مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۳ شماره ۱، آبان ماه ۸۹

بررسی تأثیر مخلوط های مختلف روغن کلزا با گازوئیل بر عملکرد موتور و کیفیت دود خروجی تراکتور MF۲۸۵

مومن علی نظری[۱]، عبدالعلی فرزاد[۲]، محمد حسین عباسپورفرد[۳*] و علیرضا دادخواه[۴]

۱- دانشجوی سابق کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- **نویسنده مسئول** : دانشیار گروه ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (abaspour@ferdowsi.um.ac.ir)

۴- استادیار آموزشکده کشاورزی شیروان

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۲۰

چکیده

در این تحقیق خواص سوختی و احتراقی روغن کلزا به عنوان بیودیزل مورد بررسی قرار گرفته است. چگالی، گران روی، نقطه اشتعال، کشش سطحی، ارزش حرارتی، عدد ستان، و نقطه ابری شدن روغن کلزا اندازه گیری شد و با مشخصه های گازوئیل نوع ۲ مقایسه گردید. این روغن با نسبت های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، و ۵۰ درصد حجمی با گازوئیل مخلوط شد و در یک تراکتور MF285 (مدل ۱۳۸٤) با پنج تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سرعت ثابت محور توان دهی، در کارگاه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی، مورد آزمایش قرار گرفت. مشخصه های عملکردی موتور و همچنین دوده خروجی اگزوز آن با مشخصه های عملکردی موتور با استفاده از گازوئیل و مخلوط های مختلف سوختی مقایسه شد. فاکتورهای آزمایش شامل درصد بار موتور (A) در چهار سطح (۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ بار) و در صد حجمی مخلوط روغن در گازوئیل در شش سطح صفر درصد تا ۵۰٪ یاد شده در بالا (B) بود. نتایج آزمایش نشان داد که توان خروجی از محور توان دهی و مصرف ویژه سوخت در مخلوط ها با اندکی اختلاف نزدیک به نتایج حاصله از گازوئیل می باشد. بهترین نتیجه از مخلوط ۲۰٪ روغن و در ۷۵٪ بار حاصل گردید. دوده خروجی از اگزوز نسبت به گازوئیل زیادتر بود، به طوری که برای مخلوط ۲۰٪ روغن حدود ۱۰٪ نسبت به گازوئیل افزایش داشت. نتایج به دست آمده نشان داد که روغن کلزا جایگزین مناسبی برای گازوئیل می تواند باشد.

کلید واژه ها: بیودیزل، عملکرد موتور ، غلظت دود

مقدمه

امروزه استفاده از موتور های درونسوز به دلیل مصرف کم و بازده بالا به عنوان کاراترین مولد حرکتی و نیروی محرکه در صنعت و کشاورزی رواج دارد. کار کرد موتورهای درونسوز در قابلیت استفاده ازسوخت های فسیلی (مشتقات نفتی) به اثبات رسیده است (۳ و۶). با وجود این، در سال های اخیر به دلیل کاهش منابع سوخت های فسیلی در دنیا و بروز مسائل زیست محیطی این گونه سوخت ها، تحقیقات وسیعی در راستای امکان استفاده از سوخت های زیستی از جمله بیودیزل به جای گازوئیل انجام گرفته است. سوخت های زیستی مثل بیواتانول و بیودیزل از مهم ترین اعضای این خانواده ازسوخت ها محسوب می‌شوند. نظر به این که در استفاده از سوخت های فسیلی آلاینده هایی نظیر منواکسید کربن، دی اکسید کربن، انواع اکسیدهای نیتروژن و ذرات جامد مضر تولید می شوند، تحقیق در راستای یافتن سوخت جایگزین و مناسب به جای گازوئیل، سهم وسیعی از تحقیقات را

به خود اختصاص داده است. از مهمترین دلایل انتخاب بیودیزل ها می توان به تجدیدپذیری، مقادیر کمتر آلاینده های حاصل از احتراق، عدم نیاز به تغییر در ساختار موتور اشاره کرد (۲، ۸ و ۱۰). استفاده از روغن های گیاهی در موتور دیزل ایده جذیدی نیست. اولین موتور دیزل توسط رودلف دیزل در سال ۱۹۰۰ که توسط سوخت استحصال شده از بادام زمینی کار می کرد، طراحی شد؛ اما به خاطر تهیه ارزان و آسان سوخت های نفتی موجود در جهان در آن زمان و در طی قرن گذشته استفاده از سوخت های گیاهی قطع شد.

