ارزیابی دو نوع چرخ آهنی تراکتور در عملیات تهیه زمین برنج

علی رشادصدقی[1] و مسعود زابلستانی[1]

چکیده

با توجه به این‌که تراکتور دارای تایرهای لاستیکی معمولی، به‌علت لغزش و فرورفتگی تایر در خاک قادر به اجرای عملیات زراعی در زمین‌های بسیار مرطوب نمی‌باشد. به‌منظور حل این مشکل و در نتیجه افزایش بازده کششی تراکتور و بالا بردن ظرفیت مزرعه‌ای در عملیات مختلف زراعی کشت برنج، دو نوع چرخ آهنی تراکتور ساخته شد. یکی از این چرخ‌ها، نوعی وسیله کمک کششی است که روی چرخ عقب تراکتور نصب شده و به هنگام حمل و نقل درجاده، پره های آن قابلیت بازوبسته شدن به‌صورت لولایی روی لاستیک چرخ را دارد. نوع دیگر یک چرخ آهنی کامل با دندانه‌هایی در محیط آن به‌نام چرخ آهنی باتلاقی بوده که جایگزین چرخ عقب تراکتور شده و قابلیت حرکت در داخل زمین‌های خاک ورزی شده در شرایط اشباع و باتلاقی را دارد. در این آزمایش، چرخ آهنی با پره‌های تاشو (وسیله کمک کششی)، از نظر تأثیر برمیزان لغزش چرخ‌ها و ظرفیت مزرعه‌ای در سرعت‌های مختلف تراکتور، در عملیات خاک ورزی اولیه ودر خاک بسیار مرطوب با چرخ لاستیکی بدون وسیله کمک کششی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. برای تحلیل آماری از آزمون کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده گردید. چرخ آهنی نوع دوم (چرخ باتلاقی) به‌طور مجزا در عملیات ماله‌زنی از نظر ظرفیت مزرعه‌ای و کارایی آن در سرعت‌های مختلف تراکتور، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که استفاده از وسیله کمک کششی آهنی در شرایط خاک بسیارمرطوب کاهش معنی‌داری در لغزش چرخ‌ها ایجاد کرده و امکان عمل خاک ورزی با سرعت‌های بالاتر را در این شرایط فراهم نموده، در نتیجه ظرفیت مزرعه‌ای را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. هم‌چنین با استفاده از چرخ آهنی باتلاقی می‌توان سرعت تراکتور و ظرفیت مزرعه‌ای را در عملیات زراعی از قبیل تسطیح با ماله، بذرپاشی و سم‌پاشی که همگی در زمین خاک ورزی شده در شرایط اشباع انجام می‌شوند، به‌صورت قابل توجهی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: تهیه زمین درکشت برنج، چرخ آهنی تراکتور، لغزش چرخ، ظرفیت مزرعه‌ای، مکانیزاسیون

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۹

۱- اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

مقدمه و بررسی منابع

اولویت‌های به‌کارگیری روش‌های مکانیزه در تولید محصول با توجه به شرایط فنی، اقتصادی واجتماعی هر جامعه مشخص می شود. به طور کلی اهداف مکانیزاسیون عبارت است از:

۱- افزایش تولید وکسب سود بیشتر که با افزایش سطح زیرکشت و یا افزایش مقدار تولید در واحد سطح میسر می‌شود.

۲- کاهش هزینه‌ها ازطریق کاهش نیروی کارگری وانجام به موقع عملیات، که بهره‌وری و ظرفیت بالای ماشین در رسیدن به این هدف نقش عمده‌ی دارد.

۳- انجام به موقع عملیات کشاورزی، باتوجه به شرایط جوی خصوصاً در کاشت و برداشت محصول از ضررهای عمده‌ای جلوگیری می‌کند.

٤- کاهش سختی کار کشاورزی وافزایش جذابیت آن (۱).

کار در زراعت برنج نسبت به سایر زراعت‌ها به‌ویژه در کشور ما از سختی بیشتری برخوردار است. روش کار زراعت برنج علیرغم این‌که در کشورهای اروپایی و امریکایی کاملاً مکانیزه است، درپاره ای ازکشورهای آسیایی، آفریقایی و امریکای لاتین شکل کاملاً ابتدایی دارد. تعداد کارگر مورد نیاز این زراعت در روش نشاکاری از شروع تهیه زمین تا خاتمه خرمن‌کوبی به مراتب بیش از زراعت گندم و جو و سایر زراعت‌ها است. به‌علاوه کارگران به‌دلیل تماس دایمی و مستقیم با گل وآب و غیر بهداشتی بودن محیط کار، آسیب‌های جسمانی فراوانی را متحمل می‌شوند. لذا این امر ایجاب می‌کند روشی اختیار گردد که ضمن استفاده شایسته از نیروی انسانی، هزینه های تولید کاهش یابد. طرح ساخت و به‌کارگیری چرخ‌های آهنی تراکتور در زراعت برنج با هدف استفاده از تکنولوژی متناسب با بضاعت فنی منطقه در راستای اهداف ذکر شده مکانیزاسیون یعنی کاهش هزینه های تولید در واحد سطح، کاهش سختی کار و در نتیجه افزایش رغبت کشاورزان برای تولید برنج، افزایش کارایی تراکتور و دنباله بندها و به موقع انجام گرفتن عملیات تهیه زمین و کاشت و داشت محصول باتوجه به محدودیت زمانی برای اجرای این عملیات در زراعت برنج می باشد (۲). هدف از این تحقیق ارزیابی کارایی هر یک از دو نوع چرخ آهنی ساخته شده به‌طور جداگانه از نظر میزان تأثیر در کاهش لغزش و فرورفتگی[1] چرخ های تراکتوردر زمین های بسیار مرطوب و باتلاقی در سرعت و گشتاورهای مختلف تراکتور بوده است.

