Archive of SID

نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۷/ شماره ۲/ پاییز و زمستان ۱۳۹۷ (۵۳-۶۵)

ارزیابی مؤلفه‌های عملکردی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ با استفاده از مخلوط سوخت‌های گازوئیل و گاز مایع نفتی (LPG)

مجید رهنما[۱*]، نواب کاظمی[۲]، محمد جواد شیخ داودی[۳]، محمد علی هرمزی[۴] و مصطفی پروانلو[۵]

چکیده

در این تحقیق، یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ به سامانهٔ سوخت‌رسانی گاز مایع نفتی (LPG) و گازوئیل برای بررسی مؤلفه‌های عملکردی تجهیز گردید. بعد از تجهیز تراکتور به سامانهٔ سوخت ترکیبی، آزمایش بر روی جاده آسفالت و عملیات خاک‌ورزی با یک دیسک کششی سنگین در خاک شخم‌خورده با عمق ۲۵ سانتی‌متر اجرا شد. آزمایش‌ها در قالب آزمون فاکتوریل با پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی و تیمارها در ۵ سطح ترکیب سوخت (D_{20}، D_{40}، D_{60}، D_{80} و D_{100}) و دو سرعت پیشروی سطح ۷ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت در مزرعه و ۳/۵ و ۷ کیلومتر بر ساعت بر روی جاده آسفالت در دور موتور rpm ۱۸۰۰ انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین میزان سوخت گازوئیل مصرفی به‌ترتیب در مخلوط‌های سوخت D_{100} و D_{20} بیشترین و کمترین مقدار گاز مصرفی در ترکیب‌های D_{20} و D_{80} به دست آمد. با افزایش نسبت ترکیب سوخت گاز مایع نفتی و گازوئیل، مصرف ویژه سوخت به میزان ۰/۴ تا ۰/۶ لیتر بر کیلووات ساعت کاهش و بازده انرژی کل به میزان ۳ تا ۵ درصد افزایش یافت. در دو محیط مزرعه و آسفالت بهترین ترکیب سوخت، ترکیب D_{60} به دست آمد که کمترین مصرف ویژه سوخت ۰/۵۲ لیتر بر کیلووات ساعت و توان مال‌بندی ۲۳/۵۸ کیلووات را داشت. در این ترکیب، بازده انرژی کل تراکتور ۲۰ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تراکتور دوگانه‌سوز، سامانه ترکیب سوخت، دیسک زنی، مصرف ویژه سوخت، بازده انرژی کل.

ارجاع: رهنما م. کاظمی ن. شیخ داودی م. ج. هرمزی م. ع . و پروانلو م. ۱۳۹۷. ارزیابی مؤلفه‌های عملکردی تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ با استفاده از مخلوط سوخت‌های گازوئیل و گاز مایع نفتی (LPG)، نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۷(۲): ۵۳-۶۵.

۱- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۲- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۳- استاد گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴- مربی گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
*** نویسنده مسئول**: rahnamam2002@ramin.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مهم‌ترین و معمول‌ترین سوخت، برای استفاده در بخش کشاورزی و حمل و نقل، در بسیاری از کشورهای جهان سوخت‌های فسیلی مثل بنزین و گازوئیل می‌باشد. خودروهایی که سوخت بنزین یا گازوئیل مصرف می‌کنند، موجب انتشار مواد مضر و آلاینده با ترکیبات شیمیایی پیچیده می‌شوند. تحقیقات بسیاری بر روی مقدار این آلاینده‌ها و تأثیر آن بر محیط‌زیست انجام گرفته است. مطالعات متعددی نیز در ارتباط با استفاده از گاز مایع نفتی (LPG) و گاز طبیعی به همراه گازوئیل و تأثیر آن بر کاهش مقدار آلایندگی و راندمان موتور انجام گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

Aslam *et al.* (2006) در پژوهشی که بر روی دو سوخت گازوئیل و گاز طبیعی انجام دادند، نشان دادند که بازده موتور در شرایط متفاوت آب و هوایی، تغییر می‌کند. ترکیب سوخت گاز طبیعی و گازوئیل در هنگامی که موتور با دور پایین کار می‌کند، مفیدتر است. در پژوهشی دیگر، گاز طبیعی با درصدهای مختلف جایگزین گازوئیل شد و (۵۰ درصد تا ۹۰ درصد) نتایج نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی گاز طبیعی، میزان تولید فشار بیشینه داخل سیلندر و همچنین میزان تولید آلاینده‌های NO_X و مصرف مصرف ویژه سوخت کاهش می‌یابد؛ ولی افزایش درصد ترکیب دیزل و گاز طبیعی فشرده، بر تولید هیدروکربن‌های نسوخته و منوکسید کربن تأثیر منفی دارد و باعث افزایش تولید این گازها می‌شود (Sadeghpur *et al.*, 2006).

Piroz Panah et al. (2004) 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. میزان آلاینده‌های گازوئیل از نظر تولید SNO_2 و CR_2O_3 و انتشار گازهای منوکسید کربن نسبت به گاز نفتی مایع (LPG) بیشتر است. بهترین راه برای کاهش گازهای آلاینده به‌خصوص دود و اکسیدهای نیتروژن در موتورهای دیزلی، روش تزریق مستقیم گاز نفتی مایع به داخل سیلندر می‌باشد (Singh *et al.*, 2010).

تحقیقات نشان می‌دهد 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 هم‌ارز بودن با سوخت دیزل سبب بهبود عملکرد موتور شده و زمان کارکرد موتور را افزایش می‌دهد و از نظر اقتصادی نیز گاز نفتی مایع جایگزین مناسبی برای موتورهای دیزلی به شمار می‌آید (Qi *et al.*, 2007). به نظر می‌رسد بهترین روش برای کاهش آلودگی و بالابردن انرژی سوخت دیزلی در بخش کشاورزی و حمل و نقل، استفاده از سوخت‌های ترکیبی می‌باشد. در تحقیقی تزریق گاز در ورودی هوا به داخل موتور و تزریق گاز به‌صورت مستقیم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد، تزریق گاز در ابتدا باعث کاهش میزان گازهای آلاینده NO_X، دود و CO_2 می‌شود؛ اما به علت پیش‌سوزی سوخت، توان کاهش می‌یابد؛ ولی در روش تزریق مستقیم و در مرحلهٔ 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 آلایندگی‌های موتور دیزل و افزایش عملکرد آن استفاده از سوخت‌های ترکیبی در این موتورها می‌باشد. تبدیل موتور دیزل به موتور دوگانه‌سوز علاوه بر کاهش آلایندگی‌های زیست‌محیطی سبب کاهش میزان مصرف سوخت گازوئیل می‌شود (Papagiannakis & Hountalas, 2004). Lata *et al* (2012) در تحقیقی روی یک موتور دیزلی چهار سیلندر مجهز به سیستم توربوشارژ و با توان ۶۲/۵ کیلووات دریافتند که استفاده از گاز مایع نفتی (LPG) و همچنین ترکیبی از گاز هیدروژن به عنوان سوخت ثانویه سبب کاهش گازهای منوکسیدکربن، هیدروکربن و گازهای نسوز دیگر می‌شود. هنگامی که هیدروژن به عنوان سوخت ثانویه به میزان ۳۰ درصد استفاده شود، راندمان حرارتی موتور ۱۷ درصد افزایش پیدا می‌کند و هنگامی که گاز نفتی مایع به عنوان سوخت دوم به میزان ۴۰ درصد استفاده شود، راندمان حرارتی به ۶۰ درصد رسیده و زمانی که مخلوط گاز هیدروژن به نسبت ۴۰ به ۶۰ (۴۰ درصد گاز نفتی مایع و ۶۰ درصد هیدروژن) استفاده شود، باعث افزایش راندمان حرارتی به میزان ۲۷ درصد و کاهش انتشار گازهای منوکسیدکربن و هیدروکربن به میزان ۶۸ درصد می‌شود. طبق آزمایش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