این روند تا سال ۱۹۷۰ ادامه داشت و فقط در موارد اضطراری استفاده می شد. در سال ۱۹۷۰، که به زمان بحران نفتی معروف است، علاقه به سوخت های جدید بخصوص روغن های گیاهی افزایش یافت (۱۰). نوع روغن های آزمایش شده بستگی به فراوانی آنها در مناطق مختلف دارد. تا کنون در آمریکا سویا، در اروپا کلزا در فیلیپین نارگیل و در آسیای جنوب شرقی (مالزی، اندونزی) روغن خرما مورد استفاده قرار گرفته است (۶).

آزمایش های کوتاه مدت انجام شده بر روی انواع سوخت های زیستی نشان داده است که بیشتر روغن های گیاهی دارای توانایی بالقوه خوبی به منظور جایگزینی با گازوئیل در موتور دیزل می باشند (۶). مشکل اساسی استفاده از روغن های گیاهی به صورت خالص نقطه اشتعال بالا (فراریت کم)، گران روی بالا به خاطر جرم مولکولی زیاد و ساختار شیمیایی آنها است. به عنوان مثال، گران روی روغن های گیاهی از ۳۰ تا ۲۰۰ استوکس در ۴۰ درجه سانتی گراد است؛ درحالی که گران روی سوخت دیزل (انواع گازوئیل) در همان دما، حدود ۴ استوکس می باشد. گران روی بالا منجر به کاهش جریان در لوله های سوخت رسانی، انسداد فیلتر ها، افزایش هزینه پمپ کردن و کاهش قابلیت پودر شدن می شود. پودر شدن ضعیف باعث ایجاد قطرات بزرگ سوخت و ایجاد مخلوط ناقص، غیر یکنواخت و نامناسب با هوا در محفظه احتراق موتور می گردد که در نتیجه سبب سوختن ناقص سوخت می شود (۳). بنابراین برای بهبود خواص روغن های گیاهی برای استفاده در موتور های دیزل از سه روش گرم کردن، رقیق سازی و روش های شیمیایی استفاده می کنند. از روش های بالا مخلوط کردن روغن های گیاهی با سوخت دیزل به نسبت های متفاوت ساده ترین و ارزانترین روش تهیه سوخت می باشد. وانگ و همکاران[1] (۱۰)، اگروال و اگروال[2] (۲)، پرامانیک[3] (۸) و هیوزین و همکاران[4] (۶) از روش مخلوط کردن استفاده کردند که تاثیر بسزایی در کاهش گران روی و افزایش فراریت داشت. از طرف دیگر، در مناطق دور دست و روستایی معمولاً انواع مختلف دانه های گیاهی که پتانسیل تولید سوخت زیستی دارند، کاشته می شوند. در این مناطق ممکن است دسترسی به دستگاه های پالایش و فرایند سازی گران قیمت برای تولید سوخت با استفاده از روش شیمیائی امکان پذیر نباشد. بنابراین، روش مخلوط کردن روغن های گیاهی با سوخت دیزل می تواند راه حل ارزان، عملی و مناسبی به شمار آید (۲).

با توجه به سیاست اخیر وزارت جهاد کشاورزی در جهت ترویج و توسعه کشت کلزا در کشور، هدف از این تحقیق بررسی خواص سوختی روغن کلزا، محصول کارخانه روغن کشی شرکت سویا بین استان گلستان می باشد؛ البته در نگاه اول ممکن است این طور به نظر رسد که با توجه به کمبود روغن های گیاهی در کشور استفاده از این روغن ها برای مصارف سوختی موضوعیت ندارد؛ ولی باید توجه نمود که پس ماندهای کارخانجات صنایع غذایی و رستوران هایی که از این روغن ها به

1- Wang *et al.*
2- Agarwal & Agarwal
3- Pramanik
4- Huzayyin *et al.*

عنوان مواد اولیه استفاده می کنند، منابع اولیه خوبی برای تبدیل به سوخت به شمار می روند. مضافاً این که با توجه به سیاست های دولت به نظر می رسد که در آینده ای نزدیک و با حذف یارانه ها از سوخت های فسیلی، استفاده از روغن های گیاهی و یا پسماند های آنها توجیه اقتصادی لازم را خواهد داشت.

در تحقیق حاضر از مخلوط روغن کلزا با گازوئیل به نسبت های حجمی متفاوت به عنوان سوخت استفاده شده و در یک تراکتور MF285 مورد آزمایش قرار گرفته است. آزمایش ها با مخلوط روغن کلزا به نسبت های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد (حجمی) و در بار های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد موتور و در سرعت ثابت ۵۰۰ rpm محور توان دهی (PTO) انجام گرفته است. برای تعیین ویژگی های احتراقی سوخت پارامتر کدری دود خروجی از اگزوز (غلظت دود)، و برای تعیین پارامتر های عملکردی آن روی موتور، توان و مصرف سوخت ویژه اندازه گیری شد.

