



بررسی تأثیر مخلوط های مختلف روغن کلزا با گازوئیل بر عملکرد موتور و کیفیت دود خروجی تراکتور MF285

مومن علی نظری^۱، عبدالعلی فرزاد^۲، محمد حسین عباسپور فرد^{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

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

۴- استادیار آموزشکده کشاورزی شیروان

تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۲۰

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۰

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 ۱۳۸۴) 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 آگروز 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 آگروز 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

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 از سوخت ها محسوب می شوند. 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

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 از سوخت های فسیلی (مشتقات نفتی) به اثبات رسیده است (۳ و ۶). 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

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 جدیدی نیست. اولین موتور دیزل توسط سوخت استحصال 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 ارزانه ترین روش تهیه سوخت می باشد. وانگ و همکاران^۱ (۱۰)، اگروال و اگروال^۲ (۲)، پرامانیک^۳ (۸) و هیوزین و همکاران^۴ (۶) از روش مخلوط کردن استفاده کردند که تأثیر 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 شیمیایی 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 مانده های 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.*

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 کدوری دود خروجی از اگزوز موتور دیزل^۱) از دستگاه آزمونگر دود خروجی موتور های دیزل^۲ همراه با برنامه و نرم افزار کامپیوتری یورو سیستم^۳ استفاده گردید. این مجموعه میزان کدوری دود خروجی از اگزوز را بر حسب ضریب جذب k که واحد آن (m^{-1}) است، اندازه گیری می کند (۴).

برای اندازه گیری گشتاور، از دینامومتر هیدرولیکی فرود^۴ ساخت شرکت پلینت^۵ 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 $d f w 11841p$ ، 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 فیلترها و همچنین لوله برگشت سوخت

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 کدوری 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 موتور در کارگاه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی و آزمایشگاه شیمی شرکت ملی پخش فرآورده 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.

1- Opacity of the diesel smoke

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

3- EUROSISTEM

4- Froude hydraulic dynamometer

5- PLINT

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی روغن کلزا، گازوئیل و مخلوط های روغن در گازوئیل

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

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

توان خروجی از PTO بر حسب 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^۲ تعیین شد. طبق دستورالعمل دستگاه گران روی سنج مزبور، گران روی دینامیکی در دمای ثابت ۴۰ درجه سانتی گراد از رابطه (۳) محاسبه گردید:

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

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

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^۱) 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 :

1- PTO Specific fuel consumption

آزمایش در سرعت ثابت و بارهای مختلف PTO انجام شد.

در این آزمایش‌ها تراکتور MF۲۸۵ برای تمامی مخلوط‌های تهیه شده سوخت‌ها، پایداری خود را ثابت نگه داشت و در طول آزمایش‌های کوتاه مدت انجام شده هیچ نشانه‌ای از خرابی در موتور مشاهده نشد و اختلالی در انجام آزمایش‌ها به وجود نیامد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سوخت‌های مورد استفاده

نتایج کلیه آزمون‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون‌های چگالی سوخت‌ها، افزایش این مشخصه را برای سوختی با ۱۰۰ درصد روغن کلزا (فقط روغن) نسبت به گازوئیل در حدود ۱۰/۱۷ درصد نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که دلیل این امر وجود ترکیبات سنگین با ملکول‌های پیچیده در روغن کلزا باشد.

نتایج آزمون‌های گران‌روی سوخت‌ها افزایش این مشخصه را برای سوختی با ۱۰۰ درصد روغن کلزا نسبت به گازوئیل، حدود ۹/۹ برابر نشان می‌دهد. گرانروی بالاتر روغن کلزا به دلیل وجود ترکیبات سنگین با ملکول‌های پیچیده می‌باشد که احتمال می‌رود باعث بروز مشکلاتی در سیستم سوخت‌رسانی موتور در آزمایش بلند مدت شود. اثر گران‌روی 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 می‌دهد که افزایش درصد حجمی روغن در سوخت ترکیبی باعث افزایش نقطه اشتعال سوخت می‌شود؛ به طوری که نقطه اشتعال روغن کلزا به میزان قابل ملاحظه‌ای (۲/۶۵ برابر) نسبت به گازوئیل افزایش داشت. کمترین میزان افزایش مشخصه مورد نظر برای ۱۰ درصد حجمی روغن به میزان ۷ درصد

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

دمای نقطه اشتعال توسط دستگاهی از شرکت پنسکی مارتنز^۱ اندازه‌گیری شد.

نقطه ریزش و ابری شدن مخلوط‌های تهیه شده توسط دستگاه ایرانی شرکت روانکاران صنعت طبق استاندارد ASTM اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری کشش سطحی توسط دستگاه آلمانی تنسیومتر در دمای محیط ۲۲ درجه سانتی‌گراد، انجام شد.

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

$$CI = -420/34 + 0/016 G^2 + 0/192 G \times \text{Log}M + 65/01 (\text{Log}M)^2 - 0/0001809 M^2 \quad (4)$$

که در آن CI: شاخص ستان سوخت؛ G: چگالی بر حسب kg/Lit ؛ M: دمای متوسط نقطه جوش بر حسب سانتی‌گراد می‌باشند.

