بررسی تأثیر سیستم توربوشارژر بر پارامترهای مصرف سوخت موتور، توان و کشش تراکتورهای ITM475 ، ITM485 و ITM800

خلیل پاشایی هولاسو[1*] ، بهزاد محمدی الستی[2] و مهدی عباسقلی پور[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، pashaiekh@itmco.ir
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب

چکیده

با رشد روزافزون جمعیت و محدودیت منابع آبی و سوخت‌های فسیلی و نیاز به افزایش بازده تولید محصولات کشاورزی، اهمیت مکانیزه کردن تولید محصولات کشاورزی ابعاد گسترده‌تری می‌یابد. در این میان تراکتور که به عنوان اصلی‌ترین منبع تولید توان مکانیکی در کشاورزی ماشینی، جایگاه ویژه‌ای را دارد از این قاعده مستثنی نبوده و لازم است مهندسان کشور، توسعه تراکتورهای جدید و متناسب روز را با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی آنها ادامه دهند. شرکت تراکتورسازی تبریز جهت دستیابی به تکنولوژی روز دنیا و رقابت با بازار جهانی، اقدام به تولید تراکتورهای جدید با موتور توربوشارژردار ITM800 و ITM485 مطابق استانداردهای روز دنیا نمود. در این تحقیق بر روی تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 آزمون کشش مالبندی با بالاست برای به دست آوردن عملکرد تراکتورها و مقایسه آنها با یکدیگر طبق استاندارد OECD صورت گرفت. این آزمون در باند بتونی فرودگاهی شرکت تراکتورسازی صورت گرفت. پس از به‌دست آوردن پارامترهای مختلف و تحلیل آماری مشخص گردید که میزان توان و نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 بیشتر از تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 بوده و این مقدار اختلاف در دنده‌های مختلف و سرعت‌های متفاوت در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. ضمناً میزان مصرف ویژه سوخت در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 کمتر از تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 بوده و این تفاوت نیز در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار بود که این امر خود باعث صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف سوخت با توجه به افزایش قیمت سوخت می‌باشد.

واژه های کلیدی: استاندارد OECD، تراکتور، توان و کشش، توربوشارژر، مصرف سوخت.

مقدمه

با توجه به پیشرفت تکنولوژی در دنیا و بحث‌های مبانی نوین در ماشین‌های کشاورزی و کشاورزی دقیق در دهۀ اخیر و نیز بحث صرفه‌جویی در انرژی و افزایش قیمت سوخت در دنیا و به خصوص در ایران، مهندسین شرکت تراکتورسازی ایران جهت بهبود کیفیت محصولات خود و رقابت بهتر در بازار جهانی اقدام به ساخت تراکتورهای جدید با موتور توربوشارژر کردند.

عملکرد تراکتور مربوط به کاری است که از تراکتور گرفته می‌شود. حداکثر کشش مالبندی، اغلب برای مقایسه یا ارزیابی تراکتورها به کار می‌رود. کشش مالبندی شدیداً تحت تأثیر شرایط خاک و شرایط زمین آزمایش و همچنین نسبت دنده‌ها و سنگین کردن چرخ تراکتور با پر کردن لاستیک‌های آن از آب قرار دارد.

حداکثر توان مالبندی، معمولاً مفیدترین معیار عملکرد تراکتورهای کشاورزی است (Saghafy, 2008). توان مالبندی طبق تعریف استاندارد OECD به معنی توان قابل دستیابی روی مالبند تراکتور در مسافت حداقل ۲۰ متری می باشد و طبق معادله (۱) محاسبه می‌شود:

$$DBP = \frac{P.V}{3.6} \quad (۱)$$

DBP = توان مالبندی بر حسب (kW)

P = نیروی کشش بر حسب (kN)

V = سرعت پیشروی بر حسب ($km.h^{-1}$)

از توان ترمزی برای اندازه‌گیری توان موتور یا میل‌لنگ یا چرخ لنگر[1] استفاده می‌شود. توان ترمزی معمولاً توسط دینامومتر از طریق اندازه‌گیری گشتاور و سرعت میل‌لنگ و چرخ طیار بدست می‌آید (Ranjbar et al., 1997):

$$Pb = \frac{2\pi(T)(N)}{60000} \quad (۲)$$

Pb = توان ترمزی بر حسب (kW)

T = گشتاور بر حسب (N.m)

N = سرعت دورانی بر حسب دور در دقیقه ($rev.min^{-1}$)

با سنگین کردن تراکتور عملکرد کششی آن بهبود می‌یابد، مخصوصاً اگر وزنه‌های سنگین‌کننده یا بالاست روی چرخهای محرک تراکتور بر روی خاکهای لومی‌شنی اضافه شود. با افزایش وزن روی تایر تراکتور می‌توان نیروی زمین‌گیرایی و در نتیجه نیروی مالبندی را افزایش داد. اما افزایش سنگین‌کننده‌ها موجب افزایش نیروی مقاومت غلتشی نیز می‌گردد. با توجه به مسایل ذکر شده میزان سنگین‌کننده‌ها را باید طوری تعیین کرد که برای به دست آوردن حداکثر بازده زمین‌گیرایی، بکسوات بین ۸ تا ۱۵ درصد باشد. مقدار بار وارده به تایرها در استاندارد ASAE S430 آورده شده است (ASAE Standard S 346.1., 1992).