مواد و روش ها

کلیه مراحل مخلوط کردن و آزمایش های موتوری درکارگاه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی و آزمایشگاه شیمی شرکت ملی پخش فراورده های نفتی در سال ۱۳۸۷ انجام شد. برای انجام این پژوهش، از آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار استفاده شد. فاکتور های آزمایش شامل درصدی از بیشینه بار موتور (A) در چهار سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) و درصد حجمی روغن کلزا (با فرمول شیمیایی به صورت $C_{57}H_{105}O_6$) در گازوئیل (B) در شش سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰) بود.

کلیه آزمون های سوخت بر اساس استانداردهای ASTM (مطابق جدول ۱) صورت گرفت.

روغن کلزا از کارخانه روغن کشی شرکت سویابین واقع در استان گلستان به صورت خام و تصفیه نشده تهیه و خریداری شد و با گازوئیل نوع ۲ بر اساس استاندارد ASTM (۵) به نسبت های حجمی یاد شده در بالا مخلوط گردید.

برای تعیین شفافیت (بر حسب کدری دود خروجی از اگزوز موتور دیزل[1]) از دستگاه آزمونگر دود خروجی موتور های دیزل[2] همراه با برنامه و نرم افزارکامپیوتری یورو سیستم[3] استفاده گردید. این مجموعه میزان کدری دود خروجی از اگزوز را برحسب ضریب جذب k که واحد آن (m^{-1}) است، اندازه گیری می کند (۴).

برای اندازه گیری گشتاور، از دینامومتر هیدرولیکی فرود[4] ساخت شرکت پلینت[5] کشور انگلیس استفاده گردید. برای اندازه گیری سرعت از سرعت سنج دیجیتالی نصب شده بر روی دینامومتر استفاده شد.

تراکتور استفاده شده MF ۲۸۵ مدل ۱۳۸۴ تولیدی کارخانه تراکتور سازی تبریز می باشد. موتور مورد استفاده در این تراکتور ساخت شرکت موتور سازان ایران با شماره سریال f w۱۱۸۴۱p، دیزلی با پاشش مستقیم، چهار سیلندر، با حداکثر قدرت ۷۵ اسب بخار در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و با حداکثر گشتاور ۲۹۷ نیوتن متر در ۱۳۰۰ دور در دقیقه با پمپ انژکتور مدل wsk مجهز به انژکتور cu و آب خنک می باشد.

برای اندازه گیری مصرف سوخت، بر حسب لیتر در ساعت، از یک استوانه مدرج با دقت یک میلی لیتر استفاده گردید، به طوری که لوله ورودی سوخت به فیلتر ها و همچنین لوله برگشت سوخت

1- Opacity of the diesel smoke

۲- شرکت ماها، مدل MDO2-LON، ساخت کشور آلمان

3- EUROSYSTEM

4- Froude hydraulic dynamometer

5- PLINT

جدول۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی روغن کلزا، گازوئیل و مخلوط های روغن در گازوئیل

ویژگی	واحد	درصد روغن سوخت های مورداستفاده در آزمون							روش آزمون ASTM
		۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۱۰۰	
چگالی در ۱۵ درجه	kg/lit	۰/۸۳۵	۰/۸۴۵	۰/۸۵۴	۰/۸۶۱	۰/۸۶۹	۰/۸۷۱	۰/۹۲۰	D1298
گران روی دینامیکی در ۴۰ درجه	epose	۳/۳۱۷	۴/۵۳۸	۵/۴۷۹	۶/۳۱۸	۸/۲۳۰	۱۰/۱۲۱	۳۲/۸۷۹	D445
نقطه اشتعال	°C	۵۹/۴۵۰	۶۵	۶۶/۱۱۱	۶۸/۳۳۳	۶۸/۳۳۳	۶۸/۳۳۳	۱۵۷/۷۸	D93
نقطه ابری شدن	°C	۴/۴۴۴	۱/۶۶۶	۱/۶۶۶	۱/۶۶۶	-۱/۱۱۱	-۶/۶۶۶	-۱۲/۲۲	D2500
نقطه ریزش	°C	-۶/۶۶۶	-۶/۶۶۶	-۶/۶۶	-۹/۴۴۴	-۲۰/۵۵	-۱۷/۷۷	-۲۰/۵۵	D97
کشش سطحی	N/m	۰/۰۱۹۴	۰/۰۱۹۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰۴	۰/۰۲۰۶	۰/۰۲۰۹	۰/۰۲۲۵	-
ارزش حرارتی	MJ/kg	۴۴/۷*	-	-	-	-	-	۳۷/۶*	-
عدد ستان	°C	۵۳/۵	۵۳	-	-	-	-	۳۷/۶*	D976

