نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۴۹۰-۴۸۱

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 481-490

تحلیل سر و صدای تراکتور دوچرخ در اثر استفاده از مخلوط سوخت‌های دیزل و بیودیزل

نعمت کرامت سیاوش[۱]- غلامحسن نجفی[۲*]- سید رضا حسن بیگی[۳]- برات قبادیان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۰۴

چکیده

بیودیزل سوختی بر پایه سوخت دیزل است که از روغن‌های گیاهی و یا حیوانی حاصل شده و دارای زنجیرهای بلند استرهای آلکیل می‌باشد. نوع سوخت تأثیر مستقیم بر پدیده احتراق موتورهای احتراق تراکمی (IC) دارد. یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی کارکرد موتور که در اثر نوع سوخت تغییر می‌کند، صدای موتور می‌باشد. هدف تحقیق حاضر، مطالعه تجربی صدای موتور دیزل، با استفاده از مخلوط‌های B00، B5، B10، B15، B20، B25 و B30 سوخت‌های دیزل و بیودیزل می‌باشد. در این تحقیق بیودیزل تولید شده از روغن پسماند با نسبت‌های مختلف با سوخت دیزل ترکیب شده و صدای موتور تراکتور دو چرخ در اثر این سوخت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. این تحقیق در حالت ایستگاهی و در سه موقعیت گوش چپ راننده، ۱/۵ متری اگزوز و ۷/۵ متری اگزوز و در ۶ سرعت موتور (۱۲۰۰، ۱۴۰۰، ۱۶۰۰، ۱۸۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۲۰۰ rpm) انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که بیشترین و کمترین تراز صدای تولیدی به‌ترتیب به B10 و B30 مربوط می‌شوند. با بالا رفتن دور موتور از ۱۲۰۰ به ۲۲۰۰ rpm، تراز شدت صدا dB ۷/۸ کاهش می‌یابد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که میانگین تراز فشار صدا در موقعیت راننده dB ۴/۳ بیشتر از موقعیت اطرافیان است.

واژه‌های کلیدی: بیودیزل، تراز فشار صدا، تراکتور دو چرخ، سر و صدا

مقدمه

با توجه به اهمیت سوخت بیودیزل در کاهش سر و صدای موتور و همچنین وسعت استفاده از تیلرها در مناطق مختلف کشور (به‌ویژه مناطق روستایی) همانند تراکتور (برای اهدافی چون حمل بار و انواع عملیات کشاورزی) و یا محرک ژنراتور برق و پمپ آب، لازم است تا تحقیقات جامعی بر روی سر و صدای تیلر هنگام استفاده از سوخت بیودیزل انجام گیرد. محققان مختلفی بر روی جنبه‌های مختلفی از سروصدای موتور تحقیق و بررسی انجام داده‌اند ولی بر روی تأثیر مخلوط‌های مختلف سوخت دیزل و بیودیزل بر سطح صدای موتور تراکتور دو چرخ تحقیقی انجام نشده است. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان سوخت بهینه را از نظر کمترین سطح صدای تولیدی موتور تراکتور دو چرخ تحت آزمایش انتخاب کرد. همچنین نتایج این آزمون می‌تواند در تعمیر، نگهداری و عیب‌یابی موتور بسیار سودمند باشد.

براساس داده‌های علمی مشخص شده است که سر و صدا اثرات منفی بر کاربر می‌گذارد، در همین راستا مقررات جدیدی برای کنترل سر و صدا وضع شده است. یکی از این آیین‌نامه‌ها "قانون کنترل صدا است" (Raichel, 2006). در این آیین‌نامه، آمده است که قرار گرفتن در معرض سر و صدای شدید، در طول مدت مشخص می‌تواند بر سلامت انسان مؤثر باشد. بنابراین تأکید بر این که ساعات کار باید با توجه به سطح فشار صدا تعیین گردد.

در تحقیقی که بر روی ویژگی‌های نویز و آثار آن بر سلامتی راننده تراکتور انجام گرفت دو تراکتور با توان بالا (۱۸/۷ و ۲۰ kW) و دو تراکتور کوچک (۴/۶ و ۶/۷ kW) بررسی شدند. نتایج نشان داد که تراز فشار صدا با افزایش دور موتور و سرعت پیشروی زیاد می‌گردد و همچنین تراز فشار صدا برای عملیاتی که به کشش بیشتری نیاز دارند بالاتر خواهد بود. آنها دریافتند که سطح صدای تراکتورهای مورد مطالعه بیشتر از مقداری بود که یک کارگر بتواند در طول ۸ ساعت کاری، که به‌وسیله استانداردهای ISO و OSHA توصیه شده، تحمل کند (Dewangan *et al.*, 2005).

هونگ و بینگ منابع ایجاد صدا را در قسمت جلوی یک موتور دیزل بررسی نمودند. مشخص شد که با استفاده از اندازه‌گیری تراز شدت صدا می‌توان منابع ایجاد صدا را مشخص نمود (Junghong and Bing, 2005).

سهساح و همکاران سطح صدای دو نوع تیلر، ۸ و ۱۰ hp، در هنگام تردد بر روی سطوح مختلف جاده‌ای بررسی نمودند. بالاترین

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: g.najafi@modares.ac.ir)
۳- دانشیار گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

سطح صدا بر روی سطوح آسفالت و راه روستایی به‌ترتیب برابر بودند با ۹۸/۲ و ۹۲ dB(A) در دور موتور ۱۳۵۰ RPM، که این مقدار بیش از حد استاندارد تعیین شده است (Sehsah *et al.*, 2010).