مصرف سوخت ویژه (SFC)[2] عبارت است از جرم سوخت مصرفی برای انجام واحد کار. مصرف سوخت ویژه باید برای مقایسهٔ تراکتورها به کار برود. مصرف سوخت ویژه بدین صورت تعریف می‌شود:

$$SFC = \frac{M_f}{P} \quad (۳)$$

[1] - Flywheel Power
[2] - Specific Fuel Consumption

SFC = مصرف سوخت بر حسب کیلوگرم بر کیلووات ساعت ($kg.kW^{-1}.h^{-1}$)

M_f = آهنگ مصرف سوخت بر حسب کیلوگرم در ساعت ($kg.h^{-1}$)

P = توان تولیدی بر حسب کیلووات (kW)

تراکتورها با مصرف سوخت ویژه کمتر، بازدهی بیشتری دارند (Ranjbar *et al*., 1997).

بازده کششی تابعی از بار دینامیکی روی چرخهای محرک است و در یک لغزش ثابت، بازده کششی همراه با افزودن بار دینامیکی به ترتیب روی خاک متراکم، افزایش و روی خاک سست، کاهش پیدا می‌کند (Burt *et al*.,1983).

در پژوهشی که روی اندازه‌گیری بیشینهٔ نیروی کشش مالبندی دو نوع تراکتور متداول در ایران انجام شد، نتایج نشان داد که تراکتور ITM285 نسبت به ITM750 روی سه سطح خاک دارای کشش بالاتری بوده و بیشترین کشش مالبندی روی خاک شخم نخورده و کمترین کشش مالبندی روی خاک دیسک خورده به‌دست آمد. سرعت پیشروی و درصد لغزش روی بیشینهٔ نیروی کشش مالبندی تراکتورها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (Naghavi-Moradkhanlu, 2003).

تعدادی از انواع سیستمهای حجمی اندازه گیری مصرف سوخت تراکتور در مزرعه توسط برخی محققین ارائه شده است. رید[1] در سال ۱۹۷۹ از یک سیلندر مدرج سوخت از جنس شیشهٔ پلکسی استفاده کرده است. افراد دیگری مثل سامرز[2] در سال ۱۹۷۰ و بدری[3] و همکاران در سال ۱۹۸۱ از یک دبی‌سنج توربینی که در مسیر سیستم سوخت رسانی موتور نصب شده بود استفاده کردند تا اثرات دما را کاهش دهند (Atai, 2004).

ویلدس[4] نیز رابطه‌ای بین انگشتی پیستون پمپ انژکتور دوار و میزان مصرف سوخت پیشنهاد کرد. در این روش هیچ نیازی به اصلاح مسیر سوخت‌رسانی نبود ولی وجود یک سیستم نشان دهندهٔ دمای سوخت لازم و ضروری بود (Atai, 2004).

آزمایشگاه تست تراکتور نبراسکا NTTL برای سالها به عنوان تنها موسسه مستقل آزمون تراکتور در جهان کار می‌کرد. با جهانی شدن ساخت و فروش تراکتور در دهۀ ۱۹۸۰ کدهای آزمون سازمان همکاری اقتصادی و توسعه OECD[5] به عنوان یک دستورالمعل رسمی جهانی آزمون برای بازار جهانی پذیرفته شد.

دستگاه توربوشارژر (دستگاه پرخورانی توربینی)، پمپ هوای بسیار ظریفی است که با مهار کردن انرژی تلف شده در خروجی دود موتور، هوای بیشتری را برای موتور فراهم می‌کند. یک کمپرسور غالباً بین صافی هوا و منیفولد ورودی موتور قرار می‌گیرد، در حالی که توربین آن بین منیفولد خروجی و خفه‌کن اگزوز قرار می‌گیرد. دستگاه توربوشارژر هوای ورودی موتور را فشرده می‌کند و

[1] - Reid
[2] - Summers
[3] - Bedri
[4] - Vildes
[5] - Organisation for Economic Co-operation and Development

هوای بیشتری وارد سیلندر می‌نماید. این عمل موجب می‌گردد که موتور مقدار بیشتری سوخت را به طور موثر بسوزاند و در نتیجه قدرت زیادتری تولید نماید.