* و * بر گرفته شده از رمادوس و همکاران (۹) و * بر گرفته شده از با خدا (۱)

از موتور به باک از میان این لوله صورت می گرفت. برای اندازه گیری مدت زمان مصرف سوخت از یک کرنومتر با دقت ۰/۱ ثانیه استفاده شد. با توجه به این که مصرف سوخت با بار و اندازه موتور تغییر می کند به منظور مستقل بودن مقادیر اندازه گیری شده، مصرف سوخت به صورت مصرف ویژه سوخت محور توانده‌ی (PSFC[1]) و بر حسب g/kW.hr اندازه گیری و ارائه گردید. مصرف ویژه سوخت از رابطه (۱ و ۲) بدست می آید:

$$M_f = Q_f \times P_f \quad (1)$$

$$PSFC = M_f \div P \quad (2)$$

که در آن M_f: نرخ مصرف سوخت بر حسب کیلوگرم بر ساعت؛ Q_f: نرخ مصرف سوخت بر حسب لیتر بر ساعت؛ P_f: چگالی سوخت بر حسب کیلوگرم در لیتر در ۱۵ درجه سانتی گراد؛ P: توان خروجی از PTO برحسب کیلو وات kW؛ PSFC: مصرف ویژه سوخت بر حسب g/kW.hr می باشد.

برای اندازه گیری چگالی سوخت ها، بر حسب kg/Lit، از یک هیدرومتر ساخت کشور انگلیس طبق استاندارد ASTM در دمای ۱۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد استفاده شد.

گران روی دینامیکی سوخت ها مطابق استاندارد ASTM در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد توسط دستگاه ویسکومتر[2] تعیین شد. طبق دستورالعمل دستگاه گران روی سنج مزبور، گران روی دینامیکی در دمای ثابت ۴۰ درجه سانتی گراد از رابطه (۳) محاسبه گردید:

$$\eta = K(d - d')T_r \quad (3)$$

1- PTO Specific fuel consumption

۲- نوع سقوط گلوله، ساخت کشور آلمان و مدل B/BH است.

η :گرانروی دینامیکی سانتی پواز؛ K: ثابت گلوله؛ d: چگالی گلوله بر حسب g/cm^3؛ d': چگالی مایع در دمای اندازه گیری بر حسب g/cm^3 و T_τ: زمان سقوط گلوله از بین دو خط نشان در دمای اندازه گیری بر حسب ثانیه است.

دمای نقطه اشتعال توسط دستگاهی از شرکت پنسکی مارتنز[1] اندازه گیری شد.

نقطه ریزش و ابری شدن مخلوط های تهیه شده توسط دستگاه ایرانی شرکت روانکاران صنعت طبق استاندارد ASTM اندازه گیری شدند.

اندازه گیری کشش سطحی توسط دستگاه آلمانی تنسیومتر در دمای محیط ۲۲ درجه سانتی گراد، انجام شد.

عدد ستان بر اساس آزمایش تقطیر طبق استاندارد D976 اندازه گیری با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید:

$$CI = -۴۲۰/۳۴ + ۰/۰۱۶\,G^2 + ۰/۱۹۲\,G \times LogM + ۶۵/۰۱(LogM)^2 - ۰/۰۰۱۸۰۹M^2 \quad (۴)$$

که در آن CI: شاخص ستان سوخت؛ G: چگالی بر حسب kg/Lit ؛ M: دمای متوسط نقطه جوش بر حسب سانتی گراد می باشند.

آزمایش ها در دما و فشار محیط انجام شد.

نتایج و بحث

اندازه گیری تجربی و آزمایش مشخصه های عملکردی موتور بر حسب توان خروجی از PTO، مصرف سوخت ویژه به ازاء توان خروجی از PTO و غلظت دود خروجی از اگزوز در تراکتور MF۲۸۵ بدون هیچ تغییر شکل موتوری با استفاده از سوخت دیزل و مخلوط های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصدی از روغن کلزا با گازوئیل به عنوان سوخت جایگزین بررسی شده است. با توجه به جدول ۲ اختلاف بین مجموع مربعات میانگین صفت های اندازه گیری شده در سطح ۱٪ معنی دار می باشند.

