نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

بررسی و ارزیابی پارمترهای عملکردی و مزرعه‌ای تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)

مصطفی پروانلو[۱*] نواب کاظمی،[۲] مجید رهنما[۳] و محمد جواد شیخ داودی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۲ و ۳. استادیار گروه مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۴. دانشیار گروه مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
ایمیل مکاتبه کننده: mlov.parvanloo@gmail.com

چکیده

در این تحقیق یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ که از قبل به سامانه جمع آوری اطلاعات و ابزار دقیق مجهز بود، به سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG) تجهیز گردید. برای اجرای عملی در مزرعه از یک دیسک کششی سنگین در خاک شخم خورده با عمق ۲۵ سانتی متر استفاده و عملیات دیسک زنی در قالب طرح فاکتوریل با پایه بلوک‌های کاملا تصادفی اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل ۵ سطح ترکیب سوخت(D100)، (D80)، (D60)، (D40) (D20) و با دو سرعت پیشروی ۷ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت بود.نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین سوخت گازوئیل مصرفی در ترکیب سوخت (D100) و (D20) به میزان ۱۳و ۴/۲ لیتر در ساعت و بیشترین وکمترین مقدار گاز مصرف شده در ترکیب(D20) و (D80) به دست آمدکه به ترتیب معادل۷/۹ و ۲/۴ کیلوگرم در ساعت بود. توان مالبندی در ترکیب‌های سوختی تغییر معنی‌داری نداشت.با افزایش نسبت ترکیب سوخت گاز مایع نفتی و گازوئیل مصرف ویژه سوخت به میزان ۰/۴ لیتر بر کیلووات ساعت کاهش و بازده انرژی کل به میزان ۳٪ افزایش یافت. بهترین ترکیب سوخت، ترکیب(D60) بود که بیشترین توان مالبندی(۲۳/۵۸ کیلووات) و کمترین مصرف سوخت ویژه(۰/۵۲ لیتر بر کیلووات ساعت) و بیشترین بازده انرژی کل(۲۰٪) را داشت.

کلمات کلیدی: تراکتور گاز سوز، سامانه ترکیب سوخت، پارومترهای عملکردی

مقدمه

مهمترین و معمول ترین سوخت، برای استفاده در بخش کشاورزی و حمل و نقل، در بسیاری از کشورهای جهان سوخت‌های فسیلی از جمله بنزین و گازوییل می‌باشد. خودروهایی که سوخت بنزین یا گازوییل مصرف می‌کنند، موجب انتشار مواد مضر و آلاینده با ترکیبات شیمیایی پیچیده می‌شوند که به نوبه خود، سبب تولید گازهای آلاینده در سطح جو زمین و همچنین سبب افزایش هزینه‌ها می‌شوند. (Aslam et al., 2006) بر روی دو سوخت گازوئیل و گاز طبیعی به صورت جدا گانه به روش اتو کار کردند، این موتور در شرایط آب و هوای متفاوت بازده‌های مختلفی داشت ترکیب سوخت گاز و گازوئیل در هنگامی که موتور با دور پایین کار می‌کند مفید است.(صادق‌پور و همکاران، ۱۳۸۵) در تبدیل موتور دیزلی با پاشش غیرمستقیم به موتور دوگانه‌سوز با جایگذینی گاز طبیعی به جای گازوئیل(۵۰ درصد تا ۹۰ درصد) دیزل و گاز طبیعی فشرده دریافتند که با افزایش درصد جایگزینی گاز طبیعی میزان تولید فشار بیشینه داخل سیلندر و همچنین میزان تولید آلاینده‌های NO_X و مصرف سوخت ویژه کاهش می‌یابد ولی در افزایش درصد ترکیب دیزل و گاز طبیعی فشرده تولید هیدروکربن‌های نسوخته و منوکسید کربن تاثیر منفی دارد و باعث افزایش تولید این گازها می‌شود. (پیروزپناه وهمکاران،۱۳۸۳)

با تبدیل موتور دیزلی OM 314 به موتور دوگانه‌سوز و کاهش آلایندگی‌های آن تا حد استاندارد EUROII با حفظ توان و گشتاور در حد موتور پایه با استفاده از ترکیب بیشترین میزان گاز طبیعی و گازوئیل به نسبت (۹۰ درصد گاز فشرده طبیعی و ۱۰ درصد گازوئیل) دریافتند که موتور دوگانه‌سوز قادر است با عملکرد یکسان با موتور پایه دیزلی و بازده بهتر کار کند. آلاینده‌های گاز نفتی مایع (LPG) و گازوئیل در میزان آلودگی SNO_2 و O_3 CR2 و میزان انتشار گازهای منوکسید کربن و SNO_2 در سوخت دیزلی از گاز مایع نفتی بیشتر است(Neig et al., 2010). بهترین راه برای کاهش گازهای آلاینده به خصوص دود و اکسیدهای نیتروژن در موتورهای دیزلی روش تزریق مستقیم گاز نفتی مایع به داخل سیلندر می‌باشد تحقیقات نشان می‌دهد که ترکیب سوخت دیزل و گاز نفتی مایع در سطوح (۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰) درصدی سبب کاهش دود و اکسیدهای نیتروژن و منوکسید کربن به میزان ۲۱ درصد می‌شود. از سوی دیگر گاز نفتی مایع به علت هم ارز بودن با سوخت دیزل سبب بهبود عملکرد موتور شده و زمان کارکرد موتور را افزایش می‌دهد و نظر اقتصادی نیز گاز نفتی مایع جایگذین مناسبی برای موتورهای دیزلی به شمار می‌آید(Qi et al., 2007). به نظر می‌رسد بهترین روش برای کاهش آلودگی و بالا بردن انرژی سوخت دیزلی در بخش کشاورزی و حمل ونقل استفاده از سوخت‌های ترکیبی می‌باشد. در تحقیقی تزریق گاز در ورودی هوا به داخل موتور و تزریق گاز به صورت مستقیم مورد بررسی قرار گرفته شد. نتایج بدست آمده نشان داد تزریق گاز در ابتدا باعث کاهش میزان گازهای آلاینده NO_X و دود و CO_2 می‌شود اما به علت پیش سوزی سوخت توان کاهش می‌یابد ولی در روش تزریق مستقیم و در مرحله انفجار سبب کاهش گازهای گلخانه‌ای و همچنین سبب افزایش بازده