آزمایش‌ها در دما و فشار محیط انجام شد.

نتایج و بحث

اندازه‌گیری تجربی و آزمایش مشخصه‌های 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 مخلوط‌های 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 صفت‌های اندازه‌گیری شده در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشند.

1- Pensky-Martens

درجه کاهش نشان می دهد. این عوامل شرایط نگهداری و انبار کردن سوخت و ایمنی آن در حمل و نقل را بهبود می بخشد.

نتایج اندازه گیری ارزش حرارتی ترکیب های مختلف سوختی نشان داد که ارزش حرارتی سوخت های بیودیزل از سوخت های فسیلی از جمله گازوئیل کمتر است. احتمال می رود دلیل کاهش ارزش حرارتی، افزایش جرم ملکولی در راستای افزایش طول زنجیره کربن، وجود باندهای دوگانه بین اتم های کربن و حضور اکسیژن در ساختمان 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 های فسیلی با ساختمان مولکولی ساده تر می شود. نتایج آزمون شاخص ستان نشان داد که شاخص ستان روغن با افزایش درصد روغن ها کاهش می یابد.

نسبت به گازوئیل افزایش نشان می دهد. احتمال می رود دلیل این امر وجود هیدروکربن های با تعداد کربن کم بدون باندهای دوگانه در سوخت دیزل باشد. خاصیت فراریت بالا، راحتی تبخیر و اشتعال سریع تر گازوئیل نوع ۲ به کار رفته نسبت به بیودیزل به دلیل کمتر بودن نقطه اشتعال آن نسبت به بیودیزل می باشد. اگر چه نقطه اشتعال به طور مستقیم در کیفیت کار موتور تاثیرگذار نیست؛ ولی از لحاظ احتیاط های ایمنی در حمل و نقل کردن و انبار کردن سوخت ها دارای اهمیت است، لذا این مشخصه بیودیزل یک مزیت نسبی برای آن محسوب می شود.

نتایج اندازه گیری نقطه ابری شدن و ریزش نمونه ها نشان داد که زیاد شدن میزان روغن کلزا در سوخت ترکیبی و کم شدن سهم سوخت دیزل متداول منجر به افزایش دمای نقطه ابری شدن و ریزش می شود. نقطه ریزش و نقطه ابری شدن گازوئیل نسبت به روغن به ترتیب ۱۳/۹ و ۱۶/۷

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

تیمار	درجه آزادی	صفات های اندازه گیری شده		
		توان	مصرف سوخت ویژه	کدری دود
درصد بار گذاری (A)	۳	۷۴۰۷۶۹۸۶۷۳۶/۴۵۶ ^{oo}	۱۹۳۲۶۲/۶۲۱ ^{oo}	۲۶/۰۷۷ ^{oo}
درصد روغن (B)	۵	۱۵۵۶۵۲۴/۸۴۰ ^{oo}	۶۶۴۶/۹۱۹ ^{oo}	۰/۱۲۳ ^{oo}
اثر متقابل (A*B)	۱۵	۱۹۹۵۷۵/۳۴۲ ^{oo}	۴۹۸۸/۰۰۶ ^{oo}	۰/۰۱۸ ^{oo}
خطای آزمایش (E)	۹۶	۲۴۰۲۸/۰۷۹	۴۸۲/۴۱۴	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (CV)	-	%/۶۹	%/۹۶	%/۷۷

^{oo} نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۱٪ می باشد

است. ملاحظه می شود که اختلاف مقدار مصرف ویژه سوخت در بارهای مختلف موتور در استفاده از مخلوط های مختلف سوختی خیلی ناچیز است. احتمال می رود دلیل افزایش مصرف سوخت ویژه با افزایش درصد روغن به خاطر سه عامل اساسی چگالی بالا، گران روی بالا و محتوای انرژی پایین روغن ها باشد. چگالی بالای روغن در مخلوط ها منجر به پمپاژ جرمی بیشتر در حجم ثابت پلانجر در پمپ انژکتور سوخت می شود؛ بدین دلیل مصرف سوخت ویژه افزایش پیدا می کند. یکی دیگر از دلایل افزایش مصرف ویژه سوخت آن است که برای ایجاد یک مقدار انرژی یکسان در محفظه احتراق موتور، به خاطر محتوای انرژی پایین روغن، مقدار مصرف بیشتری روغن نیاز است.

