخت ویژه از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$SFC = \frac{60\rho \times FC}{P} \quad (1)$$

که در این معادله،

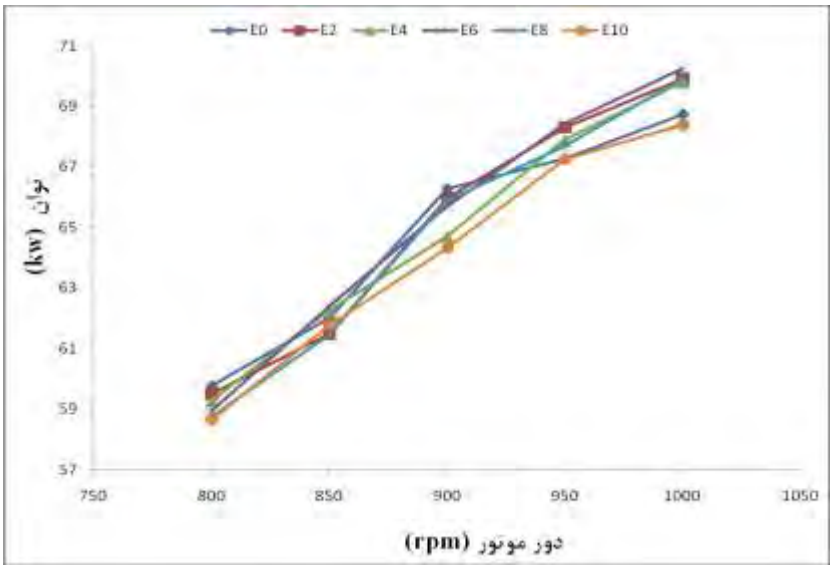
ρ= چگالی بر حسب g/cm^3 وFC= مصرف سوخت بر حسب ml/min وP= توان تولیدی بر حسب kW است.

مقادیر توان، گشتاور، مصرف سوخت در بازه ی 800-1000 rpm و با گام 50 rpm، در 5 تیمار به‌صورت دستی یادداشت گردید.

نتایج و بحث

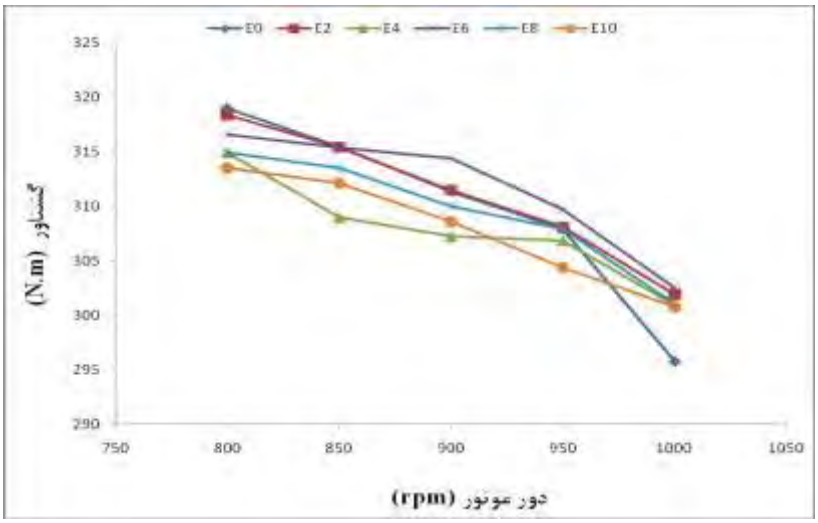
با استفاده از داده های آزمایش توان، گشتاور، مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه، نمودارهای مربوطه به کمک نرم‌افزار Excel رسم شده‌اند. در شکل(3) تغییرات توان موتور تراکتور تحت آزمایش نسبت به دور موتور با استفاده از مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل و بیواتانول نشان داده شده است.

