نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۳۲۴-۳۱۳

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 313-324

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

خلیل پاشائی هولاسو[۱]- بهزاد محمدی الستی[۲*]- محمدعلی حداد درفشی[۳]- مهدی عباسقلی پور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵

چکیده

تراکتور به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تولید توان مکانیکی در کشاورزی، در مکانیزه کردن تولید محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای دارد. بنابراین 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 به‌دست 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 به روش تجزیه واریانس دوطرفه 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 یک 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 یک درصد معنی‌دار بود که این امر خود باعث صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف سوخت با توجه به افزایش قیمت سوخت می‌باشد.

واژه‌های 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 دهه اخیر و نیز بحث صرفه‌جویی در انرژی و افزایش قیمت سوخت در دنیا و به‌خصوص 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 به‌کار 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 به‌معنی توان قابل دستیابی روی مالبند تراکتور در مسافت حداقل ۲۰ متری می‌باشد و طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$DBP = \frac{P.V}{3.6} \qquad (۱)$$

که در آن DBP توان مالبندی (kW)، P نیروی کشش (kN) و Vسرعت پیشروی ($km\ h^{-1}$) می‌باشد.

از توان ترمزی برای اندازه‌گیری توان موتور یا میل‌لنگ یا چرخ لنگر[۵] استفاده می‌شود. توان ترمزی معمولاً توسط دینامومتر از طریق اندازه‌گیری گشتاور و سرعت میل‌لنگ و چرخ طیار به‌دست می‌آید

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم کشاورزی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
۲، ۳ و ۴ - استادیاران گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم کشاورزی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Behzad.alasti@gmail.com)

5- Flywheel power

(Ranjbar *et al*., 1997):

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

که در آن Pb توان ترمزی (kW)، T گشتاور (N.m) و N سرعت دورانی (rpm) می‌باشد.

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 درنتیجه نیروی مالبندی را افزایش داد. اما افزایش سنگین‌کننده‌ها موجب افزایش نیروی مقاومت غلتشی نیز می‌گردد. با توجه به مسائل ذکر شده میزان سنگین‌کننده‌ها را باید طوری تعیین کرد که برای به‌دست 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)[1]عبارت است از جرم سوخت مصرفی برای انجام واحد کار. مصرف سوخت ویژه باید برای مقایسه تراکتورها به‌کار برود. مصرف سوخت ویژه بدین صورت تعریف می‌شود:

$$SFC = \frac{M_f}{P} \quad (۳)$$

که در آن SFC مصرف سوخت ($kg\ kW^{-1}\ h^{-1}$)، M_f آهنگ مصرف سوخت ($kg\ h^{-1}$) و P توان تولیدی (kW) می‌باشد. 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 به‌ترتیب روی خاک متراکم، افزایش و روی خاک سست، کاهش پیدا می‌کند (Burt *et al*., 1983).

در پژوهشی که روی اندازه‌گیری بیشینه 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 بیشینه نیروی کشش مالبندی تراکتورها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (Naghavi-Moradkhanlu, 2003).

تعدادی از انواع سیستم‌های حجمی اندازه‌گیری مصرف سوخت تراکتور در مزرعه توسط برخی محققین ارائه شده است. Reid (۱۹۷۹) از یک سیلندر مدرج سوخت از جنس شیشه پلکسی استفاده کرده است. Matthes و همکاران (۱۹۸۹) از یک دبی‌سنج توربینی که در مسیر سیستم سوخت‌رسانی موتور نصب شده بود استفاده کردند تا اثرات دما را کاهش دهند.

Icingur و Altiparma (۲۰۰۳) نیز رابطه‌ای بین انگشتی پیستون پمپ انژکتور دوار و میزان مصرف سوخت پیشنهاد کردند. در این روش هیچ نیازی به اصلاح مسیر سوخت‌رسانی نبود ولی وجود یک سیستم نشان‌دهنده دمای سوخت لازم و ضروری بود.

آزمایشگاه تست تراکتور نبراسکا NTTL برای سال‌ها به‌عنوان تنها مؤسسه 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[2] به‌عنوان یک دستورالعمل رسمی جهانی آزمون برای بازار جهانی پذیرفته شد (OECD Code2. 2010).