آزمایش در سرعت ثابت و بار های مختلف PTO انجام شد.

در این آزمایش ها تراکتور MF۲۸۵ برای تمامی مخلوط های تهیه شده سوخت ها، پایداری خود را ثابت نگه داشت و در طول آزمایش های کوتاه مدت انجام شده هیچ نشانه ای از خرابی در موتور مشاهده نشد و اختلالی در انجام آزمایش ها به وجود نیامد.

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی سوخت های مورد استفاده

نتایج کلیه آزمون ها در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون های چگالی سوخت ها، افزایش این مشخصه را برای سوختی با ۱۰۰ درصد روغن کلزا (فقط روغن) نسبت به گازوئیل درحدود ۱۰/۱۷ درصد نشان می دهد. به نظر می رسد که دلیل این امر وجود ترکیبات سنگین با ملکول های پیچیده در روغن کلزا باشد.

نتایج آزمون های گران روی سوخت ها افزایش این مشخصه را برای سوختی با ۱۰۰ درصد روغن کلزا نسبت به گازوئیل، حدود ۹/۹ برابر نشان می دهد. گرانروی بالاتر روغن کلزا به دلیل وجود ترکیبات سنگین با ملکول های پیچیده می باشد که احتمال می رود باعث بروز مشکلاتی در سیستم سوخت رسانی موتور در آزمایش بلند مدت شود. اثر گران روی زیاد، در کیفیت پودر کردن سوخت در هنگام پاشش انژکتور است، به طوری که انژکتور قادر نیست تا سوخت را برای تبخیر و احتراق مناسب به قطره‌های کوچک تبدیل کند.

نتایج اندازه‌گیری نقطه اشتعال نشان می دهد که افزایش درصد حجمی روغن در سوخت ترکیبی باعث افزایش نقطه اشتعال سوخت می شود؛ به طوری که نقطه اشتعال روغن کلزا به میزان قابل ملاحظه ای (۲/۶۵ برابر) نسبت به گازوئیل افزایش داشت. کمترین میزان افزایش مشخصه مورد نظر برای ۱۰ درصد حجمی روغن به میزان ۷ درصد

1- Pensky-Martens

نسبت به گازوئیل افزایش نشان مـی‌دهـد. احتمـال می رود دلیل این امر وجود هیدروکربن های با تعداد کربن کم بدون باندهای دوگانـه در سـوخت دیـزل باشد. خاصیت فراریت بالا، راحتی تبخیـر و اشـتعال سریع تر گازوئیل نـوع ۲ بـه کـار رفتـه نسـبت بـه بیودیزل به دلیل کمتر بودن نقطه اشتعال آن نسبت به بیودیزل می‌باشد. اگر چه نقطه اشـتعال بـه طـور مستقیم در کیفیت کار موتور تاثیرگذار نیست؛ ولی از لحاظ احتیاط های ایمنی در حمـل و نقـل کـردن و انبارکردن سوخت ها دارای اهمیت اسـت، لـذا ایـن مشخصـه بیـودیزل یـک مزیـت نسـبی بـرای آن محسوب می شود.

نتایج اندازه گیری نقطـه ابـری شـدن و ریـزش نمونه ها نشان داد که زیاد شدن میزان روغـن کلـزا در سوخت ترکیبی و کم شدن سهم سـوخت دیـزل متداول منجر به افزایش دمای نقطه ابـری شـدن و ریزش می شود. نقطه ریزش و نقطـه ابـری شـدن گازوئیل نسبت به روغـن بـه ترتیـب ۱۳/۹ و ۱۶/۷ درجه کاهش نشان می دهـد. ایـن عوامـل شـرایط نگهداری و انبار کردن سوخت و ایمنی آن در حمـل و نقل را بهبود می بخشد.

نتایج اندازه‌گیری ارزش حرارتـی ترکیـب هـای مختلف سوختی نشان داد که ارزش حرارتی سوخت هـای بیـودیزل از سـوخت هـای فسـیلی از جملـه گازوئیل کمتر است. احتمال مـی رود دلیـل کـاهش ارزش حرارتی، افـزایش جـرم ملکـولی در راسـتای افزایش طول زنجیره کربن، وجود بانـدهای دوگانـه بین اتم های کربن و حضور اکسـیژن در سـاختمان ملکولی این ترکیبات است، که باعث پایداری آنها در شرایط احتراق می شود. این امر باعث کاهش ارزش حرارتی سوخت های زیستی نسبت به سوخت هـای فسیلی با ساختمان مولکولی ساده‌تر می شود. نتـایج آزمون شاخص ستان نشان داد کـه شـاخص سـتان روغن با افزایش درصد روغن ها کاهش می یابد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده های صفات اندازه گیری شده در تیمارهای مورد بررسی