حرارتی موتور شده و دور موتور را افزایش می‌دهد(sahoo et al., 2009). یکی از راه‌های کاهش آلایندگی های موتور دیزل و افزایش عملکرد آن استفاده از سوخت‌های ترکیبی در این موتورها می‌باشد. تبدیل موتور دیزل به موتور دوگانه‌سوز علاوه بر کاهش آلایندگی‌های زیست محیطی سبب کاهش میزان مصرف سوخت گازوئیل می‌شود(Papagiannakis and Hountalas, 2004). در تحقیقی روی یک موتور دیزلی چهار سیلندر مجهز به سیستم توربوشارژ و با توان ۶۲/۵ کیلووات دریافتند که با استفاده از گاز مایع نفتی (LPG) و همچنین ترکیبی از گاز هیدروژن به عنوان سوخت ثانویه سبب کاهش گازهای منوکسیدکربن و هیدروکربن و گازهای نسوز دیگر می‌شود. هنگامی که هیدروژن به عنوان سوخت ثانویه به میزان ۳۰ درصد استفاده شد راندمان حرارتی موتور به ۱۷ درصد افزایش پیدا کرد و هنگامی که گاز نفتی مایع به عنوان سوخت دوم به میزان ۴۰ درصد استفاده شد راندمان حرارتی ۶ درصد بود(Lata et al., 2009). در زمانی که مخلوط گاز هیدروژن به نسبت ۴۰به ۶۰ (۴۰ درصد گاز نفتی مایع و ۶۰ درصد هیدروژن) باعث افزایش راندمان حرارتی به میزان ۲۷ درصد شد و همچنین باعث کاهش ۶۸ درصدی انتشار گازهای منوکسید کربن و هیدروکربن شد. طبق آزمایشات انجام شده با استفاده از ترکیب گازوئیل و گاز نفتی مایع میتوان آلاینده‌های زیست محیطی همچون NO_X و HC و CO_2 را به ترتیب به میزان ۶۰، ۵۲ و ۴۷ درصد کاهش داد. استفاده از ترکیب سوخت گازوئیل و گاز مایع نفتی باعث بالا رفتن BSFC و همچنین بازده حرارتی موتور و افزایش دور موتور می‌شود(Ergenc et al., 2014 ;Tira, 2012). یک موتور دیزلی تک سیلندر را به سیستم دوگانه سوز مستقیم تبدیل کردند که تزریق مستقیم سوخت ترکیبی سبب کاهش ۳۷ درصدی سوخت دیزل و کاهش صدای موتور شد. موتور دیزلی با سوخت ۱۰۰ درصد گاز نفتی مایع تست شد که جهت بالا بردن عدد ستان گاز نفتی مایع از دی‌اتیل اتر استفاده شده که عدد ستان LPG را به ۱۲۵ رساند در این حالت موتور دیزلی سوخت LPG خالص مصرف می‌کند که باعث افزایش توان حرارتی موتور شده و بازده را در حدود ۲/۵ درصد کاهش داد و غلظت گازهای گلخانه‌ای در این موتور در حدود ۶۸ درصد کاهش یافت(Miller et al., 2007).تا کنون بررسی‌های فراوانی بر روی آلایندهای زیست محیطی و توان موتورهای بنزینی و دیزلی در حالت سوخت ترکیبی و دوگانه‌سوز انجام شده است. اما بررسی دقیقی از پارومترهای عملکردی و مزرعه‌ای موتورهای ترکیبی سوز انجام نشده است. از این‌رو تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ به سامانه سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG[1]) تجهیز شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در کارگاه گروه مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز اجرا شد. تراکتور MF399 مورد استفاده در این تحقیق قبلا به ابزار و سامانه جمع آوری اطلاعات تجهیز شده بود به گونه ای که کلیه پارامترهای عملکردی تراکتور – ادوات شامل، مصرف سوخت، نیرو و توان مالبندی، سرعت موتور، درصد بکسواد چرخ‌ها، سرعت واقعی پیشروی را همزمان و بطور