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 حالی‌که توربین آن بین منیفولد خروجی و خفه‌کن اگزوز قرار می‌گیرد. دستگاه توربوشارژر هوای ورودی موتور را فشرده می‌کند و هوای بیشتری وارد سیلندر می‌نماید. این عمل موجب می‌گردد که موتور مقدار بیشتری سوخت را به‌طور مؤثر بسوزاند و در نتیجه قدرت زیادتری تولید نماید. از مزایای موتورهای توربوشارژر نسبت به موتورهای تنفس طبیعی یا بدون توربوشارژر می‌توان به گشتاور و قدرت خروجی بالاتر، مصرف سوخت پایین‌تر، آلایندگی کمتر، سبکی و جمع و جوری موتور اشاره نمود.

در پروژه مرکز تحقیقات ایران خودرو مشخص شد خودروی سمند سورن مجهّز به توربوشارژر نسبت به خودروی مشابه بدون توربوشارژر (سمند سورن معمولی) می‌تواند سریع‌تر و پر قدرت‌تر باشد و در عین حال کم مصرف‌تر 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 می‌تواند 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 تأثیر 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.

1- Specific fuel consumption

2- Organisation for economic co-operation and development

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 سلسیوس و فشار هوا در حدود ۹۶/۶ کیلو پاسکال می‌باشد. (طبق استاندارد OECD) هوا به‌صورت نیمه ابری تا صاف می‌باشد (OECD Code2, 2010).

براساس اهداف این پژوهش، برای انجام آزمایش‌ها از تراکتورهای ITM475، ITM485 و ITM800، یک دستگاه نیروسنج[1] ۵ تنی ساخت شرکت کره‌ای Bongshin5BBP برای اندازه‌گیری نیروی کششی بین دو تراکتور، یک واحد سوخت‌سنج از نوع VDO - EDM1404 ساخت آلمان، یک واحد دماسنج و یک دستگاه زمان‌سنج (کورنومتر) برای اندازه‌گیری کمیت‌های مصرف سوخت، نیرو و توان مالبندی استفاده شد.

آماده‌سازی 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 برروی هریک از چرخ‌های عقب به‌طور 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.

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. 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 به‌عنوان یک داده برای هریک از تراکتورهای چهار چرخ محرک ثبت گردیده و تحلیل‌های 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 به‌عنوان 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.

زمانی‌که تراکتور بار در دنده 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 سوخت‌رسانی تراکتور بار حذف شده و از مدار خارج می‌شود. اگر هم به هر دلیلی از خروج هوا در مرحله 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 تخلیه 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 به‌علت مقاومت در برابر خروج هوای تحت فشار از محفظه احتراق سیلندر، فشار تجمعی روی پیستون افزایش یافته که از دوران میل‌لنگ جلوگیری می‌کرد.

بدیهی است هر چه دنده 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 دنده سنگین‌تر و در نتیجه افزایش نیروهای عمل‌کننده روی چرخ تراکتور می‌باشد.

1- Loadcell

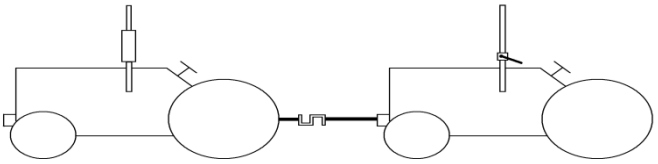
شکل ۱- تراکتور لخت توربوشارژردار ITM485

Fig.1. Tractor ITM485 with turbo charger

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

Table 1- The weight of tested tractors and ballast weight

میزان سنگین‌کننده‌ها **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) Rear 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 rear axle	1720	1720	1760



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

Fig.2. Traction tractor and load tractor and load cell between them at the drawbar traction tests with ballast

با توجه به میزان بار مورد نیاز تراکتور تحت آزمون که معادل مقاومت کششی گاوآهن سه خیش در عمق ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر می‌باشد، دنده و درجه بسته بودن شیر اگزوز تراکتور بار طوری تنظیم شد که بار مقاوم مورد نظر را ایجاد کند. برای اندازه‌گیری 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

Fig.3. Load celland data logger used in the traction test of tractors

برای اندازه‌گیری مصرف سوخت تراکتورها، در آزمایش‌های این تحقیق از یک سوخت‌سنج از نوع VDO - EDM1404 ساخت آلمان استفاده شد که دبی مسیر باک به موتور و برگشت موتور به باک را محاسبه نموده و میزان مصرف سوخت را به‌صورت دیجیتالی به‌طور متوسط بر حسب لیتر بر ساعت نشان می‌داد (شکل ۴).