تیمار	درجه آزادی	صفت های اندازه گیری شده		
		توان	مصرف سوخت ویژه	کدری دود
درصد بارگذاری (A)	۳	۷۴۰۷۶۹۸۶۷۳۶/۴۵۶**	۱۹۳۲۶۲/۶۲۱**	۲۶/۰۷۷**
درصد روغن (B)	۵	۱۵۵۶۵۲۴/۸۴۰**	۶۶۴۶/۹۱۹**	۰/۱۲۳**
اثرمتقابل(A*B)	۱۵	۱۹۹۵۷۵/۳۴۲**	۴۹۸۸/۰۰۶**	۰/۰۱۸**
خطای آزمایش(E)	۹۶	۲۴۰۲۸/۰۷۹	۴۸۲/۴۱۴	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات(CV)	-	٪۰/۶۹	٪۵/۹۶	٪۷/۷

** نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۱٪ می باشد

مصرف سوخت ویژه

نتایج آزمایش مصرف سوخت ویـژه تراکتـور بـا گازوئیل خالص و سوخت حاصل از مخلـوط روغـن کلزا با گازوئیل در جداول ۳ و ۴ با هم مقایسه شـده اند. اگر چه مصرف سوخت بر حسب لیتر در سـاعت می باشد؛ ولی چون با بار و اندازه موتور تغییـر مـی کند آن را به صورت ویژه و بر حسب g/kW.h بیان می کنند. با توجه به جدول۳ مشاهده می شـود کـه اختلاف معنی داری بـین مصـرف ویـژه سـوخت در بارهای مختلف وجـود دارد؛ بـه طـوری کـه مقـدار مصرف سوخت ویژه ابتدا با افزایش بار موتور کاهش یافته و یک روند نزولی پیدا مـی کنـد و سپس بـا افزایش درصد بیشینه بار موتور روندی صعودی دارد. به نظر می رسد که بـا افـزایش درصـد بیشـینه بـار موتور، توان (به دلیل افزایش بازده گرمـایی موتـور) افزایش پیدا می کند و منجر به کاهش مصرف ویژه سوخت می شود. سپس با افزایش بار در یک سرعت ثابت (حجم ثابت هوا)، باعث ورود سوخت بیشتر بـه داخل سیلندر می شود که این امر منجر بـه احتـراق ناقص سوخت گردیـده و در نتیجـه بـازده گرمـایی کاهش یافته و به دنبـال آن مصـرف ویـژه سـوخت افزایش پیدا کرده است. این نتیجه و روند تغییـر بـا نتایج تحقیقـات انجـام شـده قبلـی ماننـد وانـگ و همکاران (۱۰)، اگروال و اگروال (۲) و پرامانیک (۸) مطابقت دارد. با توجه بـه جـدول ۴ اخـتلاف معنـی داری بین مقدار مصرف ویژه سوخت در درصد های مختلف روغن در مخلوط وجود دارد. همان طور کـه ملاحظه می شود یک روند صعودی بـرای مصـرف ویژه سوخت نسبت به افزایش درصد روغن کلـزا در مخلوط روغن با سوخت دیزل مشاهده می شـود. در تحقیق انجام شده توسط ماچکون و همکـاران[1] (۷) روی روغن نارگیل و اگروال و اگـروال (۲) بـر روی روغن جاتروفا، نیز نتیجه ای مشـابه مشـاهده شـده است. ملاحظه می شود که اختلاف مقـدار مصـرف ویژه سوخت در بارهای مختلف موتور در اسـتفاده از مخلوط های مختلف سـوختی خیلـی نـاچیز اسـت. احتمال می رود دلیل افزایش مصرف سوخت ویژه با افزایش درصد روغن به خـاطر سـه عامـل اساسـی چگالی بالا، گران روی بالا و محتوای انرژی پـایین روغن ها باشد. چگالی بالای روغن در مخلوط هـا منجر به پمپاژجرمی بیشتر در حجم ثابت پلانجر در پمپ انژکتور سوخت می شود؛ بدین دلیـل مصـرف سوخت ویژه افزایش پیدا مـی کنـد. یکـی دیگـر از دلایل افزایش مصرف ویـژه سـوخت آن اسـت کـه برای ایجاد یک مقـدار انـرژی یکسـان در محفظـه احتراق موتور، به خاطر محتوای انرژی پایین روغن، مقدارمصرف بیشتری روغن نیاز است.

