

DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/jam.2021.13133>

بررسی پارامترهای کشش تراکتور مدل MF-399 با استفاده از سوخت بیودیزل

سید هادی عالمی موسوی^۱، حسین حاجی آقا علیزاده^{۱*}، بهداد شادیدی^۱ و بهنام سپهر^۱

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۶

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

*مسئول مکاتبه h-alizade@basu.ac.ir

چکیده

با توجه به استفاده بی‌رویه از منابع سوخت‌های فسیلی در جهان، نیاز به منابع جدید تأمین انرژی در زمینه‌های گوناگون از جمله کشاورزی دیده می‌شود. استفاده از بیودیزل به‌عنوان سوختی غیر سمی، زیست دوست و تجزیه پذیر به‌عنوان راهکاری در این زمینه مطرح است؛ بنابراین، اهمیت بررسی شاخصه‌های عملکردی سوخت بیودیزل بر کسی پوشیده نیست. به همین منظور در این تحقیق بیودیزل در نسبت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد حجمی در یک مخزن فرعی مدرج با سوخت دیزل مخلوط گردید. آزمایش‌ها در سه عمق ۲۰، ۲۵، ۳۰ سانتی‌متر و در سه سرعت ۱/۸، ۳/۶، ۵/۴ کیلومتر بر ساعت انجام شد. برای اندازه‌گیری نیروی کششی و سرعت واقعی از یک دینامومتر هشت‌وجهی کششی و یک رادار استفاده شد و با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی، تأثیر فاکتورهای مستقل نوع سوخت، سرعت و عمق بر پارامترهای اندازه‌گیری شده (سرعت واقعی، لغزش نیروی کششی، توان مالبندی) در یک سویل بین (انباره خاک) مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه تجزیه واریانس مربوط به داده‌های نوع سوخت، عمق کار، سرعت حرکت در مورد اثرهای اصلی و متقابل در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس بین پارامترهای مستقل و وابسته اثر معنی‌دار به‌دست آمد. در هنگام استفاده از سوخت بیودیزل، نیروی کششی و توان کششی عملکرد بهتری داشت.

واژه‌های کلیدی: بیودیزل، توان کششی، مخلوط سوختی، نیروی کششی

Investigation of Some of Traction Parameters with Biodiesel in MF-399 Tractor

Seyed Hadi Alemi Mosavi¹, Hossain Haji Agha Alizadeh¹, Behdad Shadidi¹ and Behnam Sepehr¹

Received: 5 Mar 2021

Accepted: 16 May 2021

¹Department of Bio-System Engineering, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamadan, Iran

Abstract

By depletion of fossil fuel resources in the world, the need for the new resources in the various field and among them in agriculture has raised. The use of biodiesel as a renewable, non-poison and eco-friendly fuel is a significant solution in this area. In this relation, evaluating the performance characteristics of biodiesel has vital importance. In this research, the experiments were performed using 0, 10, 20 and 30% biodiesel mixed with diesel in a sub-scale tank for evaluating the mixture performance in tractor traction. Diesel fuel was used as the basis for comparisons. The experiments were performance in three tillage depths of 20, 25 and 30 cm, and in three forward speeds of 1.8, 3.6 and 5.4 km/h. For drawbar force measurement an octagonal ring drawbar dynamometer and for real speed a radar were used. The tests were performed in the factorial completely randomized design. The different fuel factors effect were measured on tractor performance parameters (real speed, drawbar force, slip, traction power) in a soilbin. Analyses of variances for the experiments showed that the real speed, slip, drawbar power, traction force and their interaction effects were significant at 5% and 1% of probability level. Adding biodiesel for tractor fuel increased the values for drawbar force and drawbar power.

Keywords: Biodiesel, Drawbar force, Drawbar Power, Fuel mixture

How to cite:

Alemi Mosavi, S. H., Haji Agha Alizadeh, H., Shadidi, B., Sepehr, B. 2021. *Investigation of Some of Traction Parameters with Biodiesel in MF-399 Tractor*. Journal of Agricultural Mechanization 6 (2): 1-8.

۱- مقدمه

افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، افزایش قیمت گاز و محدود بودن منابع نفتی محققان را بر آن داشته تا گزینه‌های تجدید پذیر برای سوخت‌های فسیلی را بررسی نمایند (Shadidi et al. 2020). امروزه اقتصاد جهانی وابسته به انرژی است. بخش عظیمی از تأمین انرژی جهانی با استفاده از سوخت‌های فسیلی انجام می‌گیرد. در دهه‌های اخیر، جهان وضعیت پرمخاطره‌ای از لحاظ مصرف سوخت‌های فسیلی نظیر زغال‌سنگ، روغن، گاز طبیعی تجربه کرده است، به طوری که ۸۰ درصد نیاز انرژی جهان از طریق همین سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود (Mrad et al. 2012). از سوی دیگر افزایش قیمت حامل‌های انرژی و روند روبه‌کاهش منابع انرژی به یک بحران بزرگ برای علم و صنعت تبدیل شده است (Xue et al. 2011). امروزه، اکثر کشورهای توسعه‌یافته به سمت تولید انبوه و تجاری انرژی زیستی به‌عنوان پایدارترین روش برای غلبه بر چالش‌های ذکر شده روی آورده‌اند است (Xue et al. 2011). در میان انواع مختلف انرژی زیستی بیودیزل به دلیل اینکه جانشین مناسبی برای پترو دیزل بوده و آلاینده‌های حاصل از احتراق را کاهش می‌دهد، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Lien et al. 2009).