انجام‌شده با استفاده از ترکیب‌های گازوئیل و گاز نفتی مایع (تبدیل گاز به مایع، دیزل با گوگرد جزئی و دیزل با کلرید متیل استر) می‌توان آلاینده‌های زیست‌محیطی همچون NO_X و HC و CO_2 را به‌ترتیب به میزان ۶۰، ۵۲ و ۴۷ درصد کاهش داد. استفاده از ترکیب سوخت گازوئیل و گاز مایع نفتی باعث بالارفتن مصرف ویژه سوخت (SFC[1]) و همچنین بازده حرارتی موتور و افزایش دور موتور می‌شود(Tira *et al*., 2012).

Ergenc *et al*. (2014)، یک موتور دیزلی تک سیلندر را به سیستم دوگانه‌سوز مستقیم تبدیل کردند. نتایج نشان داد که تزریق مستقیم سوخت ترکیبی سبب کاهش ۳۷ درصدی سوخت دیزل و کاهش صدای موتور شد. Miller *et al*. (2008) موتور دیزلی با سوخت ۱۰۰ درصد گاز نفتی مایع را ارزیابی کردند. آن‌ها در تحقیق خود برای بالابردن عدد ستان LPG با افزودن دی‌اتیل اتر عدد ستان آن را به ۱۲۵ افزایش دادند. در حالت استفاده از سوخت LPG خالص، توان حرارتی موتور افزایش ولی بازده آن در حدود ۲/۵ درصد کاهش نشان داد و غلظت گازهای گلخانه‌ای در این موتور نیز ۶۸ درصد کاهش یافت. تحقیقات نشان می‌دهد تا کنون بررسی‌های فراوانی بر روی آلاینده‌های زیست‌محیطی و توان موتورهای بنزینی و دیزلی، در حالت سوخت ترکیبی و دوگانه‌سوز انجام شده است؛ اما از طریق آزمایش‌های درون کارگاهی یا ایستایی روی موتور بوده است که البته ضرورت تحقیق حاضر را موجب شد تا در شرایطی واقعی‌تر و حتی‌الامکان طبق استانداردها باشد (نظر به امکانات موجود در منطقه). به همین منظور، تجهیزات سوخت گازرسانی بر روی تراکتوری که دارای سامانه اندازه‌گیری و ثبت داده‌های همزمان (DAS) در مزرعه بود، استفاده شد تا بررسی دقیقی از مؤلفه‌های عملکردی و مزرعه‌ای با ترکیب‌های مختلف سوختی از گاز و گازوئیل صورت گیرد.

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. در این پژوهش، تراکتور MF399 با توان ۷۵ کیلووات به سامانه سوخت ترکیبی تجهیز شد (شکل ۱). عملیات اجرایی تحقیق در چند مرحله، شامل نصب تجهیزات مربوط به سامانه گازرسانی روی تراکتور، انجام آزمایش‌های اولیه به‌صورت درجا با دورهای مختلف برای تنظیم، آزمایش و کالیبره کردن تجهیزات گازرسانی و هماهنگ نمودن ابزار اندازه‌گیری، اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌ها در شرایط مزرعه‌ای با اجرای عملیات خاک‌ورزی و بر روی آسفالت اجرا شد. بررسی میزان سوخت مصرفی گازوئیل، گاز LPG، اندازه‌گیری توان مال‌بندی، مصرف ویژه سوخت و انرژی کل تراکتور با اجرای عملیات دیسک‌زنی در مزرعه و آزمون کشش روی جاده آسفالت در حالت استفاده از سوخت ترکیبی (گازوئیل و گاز LPG) انجام شد.

تیمارهای مورد ارزیابی در این تحقیق، شامل پنج سطح درصد وزنی ترکیب سوخت (شاهد ۱۰۰ درصد گازوئیل(D_{100})، ۸۰ درصد گازوئیل و ۲۰ درصد گاز مایع نفتی (D_{80})، ۶۰ درصد گازوئیل و ۴۰ درصد گاز (D_{60})، ۴۰ درصد گازوئیل ۶۰ درصد گاز (D_{40}) و ۲۰ درصد گازوئیل ۸۰ درصد گاز (D_{20}) (Qi *et al*; 2007)، سرعت ۳/۵ و ۷ کیلومتر بر ساعت به عنوان کمترین و بیشترین سرعت برای خاک‌ورزی اولیه (Liu & chen, 2010)، سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت برای عملیات خاک‌ورزی ثانویه (دیسک‌زدن) و سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت به عنوان مناسب‌ترین سرعت برای اجرایی عملیات خاک‌ورزی حفاظتی (چیزل پیلر) می‌باشد (Reshad Sedqy & Loghavi 2009). کلیهٔ آزمایش‌ها با سرعت پیشروی ۳/۵ و ۷ کیلومتر در ساعت روی جاده آسفالت و با سرعت پیشروی ۷ و ۱۲ کیلومتر در ساعت در مزرعه با دور موتور ۱۸۰۰ rpm با سه تکرار و به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از یک دیسک کششی سنگین در خاک شخم‌خورده با عمق ۲۵ سانتی‌متر و عرض کار ۲ متر و با دور موتور ۱۸۰۰ rpm اجرا شد. بار کششی مورد نیاز در آزمون آسفالت به روش تراکتور بار انجام شد؛ به طوری که تراکتورها پشت سر هم قرار گرفته و اتصال آنها به همدیگر از طریق کشش‌سنج S شکل بود و با پایش لحظه‌ای نیروی کششی آزمون در سرعت‌های مورد نظر انجام گرفت. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و Excel 2007 تجزیه و تحلیل شدند. شکل ۱، نشان‌دهندهٔ نحوهٔ نصب تجهیزات سامانه سوخت ترکیبی روی تراکتور می‌باشد.