در مزارع برنج که زمین به‌صورت خاک ورزی شده در شرایط اشباع (پادل شده[2]) است، شاخص مخروط خاک معمولاً کمتر از ۰/۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع می‌باشد. عملکرد چرخ‌های لاستیکی در این شرایط کار، به‌علت لغزش زیاد چرخ و چسبندگی زیاد خاک به تایرها غیر قابل قبول است . یک راه حل برای این مسئله استفاده ازتایرهای با آج‌های خیلی بلند و راه دیگر وصل کردن یک چرخ کمکی با آج‌های آهنی به کنار هر تایر می‌باشد .آج‌های آهنی ضریب کشش را بهبود می‌بخشد. به هنگام حمل ونقل، بایستی آج‌ها قابلیت تا شدن را داشته باشند تا از از برخورد آن‌ها با سطح جاده جلوگیری شود (۱۱).

نتایج مقایسه اقتصادی بین دو روش مکانیزه (استفاده از چرخ آهنی) و مرسوم در کشت مستقیم برنج توسط امامی و رشادصدقی درسال ۱۳۷۷ حاکی از مزیت استفاده از چرخ‌های آهنی در انجام به‌موقع

1- Sinkage
2- Puddled soil

عملیات زراعی بـه‌دلیـل امکـان اجـرای آن در زمـان بارش‌های بهاری و کاهش هزینه تولیـد محـصول در واحد سطح نسبت به روش مرسوم می‌باشد(۲).

توان موتور تراکتور از سه طریق محور توانده‌ی[1]، سیستم هیدرولیک و مالبند انتقال داده می شود که قسمت اعظم آن از طریق مالبند برای کشیدن ادوات کششی به‌کار گرفته می‌شود. تراکتور نمی‌تواند نیروی کششی مالبندی به وجود آورد، مگر این که کاهش پیشروی به وجود آید (کاهش پیشروی به کاهش سرعت حرکت به طرف جلو گفته می شود که به واسطه افزایش لغزش، موقعی که تراکتور بار مالبندی را می کشد، پدید می آید). آج های لاستیک باید به طرف عقب حرکت کرده و خاک را فشرده نماید تا خاک برای خنثی کردن نیروی کششی تراکتور به حد کافی مقاوم گردد. حرکت آج‌ها به‌طرف عقب موجب کاهش پیشروی می شود. همیشه یک مقدار متوسط برای کاهش پیشروی موجود است که بیشینه بازده کششی را فراهم می سازد. بسته به نوع خاک، میزان رطوبت و مرحله خاک ورزی، مقاومت خاک ممکن است به‌طور قابل توجهی تغییر نماید (۳).

بوخاری و همکاران (۱۹۹۰) تأثیر سرعت‌های مختلف حرکت تراکتور را بر عملکرد گاوآهن بر گرداندار درخاک لوم سیلتی بارطوبت ۱۷/۸ ٪ آزمایش کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش سرعت، ظرفیت مزرعه‌ای، مقاومت کششی و میزان لغزش چرخ های تراکتور افزایش می یابد ولی عمق شخم به‌دلیل بیرون کشیده شدن گاو آهن از خاک در اثر افزایش سرعت، کاهش می یابد (۷).

Wu-Sx و همکاران (۱۹۸٤)، رفتار خاک را تحت اثر چرخ آج‌دار مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که شکل گسیختگی خاک بسته به تعداد و زاویه آج‌ها و لغزش چرخ متفاوت بود و یک ارتباط بین شکل گسیختگی خاک و عملکرد چرخ وجود دارد (۱۳). تریراتاناسیریچای و اویدا (۱۹۹۱) خصوصیات نیروهای عکس‌العمل خاک بر آج های چرخ آهنی با رینگ های دوبل را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که نیروی کششی و بالا آورنده‌ی یک آج بستگی به چند عامل از جمله نوع خاک، فرو رفتگی چرخ درخاک و زاویه آج دارد. حداکثر نیروی کششی و نیروی بالاآورنده‌ی یک آج با مقدار لغزش چرخ رابطه خطی دارد. درخاک‌های پادل شده و ناپایدار، زاویه آج باید حداقل ٤٥ درجه و در خاک‌های شنی ٦۰ درجه باشد (۱۲).