مزایای موتورهای توربوشارژر نسبت به موتورهای تنفس طبیعی یا بدون توربوشارژر:

۱ – گشتاور و قدرت خروجی بالاتر ۲ – مصرف سوخت پایین‌تر ۳ – آلایندگی کمتر ۴ – سبکی و جمع و جوری موتور

در پروژه مرکز تحقیقات ایران خودرو مشخص شد خودروی سمند سورن مجهّز به توربوشارژر نسبت به خودروی مشابه بدون توربوشارژر (سمند سورن معمولی) می تواند سریع تر و پر قدرت تر باشد و در عین حال کم مصرف تر نیز باشد (Iran khodro, 2009). کارابکتاش نیز در سال ۲۰۰۹، به بررسی اثر توربوشارژر بر روی عملکرد یک موتور دیزل با استفاده از سوخت دیزل و بیودیزل از نظر توان ترمزی، گشتاور، مصرف ویژه ترمزی و بازده حرارتی، و همچنین انتشار CO و NOx پرداخت (Karabektas, 2009). در کل توربوشارژر می تواند باعث کاهش اندازه موتور، بهبود مصرف سوخت و کاهش انتشار CO_2 شود (Chiong *et al*., 2012).

هدف محقق با کمک مهندسین حوزه فنی و توسعه شرکت تراکتورسازی ایران، بررسی تاثیر نصب سیستم توربوشارژر بر پارامترهای مصرف سوخت موتور، توان و کشش در تراکتورهای توربوشاژردار ITM485 و ITM800 در مقایسه با تراکتور معمولی بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد.

مواد و روشها

آزمایشها در باند بتونی شرکت تراکتورسازی تبریز انجام گرفت. این باند از بتن فرودگاهی درجه ۲ طبق استاندارد جهت آزمایشهای مختلف تراکتور از جمله کشش تراکتور طبق دستور سازمان استاندارد ساخته شده است. دمای هوا ۷ ± ۲۳ درجه سانتیگراد و فشار هوا در حدود ۹۶/۶ کیلو پاسکال می‌باشد. (طبق استاندارد OECD) هوا به صورت نیمه ابری تا صاف می‌باشد (OECD Code2. 2010).

بر اساس اهداف این پژوهش، برای انجام آزمایشها از ابزارهای زیر برای اندازه گیری کمیتهای مصرف سوخت، نیرو و توان مالبندی استفاده شد:

۱ – تراکتورهای ITM475 و ITM485 و ITM800

۲ – نیروسنج[1] ۵ تنی برای اندازه‌گیری نیروی کششی بین دو تراکتور

۳ – سوخت‌سنج

۴ – دماسنج

۵ – زمان‌سنج (کورنومتر)

[1] - Loadcell

شکل ۱. تراکتور لخت توربو شارژردار ITM485

آماده سازی ادوات و تجهیزات آزمونها

طبق توصیه استانداردها و سازنده تراکتور و لاستیکها، قبل از شروع آزمایشها وزنه‌های کیفی ۳۴ کیلوگرمی به تعداد ۸ عدد در جلو تراکتور و وزنه‌های چدنی ۵۰ کیلوگرمی به تعداد ۲ عدد در هریک از چرخهای عقب بطور دائم نصب بود. بنابراین منظور از بالاست در این پژوهش، پر یا خالی بودن تایرها از آب است.

در جدول (۱) بالاست تایرها برای هریک از تراکتورها با فشار باد ۰/۸ تا یک بار داده شده و برای افزایش نیروی کششی و با در نظر گرفتن عدم تغییر مرکز ثقل و با رعایت توزیع وزن مناسب برای تراکتورهای چهار چرخ محرک می‌باشد. در کارگاه مطابق جدول (۱) لاستیکها پر از آب گردید.

جدول ۱. میزان وزن تراکتورهای مورد آزمون و سنگین‌کننده‌های استفاده شده

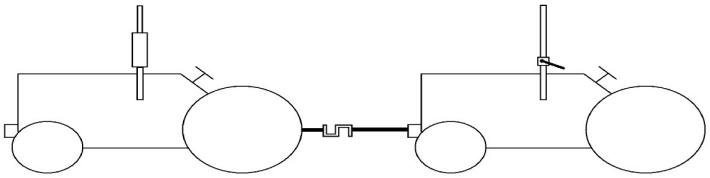
میزان سنگین کننده ها Ballast weight	ITM475 (kg)	ITM485 (kg)	ITM800 (kg)
میزان سنگین‌کننده جلو (وزنه کیفی و آب) Front ballast weight (big weight and water)	275	272	360
میزان سنگین‌کننده عقب (وزنه و آب) back ballast weight (big weight and water)	634	625	610
وزن تراکتور روی محور جلو Tractor weight on front axle	1430	1430	1430
وزن تراکتور روی محور عقب Tractor weight on back axle	1720	1720	1760

