ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

تاثیر میزان سنگین کننده و سرعت بر بازده کششی و نیروی مالبندی تراکتور ITM285

قادر نقوی مرادخانلو[۱]، محمد هادی خوش تقاضا[۲] و سعید مینایی[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده:

تاثیر میزان سنگین کننده و سرعت بر بازده کششی و نیروی مالبندی تراکتور ITM285 در حین عملیات شخم زنی با گاوآهن، مورد بررسی قرار گرفت. عملیات شخم در محدوده ٤/٥ تا ٨/٥ کیلومتر بر ساعت در دنده‌های چهار سنگین و سه سنگین (دور موتور ۲۰۰۰rpm) برای انجام آزمایشات انتخاب شدند. میزان سنگین کننده‌ها بر محور عقب تراکتور در ۹ سطح و سرعت در دو سطح در یک طرح فاکتوریل در قالب بلوکهای کامل تصادفی برای بررسی این آزمایشات استفاده شد. آزمایشات بصورت تست دو تراکتوری انجام گردید و نیروی مالبندی بین دو تراکتور توسط نیروسنج (Loadcel) اندازه‌گیری گردید و با محاسبه بکسوات، نیروی مالبندی و مقاومت غلتشی تراکتور بازده کششی تراکتور محاسبه گردید.نتایج این تحقیق نشان داد که سرعت و سنگین کننده تاثیر معنی‌داری روی بازده کششی تراکتور ITM285 در سطح ۱٪ دارد. سنگین کننده روی نیروی مالبندی در سطح ۵٪ معنی‌دار شد ولی سرعت روی نیروی مالبندی تاثیر معنی‌داری نداشته است. بطوریکه با افزایش ۱۱۵۰ کیلوگرم سنگین کننده روی محور عقب تراکتور، نیروی مالبندی ٣٦/٣٪ و بازده کششی ٤٠/١٪ افزایش داشته است.

واژگان کلیدی: تراکتور، نیروی مالبندی، سنگین کننده و بازده کششی

مقدمه

طی تحقیقی معصومی کلاه‌لو و لغوی (١٩٩٤) روی عملکرد کششی دو تراکتور متداول در ایران به نامهای مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و یونیورسال ٦٥٠ بترتیب با حداکثر توان موتور ٦٥ و ۷۵ اسب بخار از بین پارامترهای کاری موثر بر عملکرد کششی تراکتورها، لغزش چرخ، میزان مصرف سوخت، ظرفیت مزرعه‌ای در عملیات خاک‌ورزی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که با بار کششی یکسان، تراکتور مسی‌فرگوسن در مقایسه با تراکتور یونیورسال دارای بکسوات و مصرف سوخت بیشتر و عملکرد مزرعه‌ای کمتری بود.

طی تحقیقی شاکر و همکاران بر روی اصلاح عملکرد کششی سه نوع تراکتور متداول در ایران (جاندیر ۳۱٤۰، مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و یونیورسال ٦٥٠) آزمایشاتی انجام دادند. نتایج نشان داد که در تراکتور یونیورسال نیاز به اضافه

نمودن وزنه اضافی جهت رسیدن به وضعیت مطلوب نمی‌باشد و فقط لازم است فشار باد چرخهای محرک در حد توصیه شده تنظیم گردد. در تراکتورهای جاندیر وزن محور عقب در وضعیت حقیقی نسبت به وضعیت مطلوب بیشتر می‌باشد. در تراکتور مسی‌فرگوسن وزن محور عقب در وضعیت مطلوب نسبت به وضعیت حقیقی ۷۰۰ کیلوگرم افزایش داده شد.