1- Specific fuel consumption

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- نحوه 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

نحوهٔ کار سیستم سوخت‌رسانی ترکیبی

همان‌طوری که در شکل ۱ دیده می‌شود، 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، وظیفهٔ کاهش فشار گاز از psi ۲۰۰ 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 سردشدن هوا می‌شود؛ به همین دلیل، از محل برگشت آب رادیاتور به دور موتور یک شیلنگ، آب به داخل ریگلاتور 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 دهانهٔ 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 برای اپراتور فراهم کند تا متناسب با عملیات مورد نظر درصد ترکیب سوخت را انتخاب کند.

اندازه‌گیری فاکتورهای عملکردی

مقدار سوخت گازوئیل مصرف‌شده با استفاده از سامانهٔ اندازه‌گیر سوخت لحظه‌ای با استفاده از دو سوخت‌سنج فراصوتی floneix100 ساخت انگلستان و با دقت 1cc اندازه‌گیری شد (شکل ۲). برای اندازه‌گیری سوخت گازوئیل یک سوخت‌سنج در مسیر ارسال سوخت به موتور و دیگری در مسیر سوخت برگشتی از موتور نصب شد.

مقدار گاز مصرفی به روش وزنی و با ترازوی آویز[1] با دقت ۱۰ گرم اندازه‌گیری شد. نیروی کششی تراکتور با استفاده از کشش‌سنج[2] مدل SAB ساخت کره جنوبی، سرعت واقعی تراکتور به وسیله چرخ پنجم (مجهز به شفت انکودر مدل E40H12-500-3-T-2) و دور موتور با استفاده از حسگر القایی مدل P-R-L-18-8DP ساخت کره جنوبی اندازه‌گیری گردید. داده‌ها توسط سامانهٔ جمع‌آوری اطلاعات، پردازش و به‌صورت بی‌سیم به یک لپ‌تاپ ارسال گردید. در شکل ۳، نحوهٔ قرارگرفتن نیروسنج، چرخ پنجم وسایر تجهیزات نصب شده بر روی تراکتور نشان داده شده است.

توان مال‌بندی، P_{db} بر حسب kW از رابطهٔ (۱) به دست آمد (Bower, 1990):

$$P_{db} = \frac{V_a \times F_{db}}{3.6} \qquad (۱)$$

در معادله (۱) Va، سرعت پیشروی بر حسب $km.h^{-1}$ و F_{db}، نیروی کششی بر حسب kN است.

مصرف ویژه سوخت[3] SFC بر حسب لیتر بر کیلووات ساعت ($l.(kW.hr)^{-1}$) برای شاهد از رابطهٔ (۲)، مصرف ویژه سوخت برای موتور مجهز به سامانه سوخت‌رسانی گاز نفتی مایع از معادله (۳) و بازده انرژی کل OEE[4] بر درصد از معادله (۴) محاسبه گردید.

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

$$SFC = \frac{F_{cd} + (F_{cl} \times 12.82/10.17)}{P_{db}} \qquad (۳)$$

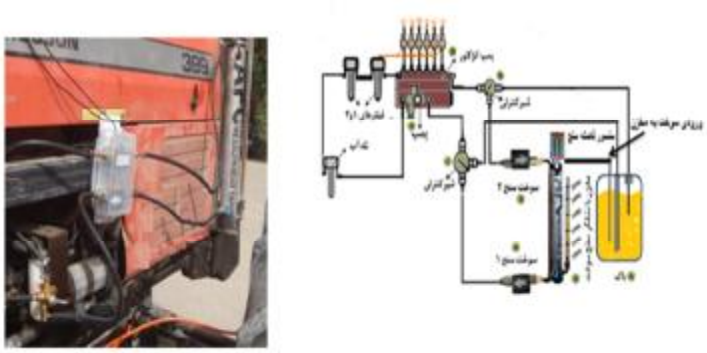
1- *DG8*
2- *Load Cell*
3- *Specific fuel consumption*
4- *Overall Energy Efficiency*

www.SID.ir

Archive of SID

$$OEE = \frac{P_{db}}{(F_{cd} \times 10.17) + (F_{cl} \times 12.82)} \times 100 \qquad (۴)$$

در معادلات بالا، FC_{hr}، سوخت مصرف‌شده کل (لیتر بر ساعت، $l.hr^{-1}$)؛ F_{Cd}، سوخت مصرف‌شده گازوئیل (لیتر بر ساعت، $l.hr^{-1}$)؛ F_{Cl}، سوخت مصرف‌شده گاز مایع بر حسب کیلوگرم بر ساعت ($kg.hr^{-1}$) و ثابت‌های ۱۰/۱۷ و ۱۲/۸۲، به‌ترتیب ارزش حرارتی سوخت گازوئیل و گاز مایع بر حسب $kW\text{-}hr.l^{-1}$ و $kW\text{-}hr.kg^{-1}$ (بر اساس گازوئیل و گاز مایع تولید ایران) می‌باشد (Anonymous, 2005).



شکل ۲- طرح‌واره و تصویر سامانه سنجش لحظه‌ای سوخت گازوئیل تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹

شکل ۳- تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مجهز به سیستم سوخت ترکیبی (گازوئیل و گاز مایع نفتی): ۱) واحد پردازش؛ ۲) مدار نوسانگیر؛ ۳) شیرکنترل؛ ۴) سوخت‌سنج؛ ۵) مخزن سوخت گاز و ترازوی سنجش سوخت؛ ۶) مخزن سوخت؛ ۷) دورسنج القایی؛ ۸) دورسنج القایی؛ ۹) اتصالات لولایی؛ ۱۰) انکودر HT؛ ۱۱) انکودر ST ؛ ۱۲) کشش‌سنج؛ ۱۳) اتصالات لاستیکی؛ و ۱۴) پایه فلزی

نتایج و بحث

در جدول ۱، تجزیه واریانس مؤلفه‌های عملکردی و مزرعه‌ای تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ در تیمارهای مختلف آزمایشی آورده شده است. با توجه به جدول ۱، مقدار سوخت گازوئیل و گاز مصرف‌شده در سطوح مختلف ترکیب سوخت و سرعت در سطح ۱ درصد و اثر متقابل سوخت و سرعت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. توان مال‌بندی، مصرف ویژه سوخت و بازده انرژی کل تراکتور در سطوح مختلف ترکیب سوخت، سرعت و اثر متقابل سوخت در سرعت و مقدار سوخت مصرف‌شده، توان مال‌بندی، مصرف ویژه سوخت و بازده انرژی کل تراکتور در محیط آسفالت در مقایسه با مزرعه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین، مقدار گازوئیل مصرف‌شده، توان مال‌بندی، مصرف ویژه سوخت و بازده

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی کل تراکتور در دو محیط نسبت به هم در سطح یک درصد معنی‌دار شد که هر مؤلفه به اختصار در زیر شرح داده می‌شود.