آزمون کشش بر روی تراکتورهای چهار چرخ محرک در پروژه انجام گرفت که این آزمون طبق استاندارد OECD در دنده‌های سبک و سنگین حالتهای لاک‌پشتی و خرگوشی در سرعتها و دورهای مختلف موتور با سه بار تکرار در باند بتونی شرکت تراکتورسازی صورت گرفت. که در این آزمایشها مقدار درصد بکسوات (لغزش)، نیروی کششی، توان و مصرف سوخت، مصرف ویژه سوخت و توان مخصوص اندازه‌گیری و محاسبه شد. این مقادیر با بالاست نیز در حداکثر توان مالبندی در دنده‌های مختلف (دنده‌های یک، دو، سه در حالتهای خرگوش و لاک‌پشت و در دو حالت سبک و سنگین در اهرم ۱۲ دنده‌ای سنکرونیزه) محاسبه شد. و انجام این آزمون تحت بارهای مختلف در ۱۰۰٪، ۸۵٪ ، ۷۵٪ ، ۵۰٪ و ۲۵٪ نیروی کشش در حداکثر توان و ۵۰٪ نیروی کشش در اولین دنده سبکتر که دور موتور افت می‌کند در تمامی تراکتورها صورت گرفت و مقادیر آن طبق جدول استاندارد

یادداشت و پس از سه بار تکرار آزمون، میانگین داده‌ها در یک جدول به عنوان یک داده برای هریک از تراکتورهای چهار چرخ محرک ثبت گردیده و تحلیل های لازم صورت پذیرفت.

روند کلی آزمون کشش مالبندی

چگونگی انجام آزمونها به این صورت بود که ابتدا هر یک از تراکتورهای مورد آزمایش (تراکتورهای توربوشارژردار ITM800 و ITM485 و تراکتور بدون توربوشارژر ITM475)، تراکتور ITM399 دو دیفرانسیل را که با خفه‌کن بر روی تراکتور کشنده، ایجاد نیروی مالبند می‌نماید به عنوان تراکتور بار یدک در دنده‌های مختلف کشیده و نیروسنج بین این دو تراکتور، نیروی کششی تراکتورهای آزمون را توسط دیتالاگر که در داخل کابین نصب شده بود ثبت می‌کرد (شکل ۲). این آزمونها برای تک تک تراکتورها در سه مرحله آزمایش انجام گرفت و میزان بکسوات چرخهای محرک تراکتور مورد آزمون، سرعت پیشروی و داده‌های نیروسنج و سوخت‌سنج در دو حالت بار و بدون بار و بالاست و بدون بالاست ثبت گردید.



شکل ۲. تراکتورهای کشنده و بار و لودسل مابین آنها در آزمون کشش مالبندی با بالاست

زمانی که تراکتور بار در دندهٔ دلخواهی قرار داده شده و توسط تراکتور آزمون کشیده می‌شود، حرکت از چرخهای تراکتور بار به طرف دیفرانسیل و جعبه‌دنده انتقال یافته و سرانجام موجب دوران چرخ‌لنگر و آن هم موجب حرکت میل‌لنگ و پیستونها می‌شود. سیستم سوخت رسانی تراکتور بار حذف شده و از مدار خارج می‌شود. اگر هم به هر دلیلی از خروج هوا در مرحلهٔ تخلیه جلوگیری شود، با عنایت به اینکه نسبت تراکم موتور تراکتور ITM399 (۱ : ۱۶) فشار زیادی از تجمع هوای تحت فشار به روی پیستونها اعمال خواهد کرد و این فشار مانع از گردش میل‌لنگ شده و در نتیجه چرخها باعث ترمزگیری تراکتور بار و اعمال نیروی مالبندی به تراکتور کشنده می‌گردد. برای ایجاد چنین شرایطی، اگزوز متصل به منیفولد تخلیهٔ تراکتور بار حذف شده و اگزوز جدیدی روی آن قرار داده شد. این اگزوز از پروفیل استوانه‌ای (لوله) ۳ اینچی ساخته شده و در مسیر آن یک شیر ۲ اینچی تعبیه شده بود که در دسترس راننده قرار داشت. هرچه درجات بسته بودن شیر افزایش می‌یافت به علت عدم خروج هوای تحت فشار از محفظهٔ احتراق سیلندر، فشار تجمعی روی پیستون افزایش یافته که از دوران میل‌لنگ جلوگیری می‌کرد.

بدیهی است هر چه دندهٔ انتخاب شده نیز برای تراکتور بار، سنگین‌تر باشد به همان اندازه در مقابل حرکت، بیشتر مقاومت خواهد کرد و دلیل آن نسبت تبدیل بزرگتر سیستم انتقال قدرت در دندهٔ سنگین‌تر و در نتیجه افزایش نیروهای عمل کننده روی چرخ تراکتور می‌باشد.

با توجه به میزان بار مورد نیاز تراکتور تحت آزمون که معادل مقاومت کششی گاوآهن سه خیش در عمق ۳۰ تا ۳۵ سانتیمتر می باشد، دنده و درجه بسته بودن شیر اگزوز تراکتور بار طوری تنظیم شد که بار مقاوم مورد نظر را ایجاد کند. برای اندازه گیری مقدار نیروی کششی بین دو تراکتور از یک نیروسنج ۵ تنی ساخت شرکت کره‌ای Bongshin5BBP استفاده شد. داده‌های مربوط به نیروی کششی بین دو تراکتور از طریق سیستم دیتالاگر وصل شده به نیروسنج، خوانده و ثبت گردید که این دستگاه تعداد ۱۰ داده را در یک ثانیه ثبت می‌نمود (شکل ۳).