در آزمون‌های کشش در مسافتی به‌ازای ۱۰ دور چرخش چرخ عقب تراکتور که مابین ۴۶ تا ۵۰ متر بود مقدار و زمان مصرف سوخت اندازه‌گیری شد و با استفاده از این پارامتر مقدار مصرف سوخت بر حسب $Lit\ h^{-1}$ و $kg\ h^{-1}$ به‌دست 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 ٤- سوخت‌سنج و دیتالاگر مورد استفاده در آزمایش

Fig.4. Fuel gauge and data logger used in the experiment

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 تأثیر سیستم توربوشارژر بر پارامترهای مصرف سوخت ویژه، نیروی کشش و توان تراکتورهای فوق آورده شده است. طرح آماری مورد استفاده در نرم‌افزار SPSS طرح آزمایشی می‌باشد. در بعضی از جداول به‌دلیل داشتن دو متغیر مستقل (احتمال اثر دنده و تراکتور) از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شد.

مقایسه توان‌کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژرITM475 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. یعنی میزان توان در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

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

مقایسه نیروی‌کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژرITM475 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 در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

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

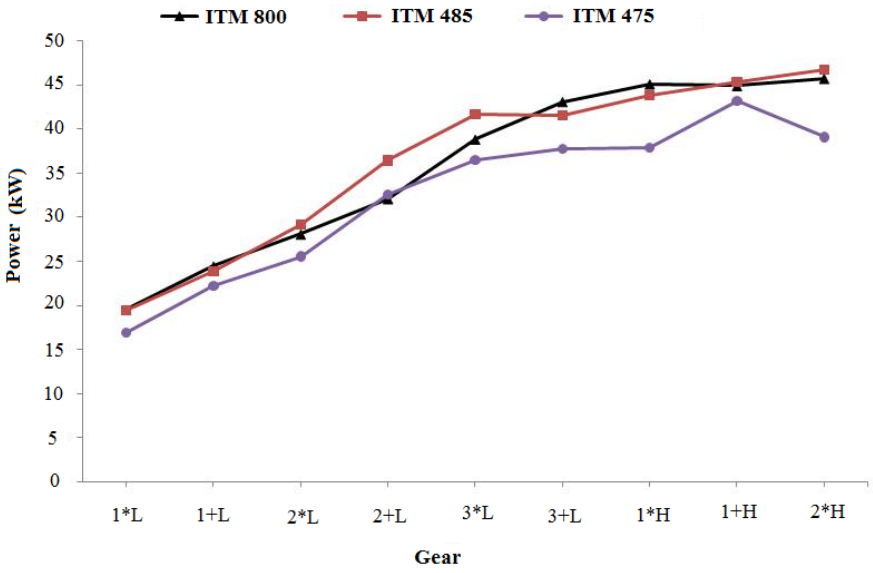
Table 2- Two way ANOVA of traction power data at drawbar pull test with ballast

منبع تغییر Sourceof variation	مجموع مربعات The sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Squares	F	سطح معنی‌داری Level of significance	مجذور اتا Etasquared
اثر تراکتور Effectof 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

Table 3- Tukeypost hoc test of gear effect on traction power at drawbar pull test with ballast

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



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

Fig.5. Tukeypost hoc test diagram of tractors traction power at drawbar pull test with ballast at different gears

یعنی میزان نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد. نتایج آزمون تعقیبی توکی حاکی است که میزان نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 به‌طور معنی‌داری بیشتر از تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد. اثر دنده نیز معنی‌دار می‌باشد یعنی میزان نیروی کششی در دنده‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک 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).