گی کلاو و جیندال (۱۹۸۳) اقدام به طراحی و ارزیابی نوعی چرخ آهنی نمودند و با به‌دست آوردن زاویه و فاصله مناسب بین آج‌ها توانستند ضریب کشش را ۱۷ ٪ و حداکثر توان مالبندی را ٥٦ ٪ در زمین‌های پادل شده برنج افزایش دهند (۹). کونگ وفان (۱۹۸٤) نوعی چرخ آهنی با آج های متحرک را که قابلیت فرورفتن و بیرون آمدن از خاک به‌طور عمودی را داشتند، طراحی و ارزیابی نمودند. ایشان نتیجه گرفتند که این نوع آج ها، تراکم خاک و مقاومت غلتشی را کاهش و بازده کششی را افزایش می‌دهند (۸). آلویس (۲۰۰۱) یک نوع چرخ آهنی برای تراکتورهای باتوان کم و متوسط جهت استفاده در زمین‌های مرطوب طراحی نمود که آج های آن قابلیت تاشدن جهت امکان حرکت به‌صورت حمل و نقل در جاده را داشت. وی در مقایسه این چرخ آهنی با نوع مرسوم آن، نتیجه گرفت که ظرفیت مزرعه ای مؤثر و سرعت پیشروی در چرخ طراحی شده به‌ترتیب ۰/۳٦ ha/hr و ۲/۰۵ m/s بود و این مقادیر در مورد

1- P.T.O. Shaft

چرخ آهنی مرسوم به ترتیب ۰/۲۳ ha/h و ۱/٦ m/s بوده است. در به‌کارگیری این چرخ در تراکتور چهار چرخ محرک، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و سرعت به‌ترتیب ٦۰/۸٪ و ۲۸/۰۸٪ نسبت به حالت دو چرخ محرک افزایش یافت. کاهش پیشروی در این چرخ اختلاف معنی‌دار با چرخ آهنی مرسوم داشت. متوسط کاهش پیشروی چرخ‌های ساخت جدید ۹/۷٪ و چرخ‌های مرسوم ۲٤ ٪ بود (٤).

هندریادی و سالوکه (۲۰۰۲) در تحقیقی به منظور افزایش عملکرد کششی چرخ‌های آهنی تیلر[1] در زمین‌های باتلاقی، با ایجاد تغییراتی در پارامترهای هندسی چرخ‌ها و انجام آزمایشاتی با یک چرخ در داخل انباره خاک، نتیجه گرفتند که افزایش طول آج چرخ (پره) و زاویه آن از ۱۵ به ۳۵ درجه، به‌طور معنی‌داری باعث بهبود عملکرد کششی چرخ آهنی گردید، درحالی‌که افزایش تعداد آج‌ها از ۱٤ به ۱۸ عدد و افزایش عرض آج‌ها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کششی چرخ نداشتند (۱۰).

این تحقیق برای ارزیابی دو نوع چرخ آهنی تراکتور در عملیات تهیه زمین برنج به منظور افزایش بازده کششی تراکتور انجام گرفت.

شکل۱- چرخ آهنی باغی در حالت حمل و نقل

مواد و روش‌ها

چرخ‌های آهنی مورد ارزیابی از نوع مورد استفاده در کشور ایتالیا برای کشت مستقیم برنج می‌باشد که توسط امامی در سال ۱۳۷۷ در ایران ساخته شد (۲). موارد استفاده‌ی هر یک از آن‌ها به شرح زیر است:

الف- چرخ‌های آهنی باغی

این نوع چرخ دارای یک شاسی بوده که بر روی رینگ چرخ‌های عقب تراکتور نصب شده و شامل تعداد ۱٤ عدد پره آهنی به ارتفاع ٦ سانتی‌متر می‌باشد که جهت امکان حرکت به‌صورت حمل و نقل در جاده، قابلیت باز و بسته شدن به‌صورت لولایی بر روی لاستیک چرخ را دارد (شکل‌های۱ و ۲). مجموع وزن شاسی و پره‌ها در دو طرف حدود ۱۵۰ کیلوگرم می‌باشد. از این نوع چرخ آهنی برای اجرای عملیات خاک ورزی اولیه و ثانویه و کودپاشی اولیه در اوایل بهار که زمین معمولاً کاملاً خیس بوده و به علت لغزش چرخ‌های لاستیکی اجرای عملیات مقدور نیست، استفاده می‌شود.

شکل۲- چرخ آهنی باغی در حالت درگیر با زمین

1-Power tiller

ب- چرخ‌های آهنی باتلاقی

این چرخ‌ها، نوعی چرخ کامل بوده و به هنگام استفاده، جایگزین چرخ های جلو و عقب تراکتور می شوند. قطر خارجی چرخ‌های عقب حدود ۱۷۰ سانتی متر و عرض مقطع آن ۸ سانتی‌متراست. در روی محیط چرخ، دندانه‌هایی به ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر به‌طور یک در میان در چپ و راست عرض آن تعبیه شده است که سطح درگیر با گل و لای را افزایش داده و ضریب کشش را بالا می‌برد (۳ و ۱۱). چرخ‌های جلویی که معمولاً محرک نیستند فاقد این دندانه‌ها بوده و قطر آن ۹۸ سانتی‌متر و عرض مقطع آن ٤ سانتی‌متر می‌باشد. مجموع وزن چرخ‌های عقب ۲۲۰ کیلوگرم و چرخ‌های جلو ۸۰ کیلوگرم می‌باشد (شکل۳). چرخ‌های آهنی باتلاقی در عملیات تسطیح با ماله و کاشت و داشت محصول که زمین کاملاً غرقاب شده و حالت پادل شده دارد، استفاده می‌گردد (شکل٤).