توان خروجی

جدول ۳، توان خروجی از PTO بر حسب درصد بار موتور برای تراکتور MF۲۸۵ را نشان می دهـد. همان طور که در این جدول مشاهده می شود؛ بین میانگین های توان در بارگذاری های مختلف موتور، اختلاف معنی داری وجـود دارد. بـه طـوری کـه بـا افزایش درصد بار موتور، توان خروجی افزایش مـی یابد. این نتیجه با کار های انجام شـده قبلـی ماننـد وانگ و همکارانش (۱۰) مطابقت دارد. با توجـه بـه جدول ۴ اختلاف معنی داری نیز بین توان ها برای درصد های مختلف روغن در مخلوط مشـاهده مـی شود. که با افزایش درصـد روغـن کلـزا در سـوخت مخلوط، مقدار توان خروجی.کاهش پیدا می کند؛ هر چند که اختلافات توان خروجی PTO برای سوخت های متفـاوت، در بـار هـای مختلـف خیلـی نـاچیز هستند. ممکن است دلیل این کـاهش انـدک تـوان خروجی از PTO برای سـوخت مخلـوط نسـبت بـه گازوئیل، به خاطر ارزش حرارتی پایین روغن کلزا و ناقص سوختن روغن کلـزا بـه خـاطر گـران روی و چگالی بالا باشد. افزایش اکسیژن در مولکول هـای

1 Machcon *et al.*

جدول ۳- اثردرصدهای مختلف بار موتور بر صفات اندازه گیری شده در آزمایش

بار موتور	میانگین مربعات صفت های اندازه گیری شده		
	توان (KW)	مصرف ویژه سوخت (g/kWh)	کدری دود با ضریب جذب k (m^{-1})
۱۰۰	۳۶/۱۵۰^{a}	۳۵۱^{b}	۲/۰۱۷^{d}
۷۵	۲۷/۰۰۰^{b}	۳۰۳/۳^{cd}	۰/۱۸۷۳^{b}
۵۰	۱۸/۰۱۰^{c}	۳۳۴/۸^{c}	۰/۱۳۸^{c}
۲۵	۹/۰۴۶^{d}	۴۵۸^{a}	۰/۱۳۲۷^{c}

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح ۱٪ دارای تفاوت معنی داری نمی باشند

جدول ٤- اثردرصدهای مختلف حجمی روغن کلزا در مخلوط بر صفات اندازه گیری شده در آزمایش

درصد روغن در مخلوط	میانگین مربعات صفت های اندازه گیری شده		
	توان (KW)	مصرف ویژه سوخت (g/kWh)	کدری دود با ضریب جذب k (m^{-1})
۰	۲۳/۰۷۰^{a}	۳۵۱/۸^{e}	۰/۵۵۳۵^{d}
۱۰	۲۲/۴۱۰^{cd}	۳۷۶/۸^{b}	۰/۵۱۷۵^{d}
۲۰	۲۲/۶۵۰^{b}	۳۴۳/۷^{f}	۰/۶۰۹۵^{c}
۳۰	۲۲/۴۹۰^{c}	۳۷۳/۶^{b}	۰/۶۳۶۵^{bc}
۴۰	۲۲/۳۷۰^{d}	۳۹۴/۴^{a}	۰/۶۵۶۵^{b}
۵۰	۲۲/۳۱۰^{d}	۳۷۰^{b}	۰/۷۳۸۴^{a}

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح ۱٪ دارای تفاوت معنی داری نمی باشند

روغن نسبت به گازوئیل اگر چه ویژگی های سوختن و دود خروجی از اگزوز را بهبود می دهد، اما ارزش حرارتی روغن کلزا را پایین می آورد.

کدری دود خروجی از اگزوز

در جدول های ۳ و ۴ کدری دود خروجی از اگزوز موتور تراکتور حاصل از سوختن سوخت گازوئیل و سوخت مخلوط نشان داده شده است. با توجه به جدول های ۳ و ۴ اختلاف معنی دار بین کدری دود خروجی در درصد بارهای مختلف و درصد های حجمی روغن در مخلوط مشاهده می شود. ملاحظه می شود که با افزایش در صد حجمی روغن در سوخت، مقدار کدری دود در بارهای متفاوت زیاد می شود و احتمال می رود دلیل آن به خاطر خصوصیات سوخت از قبیل چگالی و گران روی بالای مخلوط باشد که باعث کاهش عدد رینولدز (که بیانگر کاهش تلاطم است) و افزایش قطر متوسط قطرات سوخت می گردد. کاهش عدد متوسط ذرات سوخت باعث افزایش زمان تبخیر سوخت و کاهش سرعت مخلوط هوا با سوخت می گردد. این عوامل منجر به ناقص سوختن و افزایش کدری دود خروجی از اگزوزمی شود. این نتیجه و روند تغییر با نتایج تحقیقات انجام شده قبلی مانند