روی تراکتور چهارچرخ محرک تراکتور John Deer مدل ۸٦٤۰ که به اندازه یک چهارم ابعاد اندازه اصلی ساخته شده بود تحقیقی انجام گرفت (Guang Wang et al., 1988). آنها نمودارهایی بر اساس بکسوات چرخها، بازده کششی و توان مالبندی بدست آوردند و نتایج بدست آمده را با تراکتورهای دو چرخ محرک جلو و تراکتورهای دو چرخ محرک عقب مورد مقایسه قرار دادند. آنها نتایج کارشان را بدین صورت بیان کردند:

۱-نسبت مقاومت غلتشی تراکتورهای چهار چرخ محرک بیشتر از تراکتورهای دو چرخ محرک جلو و تراکتورهای دو چرخ محرک عقب است که بخاطر افزایش مقاومت غلتشی چرخها (بدلیل افزایش بکسوات) می‌باشد.

۲-نیروی مالبندی که تراکتور چهار چرخ محرک می‌تواند تولید کند سه برابر تراکتورهای دو چرخ محرک جلو و تراکتورهای دو چرخ محرک عقب است.

۳-محدوده نسبت کشش برای بیشترین بازده کششی بین ۰/۳ تا ۰/٤ است تراکتور بطور متوسط باید ۲/۸ برابر نیروی مالبندی افقی سنگین شود.

طی تحقیقی از موسسه PAMI و AFMRC که روی سنگین کننده انجام داده‌اند روش کنترل بکسوات را برای تعیین بهینه سنگین کننده بکار بردند. در این روش برای تراکتورهای دو چرخ محرک برای بازده کششی ماکزیمم بکسوات باید در محدوده ۱۰-۱۵ درصد قرار گیرد. بر اساس این تحقیق اگر سنگین کننده بیش از حد مطلوب باشد تراکتور آهسته‌تر حرکت می‌کند و سوخت بیشتری مصرف می‌کند. معمولا در سرعت بالاتر نیاز به سنگین کننده کمتری می‌باشد و خاک کمتر تغییر شکل می‌یابد چون زمان تماس تایر با خاک کاهش می‌یابد. زمانیکه شما از روی سرعت پیشروی و قدرت تراکتور سنگین کننده کلی را محاسبه کردید این میزان وزنه باید به نسبت ۳۰٪ محور جلو بعلاوه ۷۰٪ محور عقب برای تراکتورهای دو چرخ محرک و ٤۰٪ محور جلو بعلاوه ٦۰٪ محور عقب برای تراکتورهای چهار چرخ محرک توزیع گردد.

در سال ۱۳۸۱ تولید سالانه تراکتورسازی ایران ۱٤۰۱٤ دستگاه بود که برای سال ۱۳۸۲ تولید حدود ۱۷۵۰۰ دستگاه پیش‌بینی شده است[1]. با توجه به آمار فوق اگر راندمان تراکتور بهینه گردد مبالغ هنگفتی در هزینه کشور از بابت مصرف سوخت صرفه‌جویی خواهد شد. اهداف این تحقیق بررسی اثر سنگین کننده بر نیروی مالبندی و بازده کششی تراکتور ITM285 در حین عملیات شخم زنی می‌باشد.

[1] -این اعداد از مسئولین شرکت تراکتور سازي ایران-تبریز در زمان اجراي این طرح در این شرکت از دفتر سالانه استخراج شده است.

هدف این مقاله بررسی تاثیر میزان سنگین کننده و سرعت تراکتور بر بازده کششی و نیروی مالبندی تراکتور ITM285 در حین عملیات شخم زنی با گاوآهن می باشد.

مواد و روشها

توان اسمی تراکتور ITM285 ۷۵ اسب بخار، وزن محور جلو این تراکتور ۱۰۰۰ کیلوگرم و وزن محور عقب ۱۹۰۰ کیلوگرم می‌باشد. طول کلی تراکتور ۳۸۹۳ میلیمتر و فاصله محور چرخها ۲۲۹۰ میلیمتر و ارتفاع مالبند از زمین ۳۸۰ میلیمتر می‌باشد. در این آزمایش سنگین کننده‌های[2] مختلفی (وزنه‌های چدنی یا پر کردن تایر عقب با آب) روی تراکتور سوار شد و سپس آزمایشات کشش با گاوآهن سوار سه خیش در سرعتهای مختلف انجام گردید. آزمونها در تبریز و در مزارع شرکت تراکتورسازی با بافت خاک رسی لومی و رطوبت ۸٪ بر پایه خشک اجرا شد.