ایلدریم و اسکی طی تحقیقاتی مشخص کردند که می‌توان از مدل شبکه عصبی برای پیش‌بینی شدت صدای خودرو استفاده نمود (Yildirim *et al.*, 2008).

آلباربارا و همکاران با استفاده از روش توزیع وینگر–وایل (WVD) و با به‌کارگیری روش فیلترهای وفقی، صدای ناشی از سوزن انژکتورهای موتور را شناسایی نمودند (Albarbara *et al.*, 2010).

آنیو و همکاران روش CWT را برای تحلیل سیگنال‌های موتور، تحلیل فرکانسی مناسبی ندیده و از روش A-Weighted CWT برای تحلیل زمان– فرکانس استفاده کردند. این روش، تصویر بهتری از صداهای ناپایدار به‌دست می‌دهد که برای معرفی منابع صدا بسیار مؤثر است (Anyu *et al.*, 2011).

گیاکومیس و همکاران صدای یک موتور دیزل با توربوشارژ را تحت شرایط مختلف از جمله حالت رانندگی در جاده، شتاب‌گیری و افزایش بار مورد آزمایش قرار دادند. با توجه به نتایج این آزمون، جواب با تأخیر توربوشارژر به تغییرات دریچه گاز، بیشترین تأثیر را در تولید صدا داشته و دقت کالیبره کردن زمان پاشش سوخت، تأثیر به‌سزایی روی سطح صدای تولیدی موتور دارد. همچنین دمای دیواره سیلندر با تغییر شرایط سوخت نمی‌توانست خود را تطبیق دهد، که همین امر باعث تولید صدا می‌گردد (Giakoumis *et al.*, 2011).

حسن‌بیگی طی تحقیقی، سر و صدای تراکتور دو چرخ را در حالت حمل و نقل و شرایط مختلف مزرعه‌ای بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سرعت دورانی موتور از ۱۳۰۰ به ۲۲۰۰ دور بر دقیقه، تراز فشار صدای تیلر ۱۲ dB در محدوده فرکانسی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ Hz افزایش می‌یابد (Hassan-Beygi, 2003).

گوانگ‌پو و همکاران طی تحقیقاتی که بر روی موتور دیزل هشت سیلندر یک خودروی نظامی انجام دادند به نتایج زیر دست یافتند (Guangpu *et al.*, 2006):

وقتی دور موتور به ۱۹۰۰ و ۲۲۰۰ دور بر دقیقه می‌رسد به‌ترتیب تأثیر صدای سیستم هوای ورودی و اگزوز بیشتر می‌شود. سطح تراز صدا در نزدیکی لوله ورودی هوا و اگزوز به ۱۲۰ dB می‌رسد.

با توجه به تصاویر طیف‌های فرکانسی، فرکانس صدای موتور با فرکانس عملکرد موتور انطباق نزدیکی دارد.

حسن‌بیگی و همکاران طی تحقیقات خود بر روی نویز تراکتور در حال حرکت بر روی جاده آسفالت روستایی نشان داند که صدا در موقعیت گوش راننده در مقایسه با موقعیت اطرافیان (A) dB ۷/۷۴ تا (A) dB ۱۰/۷۵ بیشتر است. همچنین، نتایج تحقیقات آنها نشان داد که سرعت موتور نقش تعیین‌کننده‌ای بر شدت سر و صدا دارد (Hassan-Beygi *et al.*, 2003).

حسن‌بیگی و همکاران در تحقیقی دیگر از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی شدت صدای یک تیلر با توان hp ۱۳ استفاده نمودند. آنها دریافتند که تفاوت بین مقدار بیش‌بینی شده و داده‌های واقعی شدت صدای تیلر، تنها dB ۲ بود (Hassan-Beygi *et al.*, 2007).

حسن‌بیگی و قبادیان خواص میرایی سطوح مختلف جاده‌ای را در حین حرکت یک تیلر بررسی نمودند. آنها سیگنال‌های فشار صدای تیلر را در قالب نسبت‌های دنده جعبه دنده و دور موتورهای متفاوت در جاده‌های آسفالت، خاکی و چمنزار بررسی نمودند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که بیشترین خاصیت میراکنندگی مربوط به جاده چمنزار می‌باشد (Hassan-Beygi and Ghobadian, 2005).

با توجه به اهمیت موضوع صدای ماشین‌های کشاورزی و تأثیر سوخت‌های زیستی جدید بر کاهش سطح صدای نامطلوب این ماشین‌ها، تحقیق در این زمینه ضروری به‌نظر می‌رسد. تراکتورهای دوچرخ (تیلر) از جمله ماشین‌های مهم کشاورزی هستند که به‌دلیل کوچکی، ارزانی و انعطاف در انواع استفاده (از قبیل حمل و نقل، شخم زمین مخصوصاً شالیزارها، کاشت محصول‌های ردیفی، استفاده به‌عنوان محرک پمپ آب و ژنراتور برق و غیره) استفاده زیادی دارند. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و مرور تحقیقات پیشین، مشخص گردید که مطالعات چندانی بر روی این ماشین‌ها در رابطه با صدای تولیدی به هنگام استفاده از سوخت بیودیزل صورت نگرفته است. این تحقیق جهت بررسی اثرات سوخت بهینه از لحاظ کاهش صدای تولیدی موتور است.