1- Liquefied Petroleum Gas

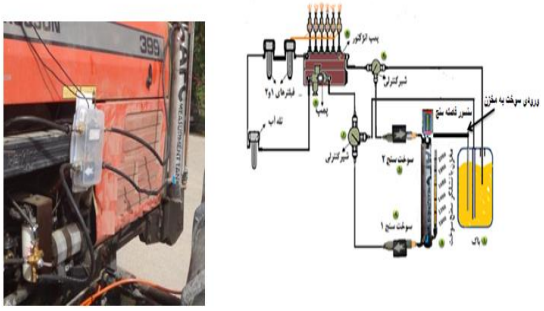
لحظه‌ای اندازه گیری و قابلیت نمایش و ذخیری سازی داده‌ها بر روی لب‌تاب را داشت(کاظمی و همکاران، ۱۳۹۳). اجرایی تحقیق شامل سه مرحله، نصب تجهیزات مربوط به سیستم گاز رسانی بر روی تراکتور، تست درجا و بدست آوردن درصدهای ترکیب سوخت و اندازه‌گیری و بررسی میزان سوخت مصرفی گازوئیل و گاز LPG و اندازه‌گیری توان مالبندی، سوخت ویژه و بازده انرژی کل تراکتور در داخل مزرعه اجرا شد.

تجهیز تراکتور MF399 به سامانه سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)

در این پژوهش بدون تغییرات در ساختار موتور تراکتورMF399 به سامانه سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز(LPG) تجهیز شد. شکل(۱) نحوی قرار گرفتن تجهیزات سامانه سوخت ترکیبی بر روی تراکتور را نشان می‌دهد.

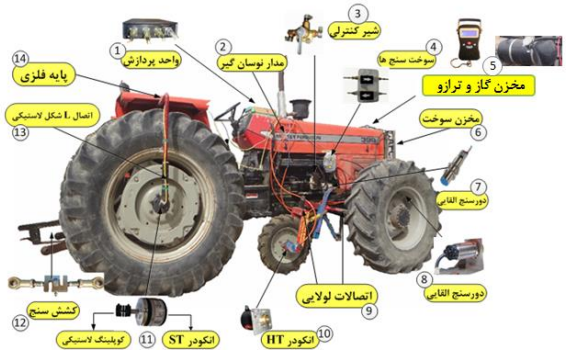
شکل ۱–نحوی قرار گرفتن تجهیزات سیستم سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز LPG بر روی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹. ۱) لوله تزریق گاز به داخل مخزن – ۲) مخزن – ۳) سوپاپ ایمنی و گیج فشار گاز داخل مخزن– ۴) لوله فشار قوی انتقال گاز– ۵) تخلیه گاز– ۶) شیرالکتریکی قطع و وصل جریان گاز– ۷) ریگلاتور– ۸) لوله‌های انتقال آب موتور به ریگلاتور – ۹) شیر مکانیکی و ۱۰) میکسر

مخزن گاز در جلوی تراکتور نصب و سپس با لوله‌های فشار قوی گاز به ریگلاتور منتقل شد در سر راه ورود گاز به ریگلاتور یک شیر الکتریکی نصب شد تا امکان انتخاب نوع سوخت را به اپراتور فراهم کند. ریگلاتور وظیفه کاهش فشار گاز از ۲۰۰ psi به ۲۰psi را به عهده دارد در اثر انبساط گاز دمای هوا در خروجی ریگلاتور به سرعت کاهش می‌یابد و باعث به وجود آمدن لایه‌های برفک ناشی از سرد شدن هوا می‌شود به همین دلیل از محل برگشت آب رادیاتور به دور موتور یک شیلنگ آب به داخل ریگاتور وارد شد تا از ایجاد لایه برفک جلوگیری کند. سپس گاز توسط شیلنگ‌های مخصوص انتقال گاز به سمت ورود به مانیفولد هوا انتقال پیدا می‌کند در دهانه ورودی مانیفولد یک میکسر مخصوص ترکیب گاز با هوا نصب شده است تا هوا و گاز قبل از ورود به موتور با هم ترکیب شوند. برای کنترل میزان سوخت ترکیبی یک شیر مدرج در سر راه ورودی گاز به موتور گذاشته شد تا در حین کار این امکان را به اپراتور فراهم کند تا متناسب با عملیات مورد نظر درصد ترکیب سوخت را انتخاب کند. مقدار سوخت مصرفی با استفاده از سامانه سوخت لحظه‌ای با دقت 1ccاندازه‌گیری شد شکل(۲).



شکل ۲- شماتیک فنی و تصویر سامانه سنجش لحظه‌ای سوخت گازوئیل ترکتور مسی فرگوسن ۳۹۹

مقدار گاز مصرفی به روش وزنی و با ترازوی آویز[1] با دقت ۱۰ گرم اندازه‌گیری شد. نیروی کششی تراکتور با استفاده از لودسل[2] و سرعت واقعی تراکتور به وسیله چرخ پنجم اندازه‌گیری گردید.شکل(۳) نحوی قرار گرفتن لودسل، چرخ پنجم وسایر تجهیزات را بر روی تراکتور را نشان می‌دهد.



شکل۳- تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی(گازوئیل و گاز مایع نفتی).۱) واحد پردازش- ۲) مدار نوسانگیر- ۳) شیرکنترل- ۴) سوخت سنج- ۵) مخزن سوخت گاز و ترازوی سنجش سوخت- ۶) مخزن سوخت- ۷) دورسنج القایی- ۸) دورسنج القایی- ۹) اتصالات لولایی- ۱۰) انکودرht-۱۱) انکودر st- ۱۲) کشش سنج- ۱۳) اتصالات لاستیکی- ۱۴) پایه فلزی.