داده‌های جمع آوری شده شامل نیروی مالبندی، زمان طی مسیر ۵۰ متری با بار و بدون بار و مقاومت غلتشی تراکتور بود. سرعت شخم در محدوده ٤/٥ تا ٨/٥ کیلومتر بر ساعت برای عملیات شخم توصیه شده است (منصوری‌راد، ۱۳۷۸). لذا سرعت‌های ٤/٤٣ و ٥/٤٩ کیلومتر بر ساعت که بترتیب در دنده‌های چهار سنگین و سه سنگین (دور موتور ۲۰۰۰rpm) تامین می‌شد، برای انجام آزمایشات انتخاب شدند.

توزیع وزن مناسب برای تراکتور برای محور جلو ۲۵٪ و برای محور عقب ۷۵٪ وزن کل تراکتور توصیه شده است (Wiliam, 1996). وزن روی محور جلوی این تراکتور ۱۰۰۰ کیلوگرم بود. لذا با افزایش وزن روی محور عقب تا ۳۰۰۰ کیلوگرم نیازی به اضافه کردن وزنه روی محور جلو نمی‌باشد. به همین دلیل در این تحقیق وزنه‌های سنگین کننده فقط روی محور عقب اضافه گردید. در این طرح سنگین کننده در ۹ سطح (۲۰۰، ٤۰۰، ٥٥۰، ٦۰۰، ۷٥۰، ۸۰۰، ۹٥۰ و ۱۱٥۰ کیلوگرم و یک سطح شاهد بدون سنگین کننده) به چرخ عقب اضافه گردید. برای بررسی تاثیر اضافه کردن سنگین کننده به محور جلو زمانیکه سنگین کننده تایرهای عقب ٥٥۰ کیلوگرم (پر کردن تایرهای عقب با آب) بود، یک بار ۱٤۰ کیلوگرم وزنه روی محور جلو و بار دیگر روی محور جلو ۲۸۰ کیلوگرم وزنه نصب گردید.

برای اضافه کردن وزنه تا ۸۰۰ کیلوگرم از وزنه های چدنی استفاده گردید و برای اضافه کردن سنگین کننده بیشتر از روش پر کردن آب در داخل تایرهای عقب استفاده کردید. از طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی برای بررسی این طرح استفاده شد.

برای بدست آوردن بکسوات از فرمول زیر استفاده شد (هریس‌لو و همکاران، ۱۳۸۰).

$$S = 1 - \frac{V_a}{V_t} = 1 - \frac{\frac{50}{t_a}}{\frac{50}{t_t}} = 1 - \frac{t_t}{t_a} \qquad (۱)$$

[2] Ballast

در این رابطه t_t و t_a به ترتیب زمان لازم (s) برای طی مسیر ۵۰ متری بدون بار و با بار، V_t و V_a بترتیب سرعت تئوری (بدون بار) و سرعت واقعی تراکتور با بار بر حسب متر بر ثانیه و x مسیر آزمایش (در این آزمایش مسیر آزمایش ۵۰ متر انتخاب شده است) می‌باشد. لذا برای محاسبه بکسوات کافی است زمان طی مسیر ۵۰ متری با بار و بدون بار اندازه‌گیری و از رابطه ۱ بکسوات محاسبه گردد.

برای اندازه‌گیری نیروی مالبندی از روش استاندارد دو تراکتوری استفاده می‌شود. در این تحقیق از یک لودسل برای اندازه‌گیری نیروی بین دو تراکتور استفاده شد. این لودسل ساخت شرکت کره‌ای Bongshing و با ظرفیت ۵ تن و با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۳ اندازه‌گیری را انجام می‌دهد.