شکل ۳. نیروسنج و دیتالاگر مورد استفاده در آزمایش کشش تراکتورها

برای اندازه گیری مصرف سوخت تراکتورها، در آزمایشهای این تحقیق از یک سوخت‌سنج از نوع VDO - EDM 1404 ساخت آلمان استفاده شد که دبی مسیر باک به موتور و برگشت موتور به باک را محاسبه نموده و میزان مصرف سوخت را به صورت دیجیتالی به طور متوسط بر حسب لیتر بر ساعت نشان می‌داد (شکل ۴).

در آزمونهای کشش در مسافتی به ازای ۱۰ دور چرخش چرخ عقب تراکتور که ما بین ۴۶ تا ۵۰ متر بود مقدار و زمان مصرف سوخت اندازه گیری شد و با استفاده از این پارامتر مقدار مصرف سوخت بر حسب $Lit.h^{-1}$ و $kg.h^{-1}$ بدست آمد. طبق استاندارد OECD برای اندازه‌گیری مقادیر خواسته شده در پروژه، عملکرد کشش از سرعت ۱/۹۳ تا ۱۷/۵۴ کیلومتر در ساعت در دنده‌های مختلف اندازه‌گیری شد.

شکل ۴. سوخت سنج و دیتالاگر مورد استفاده در آزمایش

نتایج و بحث

در نتایج، نمودارها و جداول مربوط به تجزیه آماری داده‌های آزمون‌های کشش‌مالبندی با بالاست تراکتورهای توربوشارژردار ITM800 و ITM485 و تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 و تاثیر سیستم توربوشارژر بر پارامترهای مصرف سوخت ویژه، نیروی کشش و توان تراکتورهای فوق آورده شده است. طرح آماری مورد استفاده در نرم‌افزارSPSS طرح آزمایشی

می‌باشد. در بعضی از جداول به‌دلیل داشتن دو متغیر مستقل (احتمال اثر دنده و تراکتور) از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شد و در بعضی دیگر از جداول نیز به‌دلیل اینکه داشتن یک متغیر مستقل از آنالیز یک طرفه استفاده شد.

مقایسه توان‌کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 در دنده‌های مختلف در آزمون کشش مالبندی با بالاست

برای این مقایسه از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شده است (جدول ۲). نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد که اثر تراکتور معنی‌دار می‌باشد (مقدار F برابر ۱۸/۰۳ و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است). یعنی میزان توان در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

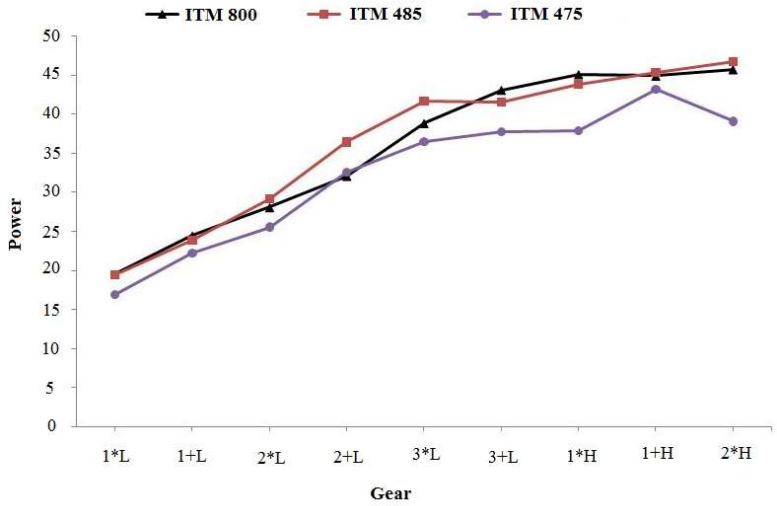
جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس دو طرفه توان کششی در آزمون کشش مالبندی با بالاست

منبع تغییر Source of change	مجموع مربعات The sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Squared	F	سطح معنی‌داری Level of significance	مجذور اتا Eta squared
اثر تراکتور Effect of tractors	82.867	2	41.434	18.029	.0001	.693
اثر دنده Gear Effect	2174.139	8	271.767	118.253	.0001	.983
خطا Error	36.771	16	2.298			
کل Total	35127.718	27				

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر دنده برای توان کششی (kW) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

دنده gear	N	Subset 1	2	3	4	5
1*L	3	18.6500				
1+L	3		23.5300			
2*L	3		27.6200			
2+L	3			33.7067		
3*L	3				38.9933	
3+L	3				40.7833	40.7833
1*H	3				42.2667	42.2667
2*H	3					43.8367
1+H	3					44.4633

نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان توان در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 به طور معنی‌داری بیشتر از تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد. اثر دنده نیز معنی‌دار می‌باشد (مقدار F برابر ۱۱۸/۲۵ و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است). یعنی میزان توان در دنده‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان توان در دنده‌های 1+H، 2*H، 1*H، 3+L بیشترین مقدار و در دنده‌های 1*L، 1+L، 2*L کمترین مقدار را دارد (*لاک پشت و + خرگوش) (جدول ۳ و شکل ۵).