شکل۳- چرخ‌های آهنی باتلاقی جلو و عقب تراکتور

به‌منظور ارزیابی عملکرد چرخ‌های آهنی ساخته شده، دو مرحله کار یعنی خاک ورزی اولیه باتراکتور مجهز به چرخ‌های آهنی باغی و ماله‌زنی با تراکتور مجهز به چرخ‌های آهنی باتلاقی راکه بیشترین توان مصرفی را دارا می‌باشند (۲ و ۱۱) و امکان لغزش چرخ دراین عملیات نسبت به سایر عملیات زراعی بیشتر است، درنظر گرفته شدند و هر یک به‌طور جداگانه نسبت به نوع کاربرد و شرایط کاری‌شان (چرخ آهنی باغی در عملیات خاک ورزی اولیه در زمین مرطوب و چرخ آهنی باتلاقی در عملیات تسطیح با ماله در زمین غرقاب و خاک‌ورزی شده در شرایط اشباع) مورد آزمایش قرار گرفتند. برای ارزیابی چرخ آهنی باغی، ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر و میزان لغزش چرخ‌ها در شرایط استفاده از چرخ آهنی و بدون استفاده از آن، به هنگام شخم‌زدن با گاوآهن در عمق کار ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و سرعت‌های مختلف حرکت تراکتور (دور ثابت ۱۵۰۰rpm تراکتور و۳ دنده از۱ تا ۳ سنگین) در زمینی بسیار مرطوب اندازه‌گیری و با آزمون کرت‌های خرد شده[1] در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه آماری قرار گرفت.

در ارزیابی چرخ‌های آهنی باتلاقی، با توجه به این

شکل٤- عملیات ماله‌زنی با چرخ آهنی

که امکان ماله‌زدن باچرخ‌های لاستیکی وجود نداشت، تنها سرعت پیش روی تراکتور و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر عملیات تسطیح با ماله به هنگام استفاده از چرخ‌های باتلاقی در شرایط عمق کار ۲۰ سانتی‌متر

1- Split plot

و رطوبت ۳۸٪ خاک (بر اساس وزن خشک)، در دنده‌های مختلف تراکتور به‌ترتیب از سنگین به سبک، اندازه‌گیری شد تا قابلیت این نوع چرخ در فراهم نمودن شرایط مناسب کار برای انجام عملیات زراعی با ظرفیت بالا در زمین‌های پادل شده بررسی گردد.

در خاک‌ورزی اولیه، تراکتور مورد استفاده از نوع یونیورسال (*U445*) با توان اسمی ٤٥ اسب بخار بود که برای انجام عمل شخم از گاوآهن برگردان‌دار دو خیش سوارشونده با عرض کار ٦٠ سانتی متر و در شرایط رطوبت متوسط ۳۰ ٪ بر اساس وزن خشک تا عمق ۲۳ سانتی‌متری خاک و در عمل تسطیح با ماله (ماله زنی)، از تراکتور *MF-240* با توان اسمی ٤٥ اسب بخار و ماله پشت تراکتوری سوار شونده با عرض کار ۲۵۰ سانتی‌متر استفاده گردید. آزمایشات در خاکی با بافت لوم رسی و ظرفیت زراعی ۲۲٪ در زمین‌های برنج‌کاری منطقه آچاچی میانه اجرا گردید. شرایط زمین از نظر مقاومت بر اساس شاخص مخروط خاک و میزان رطوبت در عمق‌های مختلف در زمان اجرای عملیات شخم اولیه و ماله زنی به تفکیک در جدول شماره۱ مندرج می‌باشد.

روش‌های اندازه‌گیری

برای اندازه گیری پارامترهای مختلف، روشی که توسط شبکه ناحیه‌ای ماشین‌های کشاورزی[1] ارایه شده است، بکار گرفته شد (۵).