مواد و روش‌ها

مواد و روش‌های مورد استفاده در این تحقیق که در ادامه با جزئیات به آنها پرداخته خواهد شد به‌منظور اندازه‌گیری، ضبط و تحلیل داده‌های سروصدای موتور تک سیلندر تیلر میتسوبیشی که از مخلوط سوخت‌های دیزل و بیودیزل استفاده نموده است، بوده است. جدول ۱ مشخصات تراکتور مورد آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۱– مشخصات تراکتور مورد آزمون

Table 1- Carachtestics of the experiment tractor

مشخصات موتور	
سیستم احتراق (Combustion system)	پاشش مستقیم
تعداد سیلندر (Number of cylinder)	یک سیلندر
توان نامی (Nominal power)	۷/۵ hp در ۲۲۰۰ RPM
سیستم خنک‌کاری (Cooling system)	آب خنک
چرخه کاری (Working cycle)	۴ زمانه

آزمون‌ها در سه موقعیت گوش چپ راننده، ۱/۵ متری اگزوز و ۷/۵ متری اگزوز (موقعیت اطرافیان) براساس استانداردهای ISO

5131 و SAE J1174 انجام گرفت. برای اندازه‌گیری دور موتور از دورسنج مدل lutron 2364 استفاده شد. دقت اندازه‌گیری این دستگاه برای دورهای بیشتر از ۱۰۰۰ rpm، ۱ rpm است. برای کسب بیشترین دقت در اندازه‌گیری دور موتور از قسمت اندازه‌گیری تماسی آن استفاده شد. برای این منظور قطعه‌ای چوبی تراش داده شده و درون سوراخ پولی بزرگ موتور جاگذاری شد. با مرغکی که در وسط قطعه چوبی ایجاد گردید، امکان تماس بدون لغزش دورسنج و قطعه چوبی فراهم گردید. میکروفون مورد استفاده در تحقیق حاضر از نوع خازنی با امپدانس پایین و الگوی دریافت تک جهتی می‌باشد. اندازه آن ½ اینچ و از پیش قطبیده‌شده و دارای پیش‌تقویت‌کننده بود. حساسیت میکروفون ۵۰ mV Pa^{-1} و دامنه فرکانسی آن، ۱۰Hz تا ۲۰ kHz به‌صورت تخت می‌باشد.

دستگاه صداسنج دو نوع داده در اختیار قرار می‌دهد، یک بخش از داده‌ها را تحلیل کرده و در حافظه داخلی خود ذخیره می‌کند که تحلیل‌های انجام گرفته توسط دستگاه عبارتند از تحلیل ۱/۱ اکتاو، تحلیل ۱/۳ اکتاو و تحلیل آماری. داده‌های تحلیل شده توسط نرم‌افزار Sound View بازیابی شده و قابل تبدیل به فایل اکسل می‌باشند. بخش دوم داده‌های دستگاه به‌صورت خام هستند. یعنی دستگاه صدای گرفته شده از میکروفن را مستقیماً به‌صورت ولتاژ متناوب پیوسته در خروجی، آماده تحویل به رایانه می‌نماید. با این تحلیل دید کمّی بسیار خوبی حاصل خواهد شد، تا صداها در تیمارهای مختلف باهم مقایسه شوند. اندازه‌گیری‌ها با آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح پایه با بلوک‌های کامل تصادفی و تحلیل‌ها به‌کمک نرم‌افزار PASW Statistics 18 و Excel 2010 Microsoft انجام گرفت. ترازهای کلی فشار صدا در مراکز فرکانسی باندهای اکتاو و ۱/۳ اکتاو با توجه به رابطه (۱) در تیمارهای مختلف محاسبه شده و مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس بر آنها اعمال گردید (Rossing, 2007).

$$L_{P_{total}} = 10\log\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{P}{P_0}\right)_i^2\right] = 10\log\left(\sum_{i=1}^{n}10^{\frac{L_{P_i}}{10}}\right) \qquad (۱)$$

مطلب اصلی در انتخاب ترکیب‌های مختلف سوخت‌ها، براساس تحقیقات انجام گرفته برای بررسی پارامترهای موتور و آلایندگی انجام گرفت. بر این اساس ۷ سطح ترکیب دیزل و بیودیزل با گام ۵ انتخاب گردید، که ابتدای آن B00 یعنی گازوئیل خالص و انتهای آن B30 (۳۰٪ بیودیزل و ۷۰٪ گازوئیل) در نظر گرفته شد. محل قرارگیری میکروفن در ۳ سطح و براساس استانداردهای سازمان بین‌المللی استانداردها و انجمن مهندسان خودرو انتخاب گردید (SAE, 1985; ISO, 1996; Anonymous, 2006). تمامی آزمون‌ها در محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و بر روی سطح آسفالت انجام گرفت. در شکل ۱ اندازه‌گیری صدا را در موقعیت ۱/۵ متری اگزوز شاهد هستیم.

جدول آزمون‌ها

آزمون با چهار تکرار برای هر تیمار انجام گرفت. جدول کلی آزمون به‌صورت جدول ۲ می‌باشد. در هر ترکیب تیماری حداقل ۱۰ ثانیه سیگنال صدا ضبط شده و در مراحل اولیه تحلیل، از هر سیگنال به طول ۲ ثانیه نمونه‌برداری شد. انتخاب یک چرخه کاری جهت تحلیل، احتمال خطا را بسیار بالا می‌برد بنابراین برای ۲ ثانیه نمونه‌برداری بسته به دور موتور چندین سیکل کاری انتخاب گردید.