یکی از منابع زیست‌توده بیودیزل است که اکسیژن‌دار، غیر سمی، زیست دوست و تجزیه پذیر است (Qi et al. 2010). این سوخت را می‌توان با گازوئیل مخلوط و در خودروهای گازوئیل سوز بکار برد. بیودیزل سوخت جایگزین تجدید پذیر پذیرفته شده‌ای برای موتورهای دیزل است (Hoseinzadeh-bandbafha et al. 2018). برای اینکه تغییری در موتورهای سنتی داده نشود و در ضمن سازگاری لازم با این موتورها فراهم شود، بیودیزل را با گازوئیل مخلوط می‌کنند (Tsolakis et al. 2007). از مزایای خاص بیودیزل، می‌توان به احتراق بالا، کارایی بیشتر، عدد ستان بیشتر و کربن دی‌اکسید پایین تر در مقایسه با دیگر سوخت‌های جایگزین شده اشاره کرد (Aghbashlo et al. 2018). از سوی دیگر یکی از کاربردهای مهم موتورهای دیزل در بخش کشاورزی و برای استفاده در تراکتورهای زراعی است. بیشتر کارهای پژوهشی انجام گرفته در رابطه با بیودیزل در حالت ایستا و بر روی شاخصه‌های عملکردی موتور دیزل و پارامترهای آلاینده‌گی متمرکز می‌باشند.

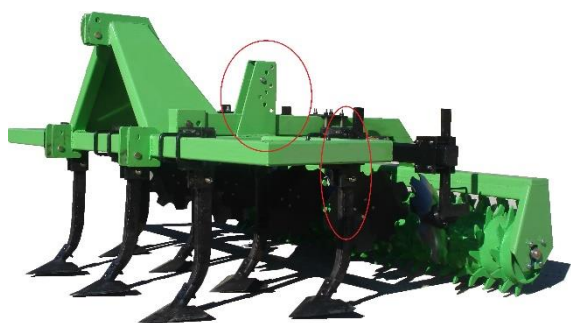
(Chauhan et al. 2012) در خصوص عملکرد و آلاینده‌های موتور دیزل با استفاده از سوخت بیودیزل و ترکیب‌های آن با سوخت دیزل مطالعه‌ای انجام داده‌اند. هدف اساسی این پژوهش مقایسه عملکرد، انتشار آلاینده‌ها و احتراق در یک موتور دیزل با استفاده از سوخت بیودیزل و دیزل بود. نتایج به دست آمده نشان دهنده پایین بودن بازده حرارتی ترمزی سوخت بیودیزل نسبت به دیزل و بالا بودن مصرف سوخت ویژه آن است. در مورد آلاینده‌ها هم سوخت بیودیزل باعث کاهش HC، CO و CO₂ و افزایش NO_x شده است؛ Hawi et al., (2019)، اثر نانو ذرات اکسید را به‌عنوان افزودنی برای یک ترکیب سوخت شامل ۳۰ درصد بیودیزل و ۷۰ درصد گازوئیل که به صورت مستقیم به یک موتور چهارزمانه تک سیلندر تزریق می‌شد را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که فشار وارده به سیلندر با افزودن نانو ذرات ۳/۵ درصد کاهش می‌یابد.

یکی از مشخصه‌های مهم تراکتورها که اغلب برای مقایسه و ارزیابی آن‌ها بکار می‌رود، بیشینه نیروی کششی است. (Shirvak et al. 2016). در تحقیقی مقدار نیروی کششی دو تراکتور باغی ITM950 و تراکتور کشاورزی ITM470 ارزیابی و مقایسه کردند. برای انجام این کار، آزمون‌هایی با دو نوع تراکتور، در دو سطح لغزش، در شش سرعت (دنده) متفاوت تراکتورها (سه سرعت در دنده سنگین و سه سرعت در دنده سبک)، دو بار متفاوت و سه تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد که اثرات اصلی دنده حرکت، لغزش، نوع تراکتور و بار، بر روی نیروی کششی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده‌اند. همچنین اثرات متقابل دوگانه دنده در نوع تراکتور و لغزش در نوع تراکتور بر روی نیروی کششی، در سطح احتمال یک درصد معنی دار شده‌اند. بیشترین میزان نیروی کششی مربوط به تراکتور ITM470، به مقدار ۱۱/۱۱ کیلو نیوتن در دنده یک سنگین و کمترین مقدار نیروی کششی به میزان ۲/۲۷ کیلو نیوتن در دنده سه سبک تراکتور ITM950 به دست آمد. (Loghavi & Molasadeghi, 2002) بازده کششی دو نوع تراکتور میان قدرت در ایران، یعنی تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و یونیورسال ۶۵۰ را در عملیات شخم توسط گاواهن برگردان دار ارزیابی و مقایسه کردند. میزان قابل توجهی سوخت فسیلی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. از طرفی تراکتورها به‌عنوان یک وسیله کشنده در بخش‌های خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت کاربرد فراوانی دارند، بخش وسیعی از انرژی کاربردی در این بخش را مصرف می‌کنند. هدف این پژوهش تعیین پارامترهای کششی تراکتور MF-399 ای است که با استفاده از سوخت بیودیزل تهیه شده در آزمایشگاه کار می‌کند. توجیه اقتصادی و زیست‌محیطی مانند تجدید پذیر بودن، کاهش وابستگی به منابع فسیلی، آلاینده‌گی کمتر، احتراق بالا، کارایی بیشتر، کربن‌دی‌اکسید پایین تر و ایجاد اشتغال در مقایسه با دیگر سوخت‌های جایگزین شده ضرورت انجام تحقیق را بیان می‌کند. در این پژوهش سعی بر سنجش نوع و میزان تأثیر سوخت بیودیزل به‌عنوان یک سوخت کمکی بر پارامترهای کشش تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ بوده است. پارامترهای بررسی شده سرعت حرکت تراکتور، دنده، دور موتور و درصد‌های مختلف سوخت بیودیزل تولید شده در آزمایشگاه بر روی کشش است.