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

محیط	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)				
			گازوئیل ($l.hr^{-1}$)	گاز ($kg.hr^{-1}$)	توان مال‌بندی (kW)	مصرف‌ویژه‌سوخت ($l.(kW\text{-}hr)^{-1}$)	انرژی کل (%)
آسفالت	تکرار	۲	۲/۹۰ ns	۰/۴۰ ns	۱۳/۱۶ ns	۳/۰۱ ns	۰/۲۰ ns
	سوخت	۴	۹۵/۷۲**	۵۵/۲۱**	۲/۹۹ ns	۶/۵۰*	۰/۸۲**
	سرعت	۱	۰/۷۸ ns	۳/۲۶*	۱۳۰/۸۵**	۰/۴۶**	۰/۱۲ ns
	سوخت× سرعت	۴	۰/۴۲*	۰/۵۲*	۸/۳۵ ns	۷/۳۸*	۰/۲۳ ns
	ضریب تغییرات(%)		۱۹/۳۶	۱۲/۱	۱۷/۶۲	۱۰/۷۳	۱۶/۵۱
مزرعه	تکرار	۲	۰/۲۵ ns	۰/۲۸*	۱۹/۵۶ ns	۰/۷ ns	۴۹/۸۸ ns
	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
بلوک (محیط)	محیط	۱	۴۱/۲۱**	۲۸/۹۴ns	۷۲/۶۱**	۰/۱۰۹**	۹۵/۷۳**
	سوخت	۸	۳/۳۵ns	۱/۰۵ns	۷/۸۹۵ns	۰/۰۱۵ns	۱۰/۵۴۶ns
	خطا	۲۰	۲/۳۲*	۴/۴۳**	۳/۵۳**	۰/۰۰۸*	۷/۷۲۷*
	ضریب تغییرات(%)		۳/۳	۱۱/۶۳	۹/۷۹	۱۴/۴۷	۱۶/۹۴

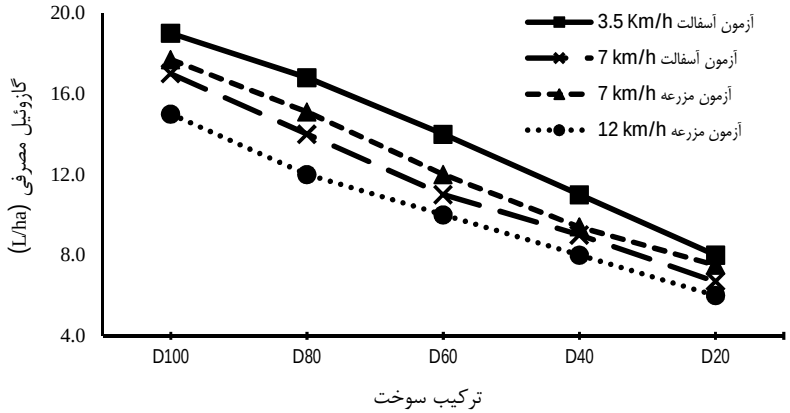
** معنی‌داری در سطح ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns عدم معنی‌داربودن

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر ترکیب‌های مختلف سوخت و سرعت پیشروی بر مقدار سوخت مصرفی معنی‌دار شد. بیشترین مقدار سوخت گازوئیل مصرف‌شده مربوط به ترکیب D_{100} می‌باشد (شکل ۴). مقدار گازوئیل مصرف‌شده در سرعت ۳/۵ و ۷ کیلومتر بر ساعت روی آسفالت به‌ترتیب ۱۹/۲و ۱۷ لیتر بر هکتار به دست آمد. همچنین، مقدار مصرف سوخت گازوئیل در سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت در مزرعه به‌ترتیب ۱۸ و ۱۵ لیتر بر هکتار به‌دست آمد. واضح است که با افزایش سرعت پیشروی ظرفیت زراعی افزایش یافته و مصرف هکتاری سوخت کاهش می‌یابد. مقدار سوخت گازوئیل مصرف‌شده در سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت در دو محیط آسفالت و مزرعه اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۱). آزمایش‌ها نشان داد در سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت در مزرعه نسبت به آسفالت مقدار سوخت مصرف‌شده در حدود ۱ لیتر بر هکتار بیشتر است که نشان‌دهندهٔ اثر محیط بر روی سوخت مصرف‌شده می‌باشد. دلیل آن هم تفاوت در مقدار لغزش چرخ‌ها، تفاوت مقاومت غلتشی چرخ‌ها در دو محیط آسفالت و مزرعه و در نتیجه تغییر در ظرفیت زراعی و همچنین در مقدار نیروی مال‌بندی (کشش مال‌بندی) می‌باشد. با افزایش نسبت ترکیب گاز مایع به جای گازوئیل، مقدار گازوئیل مصرف‌شده به سرعت کاهش می‌یابد. در واقع، با واردشدن گاز مایع به موتور به علت وجود دو سوخت در زمان اشتعال دور موتور افزایش می‌یابد که باعث می‌شود بلافاصله گاورنر مقدار سوخت گازوئیل ارسالی به موتور را کاهش دهد. بدیهی است که با افزایش سرعت پیشروی با استفاده از تعویض دنده بار روی موتور افزایش یافته (تغییر در نیروی کشش و تغییر در گشتاور واردشده به موتور) و گاورنر مقدار سوخت مصرفی را متناسب با بار روی موتور افزایش می‌دهد؛ ولی با افزایش سرعت پیشروی از ۷ به

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲ کیلومتر بر ساعت زمان اجرایی عملیات کاهش می‌یابد (افزایش ظرفیت زراعی) و در نتیجه باعث کاهش مقدار مصرف سوخت در هکتار می‌شود. این نتیجه با نتایج Najafi (2011) که گزارش کردند استفاده از سوخت ترکیبی گازوئیل و بیوگاز باعث کاهش ۳۷ درصدی سوخت دیزل می‌شود، هم‌خوانی داشت. بنابراین، می‌توان گفت برای کاهش مصرف سوخت باید سعی شود از بیشینه سرعت پیشروی مجاز در عملیات زراعی استفاده کرد که یکی از دلایل گرایش به استفاده از خاک‌ورزهای سرعت بالا (انواع چیزل پکر، پنجه‌غازی‌ها و ...) در سال‌های اخیر نیز همین مطلب می‌باشد.