به منظور اطمینان از کار کردن درست تراکتور در حالت استفاده از سوخت ترکیبی گاز مایع و گازوئیلو بدست آوردن ترکیب‌ها مختلف سوخت تست درجا و به صورت کارگاهی در دورموتورهای مختلف و با درصدی از ترکیب‌های مختلف سوخت انجام شد و در نهایت ترکیب‌های مورد نظر سوخت یعنی ۸۰ درصد دیزل و ۲۰ درصد گاز مایع(D80)، ۶۰ درصد دیزل و ۴۰ درصد گاز مایع(D60)، ۴۰ درصد دیزل و ۶۰ درصد گاز مایع(D40) و ۲۰ درصد دیزل و ۸۰ درصدگاز مایع(D20) و سوخت شاهد ۱۰۰ درصد گازوئیل(D100) بدست آمد.

همچنین برای ارزیابی عملی در مزرعه از یک دیسک کششی سنگین در خاک شخم خورده با عمق ۲۵ سانتی متر و عرض کار۲ متر، عملیات دیسک زنی در قالب طرح فاکتوریل با پایه بلوک‌های کاملا تصادفی اجرا شد. این آزمایش

[1]- DG8
[2]- Load Cell

با ۵ سطح ترکیب سوخت که شامل ۱۰۰ درصد گازوئیل(D100)، (D80)، (D60)، (D40) و (D20) و با دور موتورrpm ۱۸۰۰ با دو سرعت پیشروی ۷ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت اجرا شد. سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت سرعت مناسب برای اجرای عملیات خاک‌ورزی اولیه و سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت مناسب‌ترین سرعت برای اجرایی عملیات خاک‌ورزی ثانویه می‌باشد رشادصدقی و لغوی(۱۳۸۸). میزان سوخت مصرفی گازوئیل به کمک سنسورهای فراصوتی و گاز مایع مصرفی به روش وزنی اندازه گیری شدند. توان مالبندی، سوخت ویژه و بازده انرژی کل از رابطه‌های ذیل محاسبه شدند باوور[1] (۱۹۹۰). و سپس نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و 2007Excel تجزیه و تحلیل شدند.

$$P_{db} = \frac{Va \times F_{db}}{3.6} \quad (۱)$$

توان مالبندی، P_{db} بر حسب kW از رابطه(۱) بدست آمد که در این رابطه Va سرعت پیشروی بر حسب km/h و F_{db} نیروی کششی بر حسب kN که هر کدام توسط چرخ پنجم و لودسل اندازه‌گیری و از طریق سامانه جمع آوری اطلاعات به لب‌تاب ارسال شد.

$$SFC = \frac{FC_{hr}}{P_{db}} \quad (۲)$$

$$SFC = \frac{(F_{Cd} + (F_{Cl} \times 12.4 / 10.2))}{P_{db}} \quad (۳)$$

مصرف ویژه سوختSFC[2] شاخص مصرف ویژه‌ی سوخت بر حسب لیتر برکیلووات ساعت(l/kWh) و از رابطهٔ(۲) محاسبه شد. که در آن FC_{hr} سوخت مصرفی و P_{db} توان مالبندی می‌باشد. اما مصرف ویژه سوخت برای موتور ترکیبی‌سوز از رابطه(۳) محاسبه شد. که در آن FCd سوخت مصرفی گازوئیل بر حسب لیتر بر ساعت(L/h) و FCl سوخت مصرفی گاز مایع بر حسب کیلوگرم بر ساعت(kg/h) و P_{db} توان مالبندی می‌باشد.

$$OEE = \frac{P_{db}}{(F_{Cd} \times 10.2) + (F_{Cl} \times 12.4)} \times ۱۰۰ \quad (۴)$$

بازده انرژی کل OEE[3] بر حسب درصد می‌باشد که در این رابطه، P_{db} توان مالبندی مورد نیاز برحسب کیلووات، FCd مصرف سوخت دیزل بر حسب لیتر بر ساعت است و FCl مصرف سوخت گاز مایع. OEE بازده انرژی کل ، ۱۰/۲ و ۱۲/۴ ارزش حرارتی سوخت گازوئیل و گاز مایع(بر اساس گازوئیل و گاز مایع تولید ایران بر حسب kW-$hr.l^{-1}$).