شکل ۱– اندازه‌گیری صدا در موقعیت ۱/۵ متری اگزوز

Fig.1. Noise measurement at 1.5 m away from the exhaust

جدول ۲- جدول آزمون‌ها

Table 2- Table of experiments

	سطوح متغیرها	1	2	3	4	5	6	7
متغیرها (پارامترها) Parameters	نوع سوخت Fuel type	B00	B05	B10	B15	B20	B25	B30
	دور موتور (rpm) Engine speed (rpm)	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
	مکان میکروفن Microphone position	گوش چپ راننده Drivers left ear		۱/۵متری اگزوز 1.5 Meters away from the exhaust			۷/۵ متری اگزوز 7.5 Meters away from the exhaust	

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقادیر صدای کلی

Table 3- Variance analysis of overall noise

منبع تغییرات Variance source	درجه آزادی Degree of freedom	مقدار میانگین RMS صدای کلی RMS of overall noise	F
سوخت Fuel	6	5.056	18.361**
موقعیت میکروفن Microphone position	2	6645.056	15145.9**
دور موتور Engine speed	5	592.496	1350.46**
سوخت× موقعیت میکروفن Fuel×Microphone position	12	4.847	11.049**
سوخت× دور موتور Fuel×Engine speed	30	4.820	10.986**
موقعیت میکروفن×دور موتور Microphone position×Engine speed	10	10.523	23.984**
سوخت× موقعیت میکروفن× دور موتور Fuel×Microphone position×Engine speed	60	5.253	11.974**
خطا Error	378	0.439	
کل Total	504		

**: معنی‌داری تفاوت در سطح ۱٪ *: معنی‌داری تفاوت در سطح ۵٪ ns : غیر معنی‌دار بودن تفاوت‌ها

اثر نوع سوخت بر تراز کلی صدا

نتایج و بحث

طبق بررسی‌های صورت گرفته کلیه منابع تغییرات و برهم‌کنش آنها با هم‌دیگر در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری داشتند. جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس مقادیر صدای کلی تراکتور دو چرخ را نشان می‌دهد.

با توجه به بررسی‌های آماری صورت گرفته مشخص گردید که کمترین صدای تولیدی تراکتور در B10 و بیشترین صدای تولیدی در B30 اتفاق می‌افتد. البته همانطور که جدول ۴ نشان می‌دهد این سوخت‌ها با برخی از سوخت‌های دیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. سیاوش و همکاران طی تحقیق با تحلیل فرکانسی سیگنال صدای موتور با استفاده از سوخت‌های مختلف، علت صدای کمتر سوخت B10 را اغتشاش کمتر گازهای خروجی اگزوز نسبت به سایر سوخت‌ها مشخص کردند که می‌تواند ریشه در احتراق بدون کوبش این سوخت داشته باشد (Siavash *et al*., 2013). بنابراین برای انتخاب سوخت مناسب از لحاظ تراز صدای تولیدی، ۴ سوخت B00، B05، B10 و B15 مد نظر خواهند بود و برای انتخاب نهایی سوخت، شرایط دیگری نظیر پارامترهای کاری موتور از قبیل توان و آلایندگی و غیره باید مد نظر قرار گیرند. روند مشخصی (خطی) با افزایش درصد سوخت زیستی به دیزل، در تولید صدای تراکتور اتفاق نمی‌افتد. جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس سوخت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس سوخت‌های مختلف

Table 4- Analysis of variance for fuel blends

سوخت Fuel							
B30	**B25**	**B20**	**B15**	**B10**	**B05**	**B00**	
83.36^{a}	82.92^{ab}	83.10^{ab}	82.76^{abc}	82.10^{c}	82.56^{bc}	82.46^{bc}	مقدار متوسط (dB) Average value (dB)

اثر موقعیت میکروفن بر تراز کلی صدا

موقعیت‌های مختلف اندازه‌گیری با هم تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ دارند، که می‌توان یکی از دلایل این تفاوت را میرایی صدا در اثر مقاومت مولکول‌های هوا نام برد. با افزایش فاصله به اندازه r از موقعیت قبلی تراز فشار صدا به اندازه 20log(r) کاهش می‌یابد. برای مثال با جابه‌جایی میکروفن از موقعیت ۱/۵ متری اگزوز به ۷/۵ متری، طبق فرمول مذکور تراز فشار صدا باید تقریباً ۱۴ dB کاهش یابد. در عمل مقدار کاهش ۵/۵ dB شد. علت این تفاوت اندازه‌گیری در دو زاویه مختلف است. اندازه‌گیری در فاصله ۱/۵ متری درست در جلوی موتور صورت گرفت ولی اندازه‌گیری در فاصله ۷/۵ متری در سمت راست راننده انجام شد. وجود پولی رانش در چپ راست راننده و جلوگیری بدنه موتور در رسیدن صدای پولی و تسمه به فاصله ۷/۵ متری یکی از دلایل این تفاوت می‌باشد. از آنجایی که موتور صدای متقارنی تولید نمی‌کند، این تفاوت در زاویه اندازه‌گیری به خودی خود شرایط را متفاوت می‌کند و در نتیجه نمی‌توان دقیقاً نتایج رابطه مذکور را انتظار داشت. جدول ۵ تجزیه واریانس اثر موقعیت میکروفن بر تراز صدای کلی را نشان می‌دهد.