الف – تعیین درصد رطوبت خاک

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک بر اساس وزن خشک، به‌وسیله مته نمونه‌برداری، نمونه خاک از محل‌های مختلف تا عمق معین برداشته و توسط قوطی‌های در بسته به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از توزین نمونه‌های خاک مرطوب به‌وسیله ترازوی دیجیتال مدل سارتوریوس[2] ساخت آلمان، بادقت ۰/۱ گرم، نمونه‌ها در آون به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد و دوباره توزین گردید. با استفاده از رابطه (۱) درصد رطوبت خاک بر اساس وزن خشک محاسبه شد.

$$\%MC=\frac{M_i-M_f}{M_f}\times 100 \qquad (۱)$$

M_i : جرم نمونه خاک مرطوب (گرم)

M_f : جرم نمونه خاک خشک شده (گرم)

جدول۱- شرایط اولیه زمین و تراکتور قبل از اجرای آزمایش

نوع عملیات	شاخص مخروط خاک (MPa)			رطوبت خاک (%)			جرم تراکتور و ادوات و چرخ آهنی (kg)
عمق (cm)	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	
شخم اولیه	۰/۲۰۲	۰/٤٥۰	۰/۷۳۷	۳۰	۲۸	۳۱	۲۰۵۰
ماله زنی	۰/۱۸۵	۰/۳۰۱	۰/٥٤۰	۳۸	۳۷	۳۹	۱۷٦۲

1- RNAM (Regional Network of National Agricultural Machinery)
2- *Sartorius*

MC : درصد رطوبت خاک بر اساس وزن خشک

ب– اندازه‌گیری شاخص مخروط خاک[1]

جهت تعیین مقاومت خاک بر اساس شاخص مخروط خاک از یک دستگاه نفوذسنج الکترونیکی[2] مدل *SP1000* ساخت آلمان با مخروط استاندارد ۳۰ درجه و قطر۱۲/۸۳ میلی متر (طبق استاندارد انجمن مهندسی کشاورزی امریکا) استفاده شد (٦). دستگاه مزبور به ازای هر سانتی متر فرو رفتن مخروط در داخل خاک نیروی مقاومت خاک را ثبت می‌نماید که با تقسیم مقادیر ثبت شده بر سطح مقطع مخروط، شاخص مخروط خاک بر حسب مگا پاسکال (MPa) محاسبه گردید.

پ– محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر[3]

برای محاسبه کار ماشین (ظرفیت مزرعه‌ای) بر حسب سطح از رابطه (۲) استفاده شد:

$$C_a = \frac{V.W.\eta_f}{10} \qquad (۲)$$

C_a: ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر بر مبنای سطح (ha/h)

V : سرعت پیش روی تراکتور (km/h)

W : عرض کار ماشین (m)

η_f : بازده مزرعه‌ای[4] که در ادوات تهیه زمین معمولاً ۰/۹–۰/۷ درنظر می گیرند (۱ و ٦).

برای اندازه‌گیری بازده مزرعه ای از رابطه (۳) استفاده گردید:

$$\eta_f = \frac{T_1}{T_1 + T_2 + T_3 + ... + T_m} \qquad (۳)$$

T_1 : زمان مفید در حین انجام عملیات زراعی بر حسب ثانیه

T_2 تا T_m زمان‌های تلف شده در حین انجام هر یک از عملیات زراعی بر حسب ثانیه شامل:

– زمان باز و بسته کردن چرخ های آهنی روی تراکتور

– زمان لازم برای وصل کردن ادوات دنباله بند

– زمان لازم برای تنظیمات و دور زدن‌ها و غیره.

در این تحقیق به‌طور میانگین مقدار بازده مزرعه‌ای ۰/۷۵ محاسبه شد.

ت– اندازه‌گیری سرعت پیشروی واقعی تراکتور

با اندازه گیری زمان طی کردن مسافت ۲۰ متری بین دو علامت، توسط تراکتور در حین عملیات خاک‌ورزی، سرعت پیشروی واقعی تراکتور با استفاده از رابطه (٤) به‌دست آمد.

$$V = \frac{X}{T} \qquad (٤)$$

X : مسافت طی شده (m)

T : زمان طی مسیر (s)

V : سرعت پیشروی واقعی (m/s)

ث– اندازه گیری میزان لغزش[1] چرخ‌های محرک تراکتور

برای این کار ابتدا بر روی چرخ محرک تراکتور علامتی نصب شد. دور موتور تراکتور در۱۵۰۰ دور در دقیقه تنظیم و در دنده مشخص قرار داده شد. پس از طی۱۰ متر اول که به‌منظور رسیدن به سرعت یکنواخت پیش‌بینی شده بود، به محض رسیدن علامت روی چرخ به زمین، روی خاک نشانه‌ای

1- Cone Index
2- Soil Penetrometer
3- Field Capacity
4- Field Efficiency

1- Slippage

گذاشته و پس از شمردن ۱۰ دور چرخ، با رسیدن مجدد علامت روی چرخ به زمین در دور دهم، نشانه‌ای دیگر گذاشته شد و فاصله بین دو نشانه اندازه‌گیری گردید. این عمل یک‌بار در حالتی که تراکتور در حال عملیات خاک‌ورزی بود (بابار) و یک‌بار درحالتی که گاوآهن از خاک بیرون آمده و بر تراکتور سوار بود (بی بار) انجام گرفت. با استفاده از رابطه (۵)، درصد لغزش چرخ محرک تراکتور به‌دست آمد:

$$\%S = \frac{A-B}{A} \times 100 \qquad (۵)$$

S : لغزش چرخ‌ها (٪)

A : مسافت طی شده بدون بار (m)

B : مسافت طی شده با بار (m)

نتایج و بحث

الف- ارزیابی چرخ آهنی باغی در خاک‌ورزی اولیه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از آزمایش در جدول ۲، نشان می‌دهد که تیمارهای اصلی و فرعی و اثرات متقابل آن‌ها از نظر میزان لغزش چرخ‌ها و ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر گاوآهن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ دارند.