۲- مواد و روش‌ها

تمام مراحل این پژوهش در آزمایشگاه دینامیک خاک مرکز تحقیقات کشاورزی کرج انجام شد. در این تحقیق از یک تراکتور مدل MF-399 که در آزمایشگاه موجود بود، استفاده گردید. بیودیزل استفاده شده در این تحقیق متیل استر روغن گیاهی پسماند است که در آزمایشگاه تولید بیودیزل دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه گردیده و سوخت دیزل مورداستفاده، سوخت دیزل متداول در ایران بود. ویژگی‌های فیزیکی بیودیزل بسیار شبیه گازوئیل معمولی است. باین حال، ویژگی‌های خروجی‌های اگرز بیودیزل بهتر از گازوئیل معمولی بود (جدول ۱).

یک سامانه هیدرولیکی ماس بر سطح صاف بستر کوبیده شده توسط غلتک قرار داده و عدد روی شاخص خوانده شد، سپس خارج از بستر عمق مورد نظر با سامانه هیدرولیکی و خواندن عدد روی شاخص تنظیم گردید. به عنوان مثال برای تنظیم عمق ۲۰ سانتی متر دو عدد ۵۰ و ۷۰ را روی شاخص به ترتیب هنگامی که تیغه ماس بر بستر صاف شده و خارج از بستر بود، قرائت شد. سرعت‌های ۱/۸، ۳/۶ و ۵/۴ کیلومتر بر ساعت با استفاده از جدول ۳ بر روی تراکتور تنظیم شد.



شکل ۱- چیزل پکر
Figure 1- Chisel Packer

جدول ۳- ماتریس تنظیم سرعت تراکتور

Table 3. Speed adjustment matrix of test tractor

سرعت ms^{-1}	1	0.5	سرعت ms^{-1}
سرعت kmh^{-1}	5.4	3.6	1.8
دنده کمکی H یا L Auxiliary gear	H	L	L
دنده کمکی Auxiliary gear	L	K	K
دنده اصلی Main gear	1	3	2
دور موتور rpm	1250	1200	1000

علت پایین بودن دور این است که در تحقیقات گذشته بیان شده است که با استفاده از سوخت بیودیزل در دوره‌های کم گشتاور موتور را می‌توان بهبود بخشید (Goering, 1992). آزمون‌ها برای هر تیمار در ۳ تکرار انجام گرفت و پارامترهای سرعت واقعی، نیروی کششی، لغزش و توان کششی اندازه‌گیری شد. سرعت واقعی توسط یک رادار (Model: S/SR/168-6-001, TGSS SENSOR, UK, 24GHz, 1.88 Watts) (ساخت کشور چین) تعبیه شده در جلوی تراکتور محاسبه شد (شکل ۲). حسگر این رادار سیگنال‌های میکروویو (ریزموج) با توان کم به طرف زمین ارسال می‌کند و انعکاس همان سیگنال را دریافت می‌کند. انتقال دوطرفی (تغییر فاز) بین سیگنال‌های ارسالی و سیگنال دریافتی توسط حسگر محاسبه شده و سرعت واقعی روبه‌جلوی تراکتور محاسبه می‌شود. این حسگر می‌تواند برای اندازه‌گیری سرعت روبه‌جلوی ماشین‌آلات کشاورزی، وسایل نقلیه جاده‌ای و وسایل نقلیه ریلی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی بیودیزل مورد استفاده

Table 1. Physical properties of used biodiesel

وزن مخصوص	ویسکوزیته	عدد ستان	نقطه اتصال	ارزش حرارتی
Special Weight (lb./ft ³)	Viscosity (°C)	Cetane number	Cold filter connection point (°C)	Net calorific value (kJ/L)
88	20	49	-12	33300

بیودیزل از روغن‌های گیاهی تازه و یا مستعمل و چربی حیوانات تولید شد. این گازوئیل از منابع داخلی قابل تجدید به وجود آمد. در این فرآیند ابتدا روغن گیاهی (چربی حیوانی) از فیلتر عبور داده شد، سپس برای از بین بردن اسیدهای چرب آزاد، با قلیا فرآیند شدند؛ بعد با یک الکل (متانول) و یک کاتالیزور (هیدروکسید سدیم یا پتاسیم) ترکیب شدند. تری گلیسریدهای روغن برای تشکیل استرها و گلیسرول واکنش شیمیایی انجام دادند و بعداً از یکدیگر جدا شده و مورد تصفیه قرار گرفتند.

در این تحقیق ارتباط شیلنگ‌های باک اصلی قطع شده و بیودیزل در نسبت‌های ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی در یک مخزن فرعی مدرج با سوخت دیزل مخلوط گردید (Hawi et al. 2019). قبل از انجام هر آزمایش تمامی شیلنگ‌ها و فیلترها تخلیه و با مخلوط حجمی مد نظر پر می‌شد. از یک دستگاه تسطیح کننده خاک برای تهیه بستر خاکی با عمق مشخص استفاده شد. روش کار به این صورت بود که از یک خاک بردار برای انتقال خاک به بستر سویل‌بین^۱ استفاده می‌شد، سپس توسط یک ماله این خاک پهن می‌شد. در مرحله آخر هم با استفاده از غلتک‌های دندانه‌دار لایه خاک با عمق مشخص تهیه می‌شد که در این آزمون‌ها عمق تنظیم شده ۵ سانتی متر بود. در جدول ۲ مشخصات خاک استفاده شده بیان شده است.