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 در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. یعنی میزان مصرف ویژه سوخت در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و بدون توربوشارژر ITM475 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد (جدول ۷).

جدول ٤- نتایج تحلیل واریانس دو طرفه نیروی کششی در آزمون کشش مالبندی با بالاست

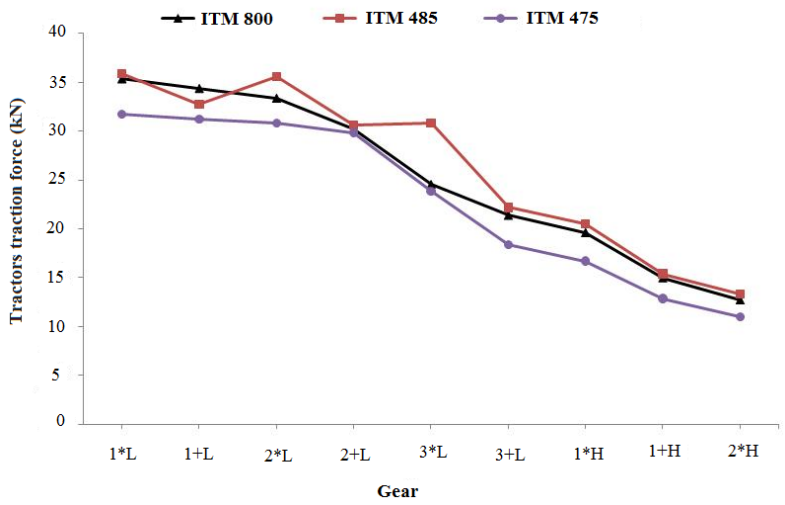
Table 4- Two way ANOVA of tractionforce data at drawbar pull test with ballast

منبع تغییر Sourceof variation	مجموع مربعات The sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Squares	F	سطح معنی‌داری Level of significance	مجذور اتا Etasquared
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 ٥- نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر تراکتور برای نیروی کششی (kN) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

Table 5- Tukeypost hoc test of tractor effect on traction force at drawbar pull test with ballast

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



شکل ٦- نمودار آزمون تعقیبی توکی نیروی کششی تراکتورها (kN) در آزمون کشش مالبندی با بالاست در دنده‌های مختلف

Fig. 6. Tukeypost hoc test diagram of tractors traction force at drawbar pull test with ballast at different gears

جدول ٦- نتایج آزمون تعقیبی توکی اثر دنده برای نیروی کششی (kN) در آزمون کشش مالبندی با بالاست

Table 6- Tukeypost hoc test of gear effect on traction force at drawbar pull test with ballast

دنده Gear	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4	Subset 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

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

نتیجه‌گیری

برای بررسی تأثیر سیستم توربوشارژر بر پارامترهای مصرف ویژه سوخت موتور، نیروی‌کشش و توان تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و مقایسه آنها با تراکتور بدون توربوشارژر ITM475، آزمون طبق استاندارد OECD بر روی این تراکتورها انجام گرفت. در آزمون کشش مالبندی به‌دلیل عملکرد بهتر تراکتورها و بنا به توصیه استاندارد OECD آزمون تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 و تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 دودیفرانسیل، با بالاست آزمایش شد.

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

Table 7- Two way ANOVA of specific fuel consumption data at drawbar pull test with ballast

منبع تغییر Source of variation	مجموع مربعات The sum of squares	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Squares	F	سطح معنی‌داری Level of significance	مجذور اتا Etasquared
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