نتایج و بحث

جدول(۱) نشان دهنده تجزیه واریانس پارومترهای عملکردی و مزرعه‌ای تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ است. در این آزمایش مقدار سوخت گازوئیل مصرفی و گاز مصرفی در سطوح مختلف ترکیب سوخت و سرعت در سطح

1- *Bower*
۲- *Specific fuel consumption*
3- *Overall Energy Efficiency*

۱ درصد و اثر متقابل سوخت و سرعت در سطح ۵ درصد معنی دار شد. توان مالبندی، سوخت ویژه و انرژی کل تراکتور در سطوح مختلف ترکیب سوخت و سرعت و اثر متقابل سوخت در سرعت در سطح ۱ درصد معنی دار شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس پارومترهای عملکردی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز (LPG)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)				
		گازوئیل مصرفی (Lit/ hr)	گاز مصرفی (Kg/hr)	توان مالبندی (KW)	سوخت ویژه (Li/Kw.hr)	بازده انرژی کل٪ OEE
تکرار	۲	۰/۲۵	۰/۲۸	۱۹/۵۶	۰/۷	۴۹/۸۸
ترکیب سوخت	۴	۸۰/۴۳**	۵۵/۸۱**	۷۹/۶۲**	۰/۳۷**	۸۳/۱۵**
سرعت	۱	۲/۲۴**	۳/۲۶**	۹۷۰/۰۸**	۰/۱۹**	۳۶/۹**
سوخت ×سرعت	۴	۰/۴۸*	۰/۲۶*	۵۸/۳۳**	۰/۹*	۳۰/۱۸**
ضریب تغییرات		۵/۳	۷/۲	۸/۸	۱۰/۶	۷/۸

** معنی داری در سطح ۱ درصد، * معنی داری در سطح ۵ درصد و ns عدم معنی دار بودن

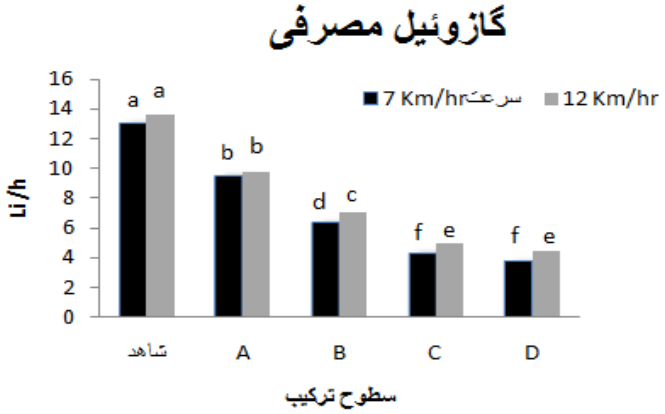
با توجه به معنی‌داری اثر متقابل نتایج حاصل از تجزیه مرکب اثرات متقابل داده‌ها به روش LSD در جدول(۲) اورده شده است.مقدار سوخت مصرفی دیزل در سطح شاهد(۱۰۰ درصد گازوئیل) بیشترین مقدار سوخت گازوئیل مصرفی و کمترین مقدار سوخت مصرفی در ترکیب(D20) مشاهده شد وبیشتری مقدار گاز مصرف شده مربوط به ترکیب سوخت(D20) و کمترین سوخت گاز مصرفی در سطح(D80) مشاهده شد. که از نظر آماری بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود داشت. بیشترین و کمترین توان مالبندی مربوط به سوخت شاهد و ترکیب سوخت(D20) و به ترتیب برابر ۴۶/۲۸ و ۴۰/۱۲ کیلووات بود که از نظر آماری بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود نداشت و با یافته‌های پیروز پناه و همکاران(۱۳۸۲) مطابقت داشت.و نشان داد در ترکیب‌های سوختی مختلف توان تراکتور تغییر جدی ندارد و این نشان دهنده ترکیب پذیری خوب بین گاز مایع نفتی و گازوئیل بود.کمترین سوخت ویژه و بیشترین بازده انرژی کل در ترکیب(D60) به میزان ۰/۲۷ کیلووات ساعت و ۳۵٪ بود.

جدول ۲ – مقایسه میانگین‌های، پارومترهای عملکردی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز (LPG)

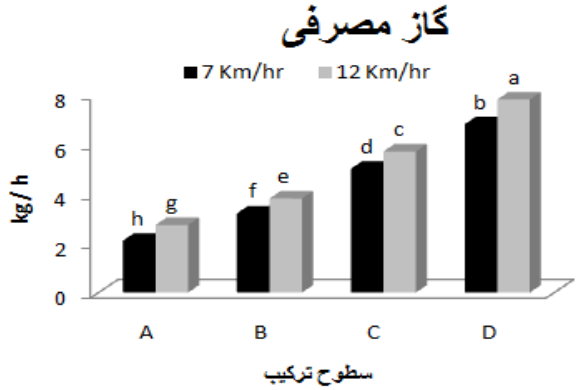
منابع تغییرات		گازوئیل مصرفی (Lit/ hr)	گاز مصرفی (Kg/hr)	توان مالبندی (KW)	سوخت ویژه (Li/Kw.hr)	بازده انرژی کل٪ OEE
سرعت (km/hr)	سوخت (درصد ترکیب)					
7	D100	۱۳/۲۳ a	۰ i	۱۸/۴۷ d	۰/۷۱ ab	۱۴/۲۶ d
	D80 (A)	۹/۲۰ b	۲/۲۰ h	۱۷/۸۰ d	۰/۶۶ b	۱۵/۲۶ d
	D60 (B)	۶/۳۷ d	۳/۳۳ f	۱۸/۶۶ d	۰/۵۷ c	۱۸/۵۴ b
	D40 (C)	۴/۳۳ f	۵/۲۳ d	۱۶/۶۵ d	۰/۶۴ b	۱۵/۷ cd
	D20 (D)	۳/۷۳ f	۷/۳۰ b	۱۶/۵۰ d	۰/۷۷ a	۱۳/۲۶ d
12	D100	۱۳/۸۰ a	۰ i	۳۰/۵۵ a	۰/۴۱ d	۲۴/۳۷ a
	D80 (A)	۹/۸۰ b	۲/۶۷ g	۲۸/۱۱ ab	۰/۴۶ d	۲۱/۹۰ a
	D60 (B)	۷/۱۰ c	۴/۰۸ e	۲۶/۸۸ bc	۰/۴۴ d	۲۲/۸۵ a
	D40 (C)	۵/۰۶ e	۶/۳۰ c	۲۶/۸۷ bc	۰/۴۴ d	۲۳/۱۶a
	D20 (D)	۴/۷۲ e	۸/۴۶ a	۲۶/۲۶ c	۰/۵۷ c	۱۸/۰۲ bc