جدول ۲- مشخصات خاک مورد استفاده

Table 2. Specifications of test soil

عناصر تشکیل دهنده Constituent	مقدار Value
elements	
pH	6.89
هدایت الکتریکی (EC)	0.2 ds/m
کلسیم (Ca)	15 mg/lit
منیزیم (Mg)	3 mg/lit
کلر (Cl)	35.4 mg/lit
پتاسیم (K)	27.89 mg/lit
فسفر (P)	2.8 mg/lit
نیترژن (N)	0.155 mg/g
رطوبت Humidity	20%
بافت خاک soil pattern	لومی-شنی-رسی Loamy-sandy-clay

به عنوان مثال برای تهیه بستر خاک با عمق ۲۰ سانتی متری، مراحل ذکر شده چهار بار تکرار شد (شکل ۱). ابتدا شاخه چیزل را با

^۱ منظور از سویل بین (انباره خاک) کانالی از خاک با شرایط کنترل شده است به طوری که خاک کاملاً همگن و دارای شرایط یکنواخت باشد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل نوع سوخت، عمق و اثر سرعت بر لغزش، سرعت واقعی، نیروی کششی و توان کششی در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. برای سرعت واقعی اثر اصلی نوع سوخت، سرعت و اثرات متقابل نوع سوخت و عمق (نوع سوخت × عمق) و نوع سوخت و سرعت (نوع سوخت × سرعت) و همچنین اثر سه‌گانه این پارامترها (نوع سوخت × سرعت × عمق) در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. برای سرعت واقعی اثر متقابل عمق و سرعت (عمق × سرعت) در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. برای این پارامتر اثر اصلی عمق شخم بی‌معنی بود. در مورد پارامتر لغزش همه موارد مانند حالت سرعت واقعی است با این تفاوت که برای اثرات دوگانه عمق و سرعت (عمق × سرعت) این پارامتر بی‌معنی است. برای دو پارامتر نیروی کششی و توان کششی در تمامی حالات در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نوع سوخت، عمق و

سرعت بر سرعت واقعی، لغزش، نیروی کششی و توان کششی

Table 4. Analysis of variance (mean squares) for effect of fuel type, depth and speed on actual speed, slip, tensile force and tensile strength

میانگین مربعات average of squares			منابع تغییرات Sources of changes	
توان کششی Tensile strength (kW)	نیروی کششی Tensile force (kN)	لغزش Slip	سرعت واقعی Real speed (km.h ⁻¹)	
1.033**	1.104**	26.517**	0.000**	Type نوع
63.873**	66.975**	13.024 ^{ns}	3.900 ^{ns}	Depth عمق
216.483**	9.352**	0.000**	109.161**	Speed سرعت
0.316**	0.512**	24.124**	0.000**	عمق × نوع Speed × Depth
0.400**	0.302**	16.192**	21.205**	نوع × سرعت Type × Speed
5.877**	0.189**	7.589 ^{ns}	13.489*	عمق × سرعت Depth × Speed
0.496**	0.515**	3.459**	0.000**	نوع × عمق × سرعت Type × Depth × Speed
0.045	0.039	3.720	4.605	خطا Error

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد NS: معنی‌دار نیست.

نتایج مقایسه میانگین متغیرها با آزمون دانکن نشان داد که برای پارامترهای سرعت واقعی و لغزش در سرعت و نوع سوخت یکسان حالت نوسانی دارند و از مدل خاصی پیروی نمی‌کنند. در حالت‌های b0-25, b0-30, b10-20, b10-25, b10-30, b20-20 با افزایش سرعت از ۱/۸ کیلومتر بر ساعت به ۳/۶ کیلومتر بر ساعت مقدار لغزش به بیشترین مقدار و سپس با افزایش سرعت به ۵/۴ کیلومتر بر ساعت به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۵). در حالت (b0-20) با افزایش سرعت از ۱/۸ به ۵/۴ کیلومتر بر ساعت لغزش روند نزولی

مورد استفاده قرار گیرد. این حسگر با زاویه 2 ± 37 درجه نسبت به خط افق بر روی شاسی وسیله نقلیه مورد نظر قرار می‌گیرد. ارتفاع رادار از سطح زمین هم باید بین ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر باشد و در صورت امکان نزدیک مرکز ثقل وسیله نقلیه قرار گیرد. با رعایت این نکات تأثیر ناهمواری زمین به حداقل می‌رسد.



شکل ۲- رادار تعبیه شده در جلوی تراکتور

Figure 2 - Radar installed in front of the tractor

برای اندازه‌گیری نیروی کششی نیز از یک نیروسنج (دینامومتر) کششی (Model: EOR, Resolution: 0.1 V, UK) که بین ابزار خاک و رز و تراکتور قرار داشت، استفاده گردید (شکل ۳).



شکل ۳- دینامومتر کششی

Figure 3. Tensile dynamometer

بعد از تهیه مخلوط مورد نظر و تنظیمات مربوط به عمق و سرعت تراکتور مسافت مورد نظر را طی کرد. بعد از انجام هر آزمایش داده‌ها توسط یک دیتالاگر مدل cr23x به رایانه منتقل شد و با نرم‌افزار Excel 2013 پردازش شد. برای محاسبه لغزش و توان کششی از روابط ۱ و ۲ استفاده شده است:

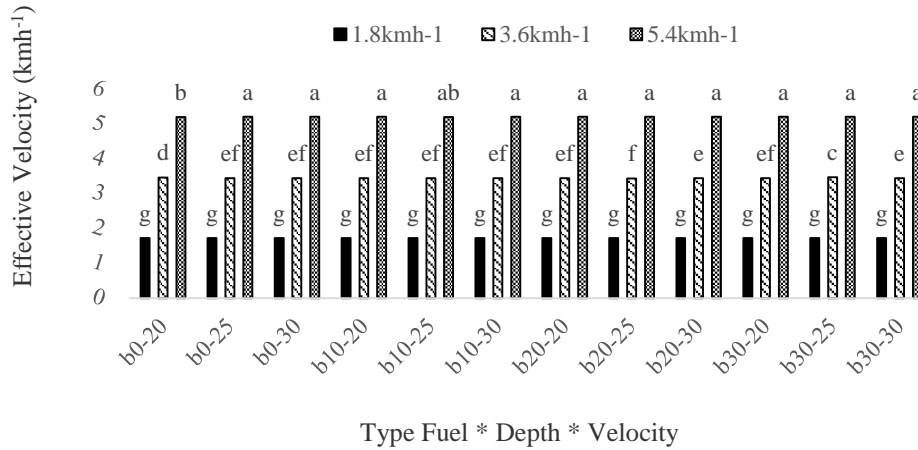
$$S = (V_u - V_r) / V_u \quad (1)$$

$$P = F \cdot V_r \quad (2)$$

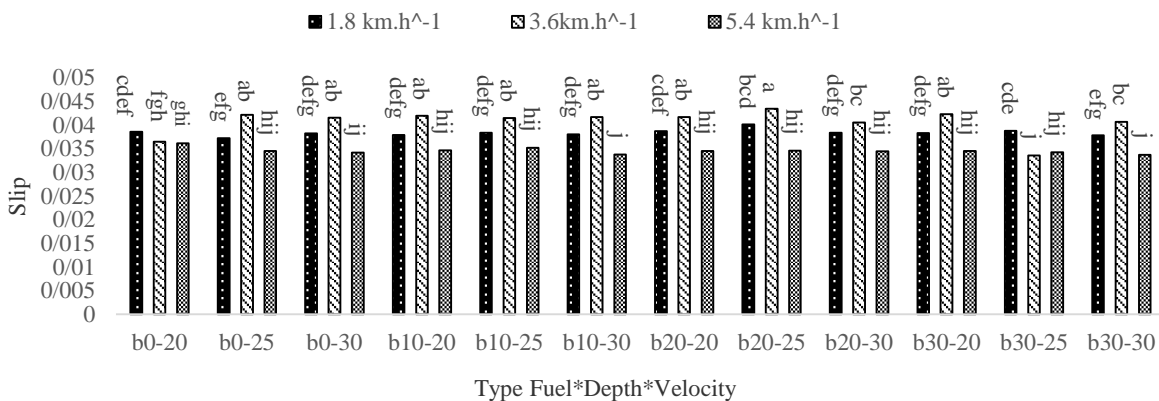
در این آزمایش برای مشخص کردن نسبت سوخت و عمق کاشت از حرف b استفاده شده است. به صورتیکه b0-20 نسبت سوختی ۰ و عمق ۲۰ را نشان می‌دهد. برای نرمال‌سازی داده‌ها نرم‌افزار Minitab 14 مورد استفاده قرار گرفت و سپس داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به کمک نرم‌افزار SPSS 20 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

داشت. در بیشتر حالت‌ها مقدار بیشینه لغزش در هنگام استفاده از بیودیزل ۲۰ درصد و بیودیزل ۱۰ درصد به‌دست آمد.

داشت و در حالت (b30-25) با افزایش سرعت از ۱/۸ به ۳/۶ کیلومتر بر ساعت لغزش کاهش و در سرعت ۵/۴ کیلومتر بر ساعت کمی افزایش



شکل ۴- تغییرات سرعت واقعی در برابر اثر سه‌گانه (نوع سوخت × عمق × سرعت)
Fig 4. Real speed changes versus triple effects (fuel type × depth × velocity)



شکل ۵- تغییرات لغزش در برابر اثرات سه‌گانه (نوع سوخت × عمق × سرعت)
Fig 5. Slip changes against triple effects (fuel type × depth × speed)

سرعت ۵/۴ کیلومتر بر ساعت و عمق ۳۰ سانتی‌متر هم برقرار است. این نتایج با نتایج Goering (1992) که بیان نمود توان سوخت بیودیزل بیشتر از سوخت دیزل است همخوانی دارد. با این تفاوت که در دو مورد ابتدایی نیروی کششی در b30 مقدار بیشینه را دارد اما در مورد آخر تقریباً مقداری برابر b0 دارد. در سرعت ۵/۴ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۵ سانتی‌متر نیروی کششی از b0 تا b10 کاهش می‌یابد، از b10 تا b20 روند صعودی داشته و از b20 تا b30 مجدداً کاهش می‌یابد.

در مورد پارامتر توان کششی با افزایش مقدار سرعت توان کششی افزایش می‌یابد. با توجه به رابطه مستقیم توان کششی با نیروی کششی کاملاً از رویه بالا پیروی می‌کند.

در مورد شاخص نیروی کششی با افزایش مقدار سرعت نیروی کششی افزایش می‌یابد. در عمق و سرعت یکسان، در سرعت ۱/۸ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۰ سانتی‌متر، نیروی کششی از b0 تا b20 (نسبت سوخت ۰ تا ۲۰) روند صعودی داشته و سپس در b30 کاهش می‌یابد. این رویه در سرعت ۱/۸ کیلومتر بر ساعت و عمق ۳۰ سانتی‌متر و همچنین سرعت ۳/۶ کیلومتر بر ساعت و عمق ۳۰ سانتی‌متر برقرار بود. در سرعت‌های ۳/۶ و ۵/۴ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۰ سانتی‌متر نیروی کششی از نسبت سوختی b0 تا b10 افزایش و سپس تا b30 روند نزولی دارد. در سرعت‌های ۳/۶ و ۵/۴ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۵ سانتی‌متر نیروی کششی از نسبت سوختی b0 تا b10 افزایش سپس تا b20 کاهش و دوباره تا b30 روند افزایشی دارد. این رویه در

از سوی دیگر ارزش حرارتی سوخت بیودیزل نسبت به سوخت دیزل به مقدار ناچیزی کمتر است (Shadidi *et al.* 2020).