برای محاسبه بازده کششی از فرمول زیر استفاده شد (Zoerb and Guang Wang, 1988).

$$\eta = \frac{D}{D+M}(1-s) \quad .....(۲)$$

در این رابطه D نیروی مالبندی (N)، M مقاومت غلتشی تراکتور (N) و s بکسوات (اعشاری) می‌باشد.

برای بدست آوردن مقاومت غلتشی تراکتور زمانی که گاوآهن از بیرون آورده شده است آزمایشات کشش انجام می‌گیرد نیروی مالبندی قرائت شده از نیروسنج (لودسل) نشان دهنده مقاومت غلتشی تراکتور می‌باشد.

نتایج و بحث

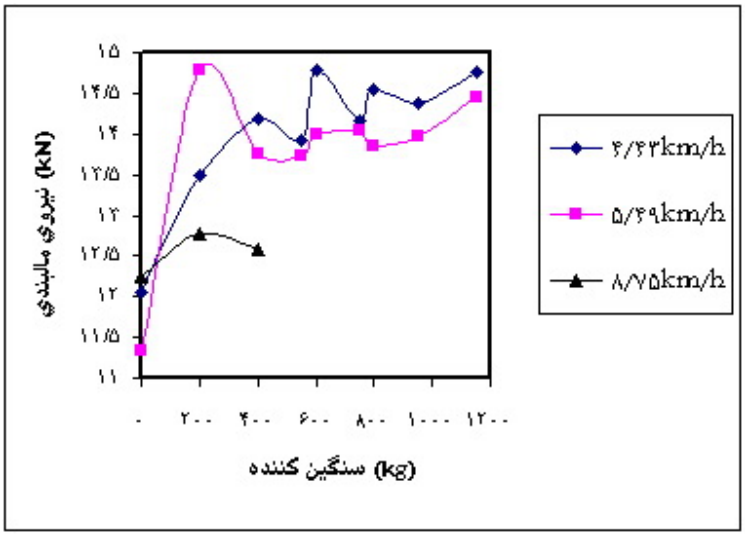
نتایج تجزیه و تحلیل آماری تاثیر سنگین کننده بر نیروی مالبندی و راندمان تراکتور ITM285 در جدول‌های ۱ و ۲ داده شده است. مطابق این تحقیق سنگین کننده و سرعت و اثر متقابل سنگین کننده و سرعت تاثیر معنی‌داری بر بازده کششی تراکتور در سطح احتمال یک درصد داشته است.

سنگین کننده و تاثیر متقابل سرعت و سنگین کننده در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری روی نیروی مالبندی داشته است ولی سرعت تاثیر معنی‌داری روی نیروی مالبندی نداشته است که به دلیل استفاده از سیستم کنترل کشش و ایجاد نیروی مالبندی تقریبا ثابت می‌باشد (این تاثیر در بکسوات ثابت بیشتر به چشم خواهد آمد). افزایش نیروی مالبندی ناشی از کاهش بکسوات و افزایش سرعت پیشروی تراکتور می‌باشد.

جدول ۱: تاثیر سنگین کننده بر نیروی مالبندی

متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۱۰۲۶۸۳۳/۲	۵۱۳۴۱۶/۶	۲/۵۳۳^{ns}
سنگین کننده	۸	۳۵۶۶۴۷۳۸/۱۴	۴۴۵۸۰۹۲/۲۶۸	۲۱/۹۷۷**
سرعت	۱	۶۸۳۷۷۸/۵۱۹	۶۸۳۷۷۸/۵۱۹	۳/۳۷۴^{ns}
سرعت * سنگین کننده	۸	۵۸۴۱۷۴۴/۵۶	۷۳۰۲۱۸/۰۷	۳/۶*
خطا	۳۴	۶۸۹۰۷۵۲/۸۸۶	۲۰۲۶۶۹/۲۰۳	
مجموع	۵۳	۵۰۱۰۷۸۴۷/۳۱		