شکل ۵. نمودار آزمون تعقیبی توکی توان کششی تراکتورها (kW) با یکدیگر در آزمون کشش مالبندی با بالاست در دنده‌های مختلف

مقایسه نیروی‌کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشـارژر ITM475 در دنده‌های مختلف در آزمون کشش مالبندی با بالاست

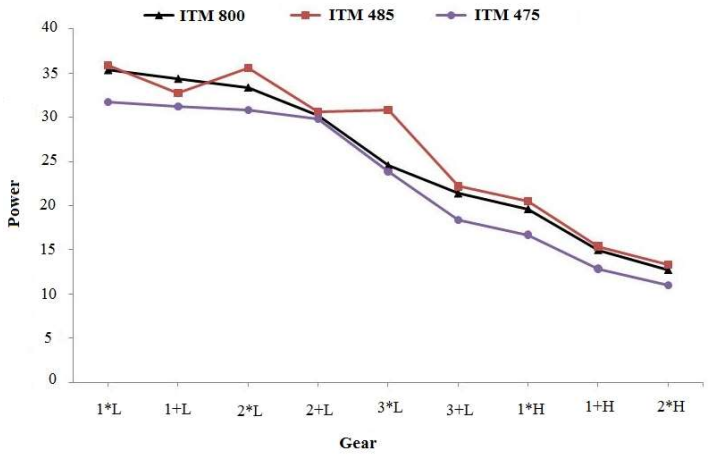
برای این مقایسه از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شده است (جدول ۴). نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد که اثر تراکتور معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد (مقدار F برابر ۱۷/۲۵ و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است). یعنی میزان نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد. نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 به طور معنی‌داری بیشتر از تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد. اثر دنده نیز معنی‌دار می‌باشد (مقدار F برابر ۱۳۶/۸۱ و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است). یعنی میزان نیروی کششی در دنده‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان نیروی کششی در دنده‌های 1*L، 2*L، 1+L بیشترین مقدار و در دنده‌های 2*H، 1+H کمترین مقدار را دارد (جدول ۵، ۶ و شکل ۶).

جدول ۴. نتایج تحلیل واریانس دو طرفه نیروی کششی در آزمون کشش مالبندی با بالاست

منبع تغییر Source of change	مجموع مربعات The sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Squared	F	سطح معنی‌داری Level of significance	مجذور اتا Eta squared
اثر تراکتور Effect of tractors	53.879	2	26.940	17.250	.0001	.683
اثر دنده Gear Effect	1709.221	8	213.65	136.810	.0001	.986
خطا Error	24.987	16	1.562			
کل Total	18391.191	27				

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر تراکتور برای نیروی کششی (kN) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

تراکتور Tractor	N	Subset 1	Subset 2
ITM475	9	22.9122	
ITM800	9		25.1689
ITM485	9		26.3122



شکل ۶. نمودار آزمون تعقیبی توکی نیروی کششی تراکتورها (kN) با یکدیگر در آزمون کشش مالبندی با بالاست در دندهای مختلف

جدول ۶. نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر دنده برای نیروی کششی (kN) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

دنده gear	N	Subset 1	2	3	4	5
2*H	3	12.3600				
1+H	3	14.4200				
1*H	3		18.9333			
3+L	3		20.6333			
3*L	3			26.3900		
2+L	3				30.2133	
1+L	3				32.7367	32.7367
2*L	3				33.2200	33.2200
1*L	3					34.2733

مقایسه مصرف ویژه سوخت در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 در دنده‌های مختلف در آزمون کشش مالبندی با بالاست

برای این مقایسه از آنالیز واریانس دوطرفه استفاده شده است. نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد که اثر تراکتور معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد (مقدار F برابر ۹۰/۵۶ و سطح احتمال معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است). یعنی میزان مصرف ویژه سوخت در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (جدول ۷).