از نمودارهای مربوط به تغییرات توان نسبت به دور موتور مشاهده می شود که تمام مخلوط های سوخت در دور 1000 rpm دارای توان بیشینه هستند . در میان این مخلوط ها، E_6 و E_2 نسبت به سایر مخلوط ها دارای توان بیشینه‌ی بزرگتری هستند و E_{10} دارای کمترین توان بیشینه است . در دورهای پایین اختلاف کمی بین توان در سوخت‌های مختلف وجود دارد، ولی با افزایش دور (کاهش بار) این اختلاف بیشتر می شود. اما در حالت کلی توان بیشینه‌ی همه‌ی مخلوط‌ها نزدیک به سوخت دیزل خالص است. . این روند توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است [Panwar et al. 2010; Godiganor *et al*., 2010; Behcet, 2011]. در برخی از منابع نیز افزایش توان موتور با استفاده از مخلوط بیودیزل ودیزل و بیواتانول نسبت به دیزل گزارش شده است و کیفیت سوخت دیزل مصرفی و اکسیژن‌دار بودن سوخت بیودیزل و بیواتانول که احتراق کامل را به دنبال دارد را دلیل این افزایش عنوان کرده‌اند [زنوزی، 1386؛ Aydin and Bayindir, 2010].



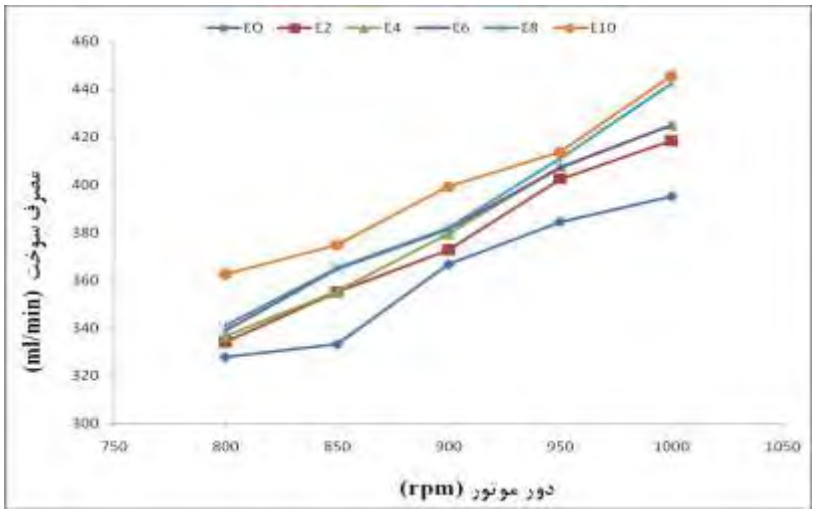
شکل3 : تغییرات توان مخلوطهای سوخت دیزل و بیودیزل وبیواتانول نسبت به دور موتور.

تغییرات گشتاور برای مخلوط های سوخت دیزل و بیودیزل و بیواتانول نسبت به دور موتور در شکل (4) نشان داده شده است.همان‌طور که از شکل(4) قابل مشاهده است، E_6 و مخلوطه‌ای E_2 و E_0 دارای گشتاور بزرگتر و نزدیک به‌هم هستند. مخلوط‌های E_8 ، E_{10} و E_4 نیز به ترتیب دارای گشتاور کمتری هستند . برای تمام مخلوط ها، با افزایش دور (کاهش بار)، اندازه‌ی گشتاور کاهش یافته است ، ولی در مخلوط E_0 میزان کاهش گشتاور بیشتر از سایر سوخت ها بوده است که دلیل این امر نیاز به بررسی بیشتر دارد . علت تغییرات گشتاور موتور به‌طور عمده در اثر خوب پر شدن سیلندر در مرحله ی تنفس است [زنوزی، 1386]. در سرعت‌های خیلی بالا زمان تنفس کمتر بوده و در نتیجه سیلندر به‌خوبی پر نمی‌شود. متعاقب آن، فشار تراکم و فشار احتراق کمتر شده و نیروهای اینرسی بخش‌های متحرک موتور افزایش یافته و در نهایت گشتاور واقعی موتور کاهش می‌یابد.