(Mashhadi Mighani *et al.* (2007)، تفاوت ۱ درصد ارزش حرارتی سوخت بیودیزل و گازوئیل را گزارش کردند. (Goering (1992)، توان معادل سوخت را از حاصل ضرب آهنگ مصرف سوخت در ارزش گرمای سوخت محاسبه نمود (رابطه ۳):

$$P_{fe} = (HV) \cdot (M_f) / 3600 \quad (3)$$

بنا بر رابطه ۳ می‌توان نتیجه گرفت توان معادل سوخت بیودیزل بیشتر از سوخت دیزل است. همچنین وجود اکسیژن در فرمول شیمیایی بیودیزل باعث بهسوزی آن می‌شود. وجود اکسیژن باعث احتراق کامل‌تر مخلوط می‌شود. به دلیل احتراق کامل به‌خصوص در مخلوط‌های غنی مقدار توان حاصل از مخلوط سوخت دیزل و بیودیزل افزایش می‌یابد. با توجه به‌اینکه این پژوهش در گستره دور پایین (۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰ دور بر دقیقه) انجام گرفته است و در دورهای پایین‌تر میزان بار زیاد بوده و مقدار سوخت بیشتری وارد محفظه احتراق می‌شود و با توجه به اکسیژن بیشتر موجود در محفظه احتراق کامل‌تری صورت گرفته و میزان گشتاور نسبت به سوخت دیزل افزایش می‌یابد. بیودیزل در مقایسه با گازوئیل از زنجیره‌های هیدروکربنی طول‌تری تشکیل شده و با افزایش نسبت سوخت بیودیزل چگالی مخلوط سوختی افزایش می‌یابد. زنجیره‌های هیدروکربنی طول‌تری باعث عدد ستان بالاتر و خاصیت ضد کوبشی مخلوط سوختی شده که می‌تواند کیفیت احتراق را بهبود بخشد.

(Saeidi Neicharan *et al.* (2009)، تأثیر سوخت بیودیزل بر فشار بیشینه در یک استوانه (سیلندر) را مورد بررسی قرار دادند بر مبنای نتایج حاصل از این پژوهش فشار بیشینه محفظه احتراق از b0 تا b40 افزایش یافت (شکل ۶). از آنجایی که توان اندیکه با فشار متوسط اندیکه رابطه مستقیم دارد می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بیودیزل توان اندیکه را نیز بهبود می‌بخشد. فرمول ۴ رابطه بین فشار متوسط اصطکاکی، فشار متوسط ترمزی و فشار متوسط اندیکه را نشان می‌دهد:

$$f_{emp} = imep - bmep \quad (4)$$

طبق رابطه ۴ با کاهش فشار متوسط اصطکاکی و افزایش فشار متوسط اندیکه، فشار متوسط مؤثر ترمزی افزایش می‌یابد. از طرفی گشتاور موتور با فشار مؤثر ترمزی رابطه مستقیم دارد (Goering (1992). می‌توان این نتیجه را گرفت که با استفاده از سوخت بیودیزل در دورهای کم، گشتاور موتور را بهبود می‌بخشد. تحقیقات مختلفی در زمینه تأثیر سوخت بیودیزل بر گشتاور و توان موتور در حالت ایستا انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به (Zenouzi *et al.* (2008)، اشاره کرد که بر طبق این پژوهش با افزایش نسبت سوخت بیودیزل از ۵ تا ۲۵ درصد توان و گشتاور موتور نسبت به حالتی که از سوخت بیودیزل به‌تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، افزایش می‌یابد (شکل ۷).

در عمق و سرعت یکسان، در سرعت ۱/۸ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۰ سانتی‌متر، توان کششی از b0 تا b20 روند افزایشی داشته و سپس در b30 کاهش می‌یابد. این رویه در سرعت ۱/۸ کیلومتر بر ساعت و عمق ۳۰ سانتی‌متر و همچنین سرعت ۳/۶ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۰ سانتی‌متر برقرار بود. در سرعت ۱/۸ کیلومتر بر ساعت و عمق ۲۰ سانتی‌متر هنگام استفاده از سوخت دیزل نیروی کششی ۲/۱۵ کیلو نیوتن به‌دست آمد، در حالی که در هنگام استفاده از بیودیزل ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد این مقدار به‌ترتیب ۲/۷۷، ۲/۵۶ و ۲/۳۸ کیلو نیوتن بود.

در جدول ۵ مقایسه بین نیروی کششی سوخت دیزل و بیودیزل در سرعت و عمق نفوذ مختلف و در جدول ۶ مقایسه بین توان کششی سوخت دیزل و بیودیزل نشان داده شده است.

جدول ۵- مقایسه نیروی کششی در استفاده از سوخت دیزل و

بیودیزل

Table 5. Comparison of tensile strength using of diesel and biodiesel

نیروی کششی سوخت Bio Diesel			نیروی کششی سوخت دیزل	عمق	سرعت
Tensile Force (KN)			Diesel Tensile force (KN)	Depth (cm)	Speed (km/h)
30%	20%	10%			
4.39	3.02	3.99	3.68	25	1.8
4.93	5.66	4.55	4.82	30	1.8
3.51	3.41	3.19	2.45	20	3.6
4.78	4.54	4.94	4.42	25	3.6
6.13	6.76	5.96	5.39	30	3.6
3.79	3.35	3.38	2.72	20	5.4
4.51	4.68	4.32	4.58	25	5.4
6.39	5.48	6.15	6.18	30	5.4