با افزایش دور موتور تراز صدای کلی تراکتور در تمامی دورها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این تفاوت در سطح ۱٪ معنی‌دار است. با بالاتر رفتن دور موتور مقدار سوخت پاشیده شده در محفظه احتراق افزایش یافته و درنتیجه فشار احتراق بالاتری خواهیم داشت. تغییرات ناشی از فشار و ارتعاشات القایی آن در بدنه موتور، ۸۰٪ صدای تولیدی را باعث می‌شوند. با بالاتر رفتن دور موتور سرعت ورود هوا و سرعت خروج گازهای سوخته شده افزایش یافته و باعث تولید صدای کلی بالاتری می‌شود. سیستم ورودی و خروجی هوا به موتور از عوامل بسیار مهم تولید صدا هستند (Pulkrabek, 2004). جدول۶ نتایج تجزیه واریانس اثر دور موتور بر سطح صدای کلی تراکتور را نشان می‌دهد.

نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش سوخت‌های مختلف با موقعیت‌های مختلف میکروفن در جدول ۷ آورده شده است. در موقعیت DLEP کمترین صدای تولیدی با استفاده از سوخت B10 اتفاق می‌افتد که البته تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ با بقیه سوخت‌ها به‌جز B15 و B30 در موقعیت DLEP ندارد. سوخت‌های B00، B05 و B10 در موقعیت DLEP و در سطح ۱٪ هیچ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ٥- نتایج تجزیه واریانس اثر موقعیت میکروفن بر تراز صدای کلی

Table 5- Analysis of variance for microphone position effect on overall noise

موقعیت میکروفن Microphone position			
گوش چپ راننده Drivers left ear (DLEP)	**۱/۵ متری اگزوز 1.5 meter away from exhaust (1.5 MAFE)**	**۷/۵ متری اگزوز 1.5 meter away from exhaust (7.5 MAFE)**	
83.76^{b}	85.028^{a}	79.49^{c}	مقدار متوسط (dB) Average value (dB)

اثر دور موتور بر تراز صدای کلی

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس دور موتورهای مختلف

Table 6- Analysis of variance for engine speed

دور موتور Engine speed (rpm)						
2200	**2000**	**1800**	**1600**	**1400**	**1200**	
86.50^{a}	84.86^{b}	83.78^{c}	72.19^{d}	80.55^{e}	78.67^{f}	مقدار متوسط Average value (dB)

برهم‌کنش نوع سوخت با موقعیت میکروفن

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش سوخت‌های مختلف با موقعیت‌های مختلف میکروفن

Table 7- Analysis of variance for fuel blends and microphone position interaction

نوع سوخت Fuel blends							
B30	**B25**	**B20**	**B15**	**B10**	**B05**	**B00**	
							موقعیت میکروفن
							Microphone position
84.33^{abcd}	83.80^{cde}	83.60^{de}	84.19^{bcd}	82.88^{e}	84.01^{bcde}	83.47^{de}	DLEP
85.05^{ab}	84.90^{abc}	85.08^{ab}	85.23^{ab}	84.86^{abc}	84.58^{abcd}	85.46^{a}	1.5MAFE
80.69^{f}	80.06^{fg}	80.60^{f}	74.82^{h}	78.85^{h}	79.18^{gh}	78.47^{h}	7.5MAFE

برهم‌کنش نوع سوخت با دورموتور

در یک گروه‌بندی دیگر در این موقعیت تمام سوخت‌ها به‌جز B10 در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. با دقت در جدول تجزیه واریانس ۷، می‌توان معنی‌داری تفاوت هر سوخت در موقعیت‌های مختلف را بررسی کرد. برای سوخت‌های B00، B10 و B20 در هر سه موقعیت تفاوت صداها در سطح ۱٪ معنی‌دار است. در سایر سوخت‌ها تفاوت موقعیت 7.5 MAFE با بقیه موقعیت‌ها معنی‌دار و دو موقعیت دیگر تفاوت معنی‌داری با هم‌دیگر ندارند. در موقعیت 1.5 MAFE که به‌طور کلی صدای بلندتری نسبت به موقعیت‌های دیگر دارد، اساساً سوخت‌ها از نظر تولید صدای کلی تفاوت معنی‌داری باهم ندارند. سوخت‌های B05، B10 و B25 با سوخت‌های مشابه در موقعیت DLEP تفاوت معنی‌داری ندارند. موقعیت 7.5 MAFE از هر دو موقعیت دیگر در سطح ۱٪ صدای کمتری تولید می‌کند. در موقعیت 7.5 MAFE کمترین صدای تولیدی در سوخت‌های B00، B05، B10 و B15 اتفاق می‌افتد. این چهار سوخت در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. سوخت‌های B20، B25 و B30 تفاوت معنی‌داری باهم ندارند. موقعیت 7.5 MAFE کمترین صدای تولیدی را دارد. با نزدیک یا دور شدن از موتور صدای تولیدی در اثر مصرف سوخت‌های یکسان تفاوت معنی‌دار و یا غیرمعنی‌داری پیدا می‌کنند؛ به‌عنوان مثال در موقعیت DLEP سوخت‌های B10 و B15 تفاوت معنی‌داری با هم‌دیگر دارند و این در حالی است که در دو موقعیت دیگر این دو سوخت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند؛ یعنی با دور شدن از موتور تأثیر سوخت بر صدا از بین می‌رود و همچنین با نزدیک‌تر شدن بیش از حد به آن با تغییر نوع سوخت سطح صدا تغییری نمی‌کند.