شکل 4: تغییرات گشتاور مخلوطهای سوخت دیزل و بیودیزل وبیواتانول نسبت به دور موتور

همان‌طور که در شکل (5) ملاحظه می‌شود، مخلوط E_2 دارای کمترین مصرف سوخت بوده و مخلوط E_{10} بیشترین مقدار سوخت را مصرف نموده است. اما به‌طور کلی مصرف سوخت تمام مخلوط‌ها در یک محدوده تغییر می‌کند.

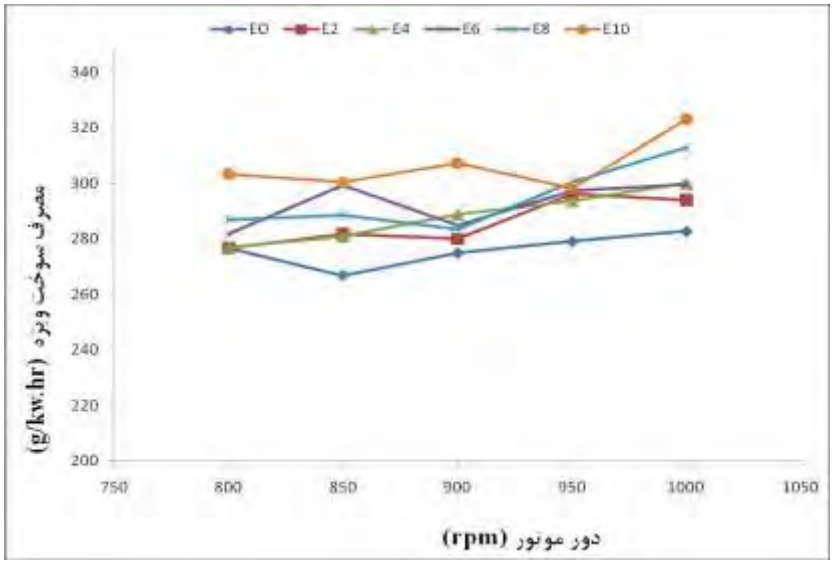


شکل 5: تغییرات مصرف سوخت مخلوطهای سوخت دیزل و بیودیزل و بیواتانول نسبت به دور موتور.

منحنی تغییرات مصرف سوخت ویژه مخلوط های سوخت دیزل و بیودیزل وبیواتانول نسبت به دور موتور در شکل (6) نشان داده شده است. میزان مصرف سوخت ویژه بستگی به نوع سوخت (چگالی سوخت)، نرخ مصرف سوخت و توان تولیدی در سر چرخ لنگر دارد.

با توجه به شکل (6)، سوخت E_2 دارای کمترین مصرف سوخت ویژه است و سوخت E_{10} دارای بیشترین میزان مصرف سوخت ویژه و همچنین کمترین توان است. با توجه به رابطه(1)، مصرف سوخت ویژه با نرخ مصرف سوخت نسبت مستقیم و با توان نسبت عکس دارد . در مجموع، مصرف سوخت ویژه ی کلی برای تمام مخلوط ها در محدوده‌ی یکسانی قرار دارد و افزایش آن نسبت به سوخت دیزل خالص چندان چشم‌گیر نیست. با توجه به ارزش حرارتی کمتر و چگالی بیشتر سوخت بیودیزل نسبت به سوخت دیزل، لذا با استفاده از مخلوط های سوخت دیزل و بیودیزل و بیواتانول حجم بیشتری از سوخت وارد محفظه ی احتراق می‌شود و در نتیجه نرخ مصرف سوخت افزایش می‌یابد.

در منابع متعددی نیز افزایش مصرف سوخت با استفاده از مخلوط های سوخت دیزل و بیوسوخت‌ها ذکر شده است و همگی پایین بودن ارزش حرارتی بیودیزل و بزرگتر بودن چگالی و ویسکوزیته ی این سوخت نسبت به دیزل را علت این افزایش عنوان نموده‌اند [زنوزی، 1386؛ Hazar, 2010; Saravanan *et al*., 2010a; Behcet 2011; Zhu *et al*., 2011; Lin et al. 2011].