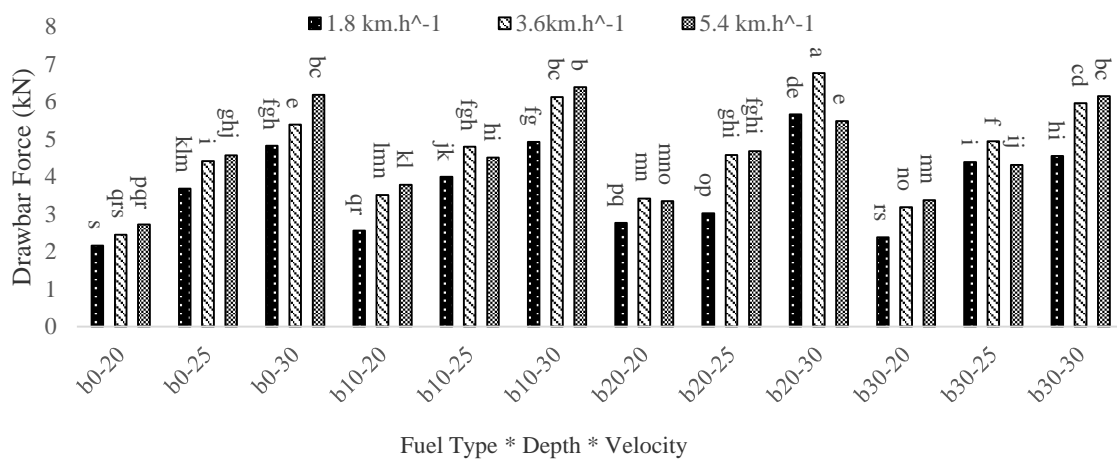
جدول ۶- مقایسه توان کششی در استفاده از سوخت دیزل و

بیودیزل

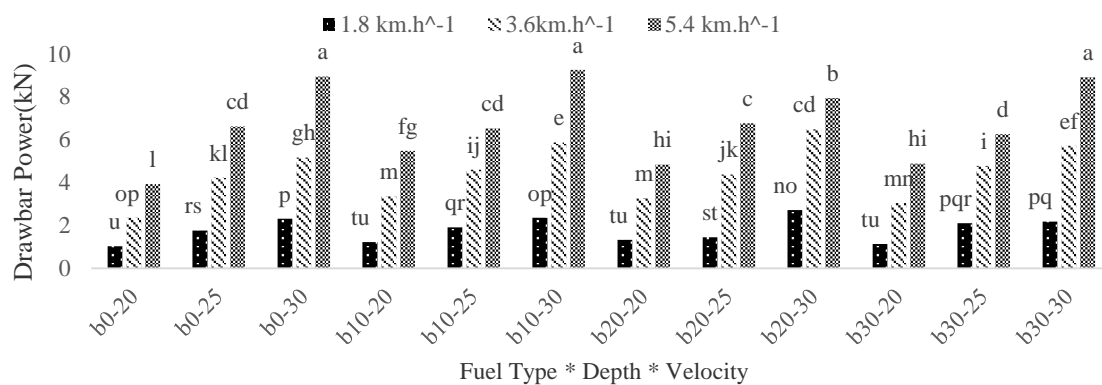
Table 6. Comparison of tensile strength using of diesel and biodiesel fuel

توان کششی سوخت Biodiesel			توان کششی سوخت دیزل	عمق	سرعت
Tensile Power (Kw)			Diesel Tensile Power (Kw)	Depth (cm)	Speed (km/h)
30%	20%	10%			
1.23	1.33	1.14	1.04	20	1.8
1.92	1.45	2.11	1.77	25	1.8
2.37	2.72	2.19	2.32	30	1.8
3.36	3.27	3.05	2.36	20	3.6
4.56	4.38	4.78	4.23	25	3.6
5.87	6.49	5.72	5.17	30	3.6
5.48	4.84	4.89	3.94	20	5.4
6.52	6.77	6.25	6.62	25	5.4
9.25	7.94	8.91	8.95	30	5.4

با توجه به پژوهش‌هایی که قبلاً انجام گرفته گزارش‌ها متعددی وجود دارد مبنی بر اینکه همگام با افزایش نسبت سوخت بیودیزل، آهنگ مصرف سوخت افزایش می‌یابد؛ که از آن جمله می‌توان به (Behcet, 2011؛ Lien *et al.* 2009) اشاره کرد. افزایش مصرف سوخت ویژه را به‌ارزش حرارتی پایین بیودیزل نسبت دادند (Lien *et al.* 2009).



شکل ۶- تغییرات نیروی کششی در برابر اثرات سه‌گانه (نوع سوخت × عمق × سرعت)
 Fig 6. Tensile force changes against triple effects (fuel type × depth × velocity)



شکل ۷- تغییرات توان کششی در برابر اثرات سه‌گانه (نوع سوخت × عمق × سرعت)
 Fig 7. Tensile strength changes against triple effects (fuel type × depth × speed)

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش شاخص‌های کشش (سرعت واقعی، لغزش، نیروی کششی، توان کششی) تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده برخی اثرهای اصلی (سرعت، عمق، سوخت) و متقابل (نوع سوخت-عمق، نوع سوخت-سرعت، سرعت-عمق، نوع سوخت-سرعت-عمق) در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد.

نتایج اثرهای متقابل بر روی نیروی کششی توان کششی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- نیروی کششی و توان کششی در هنگام استفاده از سوخت بیودیزل بهبود یافت.
- با افزایش عمق خاک‌ورزی نیروی کششی و توان کششی افزایش یافت.
- تأثیر افزایش عمق شخم بیشتر از افزایش نسبت سوخت بیودیزل بر نیرو و توان کششی بود.
- تأثیر افزایش عمق شخم بیشتر از تأثیر افزایش سرعت است.

- با افزایش نسبت سوخت بیودیزل، لغزش حالت نوسانی داشت و از حالت خاصی پیروی نکرد.
- در همه حالت‌ها نیرو و توان کششی در هنگام استفاده از مخلوط سوخت بیودیزل و سوخت دیزل نسبت به حالتی که از سوخت دیزل استفاده شد، نتایج بهتری به همراه داشتند، اما از رویه مشخصی پیروی نکردند که می‌توان این امر را به فاکتورهای خاک مانند رطوبت متفاوت، فشردگی متفاوت لایه‌های مختلف و اصطکاک متفاوت بین فلز و خاک، اصطکاک داخلی متفاوت در هر آزمایش ربط داد. همچنین عوامل محیطی به‌ویژه دمای محیط آزمایش نیز می‌تواند، تأثیرگذار باشد (Hawi et al. 2019). از آنجایی که همه آزمایش‌های این پژوهش، در فصل زمستان و در ساعات مختلف روز صورت گرفت و با توجه به حساسیت عملکرد بیودیزل به دمای محیطی (راندمان سوخت بیودیزل در دماهای نزدیک صفر درجه سلسیوس پایین‌تر است) این عامل را نیز می‌توان مؤثر دانست (Shadidi et al. 2020).
- همچنین با افزایش نسبت بیودیزل ویسکوزیته مخلوط سوختی افزایش پیدا می‌کند. این امر باعث بهبود خاصیت روغن‌کاری مخلوط