جدول ۷. نتایج تحلیل واریانس دو طرفه مصرف ویژه سوخت در آزمون کشش مالبندی با بالاست

منبع تغییر Source of change	مجموع مربعات The sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Squared	F	سطح معنی‌داری Level of significance	مجذور اتا Eta squared
اثر تراکتور Effect of tractors	103988.572	2	51994.286	90.555	.0001	.919
اثر دنده Gear Effect	47970.113	8	5996.264	10.443	.0001	.839
خطا Error	9186.786	16	574.174			
کل Total	3207805.503	27				

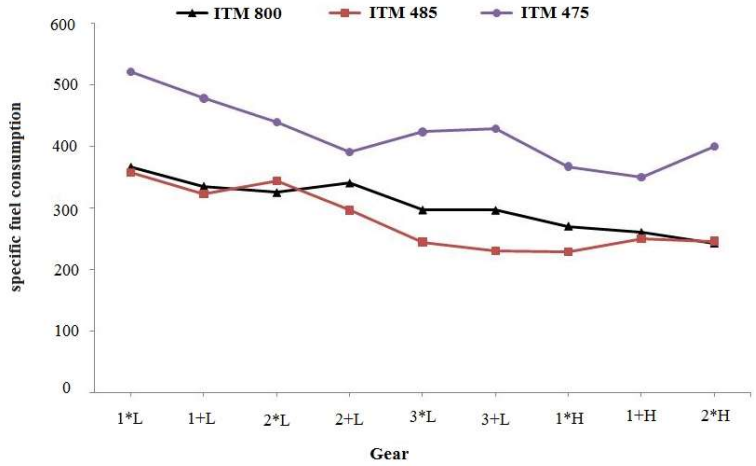
جدول ۸. نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر تراکتور برای مصرف ویژه سوخت ($g.kW^{-1}.h^{-1}$) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

تراکتور Tractor	N	Subset 1	Subset 2
ITM485	9	280.4544	
ITM800	9	304.7378	

جدول ۹. نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر دنده برای مصرف ویژه سوخت ($g.kW^{-1}.h^{-1}$) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

دنده Gear	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
1+H	3	287.4533		
1*H	3	289.5367		
2*H	3	296.6500		
3+L	3	319.0000	319.0000	
3*L	3	322.2900	322.2900	
2+L	3	343.1333	343.1333	
2*L	3		370.0567	370.0567
1+L	3		379.4067	379.4067
1*L	3			415.7133

نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان مصرف‌سوخت‌ویژه در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد، کمتر از تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد. اثر دنده نیز معنی‌دار می‌باشد (مقدار F برابر ۱۰/۴۴ و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است). یعنی میزان مصرف‌ویژه سوخت در دنده‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان مصرف ویژه سوخت در دنده‌های 1*L، 1+L، 2*L بیشترین مقدار و در دنده‌های 1+H، 2*H و 1*H کمترین مقدار را دارد (جدول ۸، ۹ و شکل ۷).



شکل ۷. نمودارآزمون تعقیبی توکی مصرف ویژه سوخت ($g.kW^{-1}.h^{-1}$) در تراکتورها با یکدیگر در آزمون کشش مالبندی با بالاست در دندهای مختلف

نتیجه‌گیری کلی

برای بررسی تاثیر سیستم توربوشارژر بر پارامترهای مصرف ویژه سوخت موتور، نیروی‌کشش و توان تراکتورهای توربوشارژردار485ITM و ITM800 و مقایسهٔ آنها با تراکتور بدون توربوشارژرITM475 آزمون طبق استاندارد OECD بر روی این تراکتورها انجام گرفت. آزمون کشش مالبندی با بالاست در باند بتونی فرودگاهی شرکت بر روی هریک از تراکتورهای مذکور، صورت گرفت. پس از اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای مورد نیاز طبق استاندارد OECD و به‌دست آمدن داده‌ها، برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. در آزمون کشش مالبندی به دلیل عملکرد بهتر تراکتورها و بنا به توصیه استاندارد OECD آزمون تراکتورهای توربوشارژردار485ITM و ITM800 و تراکتور بدون توربوشارژرITM475 دودیفرانسیل، با بالاست آزمایش شد. در آزمون فوق بدون در نظر گرفتن نوع دنده‌ها میزان توان و نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار485ITM و ITM800 نسبت به تراکتورهای بدون توربوشارژر ITM475 بیشتر می‌باشند و این تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند ولی در دنده‌های مختلف این تفاوت‌ها در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. در مصرف ویژه سوخت نیز تراکتورهای توربوشارژردار485ITM و ITM800 دارای مصرف سوخت کمتری نسبت به تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد و این تفاوت از تمامی جوانب در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در این آزمون مقادیر توان کششی، نیروی کششی و مصرف ویژه سوخت را در دنده‌های مختلف با سرعتهای متفاوت آزمایش شد که میزان توان کششی و نیروی کششی نیز در تراکتورهای توربوشارژردار485ITM و ITM800 بیشتر از تراکتور بدون توربوشارژرITM475 می باشد یعنی اثر دنده نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

در نتیجه‌گیری کلی به نظر بتوان با مقایسه نمودارها گفت بهترین دنده ها 3*L ، 3+L و 1*H می باشد که در نسبت توان به مصرف سوخت ویژه و یا نیروی کششی به مصرف سوخت ویژه، بیشترین مقدار را دارند و در این دنده‌ها سرعت حرکت و

بکسوات نیز مناسب است. پس از آزمایش‌های متفاوت نتیجه گرفته شد که سیستم توربوشارژر موجب افزایش توان‌کششی و نیروی‌کشش و کاهش مصرف سوخت ویژه تراکتور می‌شود.