توان خروجی

جدول ۳، توان خروجی از PTO بر حسب درصد بار موتور برای تراکتور MF۲۸۵ را نشان می دهد. همان طور که در این جدول مشاهده می شود؛ بین میانگین های توان در بارگذاری های مختلف موتور، اختلاف معنی داری وجود دارد. به طوری که با افزایش درصد بار موتور، توان خروجی افزایش می یابد. این نتیجه با کار های انجام شده قبلی مانند وانگ و همکارانش (۱۰) مطابقت دارد. با توجه به جدول ۴ اختلاف معنی داری نیز بین توان ها برای درصد های مختلف روغن در مخلوط مشاهده می شود. که با افزایش درصد روغن کلزا در سوخت مخلوط، مقدار توان خروجی کاهش پیدا می کند؛ هر چند که اختلافات توان خروجی PTO برای سوخت های متفاوت، در بار های مختلف خیلی ناچیز هستند. ممکن است دلیل این کاهش اندک توان خروجی از PTO برای سوخت مخلوط نسبت به گازوئیل، به خاطر ارزش حرارتی پایین روغن کلزا و ناقص سوختن روغن کلزا به خاطر گران روی و چگالی بالا باشد. افزایش اکسیژن در مولکول های

مصرف سوخت ویژه

نتایج آزمایش مصرف سوخت ویژه تراکتور با گازوئیل خالص و سوخت حاصل از مخلوط روغن کلزا با گازوئیل در جداول ۳ و ۴ با هم مقایسه شده اند. اگر چه مصرف سوخت بر حسب لیتر در ساعت می باشد؛ ولی چون با بار و اندازه موتور تغییر می کند آن را به صورت ویژه و بر حسب $g/kW.h$ بیان می کنند. با توجه به جدول ۳ مشاهده می شود که اختلاف معنی داری بین مصرف ویژه سوخت در بارهای مختلف وجود دارد؛ به طوری که مقدار مصرف سوخت ویژه ابتدا با افزایش بار موتور کاهش یافته و یک روند نزولی پیدا می کند و سپس با افزایش درصد بیشینه بار موتور روندی صعودی دارد. به نظر می رسد که با افزایش درصد بیشینه بار موتور، توان (به دلیل افزایش بازده گرمایی موتور) 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 به داخل سیلندر می شود که این امر منجر به احتراق ناقص سوخت گردیده و در نتیجه بازده گرمایی کاهش یافته و به دنبال آن مصرف ویژه سوخت افزایش پیدا کرده است. این نتیجه و روند تغییر با نتایج تحقیقات انجام شده قبلی مانند وانگ و همکاران (۱۰)، اگروال و اگروال (۲) و پرامانیک (۸) مطابقت دارد. با توجه به جدول ۴ اختلاف معنی داری بین مقدار مصرف ویژه سوخت در درصد های مختلف روغن در مخلوط وجود دارد. همان طور که ملاحظه می شود یک روند صعودی برای مصرف ویژه سوخت نسبت به افزایش درصد روغن کلزا در مخلوط روغن با سوخت دیزل مشاهده می شود. در تحقیق انجام شده توسط ماچکون و همکاران^۱ (۷) روی روغن نارگیل و اگروال و اگروال (۲) بر روی روغن جاتروفا، نیز نتیجه ای مشابه مشاهده شده

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

میانگین مربعات صفت های اندازه گیری شده			
بار موتور	توان (KW)	مصرف ویژه سوخت (g/kWh)	کدري دود با ضريب جذب $k (m^{-1})$
۱۰۰	۳۶/۱۵۰ ^a	۳۵۱ ^b	۲/۰۱۷ ^a
۷۵	۲۷/۰۰۰ ^b	۳۰۳/۳ ^d	۰/۱۸۷۳ ^b
۵۰	۱۸/۰۱۰ ^c	۳۳۴/۸ ^c	۰/۱۲۸ ^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 ۴- اثر درصدهای مختلف حجمی روغن کلزا در مخلوط بر صفات اندازه گیری شده در آزمایش

میانگین مربعات صفت های اندازه گیری شده			
درصد روغن در مخلوط	توان (KW)	مصرف ویژه سوخت (g/kWh)	کدري دود با ضريب جذب $k (m^{-1})$
۰	۲۳/۰۷۰ ^a	۳۵۱/۸ ^c	۰/۵۵۳۵ ^d
۱۰	۲۲/۴۱۰ ^{cd}	۳۷۶/۸ ^b	۰/۵۱۷۵ ^d
۲۰	۲۲/۶۵۰ ^b	۳۴۳/۷ ^c	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 آگروز را بهبود می دهد، اما ارزش حرارتی روغن کلزا را پایین می آورد. کدري دود خروجی از آگروز 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 کدري 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 کدري 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 کدري دود خروجی از آگروز می شود. این نتیجه و روند تغییر با نتایج تحقیقات انجام شده قبلی مانند

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

کدري دود خروجی از آگروز

در جدول های ۳ و ۴ کدري دود خروجی از آگروز 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 کدري 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

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 پارامترهای عملکردی موتور نشان داد که روغن کلزا دارای پتانسیل خوبی برای جایگزینی سوخت دیزل، بدون تغییر شکل موتور و سیستم انژکتوری است.

اگروال و اگروال (۲) مطابقت دارد. (فاکتورهای آزمایش شامل درصد بیشینه بار موتور در چهار سطح (۲۰، ۴۰، 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 درصد حجمی روغن در سوخت، مقدار کدروی دود در بارهای متفاوت زیاد می شود. علاوه بر این همان طور که در جدول ۳ دیده می شود، کدروی 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.

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 fuel. *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 fuel 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.