جدول ۸ نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش سوخت‌های مختلف با دور موتور را نشان می‌دهد. در دور ۱۲۰۰ rpm فقط تفاوت سوخت‌های B30 با B00 و B10 در سطح ۱٪ معنی‌دار است. از لحاظ مقدار کمترین مقدار در این دور متعلق به B10 و بیشترین مقدار مربوط به B30 می‌باشد که تفاوت آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار است ولی این سوخت‌ها با سوخت‌های دیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. به بیان دیگر سوخت‌های B05، B15، B20، B25 و B30 دارای بالاترین تراز صدای تولیدی و از طرف دیگر همه سوخت‌ها به‌جز سوخت B30 دارای کمترین تراز صدای تولیدی هستند. تراز کلی صدای تولیدی در دور ۱۲۰۰ rpm در همه سوخت‌ها به‌جز سوخت B30 کمتر از دور ۱۴۰۰ rpm می‌باشد.

در دور ۱۴۰۰ rpm نیز از لحاظ مقداری کمترین تراز صدا در B10 اتفاق می‌افتد منتهی این سوخت با هیچ یک از سوخت‌های دیگر تفاوت معنی‌داری ندارد. به‌طور کلی در دور ۱۴۰۰ rpm تراز صدای تولیدی در سوخت‌های مختلف هیچ تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ باهم ندارند. دور ۱۶۰۰ rpm نیز مانند دور ۱۴۰۰ rpm تفاوت بین سوخت‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار نیست ولی از لحاظ مقداری همچنان B10 کمترین تراز صدای تولیدی را دارد. در این دور سوخت‌های B00، B10، B20، B25 و B30 در سطح ۱٪ با سوخت‌های مشابه در دور ۱۴۰۰ rpm تفاوت معنی‌دار دارد. در این دور تمامی سوخت‌ها در سطح ۱٪ با دور ۱۲۰۰ rpm دارای سطح صدای متفاوتی هستند. در ۱۸۰۰ rpm تمامی سوخت‌ها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری ندارند. سوخت‌های B15 و B25 دو سوختی هستند که در این دور نسبت به دور ۱۶۰۰ rpm تفاوت معنی‌داری دارند. بقیه سوخت‌های این دور با سوخت‌های مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند. در دور موتور ۲۰۰۰ rpm نیز تفاوت‌ها معنی‌دار نبوده و همه سوخت‌ها دارای تراز صدای یکسانی هستند. در دور ۲۰۰۰ rpm سوخت B30 نسبت به دور ۱۸۰۰ rpm دارای تراز صدای متفاوتی است. در سایر سوخت‌ها دور ۱۸۰۰ و ۲۰۰۰ rpm دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ نیستند. در دور ۲۲۰۰ rpm تغییرات چندانی در سوخت‌ها ظاهر نمی‌شود؛ بدین معنی که هیچ یک از سوخت‌ها در این دور با سایر سوخت‌ها تفاوت معنی‌داری ندارند. صدای تولید شده در دور ۲۲۰۰ rpm نسبت به دور ۲۰۰۰ rpm فقط در سوخت‌های B00 و B25 دارای تفاوت معنی‌داری است.

جدول ۹ نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش موقعیت‌های مختلف میکروفن با دور موتور را نشان می‌دهد. در موقعیت DLEP با بالا رفتن دور موتور تراز صدای تولیدی نیز افزایش یافته و این افزایش‌ها به‌گونه‌ای است که باعث تفاوت معنی‌داری بین همه آنها می‌شود.

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش سوخت‌های مختلف با دور موتور

Table 8- Analysis of variance for fuel blends and engine speed interaction

نوع سوخت Fuel blend							
B30	B25	B20	B15	B10	B05	B00	
						دور موتور Engine speed (rpm)	
79.85^{lmn}	78.91^{nop}	78.67^{nop}	78.53^{nop}	77.84^{p}	78.84^{nop}	78.03^{op}	1200
81.24^{klm}	79.99^{lmn}	81.37^{jklm}	80.76^{klm}	79.64^{mno}	80.69^{klm}	80.09^{lmn}	1400
82.31^{fghijk}	82.19^{ghijk}	83.15^{defghi}	82.33^{fghijk}	81.59^{ijkl}	81.84^{hijk}	81.89^{hijk}	1600
83.82^{defg}	84.58^{cde}	84.00^{def}	84.24^{cde}	83.24^{defghi}	83.52^{defgh}	83.05^{efghij}	1800
83.73^{abc}	84.68^{cde}	84.92^{bcd}	84.89^{bcd}	84.41^{cde}	84.69^{cde}	84.47^{cde}	2000
86.96^{a}	87.17^{a}	86.47^{ab}	85.80^{ab}	85.87^{abc}	85.96^{abc}	87.26^{a}	2200

برهم‌کنش موقعیت میکروفن و دور موتور

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش موقعیت‌های مختلف میکروفن با دور موتور

Table 9- Analysis of variance for microphone position and engine speed interaction