حروف همنام نشانه عدم معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشد.

مقدار سوخت مصرفی گازوئیل و گاز مایع در تیمارهای مختلف سوخت در سرعت‌های مختلف بررسی شد. بیشترین مقدار سوخت گازوئیل مصرف شده مربوط به ترکیب(D100) و بیشترین مقدار گاز مایع مصرف شده مربوط به ترکیب (D20) می‌باشد. با افزایش نسبت ترکیب گاز مایع به جای گازوئیل مقدار گازوئیل مصرف شده به سرعت کاهش می‌یابد و به جای آن مقدار گاز مایع مصرفی افزایش می‌یابد که در واقع با ورود گاز مایع به موتور به علت وجود دو سوخت در زمان اشتعال دور موتور افزایش می‌یابد اما بلافاصله گاورنر مقدار سوخت گازوئیل ارسالی را کاهش می‌دهد و هر چقدر مقدار گاز مایع مصرفی افزایش یابد بلافاصله مقدار گازوئیل مصرف شده کاهش می‌یابد. نمودار(۱ و ۲) مقدار گازوئیل و گاز مصرف شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت پیشروی از ۷ به ۱۲ کیلومتر بر ساعت مقدار سوخت مصرف شده افزایش می‌یابد اما این مقدار افزایش سوخت از نظر آماری در دو سرعت آزمایش شده اختلاف معنی داری ندارند.

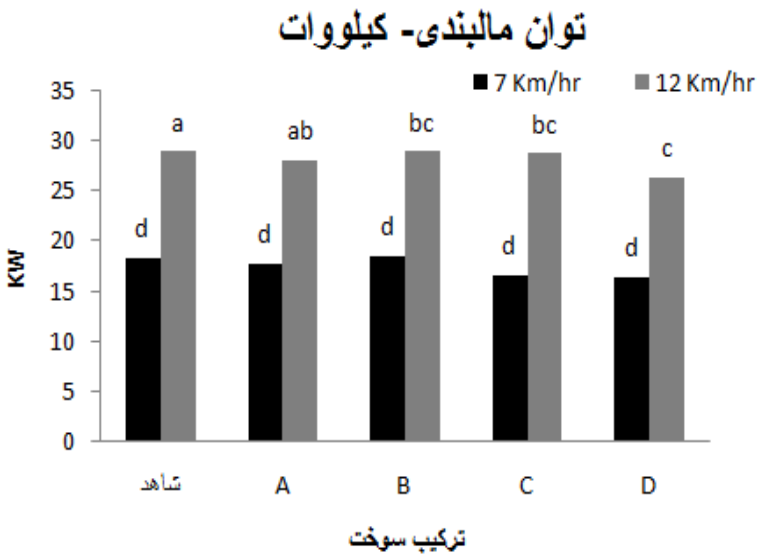


نمودار ۱- مقدار گازوئیل مصرفی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)



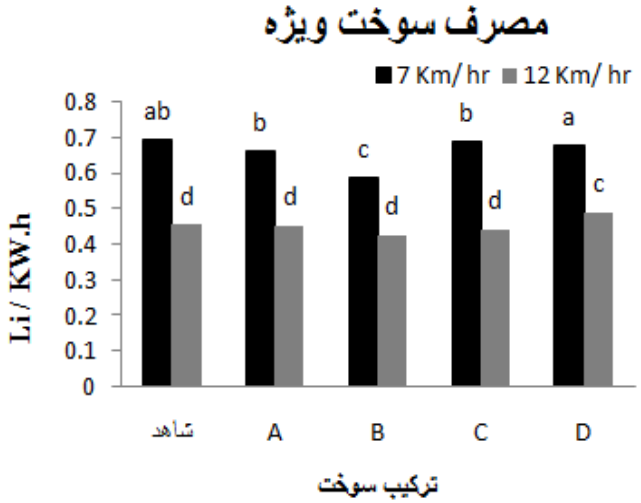
نمودار ۲- مقدار گاز مصرفی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)

نمودار(۳) توان مالبندی در دو سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر را نشان می‌دهد. در بین تیمارهای ترکیب سوختی در این آزمایش مقدار توان مالبندی در ترکیب‌های سوخت از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت. و نشان داد که گاز مایع نفتی به خوبی می‌تواند جایگزین مقدار گازوئیل کاهش یافته شود و در این حال توان مالبندی تراکتور حفظ شود و به نظر می‌رسد به دلیل هم ارز بودن گاز مایع نفتی مایع با گازوئیل می‌باشد که با مشاهدات پیروز پناه و همکاران(۲۰۰۴) و (Qi et al., 2007) مطابقت داشت.