از شکل ۱ مشخص است که با افزایش سنگین کننده نیروی مالبندی افزایش می‌یابد و تقریبا بعد از سنگین کننده ۷۵۰ کیلوگرمی نیروی مالبندی تغییر زیادی نمی‌کند. بطوریکه با افزایش سنگین کننده در سرعت ٤/٤٣ کیلومتربر ساعت از ۷۵۰ به ۹۵۰ و ۱۱۵۰ کیلوگرم، نیروی مالبندی از ١٤١٧٠ به ١٤٣٧٠ و ١٤٧٥٠ (نیروی مالبندی حداکثر ٤ درصد افزایش می‌یابد) می‌رسد و این مقادیر برای سرعت ٥/٤٩ km/h از ١٤٠٤٠ به ١٣٩٦٠ و ١٤٤٣٨ (نیروی مالبندی حداکثر ۲ درصد افزایش می‌یابد) می‌رسد. در سرعت ٥/٤٩ km/h و سنگین کننده ۲۰۰ کیلوگرم یک تغییر ناگهانی در مقدار نیروی مالبندی حاصل شده است که شاید ناشی از تغییرات زمین از نظر سفت‌تر شدن زمین باشد که این تغییر باعث افزایش بکسوات تراکتور از ۳۲٪ به ۳۸٪ گردیده است. فقط در شرایط آزمایشگاهی پیست بتنی می‌توان نیروی مالبندی ثابتی ایجاد کرد. پیست بتنی برای مقایسه بین تراکتورهای مختلف که شرایط یکسانی مورد نیاز است استفاده می‌گردد در این تحقیق بدلیل اینکه افزایش سنگین کننده در سطح بتنی روی مقاومت غلتشی تراکتور تاثیر خیلی کمی دارد (کماریزاده، ۱۳۷۷) از سطح بتنی استفاده نگردید.



شکل ۱: تاثیر سنگین کننده بر نیروی مالبندی

مطابق تحقیق سیدلوهریس و همکاران بیشینه نیروی مالبندی تراکتور MF285 با ۷۰۰ کیلوگرم سنگین کننده در زمین شخم نخورده ۱۰ کیلونیوتن بوده است و سرعت تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ روی نیروی مالبندی داشته است. در این تحقیق نیروی مالبندی حدود ١٤ کیلونیوتن (در حالت معادل) بدست آمده است. نیروی مالبندی بدست آمده توسط سیدلوهریس و همکاران برای حالتی است که بکسوات در محدوده ۱۲-۱۵ درصد قرار داشته

است. بطوریکه می‌دانیم با افزایش نیروی مالبندی در یک سطح بالاست بکسوات افزایش می‌یابد در این تحقیق نیز با افزایش نیروی مالبندی نسبت به آزمایش سیدلوهریس و همکاران بکسوات به ۲۸ درصد رسیده است.

با توجه به تحقیق ود در سال ۱۹۹۹ زمانیکه وزن روی محور جلوی تراکتور ۲۵٪ وزن کل تراکتور باشد بازده کششی تراکتور بیشینه می‌گردد (Wedd, 1999) در این تحقیق نیز حداکثر بازده کششی در مقدار سنگین کننده ۱۱۵۰ کیلوگرم (وزن روی محور جلوی تراکتور ۲٤/۷٪ وزن کل تراکتور می‌باشد) بدست آمده است.