پیشنهادات

به شرکت تراکتورسازی تبریز به عنوان بزرگترین تولیدکننده تراکتور در کشور پیشنهاد می‌گردد با توجه به نتایج به‌دست آمده پروژه، تراکتورهای توربوشارژردار را به مرور زمان جایگزین تراکتورهای بدون توربوشارژر نموده تا ضمن کارایی بیشتر، موجب صرفه‌جویی مناسب در مصرف سوخت و باعث سودآوری اقتصادی گردد.

به کشاورزان و مهندسین پیشنهاد می گردد که با توجه به اینکه اکثر تراکتورهای موجود در کشور مسی‌فرگوسن می‌باشد و این تراکتورها نسبت به تراکتورهای دیگر سبک‌تر بوده که این خود موجب افزایش درصد بکسوات و کاهش نیروی کششی می‌گردد، از بالاست کردن تراکتورها و همچنین از تراکتورهای چهار چرخ محرک که نسبت به دو چرخ محرک سنگین‌تر می‌باشند استفاده نمایند.

به کارشناسان و مهندسین و محققان پیشنهاد می گردد که تراکتورهای توربوشارژردار تراکتورسازی تبریز را با تراکتورهای دیگر همچون جاندیر و ... مقایسه و نتایج آنها را به‌دست آورند.

منابع

1. ASAE Standard S 346.1. 1992. Liquid ballast table for drive ties of agricultural machines. Published by ASAE. 159-160.
2. Atai, R. 2004. Evaluation of driving the front wheels (FWA) of MF285 tractor on power efficiency and performance of its traction. Faculty of Agriculture. Isfahan University of Technology, Isfahan.
3. Burt, E. C., P. W. L. Lyne, P. Meiring, and J. F. Keen. 1983. Ballast and inflatation effect on tire efficiency. Transaction of ASAE 26(5): 1352-1357.
4. Chiong, M. S., S. Rajoo, R. F. Martinez-Botas, and A. W. Costall. 2012. Engine turbocharger performance prediction: One-dimensional modeling of a twin entry turbine. Energy Conversion and Management 57: 68-78.
5. Iran khodro. 2009. Turbocharger and supercharger. Iran Khodro Message magazine 146(in the thirteenth year).
6. Karabektas, M. 2009. The effects of turbocharger on the performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with biodiesel. Renewable Energy 34(4): 989–993.
7. Naghavi-Moradkhanlu, gh. 2003. Ballast evaluation of tractor ITM285 with cab. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modarres University, Tehran.
8. OECD Code2. 2010. Agricultural machinery - test procedure - th official testing of agricultural and forestry tractor performance.
9. Ranjbar, I., H. R. Ghasemzadeh, Sh. Davudi. 1997. Tractor and engine power. Publication of Tabriz University.
10. Saghafy, M. 2008. Tractor and its mechanism. Center for Academic Publication, Tehran.

Effect of Turbo Charger System on Engine Fuel Consumption and Tractor Power and Traction (ITM475, ITM485 and ITM800)

Khalili Pashai Hulasu[1*], Behzad Mohammadi Alasti [2] and Mehdi Abbasgholipour[2]

1- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Bonab Branch, Islamic Azad University, pashaiekh@itmco.ir
2- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Bonab Branch, Islamic Azad University, behzad.alasti@gmail.com

Abstract

Considering continuous increase in population growth and, on the other hand, limitation of water sources and fossil fuels and also higher demand on agricultural productions, indicate the importance of agricultural mechanization, specially, in developing countries. "Tractors" are considered as main power generator in mechanized agriculture. Therefore, Iran Tractor manufacturer has been interested in developing its relationships with other developing countries. Hence, the experts and engineers, in tractor manufacturing of the country, are required to focus on developing and designing new features in tractor manufacturing. This must be, of course, paralleled with the economic aspects. Achieving this goal, Iran Tractor Manufactories Co., (ITMCO) has designed and developed tractors equipped with turbochargers. This has been performed on ITM800 & ITM485 models, according to world standards. This study has been done on ITM485 & ITM800 tractors (with turbocharger system) and ITM285 & ITM475 tractors (without turbocharger system) to assure the improvement of engine performance and then compare them with OECD world standards. The tests were performed on tractor drawbar traction. Results of this experiment, on concrete surface, indicated that, the calculated traction power and force in ITM485, ITM800 tractors (with turbocharger system) were higher than the ITM475 & ITM285 tractors (without turbocharger). This was true in all drive gears with 95% confidence level. Maximum ratio of power to specific fuel consumption and maximum ratio of tensile strength to specific fuel consumption were achieved where the gear shifts were on 1*H, 3+L, 3*L. The tractor forward speed and the slippage were optimal.

Key words: Fuel Consumption, OECD standard, Power and Traction, Tractor, Turbo Charger.