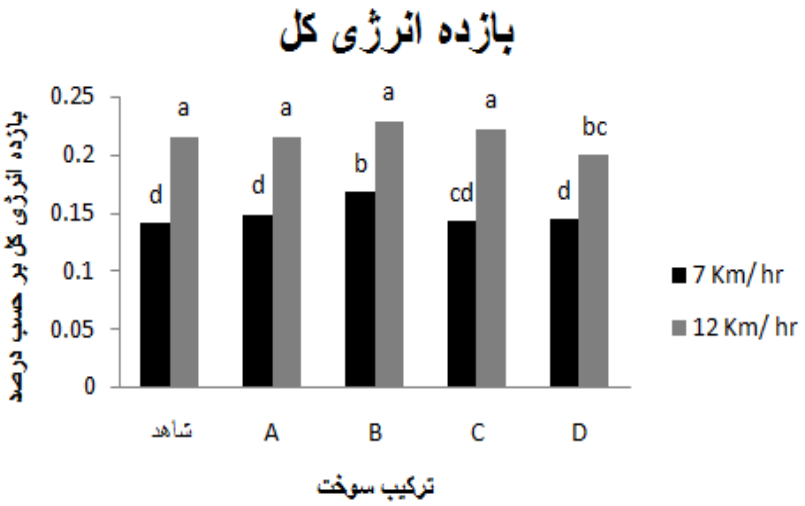
نمودار ۳- توان مالبندی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)

نمودار(۴) مصرف سوخت ویژه تراکتور را نشان می‌دهد. در این آزمایش بیشترین مقدار سوخت ویژه تراکتور مربوط به سوخت شاهد در سرعت ۷ کیلومتر و کمترین مقدار سوخت ویژه در ترکیب سوخت(B) در سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر بود. آزمایشات در این تحقیق نشان داد که با افزایش ترکیب سوخت، سوخت ویژه کاهش می‌یابد و در ترکیب ۶۰ درصد دیزل و ۴۰ درصد گاز کمترین مصرف ویژه سوخت مشاهده شد و با افزایش نسبت ترکیب گاز مصرف ویژه سوخت مجددا شروع به افزایش کرد. که با یافته‌های لتا و همکاران(۲۰۱۲) مطابقت داشت. همچنین افزایش سرعت نیز باعث کاهش مصرف ویژه سوخت می‌شود که به دلیل رابطه مستقیم بین سرعت و توان مالبندی می‌باشد. با افزایش سرعت توان مالبندی افزایش پیدا می‌کند اما سوخت مصرفی زیاد تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد و در مجموع مقدار توان مالبندی افزایش یافته از مقدار سوخت مصرفی بیشتر بود که در نتیجه باعث کاهش مصرف سوخت ویژه شد.



نمودار ۴- مصرف سوخت ویژه تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)

نمودار(۵) بازده انرژی کل تراکتور را در دو سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر نشان میدهد. کمترین بازده انرژی کل مربوط بهسوخت شاهد و ترکیب ۲۰ درصد دیزل و ۸۰ درصد گاز مایع(D) بود.افزایش نسبت گاز به گازوئیل در نسبت‌های ترکیب سوخت بازده انرژی کل افزایش پیدا کرد. بیشترین بازده انرژی کل در ترکیب سوخت(B) در سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر بازده انرژی کل معادل ۲۳٪ و ۱۶٪ بود و با افزایش ترکیب گازوئیل و گاز مایع بیشتر از ۶۰ درصد بازده انرژی کل شروع به کاهش کرد.بازده انرژی کل با افزایش سرعت افزایش یافت، با افزایش سرعت مقدار توان مالبندی افزایش می‌یابد که این افزایش سرعت باعث می‌شود نسبت خروجی(توان مالبندی) به ورودی(مجموع انرژی سوخت مصرفی گازوئیل و گاز مایع) افزایش می‌یابد و باعث افزایش بازده انرژی کل تراکتور می‌شود.



نمودار ۴- بازده انرژی کل تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG)

نتیجه گیری

در این آزمایش تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ به سوخت ترکیبی گازوئیل و گاز مایع نفتی(LPG) تجهیز شد. در این آزمایش مقدار دقیق سوخت مصرفی گازوئیل با استفاده از سنسورهای فراصوتی و استوانه مدرج اندازه گیری شد. مقدار گاز مصرفی به روش وزنی با استفاده از ترازو اندازه گیری شد. سرعت پیشروی و نیروی کششی به وسیله چرخ پنجم و لودسل اندازه گیری شد و با توجه به سیستم جمع آوری داده که روی تراکتور از قبل نصب شده بود تمام داده‌های مربوط به توان مالبندی، سوخت ویژه و بازده انرژی کل به لب تاب ارسال شد.سوخت مصرفی در ترکیب‌های مختلف متفاوت بود و با افزایش مقدار گاز مایع نفتی درصد ترکیب سوخت گاز مایع افزایش یافت و این افزایش سوخت بلافاصله مقدار گازوئیل را کاهش می‌دهد و با توجه به حفظ توان مالبندی جایگزین مناسبی در ترکیب‌های مختلف بجای گازوئیل می باشد.مقدار سوخت گازوئیل و گاز مایع نفتی با افزایش سرعت افزایش معنی داری نداشت اما در ترکیب‌های سوختی مختلف این مقدار از نظر آماری متفاوت بود. اما در ترکیب‌های مختلف با افزایش ترکیب گاز مایع به گازوئیل سوخت ویژه ۰/۴ لیتر بر کیلووات ساعت کاهش یافت که نشان می‌دهد با ترکیب سوخت بازده انرژی کل افزایش میابد این مقدار افزایش ۴٪ بازده انرژی کل تراکتور بود.