- doped cerium oxide nanoparticles*. *Energies*, 12(5), 798.
- Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Khanali, M., and Demirbas, A. (2018). *A comprehensive review on the environmental impacts of diesel/biodiesel additives*. *Energy Conversion and Management*, 174, 579-614.
- Lien, B.F., Huang, J.H., and Huang, D.Y. (2009). *Experimental Study of the Effects of Vegetable Oil Methyl Ester on DI Diesel Engine Performance Characteristics and Pollutant Emissions*. *Journal of Fuel*, 88, 1779-1785.
- Loghavi, M., and Molasadeghi, A. (2002). *Evaluation and comparison between two tractor of MF 285 and U650 with the use of plough*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6(2), 177-185 (in Farsi).
- Mashhadi Mighani, H., Almasi, M., BaKhoda, H., and Mohseni, M. (2007). *Comparison of Physics and Chemistry Parameters Bio Diesel and Diesel Fuels*. 5th Nation congress Agriculture Engineering, 242, 1-9. (In Farsi).
- Mrad, N., Varuvel, E.G., Tazerout, M., and Aloui, F. (2012). *Effects of biofuel from fish oil industrial residue e Diesel blends in diesel engine*. *Energy*, 44, 955-963.
- Qi, D.H., Chen, H., Geng, L.M., and Bian, Y.Z. (2010). *Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fueled with biodiesel/diesel blends*. *Energy Conversion and Management*, 51, 2985-2992.
- Saeidi Neicharan, M., Ghobadian, B., and najafi, G. (2009). *Experimental Investigation of a Diesel Engine Performance Parameters Using Biodiesel Fuel*. *Journal of Engine search*, 16, 29-36. (In Farsi).
- Shadidi, B., Alizade, H.H., A. And Najafi, G., (2020). *Performance and exergy analysis of a diesel engine run on petro diesel and biodiesel blends containing mixed CeO₂ and MoO₃ Nano catalyst*. *Biofuels*, 1-7.
- Shivarak, Soleiman., Rasekh, Mansour., and Mardani, Aref. (2016). *Evaluation and comparison of tensile performance of two types of garden tractors ITM950 and agricultural tractors ITM470*. National Conference on Science and Technology of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment of Iran, Tehran (In Persian).
- Tsolakis, A., Megaritis, A., Wyszynski, M.L., and Theinnoi, K. (2007). *Engine performance and emissions of a diesel engine operating on diesel-RME (rapeseed methyl ester) blends with EGR (exhaust gas recirculation)*. *Energy* 32: 2072-2080.
- Xue, J., Grift, T.E., and Hansen, A.C. (2011). *Effect of biodiesel on engine performance and emissions*. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 1098-1116.
- Zenouzi, A., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Hashjin, F., Feyzollahnejad, M., and Bagherpour, H. (2008). *Effect of the Blends of Diesel and Biodiesel Made From Waste Cooking Oil on Compression-Ignition Engine (CI) Performance*. *Journal of fuel and Combustion* 1: (in Farsi).

بیودیزل نسبت به سوخت دیزل می شود. فشار مؤثر متوسط اصطکاکی با سرعت موتور رابطه مستقیم دارد و با ازدیاد سرعت موتور زیاد می شود اما در سرعت های کمتر این وابستگی ناچیز است (Goering 1992). با توجه به این ویژگی و خاصیت روغن کاری بهتر سوخت بیودیزل و کاهش اصطکاک بین پیستون و دیواره سیلندر می توان بهبود بازده مکانیکی را نیز متصور شد.

ضمایم

فهرست نمادها		
واحد	نماد	شرح
%	S	لغزش Slip
km.h ⁻¹	V _u	سرعت تئوری Speed theory
km.h ⁻¹	V _r	سرعت واقعی Real speed
kN	F	نیروی کششی Tensile force
kW	P	توان کششی Power Tensile
kJ.kg ⁻¹	HV	ارزش گرمایی سوخت Calorific value of fuel
kW	P _{fe}	توان معادل سوخت Equivalent power to fuel
kg.h ⁻¹	M _f	آهنگ مصرف سوخت Fuel consumption track
kpa	femp	فشار مؤثر متوسط اصطکاکی Medium effective friction pressure
kpa	bmep	فشار مؤثر متوسط ترمزی Medium effective braking pressure
kpa	imep	فشار مؤثر متوسط اندیکه Medium effective pressure is small

۵- منابع

- Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Rastegari, H., Ghaziaskar, H. S., and Valijanian, E. (2018). *Exergy-based optimization of a continuous reactor applied to produce value-added chemicals from glycerol through esterification with acetic acid*. *Energy*, 150, 351-362.
- Behcet, R. (2011). *Performance and emission study of waste anchovy fish biodiesel in a diesel engine*. *Fuel Processing Technology*, 92, 1187-1194.
- Chauhan, S.B., Kumar, N., and Cho, H. (2012). *A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Jatropha biodiesel oil and its blends*. *Energy*, 37(1), 616-622.
- Goering, C.E. (1992). *Engine and tractor power* (No. Ed. 3). American Society of Agricultural Engineers (ASAE).
- Hawi, M., Elwardany, A., Ismail, M., and Ahmed, M. (2019). *Experimental investigation on performance of a compression ignition engine fueled with waste cooking oil biodiesel-diesel blend enhanced with iron*