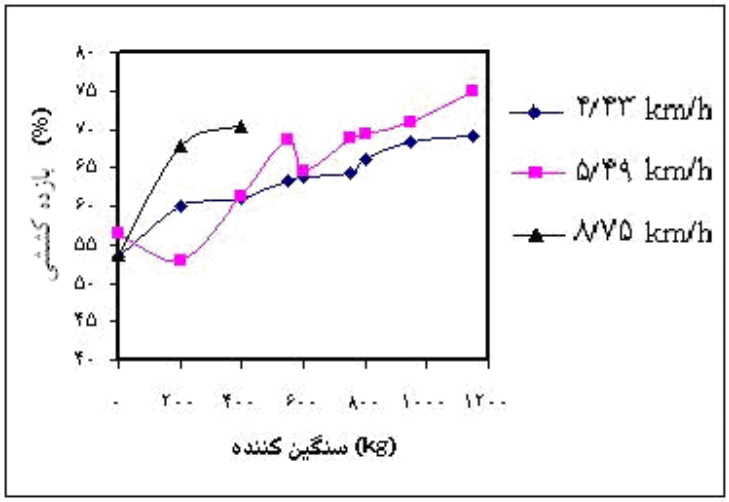
بر اساس تحقیق (Guang Wang et al., 1989) با افزایش بکسوات از ۱۰ به ۲۷ ٪ بازده کششی از ٦۰ درصد به ٤۲ درصد رسیده است. در این تحقیق نیز با افزایش بکسوات از ۱۳ به ۳۲٪ در سرعت km/h ۵/٤۹ ، بازده کششی از ۷۵ به ۵٦/۵ ٪ رسیده است (در سرعت ٤/٤۳ وقتی بکسوات از ۲۰ ٪ به ۳٦ ٪ برسد بازده کششی از ٦۹ ٪ به ۵۳/۳ ٪ خواهد رسید).

شاکر و همکاران با ۷۰۰ کیلوگرم سنگین کننده در دنده ٤ سنگین روی تراکتور MF285 بازده کششی تراکتور مذکور را ۷۷٪ اعلام کرده‌اند در حالیکه در این تحقیق بازده کششی برای تراکتور ITM285 حدود ٦۲ درصد بدست آمده است. دلیل این امر تفاوت در مقدار بکسوات تراکتور ITM285 می‌باشد، آزمایشات انجام شده توسط شاکر وهمکاران در بکسوات ۱۰-۱۵٪ برای بدست آوردن بازده کششی ماکزیمم صورت گرفته است ولی در این آزمایشات بکسوات حدود ۲۸٪ بدست آمده است. برای اینکه بازده کششی ماکزیمم گردد می‌توان با نیروی مالبندی کمتر (کمتر از ۱۵ کیلونیوتن) از سرعت km/h ۵/٤۹ استفاده کرد.

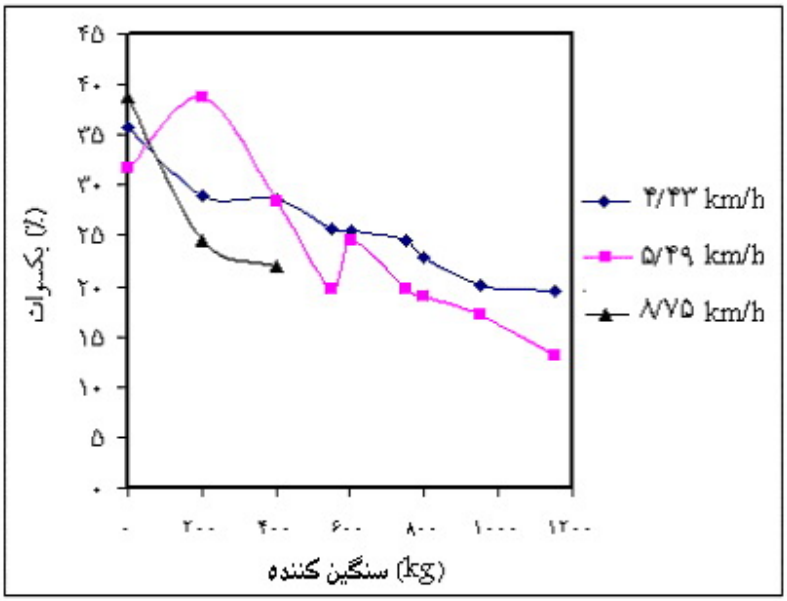
جدول ۲: تاثیر سنگین کننده روی بازده کششی تراکتور

متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۱۹/۲٦۵	۹/٦۳۲	۰/۸۹۲^{ns}
سنگین کننده	۸	۳۱۰۰/۰٦	۳۸۷/۵۰۸.	۳۵/۸۸۱**
سرعت	۱	۲٤۳/۵۱۷	۲٤۳/۵۱۷	۲۲/۵٤۹**
سرعت * سنگین کننده	۸	۸۵٤/۱۱۸	۱۰٦/۷٦۵	۹/۸۸٦**
خطا	۳٤	۳٦۷/۱۸۹	۱۰/۸	
مجموع	۵۳	٤۵۸٤/۱٤۸.		

- معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ns تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۲: تاثیر سنگین کننده بر بازده کششی



شکل ۳: تاثیر سنگین کننده بر بکسوات چرخهای تراکتور

اگر بالاست از ۸۰۰ کیلوگرم به ۹۵۰ کیلوگرم برسد بازده کششی ۲/۳ درصد افزایش می‌یابد ولی اگر از بالاست ۱۱۵۰ استفاده گردد حدود ۷/۵ درصد افزایش در بازده کششی خواهیم داشت. با توجه به مطالب بالا بهترین مقدار سنگین کننده ۱۱۵۰ کیلوگرم روی تایرهای محور عقب می‌باشد.

سنگین کننده‌های جلوی تراکتور

وزنه‌های جلو باعث افزایش بکسوات و کاهش راندمان تراکتور شده‌اند در حالیکه روی افزایش نیروی مالبندی تاثیر زیادی نداشته‌اند. دلیل اینکه افزایش سنگین کننده جلو باعث افزایش بکسوات و کاهش بازده کششی تراکتور شده است، افزایش نیروی مقاومت غلتشی تراکتور به دلیل افزایش وزنه در چرخهای جلو (افزایش وزنه فقط روی محور محرک باعث افزایش نیروی مالبندی می‌گردد) می‌باشد. بعضی از محققان افزایش سنگین کننده جلو را بخاطر انتقال وزن و افزایش کشش مفید می‌دانند در مورد این تراکتور چون به اندازه کافی وزن روی محور جلوی تراکتور وجود دارد لذا افزایش وزنه‌های جلو نه تنها باعث افزایش بازده کششی نشده‌اند بلکه باعث افزایش مقاومت غلتشی تراکتور نیز شده‌اند. در جدول ۳ زمانی که وزنه‌های جلو نصب شده‌اند نسبت به زمانی که تایر عقب تراکتور فقط از آب پر شده است مقایسه گردیده‌اند و درصد کاهش یا افزایش پارامتر مورد نظر محاسبه گردیده است.

جدول ۳: مقایسه سنگین کننده محور جلو با حالت بدون سنگین کننده

سنگین کننده	۵۵۰محور عقب		۵۵۰ محور عقب+ ۱٤۰ محور جلو		۵۵۰ محور عقب+ ۲۸۰ محور جلو	
	سرعت٤/٤٣	سرعت٥/٤٩	سرعت٤/٤٣	سرعت٥/٤٩	سرعت ٤/٤٣	سرعت٥/٤٩
بکسوات	٢٥/٦	١٩/٨	٢٨/٢	٢٣/٢	٢٩/٧٦	٢٩/٥
نیروی مالبندی	١٣٩٢٦/١٦	١٣٧٣٧/٠٣	١٤٠٣٩/٦٥	١٤٢٢٧/٣٧	١٤٠٩٣/٨	١٤٢٩٣/٥٦
مصرف سوخت	٤٤/٣٩	٣٥/٥٦	٤٥/٦٧	٣٦/٦٨	٤٦/٧٨	٤١/٠٨