منابع

۱. پیروزپناه، و، جیحونی، ی. میرسلیم، م. افقهی، م.(۱۳۸۲). تبدیل موتور دیزل OM-314 به موتور دوگانه‌سوز و کاهش آلایندگی تا حد استاندارد EuroII با حفظ توان و گشتاور در حد موتور پایه. سومین همایش موتورهای درونسوز.

۲. رشادصدقی، ع. لغوی، م.(۱۳۸۸). تاثیر رطوبت خاک در خاکورزی اولیه و سرعت پیشروی در عملیات دیسک زنی بر عملکرد هرس بشقابی به عنوان خاکورزی ثانویه. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. دوره ۴۰، شماره ۲، ۱۳۱-۱۳۸

3. Aslam, M., Masjuki, H., Kalam, M., Abdesselam, H., Mahlia, T., & Amalina, M. 2006. An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle. Fuel, 85(5): 717-724.
4. Bower, C.G. 1990. Tillage Draught and Energy Measurements of Twelve Southeastern Soil Series. Trans. ASAE. 32(5): 1495-1502

5. Sahoo, B. B., Sahoo, N., & Saha, U. K. (2009). Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual-fuel gas diesel engines-A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:10.1016/j.rser.2008.08.003
6. Singh, R. C., Kohli, N., Singh, M. P., & Singh, O. (2010). Ethanol and LPG sensing characteristics of SnO2 activated Cr2O3 thick film sensor. *Bulletin of Materials Science*, *33*, 575–579. doi:10.1007/s12034-010-0088-7
7. sadeghpur, a. Pyrvzpnah, v. khoshbakhtsara, R. (1385). Experimental study on the effect of the replacement of natural gas and diesel engine emissions. Fourteenth Annual Conference of Mechanical Engineering. Download the http://www.civilica.com (in farsi)
8. Papagiannakis, R. G., & Hountalas, D. T. (2004). Combustion and exhaust emission characteristics of a dual fuel compression ignition engine operated with pilot diesel fuel and natural gas. *Energy Conversion and Management*,*45*,2971–2987 doi:10.1016/j.enconman.2004.01.013

9. Lata, D. B., Misra, A., & Medhekar, S. (2012). Effect of hydrogen and LPG addition on the efficiency and emissions of a dual fuel diesel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, *37*, 6084–6096. doi:10.1016/j.ijhydene.2012.01.014

10. Tira, H. S., Herreros, J. M., Tsolakis, A., & Wyszynski, M. L. (2012). Characteristics of LPG-diesel dual fuelled engine operated with rapeseed methyl ester and gas-to-liquid diesel fuels. *Energy*, *47*, 620–629. doi:10.1016/j.energy.2012.09.046

11. Ergenc, A. T., & Koca, D. Ö. (2014). PLC controlled single cylinder diesel-LPG engine. *Fuel*, *130*, 273–278. doi:10.1016/j.fuel.2014.04.016

12. Miller Jothi, N. K., Nagarajan, G., & Renganarayanan, S. (2008). LPG fueled diesel engine using diethyl ether with exhaust gas recirculation. *International Journal of Thermal Sciences*, *47*, 450–457. doi:10.1016/j.ijthermalsci.2006.06.012

13. Qi, D. H., Bian, Y. Z., Ma, Z. Y., Zhang, C. H., & Liu, S. Q. (2007). Combustion and exhaust emission characteristics of a compression ignition engine using liquefied petroleum gas-Diesel blended fuel. *Energy Conversion and Management*, *48*, 500–509. doi:10.1016/j.enconman.2006.06.013

Evaluation of performance eparameters and Massey Ferguson399 tractor witha mixture of diesel fuel and liquid petroleum gas(LPG)

Abstract

Nowadays diesel fuel as the primary energy source used in agricultural machinery.The study combines Massey Ferguson 399 diesel fuel and liquid petroleum gas (LPG) equipmentand and the drawbar power, fuel (oil and gas) and the specific fuel and energy efficiency in a completely randomized block factorial design was measured. Fuel treatments included 5 and 7 and 12 kilometers per hour sprint was completed. The maximum amount of fuel in the fuel control (100% gasoline) at a rate of 13 liters per hour and the lowest fuel consumption in combination (D) the amount of gasoline consumed 2.4 liters per hour. The amount of gas consumed in the compound (D) and the least amount of natural gas in the mixture (A) which are respectively 7.9 and 2.4 kg per hour. Drawbar power did not change in the composition of the fuel. The results showed that by increasing the proportion of liquid petroleum gas and diesel fuel for use in the 0.22 liters of kilowatt hours of the previous month. And by increasing the proportion of diesel fuel in total energy output increased by 26%.

Keywords: combination fuel systems, fuel measurement moment, performance indicators