در مقایسه میانگین کمیت‌های اندازه‌گیری شده به روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ که در جدول۳ نشان داده شده است، زمانی که پره‌های آهنی باز شده و بر روی تایر چرخ قرار می‌گیرد (شکل۱)، میزان لغزش چرخ نسبت به حالت حمل و نقل که پره‌های آهنی از روی تایر برداشته شده و در روی رینگ چرخ جمع شده است (شکل۲)، کم‌تر بوده و ظرفیت مزرعه‌ای بیشتر می‌باشد.

در مقایسه تیمارهای فرعی مشخص گردید که با تغییردنده تراکتور از سنگین به سبک، با افزایش سرعت پیش روی، میزان لغزش چرخ‌ها افزایش یافته و برظرفیت مزرعه‌ای نیز افزوده می‌گردد که با نتایج گزارش شده توسط بوخاری و همکاران (۱۹۹۰) مطابقت دارد (۷). با بررسی ترکیبات تیماری ملاحظه گردید که بیشترین میزان لغزش چرخ در حالت جمع شدن پره‌های آهنی و درگیری تایرهای لاستیکی با زمین و دنده ۳ تراکتور به میزان ۱۸٪ و کمترین لغزش چرخ، در حالت باز شدن پره‌های آهنی بر روی تایر و درگیری پره‌ها با زمین و دنده ۱ تراکتور به میزان ۹/۳۳٪ حاصل گردید. بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای به مقدار ۰/۲۷ هکتار در ساعت، در استفاده از چرخ آهنی و دنده ۳ تراکتور و کمترین آن به مقدار ۰/۰۷ هکتار در ساعت در استفاده از چرخ لاستیکی و دنده ۱ تراکتور، به دست آمد. نتایج حاصله مشابه نتایجی است که آلویس (۲۰۰۱) گزارش نموده است(٤).

جدول۲- تجزیه واریانس کمیت‌های اندازه‌گیری شده در شخم اولیه با استفاده از چرخ‌های آهنی باغ

منابع تغییر (S.O.V.)	درجه آزادی (d.f.)	میانگین مربعات (M.S.)	
		میزان لغزش چرخ	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر
تکرار	۲	٤/۸٦٥*	۷/۰٥٦**
تیماراصلی (نوع چرخ)	۱	۳۳/۰۷٦**	٤٦/۷۲۲**
خطای آزمایش (۱)	۲	۰/۲۳۷	۰/۰٥٦
تیمار فرعی (دنده تراکتور)	۲	٥۳/۲۱۲**	۳۷٦/۳۸۹**
اثرمتقابل تیمارها	۲	٥/٤۱۷**	۳/۷۲۲**
خطای آزمایش (۲)	۸	۰/۳۳٥	۰/ ۰٥٦

*، **- به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول۳- مقایسه میانگین کمیت‌های اندازه‌گیری جهت ارزیابی چرخ آهنی باغی در شخم اولیه به روش دانکن

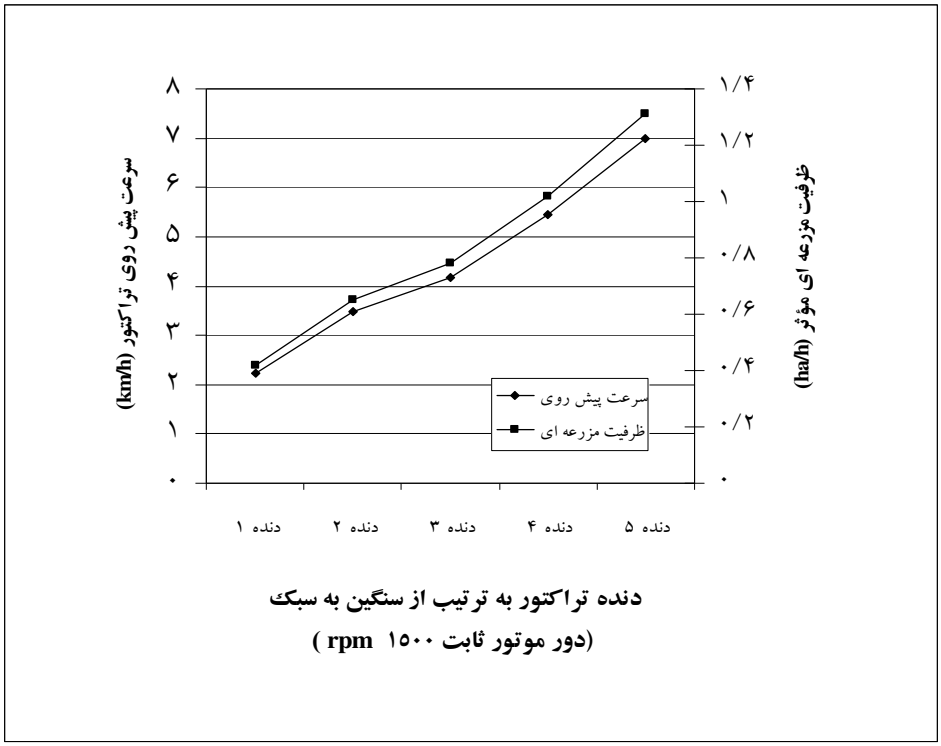
	تیمارهای آزمایشی	میزان لغزش چرخ (%)	ظرفیت مزرعه ای(ha/h)
تیمارهای اصلی (نوع چرخ)	چرخ آهنی باغی (S)	۱۱/٥	۰/۱۸
	چرخ لاستیکی (R)	۱٤/۲	۰/۱٥
تیمارهای فرعی (دنده تراکتور)	دنده ۱ سنگین (G1)	۹/۷٥ c	۰/۰۸ c
	دنده ۲ سنگین (G2)	۱۳/۱۷ b	۰/۱۷ b
	دنده ۳ سنگین (G3)	۱٥/٦۸ a	۰/۲٤ a
ترکیبات تیماری	S-G1	۹/۳۳ d	۰/۱۰ e
	S-G2	۱۱/۸۳ c	۰/۱۸ c
	S-G3	۱۳/۳۷ bc	۰/۲۷ a
	R-G1	۱۰/۱۷ d	۰/۰۷ f
	R-G2	۱٤/٥ b	۰/۱٦ d
	R-G3	۱۸ a	۰/۲۲ b