شکل 6: تغییرات مصرف سوخت ویژه مخلوط‌های سوخت دیزل و بیودیزل و بیواتانول نسبت به دور موتور.

نتایج تحقیق در مجموع نشان داد که مخلوط های E_2 وE_6 بیشترین افزایش توان و گشتاور را در بین سایر ترکیبها دارند که علت آن را می توان به بهسوزی بیودیزل و بیواتانول به دلیل اکسیژن دار بودن این سوخت ها نسبت داد. با استفاده از ترکیبات میزان مصرف سوخت نسبت به سوخت دیزل خالص به جز در سوخت E_2 بالاتر می رود و بیشترین مصرف سوخت در کلیه ترکیبات در توان حداکثر به دست می‌آید. کمترین میزان مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه مربوط به ترکیب E_2 بود. اگرچه اختلاف معناداری بین مصرف سوخت در همه ترکیب ها مشاهده نشد. لذا اگر هدف استفاده از مقادیر بیشتر بیودیزل و بیواتانول باشد ترکیب E_6 مناسب تر از ترکیب E_2 است.

قدردانی

نویسندگان از مرکز بیوانرژی دانشگاه تربیت مدرس که برای انجام این پروژه امکانات آن مرکز را در اختیار قرار دادند صمیمانه تشکر می‌کنند.

منابع

1. زنوزی، ع (1386). ارزیابی عملکرد تراکتور MF-399 با استفاده از ترکیبات سوخت بیودیزل و دیزل . پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس . تهران، ایران.
2. قبادیان،ب، رحیمی ، ه و براتیان ،ا (1389)" تکنولوژی تولید و کاربرد سوخت بیواتانول " چاپ اول ، انتشارات آیینه نما.
3. نجفی، غ (1387) "بررسی پارامترهای احتراق در یک موتور درون سوزبا استفاده از سوخت بیواتانول " رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.تهران، ایران.
4. Aydin, H. and Bayindir, H. (2010) "Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine". Renewable Energy 35: 588-592.
5. Behcet, R. (2011). "Performance and e
6. mission study of waste anchovy fish biodiesel in a diesel engine." Fuel Processing Technology 92(6): 1187-1194.
7. Godiganur, Sh., Murthy, Ch.S. and Reddy, R.P. (2010) " Performance and emission characteristics of a Kirloskar HA394 diesel engine operated on fish oil methyl esters". Energy 35:65-69.
8. Hazar, H. (2011). "Characterization and effect of using cotton methyl ester as fuel in a LHR diesel engine." Energy Conversion and Management 52(1): 258-263.
9. Lee, S. W., T. Herage and B. Young (2004). "Emission reduction potential from the combustion of soy methyl ester fuel blended with petroleum distillate fuel." Fuel 83(11â€“12): 1607-1613.
10. Lin, Y.-C., K.-H. Hsu and C.-B. Chen (2011). "Experimental investigation of the performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel/ultra-low sulfur diesel blends." Energy 36(1): 241-248.
11. Panwar, N.L., Shrirame, H.Y., Rathore, N.S., Jindal, S. and Kurchania, A.K. (2010) " Performance evaluation of a diesel engine fueled with methyl ester of castor seed oil". Applied Thermal Engineering 30:245-249.
12. Saravan, S., Nagarajan, G. and Puhan, S. (2010) "Experimental investigation on a DI diesel engine fuelled with Madhuca Indica ester and diesel blend". Biomass and Bioenergy 34: 838-843.
13. Zhu, L., Chenung, C.S., Zhang, W.G. and Huang, ZH. (2011) "Combusion, performance and emission characteristics of DI diesel engine fueled with ethanol-biodiesel blends". Fuel 90:1743-1750.