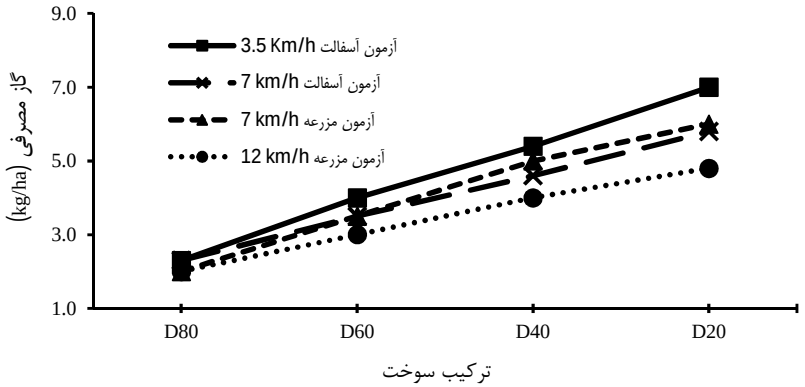
شکل ۴ - مقدار گازوئیل مصرفی تراکتور در سرعت‌ها و ترکیب‌های مختلف سوخت در دو محیط آسفالت و مزرعه

شکل ۵، مقدار گاز مصرف‌شده در شرایط مزرعه و آسفالت را نشان می‌دهد. بدیهی است که به‌دلیل افزایش مقدار گاز ورودی به موتور توسط اپراتور مقدار سوخت گاز مصرف‌شده نسبت به گازوئیل افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار گاز مایع مصرف‌شده مربوط به ترکیب D20 می‌باشد. در این ترکیب که ۲۰درصد سوخت گازوئیل و ۸۰ درصد سوخت گاز مایع است، در سرعت ۳/۵ و ۷ کیلومتر در ساعت در آسفالت به‌ترتیب ۷ و ۵/۵ کیلوگرم گاز در هکتار و در سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت در مزرعه ۵/۶ و ۴ کیلوگرم گاز در هکتار مصرف شد. همچنین، با توجه به شکل مشخص است که با افزایش سرعت در هر دو محیط (از ۳/۵ به ۷ کیلومتر در ساعت در آسفالت و از ۷ به ۱۲ کیلومتر در ساعت در مزرعه) در تمام ترکیب‌های سوخت مقدار مصرف گاز کاهش یافته است و با افزایش نسبت گاز LPG به گازوئیل، این اختلاف بیشتر شده است؛ به طوری که کمترین اختلاف در ترکیب D80 (در هر دو محیط آسفالت و مزرعه با افزایش سرعت از ۳/۵ به ۷ و از ۷ به ۱۲ کیلومتر بر ساعت مقدار گاز مصرفی از ۲/۳ کیلوگرم در هکتار به ۲ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است) و بیشترین اختلاف در هر دو محیط آسفالت و مزرعه در ترکیب D_{20} مشاهده می‌شود (در آسفالت مقدار گاز مصرفی از مقدار ۷ کیلوگرم در هکتار در سرعت ۳/۵ کیلومتر بر ساعت به ۵/۸ کیلوگرم در هکتار در سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت و در مزرعه از ۶/۱ کیلوگرم در هکتار در سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت به ۴/۹ کیلوگرم بر هکتار در سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت کاهش یافته است). علت کاهش مقدار گاز مصرفی در هکتار با افزایش سرعت می‌تواند این باشد که چون افزایش سرعت به وسیلهٔ دنده انجام گرفت و دور موتور ثابت بود، بار روی موتور افزایش یافته و گاورنر مقدار گازوئیل مصرفی را برای این تغییر سرعت افزایش می‌دهد. بنابراین، این افزایش سرعت فقط روی مصرف ساعتی گازوئیل تأثیر مستقیم دارد و روی مصرف گاز LPG تأثیر زیادی ندارد و افزایش سرعت باعث افزایش ظرفیت زراعی و در نتیجه کاهش مصرف هکتاری سوخت گاز LPG و گازوئیل می‌شود. چون در D_{20} نسبت گاز LPG به گازوئیل بیشتر از بقیه نسبت سوخت‌ها است، سهم گاز LPG از این کاهش مصرف نیز بیشتر می‌باشد. نکته‌ای که در شکل وجود دارد، این است که شیب خط ۱۲ km/h کمتر از بقیه می‌باشد که می‌توان به این دلیل باشد که با افزایش سرعت پیشروی

www.SID.ir

Archive of SID

در مزرعه و افزایش بار روی موتور، پمپ انژکتور تراکتور به حالت کنترل بار نزدیک شده و باعث می‌شود گازوئیل مصرفی افزایش یابد که نزدیک‌شدن نمودارها در D_{20} (شکل ۴) نشان‌دهندهٔ همین مطلب است.



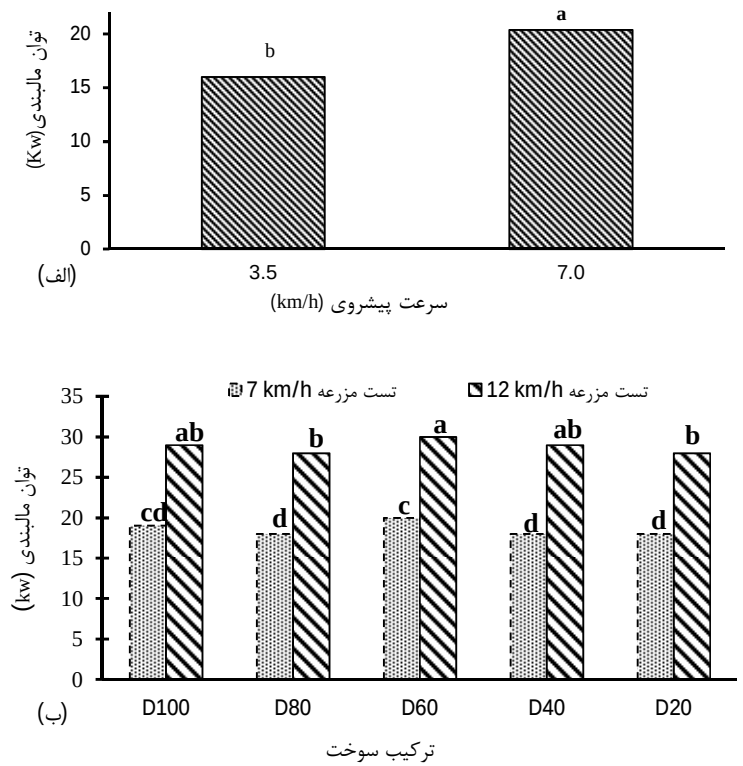
شکل ۵- مقدار گاز مصرفی تراکتور در سرعت‌ها و ترکیب‌های مختلف سوخت در دو محیط آسفالت و مزرعه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر سرعت در آسفالت و اثر متقابل سرعت×سوخت در مزرعه بر مقدار توان مال‌بندی در سطح ۱درصد معنی‌دار می‌باشد. شکل ۶، تغییرات توان مال‌بندی تراکتور در الف) آسفالت در سرعت‌های مختلف؛ و ب) مزرعه اثر متقابل سرعت×ترکیب سوخت را نشان می‌دهد. مطابق شکل ۶- الف)، با افزایش سرعت از ۳/۵ به ۷ کیلومتر در ساعت مقدار توان مال‌بندی به طور معنی‌داری از ۱۶ با ۲۰/۴ کیلووات افزایش یافته است. در این آزمایش تراکتور با ترکیب‌های مختلف سوخت را به وسیله یک تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ بر روی آسفالت کشیده و نیروی کششی آن به وسیله کشش‌سنج اندازه‌گیری شد. مطابق شکل ۶- ب)، در آزمون مزرعه و بین تیمارهای ترکیب سوخت و سرعت پیشروی در این آزمایش، مقدار توان مال‌بندی در ترکیب‌های سوخت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود و بیشترین مقدار آن در ترکیب D60 به دست آمد و نشان داد که گاز مایع نفتی به خوبی می‌تواند جایگزین مناسبی به جای گازوئیل باشد. دلیل آن را می‌توان به هم‌ارز بودن تقریبی ارزش حرارتی گاز مایع نفتی با مقادیر MJ/kg ۴۶/۱۵ در مقایسه با گازوئیل با مقادیر تقریبی MJ/kg ۴۳/۳۸ ربط داد (Anonymous, 2005) که با مشاهدات Piroz Panah *et al.* (2004) و Qi *et al.* (2007) مطابقت داشت. با مقایسه شکل ۶- الف و ب دلیل افزایش توان مال‌بندی آسفالت نسبت به مزرعه در سرعت ۷ کیلومتر در ساعت، کاهش بوکسوات می‌باشد. به طور کلی با افزایش سرعت، توان مال‌بندی افزایش می‌یابد و دلیل آن استفاده از تمام توان در سرعت‌های بالاتر می‌باشد؛ زیرا با افزایش سرعت طبق معادله (۱)، توان مال‌بندی افزایش می‌یابد.