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، از لحاظ آماری در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی دار ندارند.

جدول٤- میانگین کمیت‌های اندازه‌گیری شده در ماله زنی با استفاده از چرخ‌های آهنی باتلاقی در دنده‌های مختلف تراکتور

شماره دنده	سرعت واقعی پیشروی (km/h)	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (ha/h)
دنده ۱	۲/۲۳	۰/٤۲
دنده ۲	۳/٤۹	۰/٦٥
دنده ۳	٤/۱۸	۰/۷۸
دنده ٤	٥/٤٤	۱/۰۲
دنده ٥	٦/۹۸	۱/۳۱

- دور موتور در تمام مراحل آزمایش ۱۵۰۰rpm بوده است.



نمودار٥- تغییرات سرعت پیشروی تراکتور و ظرفیت مزرعه‌ای ماله در دنده‌های مختلف تراکتور

ب- ارزیابی چرخ‌های آهنی باتلاقی در عمل ماله‌زنی

میانگین سرعت پیشروی واقعی و ظرفیت مزرعه‌ای تراکتور در عمل ماله‌زنی با استفاده از چرخ‌های آهنی باتلاقی در دنده‌های مختلف (دور ثابت ۱۵۰۰ rpm) به تفکیک در جدول٤ و نمودار تغییرات آن‌ها نسبت به سبک شدن دنده تراکتور در نمودار شماره٥، نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با انتخاب دنده های سبک‌تر، بر سرعت پیشروی تراکتور و به تبع آن بر ظرفیت مزرعه‌ای آن به هنگام ماله‌زنی افزوده شده است.

طبق مندرجات جدول‌های۲ و ۳، چرخ آهنی باغی تأثیر معنی داری بر کاهش لغزش چرخ های محرک تراکتور در شرایط خاک بسیار مرطوب دارد. هر چند در این آزمایش میزان لغزش چرخ های لاستیکی در

دنده ۱ و ۲ تراکتور به‌ترتیب برابر ۱۰/۱۷ و ۱٤/۵ درصد می‌باشد که این مقادیر در محدوده مناسب ۱۵–۱۰درصد از نظر حد اکثر بازدهی کشش تراکتور قرار دارد، ولی در رطوبت های بالاتر خاک و یا در خاک های رسی و چسبنده پس از بارش های فصلی، میزان لغزش چرخ های لاستیکی بیشتر شده و امکان انجام خاک ورزی میسر نگردد. یادآور می شود در حالت استفاده از چرخ لاستیکی در این تحقیق وزن پره‌های آهنی و شاسی نصب شده بر روی چرخ‌ها که درحدود ۱۵۰ کیلوگرم می‌باشد، به‌عنوان سنگین‌کننده[1] چرخ عمل کرده و تا حدودی از لغزش چرخ های لاستیکی کاسته است. از نظر بازده مزرعه ای نیز استفاده از چرخ های آهنی، امکان عمل خاک‌ورزی درسرعت‌های بالاتر را در شرایط رطوبت زیاد خاک فراهم نموده و به تبع آن، ظرفیت مزرعه‌ای نیز به میزان قابل قبولی افزایش یافته است. در مورد چرخ های آهنی باتلاقی، طبق آن‌چه در منبع شماره ۱۱ ذکر شده، و هم‌چنین نتایج تأثیر مثبت افزایش طول آج در بهبود عملکرد کششی چرخ آهنی در گزارش هندریادی و سالوکه (۱۰)، احتمالاً دندانه‌های موجود در محیط چرخ که نسبت به آج های چرخ لاستیکی بلندتر بوده و سطح تماس و درگیری بیشتری با لایه سخت زیرین خاک داشته اند، باعث کاهش لغزش چرخ و فرورفتگی در زمین خاک ورزی شده در شرایط اشباع گردیده است، به‌طوری‌که طبق جدول٤ و نمودار شکل۵، انجام عمل ماله‌زنی در این شرایط با سرعت های بالای تراکتور ممکن گردیده است. بدین ترتیب با به‌کارگیری چرخ های آهنی باتلاقی می توان از ماله تراکتوری با عرض کار بیشتر نسبت به نوع تیلری آن و سرعت های بالاتر تراکتور در عمل تسطیح زمین استفاده نمود و ظرفیت مزرعه‌ای را در جهت انجام به‌موقع عملیات تهیه زمین افزایش داد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق، موارد زیرتوصیه و پیشنهاد می‌گردد:

۱– برای انجام عملیات اولیه تهیه زمین در خاک‌های بسیار مرطوب یا چسبنده که استفاده از تایرهای معمولی مقدور نمی‌باشد، استفاده از چرخ آهنی باغی طراحی شده مفید بوده و سرعت انجام کار را در جهت استفاده به موقع از بارش های فصلی بهبود می‌بخشد. به‌علاوه امکان تبدیل آسان و سریع چرخ‌ها به‌حالت حمل و نقل، بازده مزرعه‌ای را افزایش می‌دهد.

۲– به منظور افزایش ظرفیت مزرعه ای در انجام عملیات زراعی دیگر از قبیل کودپاشی، بذرپاشی در کشت مستقیم برنج، علف‌کش پاشی وسم پاشی که در شرایط زمین پادل شده انجام می گیرد، استفاده از چرخ‌های آهنی باتلاقی، توصیه می‌گردد.

۳– با توجه به کاربرد چرخ های آهنی مورد آزمایش در شالیزارها، پیشنهاد می گردد کارایی این چرخ ها در شرایط خاک های زراعی حاشیه دریای خزر نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

٤– به‌منظور کاهش فرورفتگی چرخ های باتلاقی در خاک پادل شده، پیشنهاد می شود با افزایش عرض چرخ ها و یا استفاده از چرخ های دوتایی[1] سطح تماس بیشتری را با خاک فراهم نمود.

1- Ballast

1- Dual wheel

منابع

۱- الماسی، م.، ش. کیانی و ن. لویمی. ۱۳۷۸. مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات حضرت معصومه (س). چاپ اول.

۲- امامی سلماسی، م. و ع. رشادصدقی. ۱۳۷۷. " مقایسه اقتصادی کشت مکانیزه با کشت سنتی برنج در منطقه میانه". گزارش پژوهشی نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، نشریه شماره ۱۱۷.

۳- رنجبر، ا.، ح. ر. قاسمزاده و ش. داودی. ۱۳۷۶. توان موتور و تراکتور (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز.

4- Alwis, P. 2001. Development of swinging lugs reversible cage wheels for small and medium power tractors. Faculty of Agriculture, University of Ruhana, Kamburupitya. Sri Lanka. www.nsf.ac.lk/awards/merit2001.htm.

5- Anonymous. 1983. *Test* Codes and Procedures for Farm Machinery. RNAM Technical Publications, Series No. 12, Pasay city, Philippines.

6- ASAE Standards: ASAE D230.4. 1985. Agricultural Machinery Management *Data.* Sec. 4: 154. 32nd edition, 2950 Niels road, St. Joseph, MI. 49085-9659USA.

7- Bukhari, S., J. M. Baloch, G. R. Mari, A. N. Mirani, A. B. Bhutto, M. A. Bhutto. 1990. Effects of different speeds on the performance of moldboard plow. AMA. 21: (1): 27-31.

8- Cong, C.B. and C.Y. Fan . 1984. The research of driving wheel with movable lugs of the paddy field floating tractor. International Society for Terrian- Vehicle Systems, 8th International conference. Aug. 6-10 , Cambridge. U.K. Vol. 2: 495-505.

9- Gee-Clough, D. and V. K. Jindal. 1981. Improving the design and utilization of field machinery in Asia. Proceeding of the International Conference on Agricultural Engineering and Agro-Industries in Asia, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 10-13.

10-Hendriadi, A. and V. M. Salokhe. 2002. Improvement of a power tiller cage wheel for use in swampy peat soils. Journal of Terramechanics. 39: 55-70.

11- Srivastava, A. K., C. E. Goering and R. P. Rohrbach. 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook. No. 6: 134-136.

12-Triratanasirichai, K. and A. Oida. 1991. Study on design criteria of cage wheel. Journal of Japanese Society of Agricultural Machinery. 53 (3): 47-56.

13-Wu-Sx, Jh-Hu and Jx. Wong .1984. Behavior of soil under a lugged wheel. International Society for Terrian-Vehicle Systems, 8th International Conference. Cambridge, U.K., Vol. 2: 545-559.