اگروال و اگروال (۲) مطابقت دارد. (فاکتور های آزمایش شامل درصد بیشینه بار موتور در چهار سطح (۲۰، ۴۰،۸۰، ۶۰ و ۱۰۰) و درصد حجمی روغن جاتروفا در مخلوط سوختی در شش سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) درصد حجمی بود. ملاحظه شده است که با افزایش در صد حجمی روغن در سوخت، مقدار کدری دود در بارهای متفاوت زیاد می شود). علاوه بر این همان طور که در جدول ۳ دیده می شود، کدری دود خروجی از اگزوز با افزایش بار موتور افزایش می یابد، اما این اختلافات ناچیز می باشند. به نظر می رسد دلیل آن بدان سبب است که با افزایش بار در یک سرعت ثابت (حجم هوا ثابت)، میزان ورود سوخت به سیلندر بیشتر می شود که خود منجر به احتراق ناقص سوخت می گردد. این نتیجه و روند تغییر با نتایج تحقیقات انجام شده قبلی مانند اگروال و اگروال (۲) در روغن جاتروفا مطابقت دارد.

نتیجه گیری

از آزمایش های انجام شده روی موتور تراکتور با استفاده از مخلوط روغن کلزا و گازوئیل نوع ۲ نتایج زیر حاصل گردید:

۱- در مجموع عملکرد موتور با سوخت مخلوط در حد قابل قبول در مقایسه با عملکرد آن با سوخت گازوئیل می باشد.

۲- تفاوت اصلی مشخصه های اندازه گیری شده با سوخت مخلوط در مقایسه با سوخت گازوئیل به خاطر ارزش حرارتی پایین، چگالی و گران روی بالای روغن کلزا نسبت به گازوئیل می باشند.

۳- بهترین توان و مصرف سوخت ویژه در ۲۰ درصد حجمی مخلوط روغن و ۷۵ درصد بار بیشینه موتور حاصل گردید.

۴- نتایج حاصل از پارامتر های عملکردی موتور نشان داد که روغن کلزا دارای پتانسیل خوبی برای جایگزینی سوخت دیزل، بدون تغییر شکل موتور و سیستم انژکتوری است.

منابع

۱. باخدا، ح. ۱۳۸۲. امکان استفاده از روغن منداب شتری به عنوان سوخت جایگزین و معرفی تکنولوژی تولید آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران.

2. Agarwal, D., and Agarwal, A.K. 2007.Performance and emission characteristics of jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine. App. Thermal Eng., 27: 2314-2323.

3. Alton, S., Bulut, H., and Oner, C. 2008. The comparison of engine performance and exhaust emission characteristics of sesame oil-diesel fuel mixture with diesel fuel in a direct injection diesel engine. Renewable Energy, 33: 1791-1975.

4. Anon. 2005. Diesel emission tester MDO2-LON with P.C operating manual Six edition, MAHA Maschine nbau Haldenwang Gmb & CO. KG.

5. Fergusen, R., and Kirikpatrick, A., 2000. Internal Combustion Engines Fuel, 31: 127-142.

6. Huzayyin, A.S., Bawad, A.H., Rady, M A., and Dawood, A. 2004. Experimental evaluation of diesel engine performance and emission blend of jojoba oil and diesel fucL. Energy conversion and management, 45: 2093-2112.

7. Machacon, H.T.C., Matsumoto, Y., Ohkawara, C., Shiga, S., Karasawa, T., and Nakamura, H. 2001. The effect of coconut oil and diesel fucl blends on diesel engine performance and exhaust emission. JSAE Review, 22: 349-355.

8. Pramanik, K. 2003. Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blend in compression ignition engine. Renewable Energy, 22: 239-248.

9. Ramadhas, A.S., Jayaraj, S., and Muraleedharan, C. 2004. Use of vegetable oils as IC engine fuels-a review. Renewable Energy, 29: 727-742.

10. Wang, Y.D., A.L-Shemmeri, T., Eames, P., McMullan, J., Hewitt. N., Huang, Y., and Rezvani, S. 2006. An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emission of a dies engine using blends of a vegetable oil. Applied Thermal Engineering, 26: 1684-1691.