دور موتور Engine speed (rpm)						
2200	2000	1800	1600	1400	1200	
					موقعیت میکروفن Microphone position	
87.49^{a}	86.22^{b}	84.89^{c}	82.99^{e}	81.55^{f}	79.40^{hi}	DLEP
88.39^{a}	87.52^{a}	86.07^{b}	84.55^{cd}	82.84^{e}	80.77^{fg}	1.5 MAFE
83.62^{de}	80.83^{fg}	80.38^{gh}	79.02^{i}	77.23^{j}	75.83^{k}	7.5 MAFE

در این موقعیت به‌جز دورهای ۲۰۰۰ و ۲۲۰۰ RPM که تراز صدای تولیدی در آنها تفاوت معنی‌داری با هم ندارند، در بقیه دور موتورها تفاوت‌ها معنی‌دار است. در موقعیت 1.5 MAFE با بالا رفتن دور موتور تراز صدای کلی در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری پیدا می‌کنند. در دو موقعیت بیان شده در دورهای مشابه تفاوت بین ترازهای صدای کلی ایجاد شده در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

در موقعیت 7.5 MAFE نیز با بالا رفتن دور، تراز صدای کلی تراکتور به‌جز در دورهای ۱۸۰۰ و ۲۰۰۰ RPM به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. تراز صدای کلی ایجاد شده در این موقعیت در همه دورها به‌طور معنی‌دار از دو موقعیت دیگر کمتر است.

نتیجه‌گیری

سوخت B10 پایین‌ترین تراز فشار صدا را دارد که البته با سوخت‌های B00، B05 و B15 تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ ٪ ندارد. با بالا رفتن دور موتور تراز فشار صدا نیز تقریباً به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. تفاوت تراز فشار صدا در سه موقعیت اندازه‌گیری شده در سطح ۱ ٪ معنی‌دار بود. با توجه به استاندارد NOISH در هر دو موقعیت کاربر و اطرافیان، می‌توان به مدت ۸ ساعت کاری در معرض صدای تراکتور دو چرخ قرار داشت (NOISH, 2000).

منابع

1. Albarbara, A., F. Gub, and A. D. Ball. 2010. Diesel engine fuel injection monitoring using acoustic measurements and independent component analysis. Measurement 43: 1376-1386.
2. Anonymous. 2006. National stationary exhaust noise test procedures for in-service motor vehicles. National transport commission on behalf of the land transport environment committee.
3. Anyu, C., J. Jide, D. Xiliang, and Z. Andzhongkui. 2011. Transient sound visualization and application to analysis of engine acoustic characteristics by continuous wavelet transform. Third international conference on measuring technology and mechatronics automation. IEEE 978-0-7695-4296-6/11.
4. Dewangan, K., G. Kumar, and V. Tewari. 2005. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. Applied Acoustics 66: 1049-1062.
5. Giakoumis, E. G., A. M. Dimaratos, and C. D. Rakopoulos. 2011. Experimental study of combustion noise radiation during transient turbocharged diesel engine operation. Energy 36: 4983-4995.
6. Guangpu, L., B. Shihua, and P. Hongxia. 2006. Analysis of noise characteristics for diesel engine. Pages

1390-1394. Information acquisition, 2006 IEEE international conference on: IEEE.
7. Hassan-Beygi, S. R. 2004. Investigation and analysis of power tiller noise. PhD Thesis faculty of agriculture. Tarbiat Modarres University. Tehran. Iran. (In Farsi).
8. Hassan-Beygi, S. R., B. Ghobadian, P. Nasiri, and N. Kamalian. 2005. Investigation, analysis and presentation of prediction models of a power tiller noise pulling a trailer at rural asphalt road. Journal of Science and Technology of agriculture and Natural Resource 8 (4): 225-240. (In Farsi).
9. Hassan-Beygi, S. R., and B. Ghobadian. 2005. Noise attenuation characteristics of different road surfaces during power tiller transport. Agricultural Engineering International. ISSN: 1682-1130.
10. Hassan-Beygi, S. R., B. Ghobadian, M. H. Kianmehr, and R. Chayjan. 2007. Prediction of a power tiller sound pressure levels in octave frequency bands using artificial neural networks. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 9: 494-498.
11. ISO. 1996. Acoustics: Tractors and machinery for engineering and forestay. Measurement of noise at operator's position. ISO 5131.
12. Junhong, Z., and H. Bing. 2005. Analysis of engine front noise using sound intensity techniques. Mechanical Systems and Signal Processing 19: 213-221.
13. Niosh. 2000. Noise, hearing impairment and work-related trauma. National Institute for Occupational Safety and Health.
14. Pulkrabek, W. 2004. Engineering fundamentals of the internal combustion engine: Pearson Prentice Hall New Jersey.
15. Raichel, D. R. 2006. The science and applications of acoustics, Springer.
16. Rossing, T. D. 2007. Springer handbook of acoustics: Springer.
17. SAE. 1985. Operator ear sound level measurement procedure for small engine powered equipment. SAE J1174.
18. Siavash, N. K., Gh. Najafi, and S. R. Hassan Beigi Bidgoli. 2013. Measurement and analysis of power tiller engine noise at stationery state using blends of diesel and biodiesel fuels. MSc Thesis. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran.
19. Sehsah, E., M. Abass Helmy, and H. M. Sorour. 2010. Noise test of two manufactured power tillers during transport on different local road conditions. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 3: 19-27.
20. Yildirim, S., and I. Eski. 2008. Sound quality analysis of cars using hybrid neural networks. Simulation Modelling Practice and Theory 16: 410-418.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 481-490