افزایش سرعت تا جایی می‌تواند ادامه داشته باشد که به بیشینهٔ توان قابل دسترس موتور برسد. بعد از آن با افزایش سرعت، توان کاهش خواهد یافت؛ زیرا با توجه به اینکه دور موتور ثابت بوده و تغییر سرعت با تعویض دنده صورت می‌گیرد، افزایش سرعت باعث کاهش گشتاور طبق معادله $P = T\omega$ می‌شود و اگر گشتاور تولیدی موتور از گشتاور مورد نیاز کمتر شود، موتور قادر به تولید توان مورد نیاز نخواهد بود و گاورنر شروع به افزایش سوخت در محدوده کنترل گاورنر می‌کند و اگر گشتاور از محدوده گاورنر بیشتر شود، دور موتور با بار کنترل خواهد شد و به تدریج دور کاهش یافته تا خاموش شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- تغییرات توان مال‌بندی تراکتور در آزمایش الف) آسفالت در سرعت‌های مختلف و ب) مزرعه اثر متقابل سرعت × ترکیب سوخت

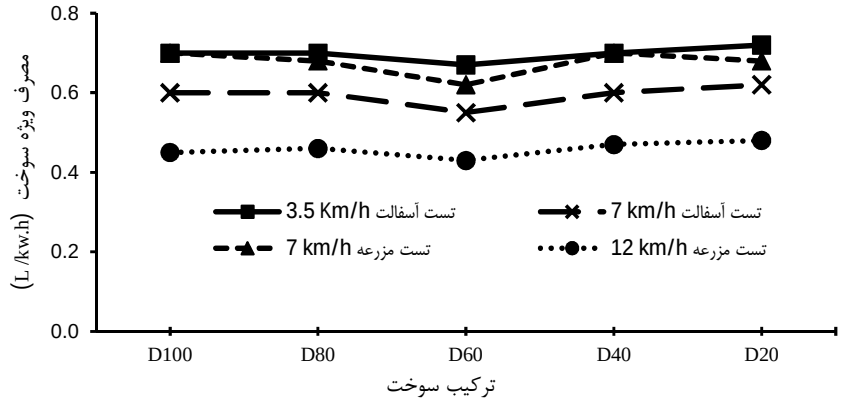
شکل ۷، مقدار مصرف ویژه سوخت تراکتور را در آزمون مزرعه و آسفالت نشان می‌دهد. در آزمایش مزرعه و آسفالت بیشترین مقدار مصرف ویژه سوخت تراکتور مربوط به سوخت شاهد در سرعت ۷ کیلومتر و کمترین مقدار مصرف ویژه سوخت در ترکیب سوخت D60 در سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر به دست آمد. نتایج آزمایش‌ها در این تحقیق نشان داد که با افزایش ترکیب سوخت، مقدار مصرف ویژه سوخت کاهش می‌یابد و در ترکیب ۶۰ درصد دیزل و ۴۰ درصد گاز کمترین مصرف ویژه سوخت مشاهده شد. با افزایش بیشتر نسبت ترکیب گاز، مصرف ویژه سوخت مجدداً شروع به افزایش کرد. که با یافته‌های Lata *et al.* (2012) که بیان کردند استفاده از سوخت ترکیبی باعث کاهش مصرف ویژه سوخت می‌شود، مطابقت داشت. دلیل این رفتار را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با افزایش درصد ترکیب از صفر تا D60 چون ارزش حرارتی گاز مایع بیشتر از گازوئیل است (۴۶/۱۵ MJ/kg برای گاز مایع در مقایسه با ۴۳/۳۸ MJ/kg برای گازوئیل) (Anonymous, 2005) مقدار مصرف ویژه سوخت کاهش می‌یابد و هرچه درصد استفاده از گاز بیشتر شود، این کاهش بیشتر می‌شود؛ ولی استفاده از گاز تأثیر منفی جایگزین‌شدن به جای اکسیژن هوای ورودی و کاهش بازده حجمی موتور را دارد؛ زیرا گاز پروپان و بوتان جایگزین هوای ورودی شده و درصد اکسیژن ورودی کاهش می‌یابد و به‌تدریج مقدار اکسیژن ورودی برای احتراق کاهش می‌یابد. بعد از افزایش گاز مایع (بیشتر از ترکیب D60) تأثیر منفی کاهش اکسیژن بیشتر از تأثیر مثبت ارزش حرارتی سوخت گاز می‌شود و مصرف ویژه دوباره افزایش می‌یابد.