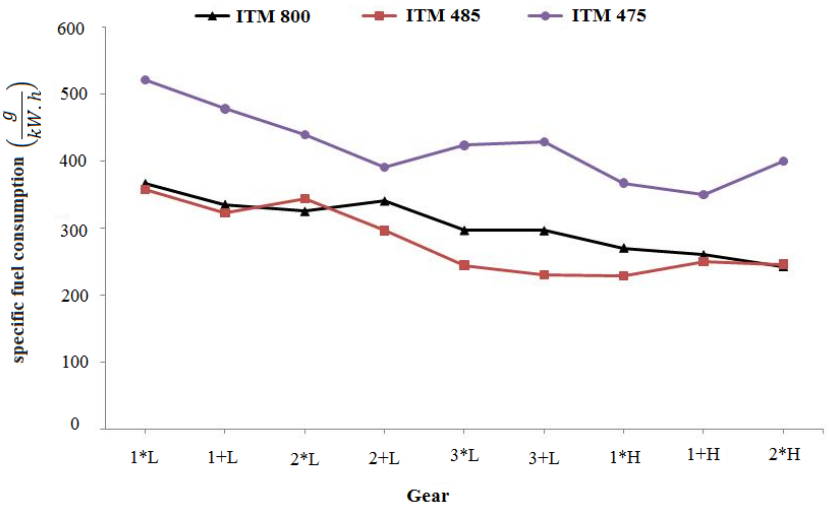
Table 8- Tukey post hoc test of tractor effect on specific fuel consumption at drawbar pull test with ballast

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

Table 9- Tukey post hoc test of gear effect on specific fuel consumption at drawbar pull test with ballast

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



شکل ۷- نمودار آزمون تعقیبی توکی مصرف ویژه سوخت ($g\ kW^{-1}\ h^{-1}$) در تراکتورها در آزمون کشش مالبندی با بالاست در دنده‌های مختلف

Fig. 7. Tukey post hoc test diagram of specific fuel consumption of tractors at drawbar pull test with ballast at different gears

نتایج آزمون نشان داد که در نظر گرفتن نوع دنده‌ها، میزان توان و نیروی کششی در تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 نسبت به تراکتورهای بدون توربوشارژر ITM475 بیشتر می‌باشند و این تفاوت‌ها در سطح اطمینان یک درصد معنی‌دار می‌باشند. در مصرف ویژه سوخت نیز تراکتورهای توربوشارژردار ITM485 و ITM800 دارای مصرف سوخت کمتری نسبت به تراکتور بدون توربوشارژر ITM475 می‌باشد و این تفاوت از تمامی جوانب در سطح اطمینان یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

در نتیجه‌گیری کلی با مقایسه نمودارها می‌توان گفت بهترین دنده‌ها 3*L، 3+L و 1*H می‌باشند 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 به‌عنوان 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 می‌گردد 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 می‌گردد که تراکتورهای توربوشارژردار تراکتورسازی تبریز را با تراکتورهای دیگر همچون جاندیر و غیره مقایسه و نتایج آنها را به‌دست آورند.

منابع

1. ASAE Standard S 346.1. 1992. Liquid ballast table for drive tires of agricultural machines. Published by ASAE. 159-160.
2. Burt, E. C., P. W. L. Lyne, P. Meiring, and J. F. Keen. 1983. Ballast and inflation effect on tire efficiency. Transactions of the ASAE 26 (5): 1352-1357.
3. 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.

4. Iran Khodro. 2009. Turbocharger and supercharger. Iran Khodro Message magazine 146 (in the thirteenth year). (In Farsi).
5. Icingur, Y., and D. Altiparma. 2003. Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI diesel engine performance and emission. Energy Convergent and Management 44: 389-397.
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. Matthes, R. K., W. F. Watson, I. W. Savelle, and D. L. Sirois. 1988. Effect of load and speed on fuel consumption of a rubber-tired skidder. Transactions of the ASAE 31 (1): 37-39.
8. Naghavi-Moradkhanlu, Gh. 2003. Ballast evaluation of ITM285 tractor with cab. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modarres University, Tehran. (In Farsi).
9. OECD Code2. 2010. Agricultural machinery - test procedure - the official testing of agricultural and forestry tractor performance.
10. Ranjbar, I., H. R. Ghasemzadeh, and Sh. Davudi. 1997. Tractor and Engine Power. Publication of Tabriz University. (In Farsi).
11. Reid, R. C. 1979. Possible mechanism for pressurized-liquid tank explosion or BLEVE's. Science 203: 1263-1265.
12. Saghafy, M. 2008. Tractor and Its mechanisms. Center for Academic Publication, Tehran. (In Farsi).