ارائه مدلی برای محاسبه بازده زمین گیرایی

با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته، مدلی برای محاسبه بازده کششی تراکتور ITM285 براساس بکسوات، نیروی مالبندی و میزان سنگین کننده‌ها بدست آمد. بازده کششی در سرعت ٤/٤٣ km/h از رابطه (۳) و در سرعت ٥/٤٩ km/h از رابطه (٤) بدست می‌آید.

$$TE = 76.2 + 0.052 * B - 85.3 * s + 0.638 * P \qquad R^2 = 97.7 \qquad (۳)$$

$$TE = 76.3 + 0.116 * B - 85.9 * s + 0.666 * P \qquad R^2 = 98.2 \qquad (٤)$$

در روابط بالا TE بازده کششی تراکتور (بر حسب درصد)، B میزان سنگین کننده (برحسب تن در محدوده صفر تا ۱/۱۵ تن)، s بکسوات (بر حسب اعشاری در محدوده ۰/۱۱ تا ۰/۳۸ درصد) و P نیروی مالبندی (برحسب کیلو نیوتن در محدوده ۱/۱ تا ۱/٤) می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج کلی که از این تحقیق حاصل گردید عبارتند از:

۱-بکسوات چرخهای تراکتور در اثر افزایش سنگین کننده بصورت معنی‌داری کاهش یافته است.

۲-با افزایش سنگین کننده بازده کششی تراکتور از ۵۰ درصد به حدود ۷۰ درصد (٤۰ درصد افزایش) رسیده است.

۳-در این آزمایشات نیروی مالبندی در سطح ۵٪ در اثر افزایش سنگین کننده افزایش یافته است.

٤-در سرعت ۵/٤۹ نسبت به سرعت ٤/٤۳ مصرف سوخت (لیتر بر هکتار) در یک سنگین کننده یکسان کمتر بوده است. به عبارتی دیگر برای سرعتهای بیشتر نیاز به سنگین کننده کمتری می‌باشد و بهتر است در زمینهای متوسط و نرم برای افزایش راندمان کششی و کاهش مصرف سوخت از دنده‌های بالاتری استفاده نماییم.

منابع

۱-شاکر، م.، افضلی نیا، ص و لغوی، م. (۱۳۸۲). اصلاح عملکرد کششی سه نوع تراکتور متداول در ایران. مجموعه مقالات اولین کنفرانس دانشجوئی مهندسی مهندسی ماشینهای کشاورزی ایران.۱٦۱-۱٦۹

۲-سیدلوهریس، س.، قاسم‌زاده، ح.، رنجبر، ا و ولیزاده، م. (۱۳۸۰). اندازه‌گیری بیشنه نیروی کشش مالبندی دو نوع تراکتور متداول در ایران با توجه به خواص مکانیکی خاک. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۱ شماره ۱۳۸۰/٤ از صفحه ٦۵ تا ۷۵.

۳-منصوری‌راد، د. (۱۳۷۸). تراکتور و ماشینهای کشاورزی. جلد اول. چاپ هفتم. ۸۵۳ص.

4-Gee-clough, D., Mcallister, M., Pearson, G., and Evenden, E. W. (1978). The empirical predition of tractor implement field performance. J.Terra- Mechanics. 15 (2): 81-94

5-Kumar Lohan, S. and Aggarwal, S. (2001). Effect of inflation pressure and ballasting on the tractive performance of tractor. AMA, 32 (3): 23-26.

6-Masumi kolahloo, A.A. and Loghavi, M. (1994). Evaluation and comparison of traction performance of two common tractors in iran. Iran Agricltural research. 13:77-95

7-Wang, G. and zoerb, C. (1988). Indirect Determination of tractor efficiency. ASAE paper no 88-1517

8-Wedd, S. (1999). Traction. Traction-Machinery Management notes #1. Available in: http://www.oac.usyd.edu.au/pages_machman/traction.htm

9-Wiliam, W. C. (1997). Tractor tire and ballast management. Available in: http://muextension.missouri.edu/explorepdf/agguides/agengin/G01235.pdf