مطابق نتایج به دست آمده، افزایش سرعت باعث کاهش مصرف ویژه سوخت می‌شود که به‌دلیل رابطهٔ مستقیم بین سرعت و توان مال‌بندی می‌باشد. افزایش سرعت در اثر تغییر دنده باعث افزایش توان مال‌بندی به‌دلیل استفاده بهینه از توان تولیدی موتور می‌شود؛ ولی سوخت مصرفی زیاد تحت تأثیر سرعت قرار نمی‌گیرد و فقط مصرف سوخت در محدودهٔ کنترل گاورنر تغییر جزئی می‌کند (مقدار سوخت با دور موتور تغییر می‌کند و چون در محدوده کنترل گاورنر هستیم،

www.SID.ir

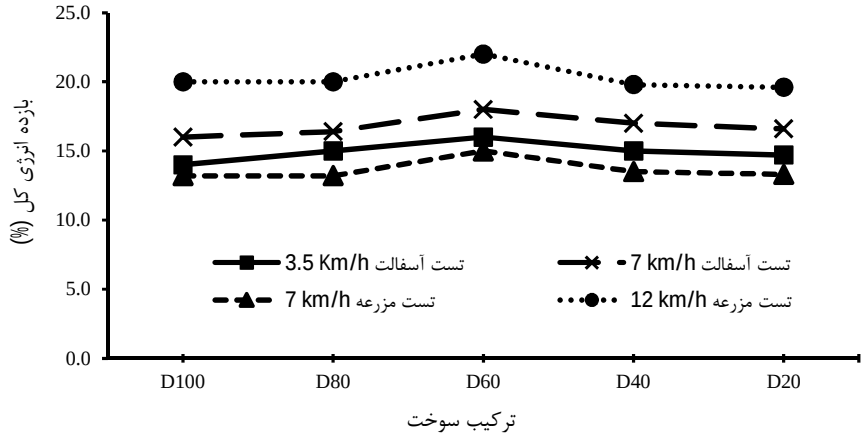
Archive of SID

گاورنر مقدار سوخت را متناسب با بار تغییر می‌دهد) که در مجموع مقدار توان مال‌بندی افزایش‌یافته از مقدار سوخت مصرفی بیشتر شده و در نتیجه باعث کاهش مصرف ویژه سوخت می‌شود.



شکل ۷- مصرف ویژه سوخت تراکتور در آزمایش آسفالت و مزرعه

شکل ۸، بازده انرژی کل تراکتور را در دو آزمون مزرعه و آسفالت نشان می‌دهد. کمترین بازده انرژی کل مربوط به سوخت شاهد و ترکیب ۲۰ درصد دیزل و ۸۰ درصد گاز مایع D20 بود. با افزایش نسبت گاز به گازوئیل در نسبت‌های ترکیب سوخت، بازده انرژی کل افزایش پیدا کرد. بیشترین بازده انرژی کل در ترکیب سوخت D60 در سرعت ۷ و ۱۲ کیلومتر در آزمون مزرعه و در سرعت ۳/۵ و ۷ کیلومتر بر ساعت در آزمون آسفالت بود. با افزایش ترکیب گازوئیل و گاز مایع بیشتر از ۶۰ درصد بازده انرژی کل شروع به کاهش‌یافتن کرد که همان‌طور که قبلاً اشاره شد، به‌دلیل کاهش حجم هوای ورودی با افزایش نسبت گاز به گازوئیل می‌باشد که باعث کمبود اکسیژن و عدم احتراق کامل و در نتیجه کاهش بازده کل می‌گردد. بازده انرژی کل با افزایش سرعت افزایش می‌یابد و ارتباط مستقیم با سرعت دارد؛ 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) بیشتر باشد و در نتیجه باعث افزایش بازده انرژی کل تراکتور می‌شود. این نتیجه با یافته‌های Lata *et al.* (2011) و Karim Liu (1995) مطابقت داشت.