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 313-324

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۳۲۴-۳۱۳

Effect of turbo charger system on engine fuel consumption and tractor power and traction (ITM475, ITM485 and ITM800)

Kh. PashaiHulasu[1]- B. Mohammadi-Alasti[2*]- M. A. Haddad Derafshi[3]- M. Abbasgholipour[4]

Received: 22-11-2013
Accepted: 25-01-2014

Introduction: Tractors are considered as the main power generators in mechanized agriculture. 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. The turbocharger system, with harnessing of lost energy in engine output fumes, compresses the air entering the engine and more air enters the cylinder. This will cause the engine to burn fuel more efficiently and thus produce more power.

Materials and Methods: This study has been carried out on ITM485 & ITM800 tractors (with turbocharger system) and ITM285 & ITM475 tractors (without turbocharger system) to assure the improvement of engine performance and compare them employing OECD world standards. Experiments were performed in the concrete runway of Tabriz Tractor Manufacturing Company. For experiments, a dynamometer was used to measure the traction force between two tractors, a measuring unit for fuel, a thermometer unit and a timer to measure the quantities of fuel consumption, drawbar force and power. For drawbar traction test, each of the tested tractors pulled the rear tractor in different gears and the dynamometer between these 2 tractors recorded the tractors traction force by data loggers. To measure tractors fuel consumption, a measuring unit of fuel (VDO - EDM 1404) was used that calculated the flow rate in the path of fuel from the fuel tank to the engine and the return path from the engine to the fuel tank and showed the quantity of fuel consumption in liters per hour digitally.

Results and Discussion: In comparison of traction power and force of tractors with turbochargers and without turbochargers in different gears, the results of variance analysis showed that the effect of tractor was significant. Traction power and force at tractors with turbochargers ITM485 and ITM800 and without turbocharger ITM475 have a significant difference in the level of one percent. Tukey post hoc test results also indicate that traction power and force in tractors with turbochargers ITM485 and ITM800 are significantly more than the tractor without turbocharger ITM475. The gear effect is also significant. Traction power and force in different gears have significant difference at the probability of one percent. Tukey post hoc test results indicate that power quantity is highest in the gears: (1+H, 2*H, 1*H, 3+L) and minimum in the gears: (1*L, 1+L, 2*L), (* Turtle and + Rabbit). But Tukey post hoc test results indicate that traction force quantity is highest in the gears: (1*L, 2*L, 1+L) and minimum in the gears: (2*H, 1+H). In the comparison of specific fuel consumption of tractors with turbochargers and without turbochargers in different gears, the results of variance analysis showed that the effect of tractor was significant. The amount of specific fuel consumption at tractors with turbochargers ITM485 and ITM800 and without turbocharger ITM475 has a significant difference in the level of one percent. Tukey post hoc test results also indicate that specific fuel consumption quantity in tractors with turbochargers ITM485 and ITM800 in the level of one percent is significantly less than the tractor without turbocharger ITM475. The gear effect is also significant. The specific fuel consumption quantity in different gears has significant difference at the probability of one percent. Tukey post hoc test results indicate that specific fuel consumption quantity is highest in the gears: (1*L, 1+L, 2*L) and minimum in the gears: (1+H, 2*H, 1*H).

Conclusions: The tests were performed on tractor drawbar traction. Results of variance analysis in this experiment on a concrete surface, indicated that the calculated traction power and force of ITM485 and ITM800 tractors (with turbocharger system) were higher than the ITM475 & ITM285 tractors (without turbocharger) and this difference was significant at the one percent level of probability. Meanwhile specific fuel consumption in the ITM485 and ITM800 tractors (with turbocharger system) was lower than that of the ITM475 & ITM285 tractors (without turbocharger) and

1- MSc student, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Biosystem, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
2, 3 & 4- Assistant Professors, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Biosystem, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
(*- Corresponding Author Email: Behzad.alasti@gmail.com)

this difference was significant at the one percent level of probability. This will lead to significant savings in fuel consumption.

Keywords: Fuel consumption, OECD standard, Power and traction, Tractor, Turbo charger