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۴۹۰-۴۸۱

Analysis of power tiller noise using diesel-biodiesel fuel blends

N. Keramat Siavash[1]- G. Najafi[2*]- S. R. Hassan-Beigi[3]- B. Ghobadian[4]

Received: 23-11-2013
Accepted: 23-02-2014

Introduction: There are several sources of noise in an industrial and agriculture environment. Machines with rotating or reciprocating engines are sound-producing sources. Also, the audio signal can be analyzed to discover how well a machine operates. Diesel engines complex noise SPL and sound frequency content both strongly depend on fuel combustion, which produces the so-called combustion noise. Actually, the unpleasant sound signature of diesel engines is due to the harsh and irregular self-ignition of the fuel. Therefore, being able to extract combustion noise from the overall noise would be of prime interest. This would allow engineers to relate the sound quality back to the combustion parameters. The residual noise produced by various sources, is referred to as mechanical noise. Since diesel engine noise radiation is associated with the operators' and pedestrians' discomfort, more and more attention to being paid to it. The main sources of noise generation in a diesel engine are exhaust system, mechanical processes such as valve train and combustion that prevail over the other two. In the present work, experimental tests were conducted on a single cylinder diesel engine in order to investigate the combustion noise radiation during stationary state for various diesel and biodiesel fuel blends.

Materials and Methods: The engine used in the current study is an ASHTAD DF120-RA70 that is a single cylinder 4 stroke water cooled diesel engine and its nominal power is 7.5 hp at 2200 rpm. The experiment has been done at three positions (Left ear of operator, 1.5 and 7.5 meter away from exhaust) based on ISO-5131 and SAE-J1174 standards. For engine speed measurement the detector Lurton 2364 was utilized with a measurement accuracy of 0.001 rpm. To obtain the highest accuracy, contact mode of detector was used. The engine noise was measured by HT157 sound level meter and was digitalized and saved with Sound View software. HT157 uses alow impedance, capacitor microphone with a unidirectional pattern whose size, sensitivity and frequency range are 1/2", 50 mV Pa^{-1} and 10 Hz to 20 kHz with a flat extrusion, respectively. Choosing the combination of fuel was carried out according to experiments that have been done before determining engine operation parameters.

Results and Discussion: Fuel type has a direct effect on the quality of the IC engine's combustion phenomenon. One of the most important quality parameters that can be fluctuated by fuel type is engine noise. The fuel type has a direct effect on internal fuel ignition engines and affects the quality of fuel ignition. One of the effects of ignition quality is the sound of the engine that is very important in terms of both the health and evaluation of engine performance. Two-wheel tractors are of the most important tools used in agriculture. In addition to agricultural work, they have applications in rural areas as power generators. No research has been carried out so far in Iran on the sound of two-wheel tractors fuelled with diesel and biodiesel fuels. Therefore, the sound of the ignition of biodiesel and diesel mixtures in four stroke, single cylinder, two wheel diesel tractors manufactured by Ashtad Company was studied. The purpose of this study is to analyze the noise parameters of a diesel engine using B0, B5, B10, B15, B20, B25 and B30 biodiesel–diesel blends. Biodiesel was produced from waste oil and blended with net diesel fuel to evaluate the Power tiller's engine noise parameters. This study was carried out at a stationary position and at three positions such as driver's left ear position (DLEP), 1.5 meter (1.5 MAFE) and 7.5 meters (7.5 MAFE) away from the exhaust at 6 engine speeds (1200, 1400, 1600, 1800, 2000 & 2200 rpm). Statistical analysis and frequency analysis were used to analyze sound of the engine. The results showed that the sound pressure levels of the engine for B10 fuel have the least amount of noise level of the sound pressure. However, this fuel has no significant difference at 1% level with B00, B05 and B15 fuel. At the A weight level, that matches the structure of the human ear, and there is no difference between the sound pressure levels of ignition. Sound pressure level increased with increasing engine speed and the difference is significant at the 1% level. With increasing speed engine, noise levels increased up to 7.8 dB. Average sound pressure level was 83.76 dB at

1- M.Sc. graduated, Biosystems Engineering Department, Agricultural Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Biosystems Engineering Department, Agricultural Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Agrotechnology, Abouraihan College, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
4- Associate Professor, Biosystems Engineering Department, Agricultural Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: g.najafi@modares.ac.ir)

the driver's ear position (79.3 dBA), at 1.5 meters away from exhaust it was 85 dB (80.9 dBA) and at 7.5 meters away from exhaust it was 79.5 dB (72.4 dBA). The results proved that the lowest and highest sound pressure levels (SPL) of power tiller take place at B10, and B30, respectively. The SPL increased by 7.8 dB for increasing engine speed from 1200 to 2200 rpm. The test results showed that the average SPL at DLEP was 4.3 dB higher than 7.5 MAFE position.
Conclusions: B10 has minimum sound pressure level (SPL), but its difference with B00 (DIESEL FUEL), B05 and B15 is not significant in 1% error level. Considering the NOISH standard, the operator can work with a machine for 8 hours. In DLPE position, the most overcome frequency is 315 Hz for all blends that resulted from exhaustion and combustion. B10 has a minimum SPL at this peak point significantly lower than other blends. For the used engine in this experiment, by optimizing muffler design it is possible to reduce SPL of engine in this frequency peak point.

Keywords: Biodiesel, Noise, Power tiller, Sound pressure level