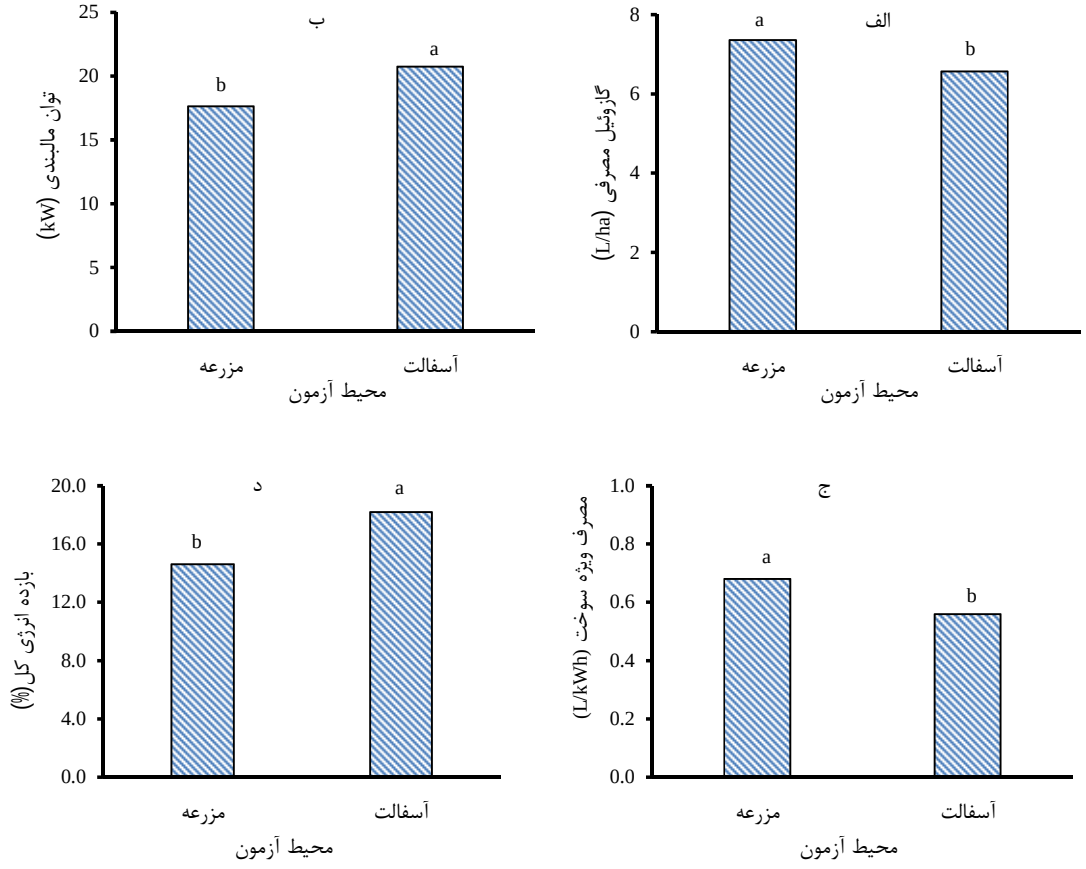


شکل ۸- بازده انرژی کل تراکتور در شرایط آسفالت و مزرعه

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۹، تأثیر نوع محیط آزمون بر مؤلفه‌های عملکردی تراکتور در سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت نشان داده شده است. طبق منحنی‌های شکل (۹- الف) مقدار گازوئیل مصرفی با ۷/۳۵ لیتر در هکتار در مزرعه به‌طور معنی‌داری بیشتر از محیط آسفالت با ۶/۵۶ لیتر بر هکتار است که دلیل آن درصد بکسواد بیشتر تراکتور در مزرعه در مقایسه با آسفالت می‌باشد (۱۳ درصد بکسواد در مزرعه). همچنین، مطابق شکل ۹- ب، توان مال‌بندی آسفالت در مقایسه با مزرعه افزایش یافته است که دلیل آن کشش بهتر در آسفالت است (۲۰/۷۴ در مقایسه با ۱۷/۶۳ کیلووات). همچنین، مصرف ویژه سوخت در آسفالت کمتر از مزرعه بود (۰/۵۶ در مقابل ۰/۶۸ لیتر بر کیلووات ساعت). دلیل آن، این است که با استناد به ارقام جدول ۱، مقدار گاز مصرفی در مزرعه و آسفالت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند؛ ولی مقدار گازوئیل مصرفی در مزرعه بیشتر از آسفالت است؛ از این رو، طبق معادله (۳)، در مجموع مصرف سوخت کل (گاز به‌علاوه گازوئیل) مزرعه بیشتر از آسفالت بوده (مقدار صورت کسر معادله (۳)) و همچنین توان مال‌بندی آسفالت بیشتر از مزرعه است (مقدار مخرج کسر معادله (۳)) که باعث افزایش مقدار مصرف ویژه مزرعه در مقایسه با آسفالت شده است (شکل ۹- ج). بنابراین، در کل، بازده انرژی کل آسفالت بیشتر از مزرعه باید باشد که شکل ۹- د مؤید این مطلب می‌باشد.



شکل ۹- تأثیر نوع محیط آزمون بر مؤلفه‌های عملکردی تراکتور در سرعت ۷ کیلومتر بر ساعت. الف) مقدار گازوئیل مصرفی، ب) توان مال‌بندی، ج) مصرف ویژه سوخت و د) بازده انرژی کل

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ به سامانه سوخت‌رسانی گاز مایع نفتی (LPG) تجهیز شد. مقدار دقیق سوخت مصرفی گازوئیل با استفاده از حسگرهای فراصوتی و استوانه مدرج، مقدار گاز مصرفی به روش وزنی با استفاده از ترازو، سرعت پیشروی و نیروی کششی به وسیله چرخ پنجم و کشش‌سنج اندازه‌گیری شد و با سیستم جمع‌آوری داده تمام داده‌های مربوط به عملکرد تراکتور و خاک‌ورز به لپ‌تاب ارسال شد. این آزمایش در دو محیط مزرعه و آسفالت اجرا شد. با افزایش ترکیب سوخت گاز مایع به جای گازوئیل، مقدار مصرف سوخت گازوئیل کاهش یافت. با توجه به حفظ توان مال‌بندی سوخت گاز مایع جایگزین مناسبی در ترکیب‌های مختلف به جای گازوئیل بود. مقدار سوخت گازوئیل و گاز مایع نفتی با افزایش سرعت افزایش معنی‌داری نداشت؛ اما در ترکیب‌های سوختی مختلف این مقدار از نظر آماری متفاوت بود. در آزمون مزرعه و آسفالت بهترین ترکیب سوخت، ترکیب D60 بود. در این ترکیب (D60) مصرف ویژه سوخت در آزمون مزرعه و آسفالت به‌ترتیب به مقدار ۰/۵ و ۰/۷ لیتر بر کیلووات ساعت کاهش یافت و باعث افزایش بازده انرژی کل تراکتور به مقدار ۳ و ۵ درصد شد.

منابع

1. Anonymous. 2005. IEA Energy Statistics Manual. International Energy Agency. 75775 Paris Cedex 16, France. 220 p (In Farsi).
2. Aslam, M. U. Masjuki, H. H. Kalam, M. A. Abdesselam, H. Mahlia, T. M. I. and Amalina, M. A. 2006. An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle. Fuel, 85(5): 717-724.
3. Bower, C .G. 1990. Tillage Draught and Energy Measurements of Twelve Southeastern Soil Series. Transactions of the ASAE, 32(5): 1492-1502.
4. Ergenc, A. T. anf Koca, D. Ö. 2014. PLC controlled single cylinder diesel-LPG engine. Fuel, 130: 273-278.
5. Karim, G. A. and Liu, Z. 1995. The ignition delay period of dual fuel engines. SAE Paper No. 950466.
6. Lata, D. B. Misra, A. and 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.
7. Lata, D. B. and Misra, A. 2011. Analysis of ignition delay period of a dual fuel diesel engine with hydrogen and LPG as secondary fuels. International Journal of Hydrogen Energy, 36: 3746-3756.
8. Liu, J. and Chen, Y. 2010. Effect of tillage speed and straw Length on soil and straw movement by a sweep. Journal of Soil and Tillage Research. 109: 9-17.
9. Miller Jothi, N. K. Nagarajan, G. and Renganarayanan, S. 2008. LPG fueled diesel engine using diethyl ether with exhaust gas recirculation. International Journal of Thermal Sciences, 47: 450-457.
10. Najafi, B. 2011. Experimental study of the effect of using biodiesel and biogas instead of natural gas and diesel and in dual diesel engine. Journal of fuel combustion, 1(4): 86-73
11. Papagiannakis, R. G. and 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.
12. Piroz Panah, V. Ofoghhi, S. M. Mirsalim, S. M. and Jeyhoni, Y. 2004. Convert diesel engine to dual engine and lower emissions at the standard level with maintaining the power and torque at the base engine. 3th International Conference on Internal Combustion Engines (In Farsi).
13. Qi, D. H. Bian, Y. Z. Ma, Z. Y. Zhang, C. H. and 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.
14. Reshad Sedqy, A. and Loghavi, M. 2009. The effect of soil moisture at the initial tillage and travel speed on the disk harrow performance as secondary tillage. Iran Bio system engineering magazine, 40(2): 138-131 (In Farsi).
15. Sadeghpur ranjbar, A. Piruz Pnah, V. and Khoshbakhtisaray, R. 2006. Experimental investigation of the effect of percentage substitution of natural gas in diesel engine performance and emission of Dual Fuel engine. 14th Annual Conference of Mechanical Engineering (In Farsi).
16. Sahoo, B. B. Sahoo, N., and Saha, U. K. 2009. Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance

www.SID.ir

Archive of SID

of dual-fuel gas diesel engines-A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(6-7): 1151-1184.

17. Singh, R. C. Kohli, N. Singh, M. P. and Singh, O. 2010. Ethanol and LPG sensing characteristics of SNO2 activated Cr2O3 thick film sensor. Bulletin of Materials Science, 33(5): 575-579.
18. Tira, H. S. Herreros, J. M. Tsolakis, A. and Wyszynski, M. L. 2012. Characteristics of LPG-diesel dual fueled engine operated with rapeseed methyl ester and gas-to-liquid diesel fuels. Energy, 47(1): 620-629.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir