

مقایسه و ارزیابی گاوآهن برگردان دار دوسویه با گاوآهن های برگردان دار مرسوم

غلامرضا قهرمانیان^{*}، انگین چاکر^۲ و ارجان گلی سویلو^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱

۱- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۲- دانشگاه اژه، دانشکده کشاورزی، بخش ماشین های کشاورزی و مهندسی تکنولوژی

*مسئول مکاتبات: gh.ghahramanian@areeo.ac.ir

چکیده

گاوآهن برگردان دار یک طرفه به طور گسترده در خاک ورزی مرسوم در سراسر دنیا استفاده می شود. ایجاد پشته یا جویچه در مزرعه در نتیجه برگردان خاک به یک سو، بازده مزرعه ای پایین و مصرف سوخت بالا، از معایب این ادوات می باشند. برای رفع معایب گاوآهن های برگردان دار یک طرفه، استفاده از گاوآهن های برگردان دار دوطرفه پیشنهاد می شود؛ اما استهلاک زیاد در مکانیزم دوران خیش ها و نیاز به تراکتور با توان بیشتر به خاطر وزن سنگین آن، محدودیت توان تراکتورهای در دسترس اکثر کشاورزان و قیمت زیاد آنها، توسعه گاوآهن برگردان دار دوطرفه را محدود ساخته است. در این تحقیق، برای برطرف نمودن معایب گاوآهن برگردان دار یک طرفه و در عین حال حفظ مزایای گاوآهن برگردان دار دوطرفه، طرح جدیدی در گاوآهن تحت عنوان گاوآهن برگردان دوسویه ارائه گردید. به منظور ارزیابی آن، آزمایشی در قالب کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تیمار اصلی شامل نوع گاوآهن (گاوآهن برگردان دار یک طرفه، گاوآهن برگردان دار دوطرفه و گاوآهن برگردان دار دوسویه) و تیمار فرعی سرعت در سه سطح: ۲/۷، ۴/۰ و ۴/۷ کیلومتر بر ساعت در سه تکرار اجرا شد. آزمایش مزرعه ای گاوآهن برگردان دار دوسویه در برگردان کامل خاک با موفقیت انجام شد. با حذف سری خیش های بالایی شاسی گاوآهن برگردان دار، وزن آن در مدل اولیه ۳۲٪ کاهش یافته و قسمت های در معرض استهلاک زیاد حذف شد. در آزمایش مزرعه ای مقاومت کشش ویژه گاوآهن ابداعی با میانگین $44/45 \text{ kNm}^{-2}$ اختلاف معنی داری با گاوآهن برگردان دار دوطرفه با میانگین $43/37 \text{ kNm}^{-2}$ نداشت. ولی گاوآهن برگردان دار یک طرفه با اختلاف معنی دار (در سطح ۱٪)، حداقل مقاومت کشش ویژه با مقدار $32/73 \text{ kNm}^{-2}$ را داشت.

واژه های کلیدی: خاک ورزی، گاوآهن برگردان دار، گاوآهن برگردان دار دوطرفه، گاوآهن برگردان دار دو سویه

۱- مقدمه

تحقیقات زیادی در رابطه با مقاومت کششی گاوآهن برگردان دار و تجزیه و تحلیل نیروهای موثر بر آن انجام گرفته است. نتایج تحقیقات (راندلف، ۱۹۳۸؛ کولینز و همکاران، ۱۹۷۸؛ بلوم و همکاران، ۱۹۸۳) نشانگر رابطه مقاومت کششی گاوآهن برگردان دار با مجذور سرعت عملیات خاک ورزی در بازه سرعتی $0/44 \text{ (m/s)}$ می باشد.

نتایج تحقیقات برناسکی و همکاران (۱۹۷۲) نشان داد که مقاومت کششی و نیروی عمودی در شرایط مختلف خاک تا عمق ۲۵ سانتی متری خاک با عمق خاک ورزی رابطه مستقیم دارد. مقدار نیروی جانبی بسته به زاویه جهت و تیزی تیغه خیش، متغیر می باشد. چنان که تیغه خیش ها تیز باشد مقدار نیروی جانبی با عمق خاک ورزی همانند نیروهای کشش و نیروی عمودی رابطه مستقیم خواهد داشت. ارتباط بین سرعت و عمق شخم روی لغزش چرخ های محرک، مقاومت کششی و بازده کششی تراکتور ITM299 توسط نقدی یان و همکاران (۱۳۹۲) مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج نشان دادند که افزایش سرعت پیشروی و نیز افزایش عمق شخم، باعث

گاوآهن برگردان دار به عنوان ابزار اصلی در خاک ورزی مرسوم استفاده می شود. گاوآهن برگردان دار برای بریدن، بلند کردن، خرد کردن و برگردانیدن خاک به منظور ایجاد شرایط لازم برای رشد گیاه به کار می رود. محققین هم چنان در بهینه سازی شکل هندسی صفحه برگردان و سایر پارامترهای موثر در نیروی کششی آن تلاش می کنند. در ایران حدود ۳۱۸۰۰۰ گاوآهن تراکتوری وجود دارد که زمین های کشاورزی را برای کاشت آماده می کنند (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۰). با این گاوآهن ها سالانه بالغ بر ۱۲ میلیون هکتار زمین شخم زده می شود (طباطبایی فر و همکاران، ۲۰۰۵b). مقاومت کششی پارامتر اصلی در ارزیابی ابزارهای خاک ورزی می باشد. بر پایه تحقیقات زیادی که انجام شده، مقاومت کششی گاوآهن برگردان دار متأثر از پارامترهای خاک، پارامترهای طراحی و ساخت شامل ابعاد و شکل صفحه برگردان، زاویه حمله و زاویه برش تیغه می باشد (یاوزجان و همکاران، ۱۹۹۵).

آن بسته به نوع خاک در میزان فرسایش خیش موثر است (بایهان، ۲۰۰۶).

در خصوص ضرورت استفاده از گاواهن برگردان دار در زراعت چغندرقد، نتایج تحقیقات قهرمانیان و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد استفاده از خاک‌ورزی مرسوم با گاواهن برگردان دار نسبت به خاک-ورزی با گاواهن قلمی سبب افزایش عملکرد محصول به میزان ۷۱٪ شده و با بهبود همگنی رشد غده‌های چغندرقد سبب کاهش تلفات برداشت مکانیزه شد. نتایج تحقیق دیگری در رابطه با زمان عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گندم در بهره‌وری مصرف آب و پارامترهای عملکردی محصول نشان دادند که استفاده از گاواهن برگردان دار در عمق ۲۵-۲۰ در پاییز نسبت به تیمار استفاده از آن در بهار و هم‌چنین تیمار عدم سوزاندن بقایای کلش در مزرعه در مقایسه با سوزاندن بقایای کلش سبب افزایش عملکرد محصول، ماده آلی خاک و عمق نفوذ ریشه شده و بهره‌وری مصرف آب حداکثر شد (قهرمانیان و همکاران، ۲۰۱۰).

تاکنون تحقیقات درباره گاواهن‌ها در کشور بیشتر معطوف به مسائل مرتبط با اثر عمق شخم، روش‌های مختلف خاک-ورزی و مواردی از این قبیل بوده است و به تغییر شکل خیش‌ها و امکان تطبیق آنها با تراکتورهای موجود کمتر توجه شده است (طباطبایی فر و همکاران، ۲۰۰۱). کفاشان (۱۹۹۷) با استفاده از ترسیمات کامپیوتری صفحه برگردان را طراحی کرد. در تحقیق دیگری، کیانمهر و همکاران (۲۰۰۵) گاواهن دوطرفه مستطیلی سه خیش را مطابق با تراکتورهای جان‌دیر موجود در ایران طراحی و ساختند.

به‌منظور بررسی امکان جایگزینی گاواهن با صفحه برگردان مستطیلی شکل^۱ با گاواهن برگردان دار دوطرفه، طی تحقیقی پارامترهای ظرفیت گاواهن‌های برگردان دار یک‌طرفه، دوطرفه و گاواهن برگردان دار با صفحه برگردان به‌شکل مستطیل ارزیابی شد. در این مطالعه نیروی کششی لازم، میزان مصرف سوخت و ظرفیت مزرعه‌ای بررسی گردید. نتایج بررسی و مطالعه مزرعه‌ای نشانگر برتری گاواهن برگردان دار با صفحه برگردان مستطیل شکل نسبت به گاواهن‌های برگردان دار دوطرفه در بررسی مقاومت کششی و میزان مصرف سوخت بود (گکنور، ۱۹۹۵). برای رفع معایب گاواهن‌های برگردان دار یک‌طرفه، گاواهن‌های دوطرفه با دو سری خیش توصیه شده است؛ اما وزن زیاد گاواهن‌های برگردان دار دوطرفه، قیمت زیاد و محدودیت توان تراکتورهای موجود در ایران سبب شده تا این گاواهن‌ها مورد استقبال کشاورزان قرار نگیرند. برای برطرف کردن معایب گاواهن‌های برگردان دار دوطرفه، گاواهن برگردان دار دوطرفه سه خیشه با خیش مستطیلی طراحی و ساخته شده است. در تحقیقی عملکرد گاواهن دوطرفه مستطیلی سه خیش با گاواهن برگردان دار یک‌طرفه سه خیش متعارف مقایسه و

افزایش نیروی مقاومت کششی می‌گردد؛ این در حالی است که افزایش عمق شخم و یا کاهش سرعت پیشروی، افزایش لغزش چرخ‌های محرک را در پی خواهد داشت. پارامتر اثر گذار روی بازده کششی و سرعت پیشروی عملیات شخم ارزیابی گردید. حداکثر بازده کششی در عمق شخم متوسط با حداکثر سرعت رخ داد. اسکندری (۱۳۷۵) در تحقیقی مقاومت کششی گاواهن برگردان دار را در سه عمق مختلف در خاک‌ورزی پاییزه و بهاره مطالعه کرد. نتایج حاصله بیانگر افزایش مقاومت کششی گاواهن با عمق شخم در هر دو عملیات بود. بیشترین مقاومت کششی در شخم پاییزه در عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر با میانگین ۷۷۵/۴۷ کیلوگرم نیرو و کمترین مقدار در شخم بهاره در عمق شخم ۱۵ سانتی‌متر با میانگین ۴۰۰/۹ کیلوگرم نیرو بود. با توجه به نتایج، درصد سرش تراکتور در حالت کلی در عمق‌های مختلف در حین عملیات شخم پاییزه بیش از عملیات شخم بهاره بود. ارتباط بین عمق و سرعت عملیات خاک‌ورزی و نیروی مقاومت کششی گاواهن دیسکی توسط اولاتونجی و همکاران (۲۰۰۹) مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با افزایش هر دو پارامتر، نیروی کشش مورد نیاز برای انجام عملیات خاک‌ورزی افزایش می‌یابد. در زمینه بررسی عوامل موثر بر مقاومت کششی گاواهن برگردان دار در ایران، پارامتر-هایی نظیر رطوبت خاک، عمق شخم و سرعت کار روی مقاومت کششی گاواهن برگردان دار سوار، توسط رشیدی و همکاران (۲۰۱۳) تحقیق گردید. نتایج آن‌ها حاکی از معنی‌داری هر یک از تیمارهای مذکور در سطح احتمال ۱٪ روی مقاومت کششی گاواهن بودند، به نحوی که با افزایش رطوبت خاک، مقاومت کششی افزایش یافت. علاوه بر این، آن‌ها دریافتند که از میان تیمارهای اعمالی، سرعت پیشروی بیشترین تاثیر را روی مقاومت کششی داشت.

طی تحقیقی مقاومت کششی و میزان مصرف سوخت گاواهن برگردان دار چهار خیشه در عمق خاک‌ورزی ۱۸ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. حداکثر مقاومت کششی ۱۳/۳ کیلونیوتن در سرعت پیشروی ۷/۶ کیلومتر در ساعت و حداقل مقاومت کششی ۹/۴ کیلونیوتن در سرعت پیشروی ۳/۵ کیلومتر در ساعت حاصل شد. حداکثر میزان مصرف سوخت ۳۵/۳ لیتر در هکتار در سرعت پیشروی ۳/۵ کیلومتر در ساعت و حداقل میزان مصرف سوخت ۲۶ لیتر در هکتار در سرعت پیشروی ۵ کیلومتر در ساعت بود (باستانیان، ۱۹۹۴). در خصوص طراحی و بهینه‌سازی گاواهن، مطالعات نشانگر آن است که افزایش سختی مواد سبب کاهش فرسایش در قسمت‌های در معرض سایش می‌شود. مقاومت خیش در مقابل سایش علاوه بر سختی مواد اجزاء خیش، با سفتی خاک نیز مرتبط می‌باشد. سختی بیش از حد سطح خیش سبب آسیب‌پذیری بیشتر آن در مقابل بارهای ضربه‌ای شده و نهایتاً باعث شکستگی آن می‌شود. هم‌چنین شکل صفحه برگردان، تیغه و نوک

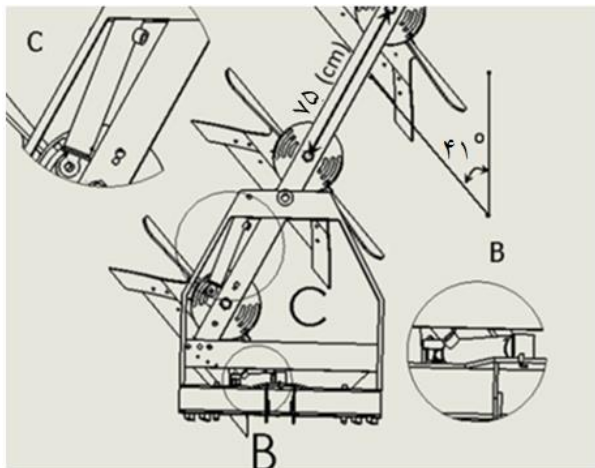
¹ Swing Plough

۲۰۱۵). خیش‌ها بر روی یک پروفیلی که بواسطه پیستون هیدرولیکی قابل گردش حول محور آن می‌باشد، نصب گردیدند. برای برگرداندن خاک در دو جهت و تنظیم تراز افقی گاوآهن، پروفیل مذکور به دو پیستون هیدرولیکی مجهز شد (شکل ۱). در آزمایشات مزرعه‌ای گاوآهن ابداعی با سه خیش برای تأمین عرض کار ۱۰۵ در عمق کار ۲۵ سانتی‌متر تنظیم شد.



شکل ۱- مدل اولیه گاوآهن برگردان دار دو سویه

در عملیات شخم هنگام رفت زاویه برش ۴۱ درجه، زاویه حمله ۲۱ درجه و فاصله بین خیش‌ها روی شاسی ۷۵ سانتی‌متر بود. در برگشت، برای قرارگیری خیش‌ها در حالت شخم، هر کدام از خیش‌ها حول نقطه اتصال به اندازه ۹۸ درجه چرخیده و زاویه برش ۴۱ درجه دوباره تنظیم شد (شکل ۲).



شکل ۲- مکانیزم تنظیم گاوآهن ابداعی برای قرارگیری در موقعیت شخم در زمان رفت و برگشت

گاوآهن‌های برگردان دار شاهد

گاوآهن برگردان دار دو سویه با سه خیش، با گاوآهن‌های برگردان دار یک‌طرفه و دوطرفه سه خیشه ۱۴ اینچ با عرض کار ۱۰۵ (۳۵×۳) سانتی‌متر مورد ارزیابی مزرعه‌ای قرار گرفت (شکل ۳). گاوآهن برگردان دار دوطرفه عملیات شخم را از یک طرف مزرعه

ارزیابی گردید. نتایج نشان دادند که مقاومت کشتی و لغزش چرخ‌های تراکتور در حین انجام عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن دوطرفه مستطیلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گاوآهن یک طرفه است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملکرد گاوآهن دوطرفه سه خیش مستطیلی مشابه گاوآهن یک طرفه است اما با توجه به مزایایی که گاوآهن‌های دوطرفه دارند استفاده از آنها توصیه می‌شود (کیانمهر، ۲۰۰۹).

در ارزیابی پارامترهای عملکردی گاوآهن دوسویه در آزمایش کانال خاک، مقاومت کشتی در آن با ۱۹ کیلونیوتن بر مترمربع و مدل تک خیش گاوآهن برگردان دار شاهد با ۱۸/۸ کیلونیوتن بر مترمربع اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. نتایج ارزیابی حاکی از برگردان موفقیت آمیز مدل تک خیش گاوآهن برگردان دار دوسویه بود و امکان برگردان خاک در دو جهت با صفحه برگردان متقارن به اثبات رسید. چنان‌که شاسی مناسبی برای آن طراحی شود می‌تواند جایگزین مناسبی برای گاوآهن برگردان دار دو طرفه باشد (قهرمانیان و همکاران، ۲۰۱۴).

به‌منظور کاهش قیمت گاوآهن برگردان دار دوطرفه، کاهش وزن و حذف مکانیزم دورانی آن، که در معرض استهلاک زیاد می‌باشد طراحی جدیدی در گاوآهن برگردان دار انجام شد. در طراحی جدید، با حذف خیش‌های بالایی گاوآهن برگردان دار دوطرفه تعداد خیش‌ها به نصف کاهش یافت و صفحه برگردان به شکل کاملاً متقارن طراحی گردید. شاسی نیز با مکانیزم کاملاً متفاوت با گاوآهن برگردان دوطرفه با استفاده از سه عدد پیستون هیدرولیکی، قادر به برگرداندن خاک در دو جهت چپ و راست گردید. به‌خاطر نوع مکانیزم آن در برگرداندن خاک در دو جهت نام گاوآهن برگردان دار دوسویه به آن اختصاص داده شد. هدف از ایجاد گاوآهن برگردان دار دوسویه، معرفی جایگزین مناسبی برای گاوآهن برگردان دار دوطرفه به‌منظور کاهش وزن و قیمت آن بود تا مشکل استهلاک زیاد در مکانیزم دوران خیش‌ها و نیاز به تراکتور با توان بیشتر به‌خاطر وزن سنگین آن حل شود. و نیز برای اکثر کشاورزان دارای تراکتورهای دوچرخ محرک با توان متوسط قابل استفاده باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تجهیزات

مدل اولیه گاوآهن برگردان دار دوسویه

در این تحقیق مدل‌های مختلفی از گاوآهن طراحی و مورد آزمایش قرار گرفتند. نمونه موفق و نهایی شده برای انجام آزمایشات مزرعه‌ای و بررسی پارامترهای عملکردی آن در مقایسه با گاوآهن برگردان دار یک‌طرفه و گاوآهن برگردان دار دو طرفه انتخاب شد. گاوآهن برگردان دار ابداعی (دو سویه) دارای سه خیش با صفحه برگردان، تیغه، کفشک و تنه یا سینه متقارن می‌باشد (قهرمانیان،

جدول ۱- مشخصات گاوا آهن‌های مورد استفاده در تحقیق

| نوع | تعداد خیش | عرض کار گاوا آهن | ارتفاع | وزن گاوا آهن |
|------------------|-----------|------------------|--------|--------------|
| | | | (cm) | |
| گاوا آهن یک‌طرفه | ۳ | ۱۰۵ | ۷۰ | ۳۰۰ (kg) |
| گاوا آهن دو طرفه | ۳ | ۱۰۵ | ۷۵ | ۷۵۰ |
| گاوا آهن دو سویه | ۳ | ۱۰۵ | ۷۰ | ۵۱۷ |

تراکتور

در کلیه آزمایشات برای ارزیابی هر سه نوع گاوا آهن، تراکتور چهار چرخ محرک فیات ترک با مارک 80-66 DT با توان اسمی ۷۰ اسب بخار به عنوان منبع کشش استفاده شد. تراکتور فوق دارای کابین اختصاصی برای قرارگیری ابزارهای اندازه‌گیری دقیق شامل: جعبه دیتالاگر، آمپلی فایر، مبدل ولتاژ، وای‌فای، رادار و شمارنده مغناطیسی دور چرخ بود. برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد ارزیابی، تراکتور فوق به ابزارهای اندازه‌گیری سرعت، سرش، میزان مصرف سوخت و نیرو تجهیز شد. اندازه‌گیری عمق شخم به روش دستی با استفاده از خط کش انجام شد.

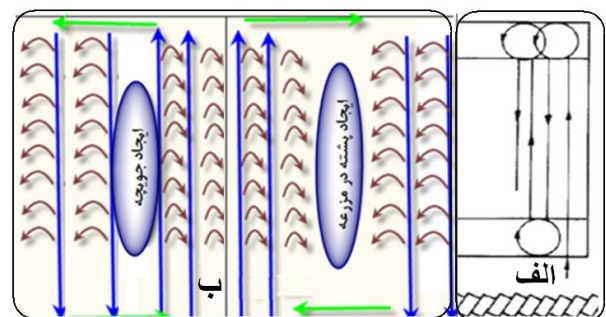
شاسی واسط

برای اندازه‌گیری نیروهای وارد به گاوا آهن‌ها، اتصال مستقیم پین‌های اندازه‌گیری نیرو ممکن نشد (مشکلات فنی از جمله نامتناسب بودن قطر پین‌ها). از این رو از شاسی واسط استفاده گردید (گلو سویلو و همکاران، ۲۰۰۷). شاسی واسط مابین سامانه اتصال سه‌نقطه تراکتور و گاوا آهن قرار گرفته و برای ابعاد مختلف ادوات دنباله‌بند در اتصال به تراکتور قابل تنظیم بوده و برای اندازه‌گیری نیروی کشش، قطر پین‌های اندازه‌گیری نیرو متناسب با سامانه اتصال سه‌نقطه تراکتور بود (شکل ۵).

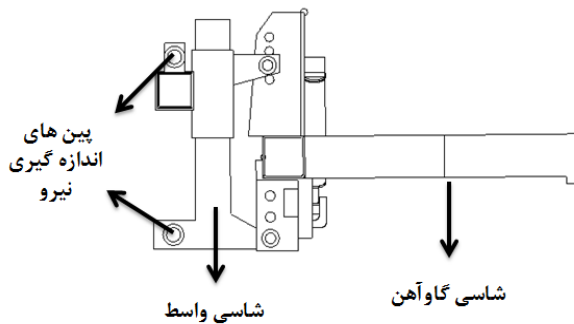
شروع کرده و بدون ایجاد جویچه و یا پشته در طرف مقابل آن را تمام می‌کند. در گاوا آهن برگردان‌دار یک‌طرفه (گاوا آهن برگردان‌دار استاندارد) اگر عملیات شخم از وسط مزرعه شروع شود در پایان عملیات شخم در وسط مزرعه جویچه ایجاد می‌شود ولی چنانکه عملیات شخم از کناره‌های مزرعه شروع شود در پایان عملیات شخم در وسط مزرعه پشته ایجاد می‌شود. الگوی حرکت گاوا آهن‌های برگردان‌دار دوطرفه و دوسویه در شکل (۴-الف) و ایجاد جویچه و یا پشته در وسط مزرعه و پیمایش در انتهای مزرعه در شخم با گاوا آهن برگردان‌دار یک طرفه در شکل (۴-ب) و مشخصات فنی آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل ۳- گاوا آهن‌های شاهد در ارزیابی مزرعه‌ای



شکل ۴- الف- الگوی حرکت گاوا آهن برگردان‌دار دوطرفه و دوسویه ب- الگوی حرکت گاوا آهن برگردان‌دار یک طرفه



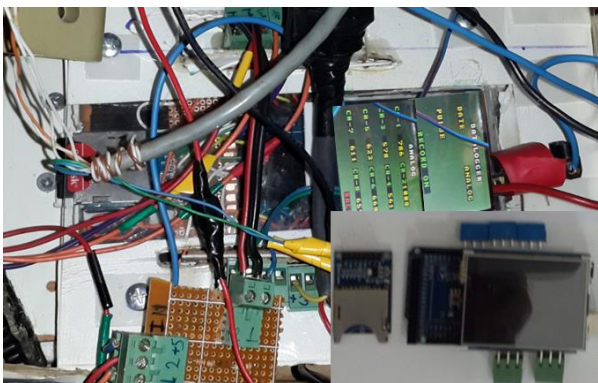
شکل ۷- طرح‌واره نصب پین‌ها روی شاسی واسط و گاوآهن

سامانه اندازه‌گیری مصرف سوخت

برای اندازه‌گیری میزان مصرف سوخت تراکتور، در آزمایشات از دبی‌سنج سوخت با مارک "Kraht: Gear Type Flow Meters" VC ساخت کشور آلمان استفاده شد. از دو عدد دبی‌سنج یکی در مسیر لوله رفت سوخت از انژکتور به موتور و دیگری در مسیر برگشت از انژکتور به مخزن سامانه سوخت‌رسانی به‌منظور اندازه‌گیری سوخت مصرفی تراکتور استفاده شد.

سامانه جمع‌آوری داده

برای اندازه‌گیری هم‌زمان داده‌های آنالوگ و دیجیتال (شامل: میزان مصرف سوخت، سرعت حرکت، سرش و مقاومت کششی) سامانه اندروید جمع‌آوری داده به‌طور اختصاصی این آزمایش با قابلیت ذخیره داده‌ها در هر ثانیه طراحی و ساخته شد (شکل ۷). واسنجی حسگرهای آنالوگ و دیجیتال بدون تداخل امواج توسط سامانه طراحی شده با موفقیت انجام شد. داده‌های جمع‌آوری شده قابل ذخیره در کارت حافظه بودند.



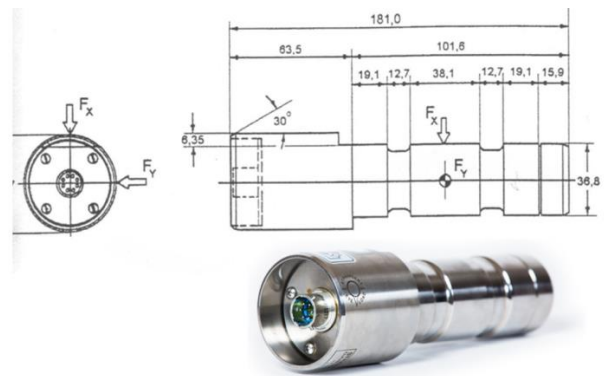
شکل ۸- سامانه اندروید جمع‌آوری داده



شکل ۵- شاسی واسط پین‌های اندازه‌گیری نیرو و سامانه اتصال- سه‌نقطه تراکتور

پین‌های اندازه‌گیری نیرو

در اندازه‌گیری مقاومت کششی گاوآهن‌ها از پین‌های اندازه‌گیری نیرو (Biaxial clevis pin) ساخت شرکت استرنزرت (STRAININSERT-USA) استفاده شد. این پین‌ها از جنس فولاد آلیاژی خاصی به‌شکل استوانه ساخته شده و دو عدد پل و تستون با استفاده از استرین گیج‌ها در داخل هر کدام از پین‌ها جهت اندازه‌گیری نیروی افقی (F_x) و عمودی (F_y) تعبیه شده است (شکل ۶). طرح‌واره نصب پین‌های اندازه‌گیری نیرو بروی شاسی واسط و نحوه اتصال شاسی واسط به شاسی گاوآهن در شکل (شکل ۷) ارائه شده است.



شکل ۶- پین‌های اندازه‌گیری نیرو (Biaxial clevis pin)

۲-۲- اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای

آزمایشات در مزرعه تحقیقاتی مَنَمَن دانشگاه اژه ترکیه پس از برداشت گندم در مزرعه پوشیده با کلش در خاکی با بافت لومی رسی (ماسه ۴۴/۹۶٪، سیلت ۲۳/۲۸٪ و رس ۳۱/۷۶٪) اجرا شد. طبقه بندی خاک بر اساس روش تاکسونومی Typic Xerofluvent امریکا انجام شد (یالچین، ۲۰۰۸). آزمایشات در قالب کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار اصلی شامل گاواهن برگردان‌دار یک‌طرفه، گاواهن برگردان‌دار دوطرفه و گاواهن برگردان‌دار دو سویه و تیمار فرعی سرعت عملیات خاک‌ورزی در سه سطح ۲/۷، ۴/۰ و ۴/۷ کیلومتر در ساعت در سه تکرار اجرا شد. پارامترهای مورد ارزیابی برای مقایسه عملکرد گاواهن‌ها شامل مقاومت کششی، میزان مصرف سوخت، ظرفیت مزرعه‌ای گاواهن‌ها و میزان سرش تراکتور بود.



شکل ۹- تست فرمان‌گیری تراکتور در گاواهن دوسویه

اندازه‌گیری سرعت پیشروی

برای اندازه‌گیری سرعت انجام عملیات شخم (V_R) از رادار (DICKEY-john) استفاده شد. دستگاه رادار در ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر با زاویه 30° نسبت به سطح افق نصب شد. به‌منظور اندازه‌گیری سرش، سرعت دورانی چرخ‌های عقب تراکتور با استفاده از حسگر مغناطیسی اندازه‌گیری شد. مکانیزم نگهدارنده خاصی برای اتصال حسگر مغناطیسی به چرخ تراکتور طراحی شد (شکل ۱۰). روی رینگ چرخ عقب تراکتور ۸ عدد پیچ موجود می‌باشد. با دریافت ۸ سیگنال در هر دور چرخ عقب، توسط حسگر مغناطیسی، سرعت محیطی چرخ عقب تراکتور با فرمول‌های ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$V_T = \frac{S_g p \times 2 \times 3.14 \times R}{n} \quad (1)$$

$$P = \frac{V_T - V_R}{V_R} \times 100 \quad (2)$$

که در آن‌ها،

- $S_g p$: تعداد سیگنال‌های شمارش شده از چرخ در هر ثانیه
- R : شعاع چرخ تراکتور
- n : تعداد پیچ‌های موجود در رینگ چرخ
- V_T : سرعت محیطی چرخ عقب تراکتور (m/s)
- V_R : سرعت پیشروی تراکتور (m/s)
- P : درصد سرش چرخ‌های عقب تراکتور (%)

اندازه‌گیری مقاومت کششی

با استفاده از شاسی واسط (شکل ۵ و ۷)، بین‌های اندازه‌گیری نیرو به بازوهای اتصال سه‌نقطه تراکتور متصل شد و در مجموع با سه عدد پین اندازه‌گیری نیرو، نیروهای وارده بر تک‌تک بازوهای اتصال سه نقطه تراکتور در دو جهت افقی (مقاومت کششی گاواهن در راستای حرکت) و عمودی (نیروی ناشی از وزن گاواهن و مکش آن)، اندازه‌گیری شد. نیروی جانبی وارد بر تراکتور از طرف گاواهن به‌لحاظ فنی با تجهیزات موجود قابل اندازه‌گیری نبود. برآیند سه نیروی افقی اندازه‌گیری شده از سه بازوی سامانه اتصال سه نقطه به‌عنوان مقاومت کششی گاواهن محاسبه شد.

سیگنال‌های خروجی بین‌های اندازه‌گیر نیروها با استفاده از آمپلی‌فایر تقویت شده و سپس توسط سامانه جمع‌آوری داده آندرویدی ذخیره گردید. سامانه آندرویدی جمع‌آوری داده (شکل ۸)، کلیه داده‌های آنالوگ و دیجیتال را روی کارت حافظه ذخیره کرده و داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل (Excel) قابل بازخوانی و با توجه به معادلات واسنجی تحلیل گردید.

برای اطمینان از عدم ایجاد مشکل در فرمان‌گیری تراکتور ناشی از نیروهای جانبی در هنگام شخم راننده تراکتور فرمان تراکتور را رها کرده و تراکتور بدون مواجهه با مشکل فرمان‌گیری در راستای شیار شخم به پیشروی ادامه داده و در چنین شرایطی گاواهن برگردان‌دار از لحاظ توازن نیروی جانبی برای بسیاری از تولیدکنندگان گاواهن‌های برگردان‌دار در کشور ترکیه قابل قبول می‌باشد. لذا در این آزمون نیز به‌خاطر عدم امکان اندازه‌گیری نیروی جانبی از لحاظ فنی، با پیاده شدن راننده تراکتور در هنگام شخم نسبت به انجام این آزمون اکتفا گردید (شکل ۹).

$$W_T = \left(\frac{m_F - m_T}{m_T} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

$$BD = m_T / v_T \quad (4)$$

که در آن‌ها:

W_d : درصد رطوبت خاک بر مبنای وزن خشک (%)

BD : جرم مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)

v_T : حجم نمونه خاک (cm^3)

m_T : جرم خاک خشک (gr)

m_F : جرم خاک تر (gr)



شکل ۱۰- رادار و سامانه اندازه‌گیری سریش

اندازه‌گیری عمق خاک‌ورزی

در کلیه تیمارهای خاک‌ورزی عمق خاک‌ورزی برای ۲۵ سانتی‌متر تنظیم شد. برای تعیین عمق واقعی خاک‌ورزی بعد از اتمام عملیات خاک‌ورزی به‌طور تصادفی در سه نقطه از هر پلات آزمایش پروفیل خاک حفر گردید و بدین ترتیب کفه شخم مشخص و عمق شخم اندازه‌گیری گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقاومت کششی گاوآهن

تاثیر نوع گاوآهن و سرعت شخم بر مقاومت کششی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). گاوآهن برگردان‌دار دو سویه با میانگین مقاومت کششی $12/49^c$ کیلونیوتن حداکثر و گاوآهن برگردان‌دار یک‌طرفه با میانگین مقاومت کششی $8/59^a$ کیلونیوتن حداقل مقاومت کششی را داشت. گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه با میانگین مقاومت کششی $11/46^b$ کیلونیوتن در بین دو تیمار دیگر قرار داشت. مقاومت کششی گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه نسبت به گاوآهن برگردان‌دار یک‌طرفه به خاطر وزن زیاد آن بیشتر بود. در گاوآهن برگردان‌دار دوسویه با کاهش وزن آن نسبت به گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه انتظار می‌رفت که مقاومت کششی آن به‌طور معنی‌داری کمتر از گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه باشد اما به‌خاطر افزایش سطح تماس صفحه برگردان، تیغه برش و نیز خطاهای ساخت نمونه اولیه، مقاومت کششی افزایش یافت. در نتیجه میزان کاهش مقاومت کششی ناشی از کاهش وزن تحت تاثیر عوامل افزایشده مقاومت کششی قرار گرفت. خطاهای ایجاد شده در ساخت نمونه اولیه شامل عدم تنظیم یکنواخت زاویه حمله نوک تیغه، زاویه برش تیغه و موازی نبودن کامل کفشک خیش‌ها با یکدیگر بود. خطای ایجاد شده در ساخت نمونه اولیه سبب عدم یکنواختی عمق شخم در سرعت‌های مختلف و در نتیجه افزایش مقاومت کششی شد.

اندازه‌گیری ظرفیت مزرعه‌ای گاوآهن‌ها

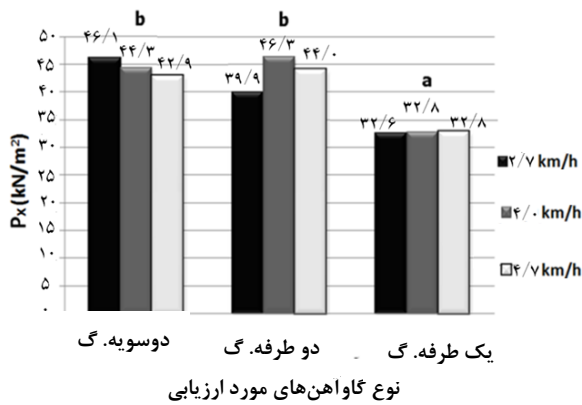
برای اندازه‌گیری ظرفیت مزرعه‌ای، در هر تیمار گاوآهن، قطعه زمین به مساحت 60×20 مترمربع انتخاب و نشانه‌گذاری شد. با جدا کردن شاسی اتصال سامانه اندازه‌گیری نیرو، هر کدام از گاوآهن‌ها به‌طور مستقل به سامانه اتصال سه‌نقطه تراکتور متصل شد. در اندازه‌گیری ظرفیت مزرعه‌ای هر سه گاوآهن، سرعت حرکت تراکتور در دور موتور 2000 (rpm) برای 4 کیلومتر در ساعت تنظیم شد. در گاوآهن برگردان‌دار یک‌طرفه شخم از کنار قطعه زمین انتخابی شروع و در وسط آن به اتمام رسید. در سایر گاوآهن‌ها شخم از یک طرف مزرعه شروع و در طرف مقابل به اتمام رسید. بعد از اتمام شخم در قطعه زمین انتخابی براساس مساحت 60×20 مترمربع و زمان انجام عملیات شخم، ظرفیت مزرعه‌ای میانگین محاسبه شد.

خواص فیزیکی خاک مزرعه آزمایشات

قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای به‌منظور اندازه‌گیری خواص فیزیکی خاک، به‌صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف قطعه زمین مورد آزمایش، از عمق 30 - 0 سانتی‌متری نمونه برداری شد. متوسط رطوبت خاک در این عمق، $10/47$ ٪ (بر مبنای وزن خاک خشک) و جرم مخصوص ظاهری $1/48$ گرم بر سانتی‌مترمکعب اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک

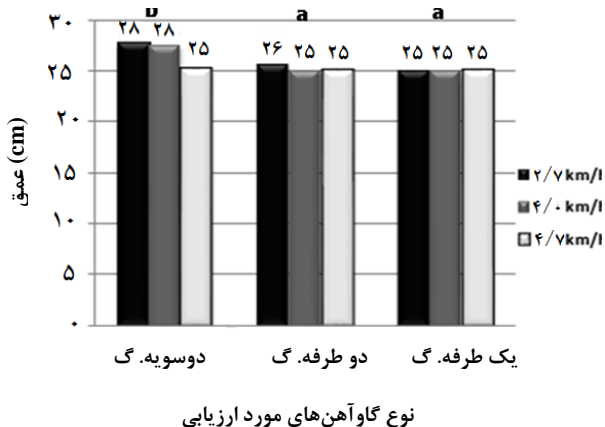
برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک از عمق‌های 30 - 20 ، 20 - 10 و 10 - 0 سانتی‌متری خاک در قبل و بعد از انجام عملیات خاک‌ورزی نمونه خاک دست نخورده با سلیندرهاستوانه‌ای توخالی به حجم 100 سی‌سی تهیه و توزین شده، سپس در دمای $105^\circ C$ به مدت 24 ساعت خشک کرده و سپس وزن شد. درصد رطوبت و جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از معادلات 3 و 4 محاسبه شد.



شکل ۱۱- مقاومت کششی ویژه گاواهن‌ها در سرعت‌های مختلف

۲-۳- عمق خاک‌ورزی در آزمایشات مزرع‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای گاواهن و سرعت پیشروی و هم‌چنین اثر متقابل آنها در عمق خاک‌ورزی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد بیشترین عمق خاک‌ورزی با ۲۸ سانتی‌متر مربوط به تیمار گاواهن برگردان‌دار دوسویه در سرعت‌های ۲/۷ و ۴ کیلومتر در ساعت بوده و در سایر گاواهن‌ها، سرعت‌های مختلف اثر قابل توجهی بر عمق خاک‌ورزی نداشتند. در گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن تیمار گاواهن برگردان‌دار دوسویه در گروه جداگانه با میانگین عمق خاک‌ورزی ۲۷ سانتی‌متر قرار داشت (شکل ۱۲). تغییرات عمق شخم مستقل از سرعت شخم در گاواهن‌های مختلف می‌باشد، اما در گاواهن ابداعی تغییرات عمق شخم در سرعت‌های مختلف مشاهده شد که علت آن افزایش عمق خیش‌های جلویی ناشی از خطاهای ساخت بود.



شکل ۱۲- عمق خاک‌ورزی در گاواهن‌های مورد آزمایش

چنان‌که در هر سه گاواهن مورد ارزیابی عمق شخم یکسان تامین می‌شد مقاومت کششی برای مقایسه تیمارها مناسب بود. در مواقعی که عمق شخم و یا عرض کار گاواهن‌ها یکسان نباشد، مقاومت کشش ویژه نسبت به نیروی کشش، پارامتر بهتری در ارزیابی تیمارها می‌باشد. لذا به‌منظور خنثی کردن اثر عمق شخم در مقاومت کششی گاواهن‌ها، مقاومت کششی ویژه محاسبه و تجزیه و تحلیل شد.

تاثیر نوع گاواهن و سرعت شخم بر مقاومت کششی ویژه (P_x) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). گاواهن برگردان‌دار دوسویه با میانگین مقاومت کششی ویژه ۴۴/۴۵ کیلو نیوتن بر مترمربع اختلاف معنی‌داری با گاواهن برگردان‌دار دوطرفه با میانگین مقاومت کششی ویژه ۴۲/۳۷ کیلو نیوتن بر مترمربع نداشت. گاواهن برگردان‌دار یک طرفه با میانگین مقاومت کششی ویژه ۳۲/۷۳ کیلو نیوتن بر مترمربع با اختلاف معنی‌دار حداقل بود. گاواهن برگردان‌دار یک طرفه بدلیل وزن کمتر و تفاوت اساسی در مکانیزم کارکرد آن با دو نوع گاواهن مورد ارزیابی کمترین مقاومت کششی و نیز مقاومت کششی ویژه را داشت. مقایسه مقاومت کششی ویژه گاواهن‌ها در سرعت‌های مختلف در شکل (۱۱) ارائه شده است. علت اینکه در مقایسه مقاومت کشش ویژه گاواهن برگردان‌دار دوسویه با گاواهن برگردان‌دار دوطرفه بر خلاف پارامتر مقاومت کشش، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ناشی از افزایش عمق شخم در آن بود. در گاواهن برگردان‌دار دوسویه به‌خاطر خطاهای در ساخت آن، خیش‌های جلویی در خاک بیشتر فرو رفته و سبب افزایش مقاومت کششی آن شد ولی در مقاومت کششی ویژه اثر عمق شخم خنثی شد.

موازی نبودن هر سه خیش با یکدیگر و با جهت حرکت سبب افزایش مقاومت کششی گاواهن ابداعی شد. لذا پس از اصلاح زاویه قرارگیری خیش‌ها روی شاسی مقاومت کششی آن به‌طور یقین کاهش خواهد یافت. احتمال دارد پس از رفع خطای ساخت، با استفاده از پوشش نانو در سطح برگردان و تیغه‌برش مقاومت کششی گاواهن برگردان‌دار دوسویه به کمتر از گاواهن برگردان‌دار دوطرفه برسد. علاوه بر موارد اشاره شده در ساخت تجاری گاواهن مطابق با طراحی بهینه شده نهایی وزن آن به حدود ۴۵۰ کیلوگرم خواهد رسید. کاهش مقاومت کششی با کاهش وزن گاواهن در تحقیقات انجام شده قبلی به اثبات رسیده است (نقدیان و همکاران، ۱۳۹۲؛ اولاتونجی و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۲ - آنالیز واریانس پارامترهای مورد مطالعه در ارزیابی مزرعه‌ای گاوآهن‌ها

| منابع تغییر | درجات آزادی | میانگین مربعات | | | مقاومت کششی ویژه | مقاومت کششی | میزان مصرف سوخت | سرش | عمق شخم |
|------------------|-------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|-----|---------|
| | | مقاومت کششی ویژه | مقاومت کششی | میزان مصرف سوخت | | | | | |
| تکرار | ۲ | ۰/۵۴ | ۱۸/۲۷ | ۰/۱۷۶ | ۰/۰۳ | ۰/۷۵۶ | | | |
| نوع گاوآهن (A) | ۲ | ۳۸/۹۷** | ۳۷۷/۱۳** | ۴۳/۸۶** | ۸۰/۲۱** | ۸/۴۳* | | | |
| خطا | ۴ | ۰/۱۶ | ۴/۱۴ | ۱/۵۱ | ۰/۰۴۶ | ۰/۸۵۶ | | | |
| سرعت شخم (B) | ۲ | ۱/۴۶ | ۱۰/۴۳ ^{ns} | ۷۵/۳۳** | ۰/۷۱** | ۲/۶۸* | | | |
| اثر متقابل B × A | ۴ | ۲۱/۱۰* | ۲۰/۸ ^{ns} | ۷/۸۱* | ۰/۸۶** | ۱/۸۳* | | | |
| خطا | ۱۲ | ۰/۴۹۶ | ۸/۱۸ | ۱/۵۹ | ۰/۸۶ | ۰/۶۵ | | | |
| % cv | | ۶/۴ | ۶/۴ | ۴/۷ | ۱/۹ | ۳/۱ | | | |

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، ns - عدم وجود اختلاف معنی‌دار

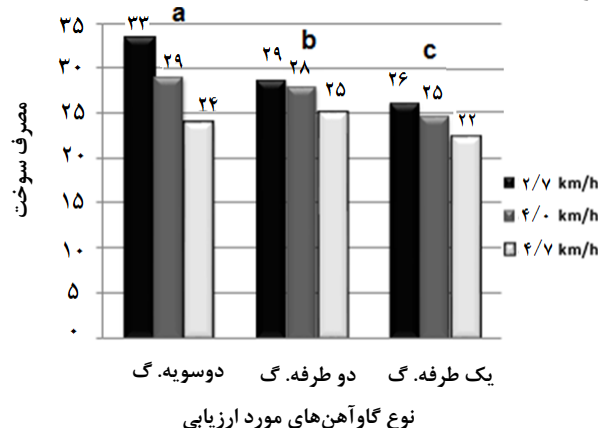
کششی و متعاقب آن کاهش سرعت شخم در گاوآهن برگردان‌دار دو سویه بود که سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در مصرف سوخت شد. در گاوآهن‌های ارزیابی شده در سرعت ۲/۷ مقدار مصرف سوخت نسبت به سرعت‌های ۴/۰ و ۴/۷ کیلومتر در ساعت بیشتر بود. علت آن مصرف بیشتر سوخت در دنده سنگین با سرعت کم پیشروی بود. در سرعت پیشروی ۴/۷ کیلومتر در ساعت در کلیه گاوآهن‌های مورد ارزیابی، حداقل مقدار مصرف سوخت مشاهده شد. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات به عمل آمده توسط باستانیان (۱۹۹۴)، در خصوص افزایش میزان مصرف سوخت در واحد سطح با کاهش سرعت انجام عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار مطابقت داشت.

۳-۴ - میزان سرش

سرعت پیشروی و میزان سرش در شخم با گاوآهن‌ها در سه سرعت پیشروی (رادار س.)، سرعت محیطی چرخ تراکتور (چرخ س.) و میزان سرش به‌طور لحظه‌ای در شکل ۱۴ ارائه شده است. براساس نتایج تجزیه واریانس بین تیمارهای نوع گاوآهن، سرعت پیشروی و اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ($p \leq 0.01$) در میزان سرش تراکتور وجود داشت (جدول ۲). در گروه‌بندی میانگین‌ها به‌روش دانکن در ارزیابی میزان سرش، تیمارهای نوع گاوآهن در سه گروه جداگانه آماری قرار گرفت. تیمار گاوآهن برگردان‌دار دو طرفه در گروه آماری جداگانه با میانگین ۱۳/۳۰٪ کمترین میزان سرش و در گاوآهن برگردان‌دار یک طرفه با ۱۹/۰۱٪ حداکثر میزان سرش را داشت. گاوآهن برگردان‌دار دو سویه در گروه جداگانه با میانگین سرش ۱۴/۶۷٪ قرار گرفت (شکل ۱۵). با توجه به این‌که در گاوآهن برگردان‌دار یک طرفه کمترین میزان انتقال وزن چرخ‌های جلوی تراکتور به چرخ محرک عقب تراکتور انجام می‌شود بیشترین میزان سرش در آن

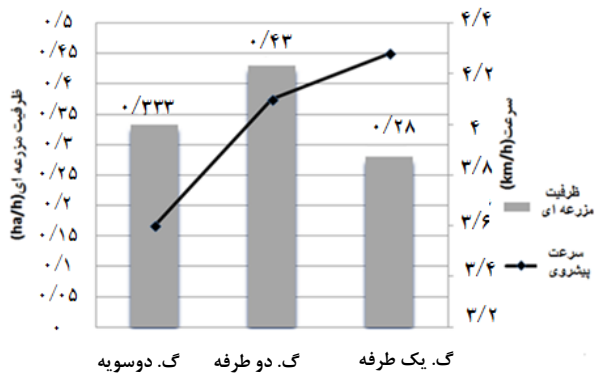
۳-۳ - میزان مصرف سوخت در گاوآهن‌ها

میزان مصرف سوخت در گاوآهن‌های مورد ارزیابی در آزمایش مزرعه‌ای در شکل ۱۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده بین گاوآهن‌های مختلف در میزان مصرف سوخت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ($p \leq 0.01$) وجود داشت (جدول ۲). مصرف سوخت در گاوآهن برگردان‌دار دو سویه ۲۸/۷، گاوآهن برگردان‌دار دو طرفه ۲۷/۲۳ و گاوآهن برگردان‌دار یک طرفه ۲۴/۳۶ لیتر در هکتار بود. هم‌چنین بین سرعت‌های مختلف شخم نیز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۲). در کمترین سرعت شخم میزان مصرف سوخت $29/43^c$ لیتر در هکتار بود و در حداکثر سرعت این پارامتر مقدار $23/69^a$ لیتر در هکتار و به‌عنوان تیمار برتر، کمترین میزان مصرف سوخت بود و در سرعت ۴ کیلومتر در ساعت میزان مصرف سوخت $27/18^b$ لیتر در هکتار بود.



شکل ۱۳ - مصرف سوخت گاوآهن‌ها در سرعت‌های مختلف

میزان مصرف سوخت در گاوآهن برگردان‌دار دوسویه بیشتر از گاوآهن برگردان‌دار دو طرفه بود. علت این امر، افزایش مقاومت



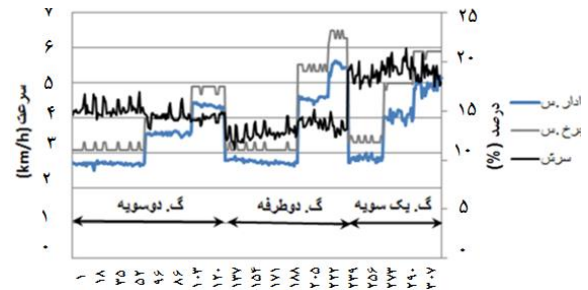
شکل ۱۶- ظرفیت مزرعه‌ای و سرعت پیشروی در آزمایشات

۴- نتیجه‌گیری

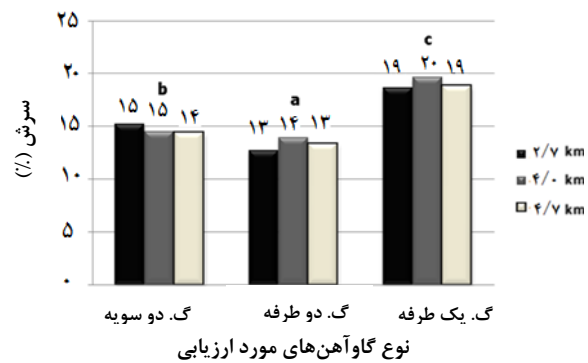
هدف از اجرای این پروژه، ابداع گاوآهن جدیدی با وزن کمتر به منظور کاهش استهلاک و ارزان‌تر بود تا این که اکثر کشاورزانی که تراکتورهای با توان کمتر و ناکافی برای به کار انداختن گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه سه خیش دارند بتوانند از مزیت گاوآهن‌های برگردان‌دار دوطرفه برخوردار شوند. در این پروژه با طراحی صفحه برگردان‌دار متقارن حذف سری خیش‌های بالایی و در عین حال شخم در دو جهت مشابه گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه ممکن شد. با حذف سری خیش‌های بالایی و استفاده از مکانیزم کاملا متفاوت از گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه، قسمت‌های در معرض استهلاک زیاد (قسمت دوران شاسی گاوآهن) حذف شد. حذف سری خیش‌های بالایی سبب کاهش وزن آن به ۴۰٪ نسبت به گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه در طراحی شد. در ساخت نمونه اولیه کاهش وزن ۳۲٪ محقق شد ولی در ساخت نهایی مطابق با طراحی بهینه شده و حذف قسمت‌های زائد، کاهش وزن آن به مقدار ۴۰٪ نسبت به گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه قابل دستیابی می‌باشد. در گاوآهن‌های برگردان‌دار موجود عرض کار هر خیش ثابت می‌باشد لذا با تغییر عمق، تناسب عرض به عمق کار خیش تغییر یافته و این امر سبب می‌شود بقایای گیاهی، علف‌های هرز و بذور آنها به‌طور کامل در زیر خاک قرار نگیرند. در طراحی جدید با به‌کارگیری سه پیستون هیدرولیکی سه عرض کار ۱۲، ۱۴ و ۱۶ اینچ برای هر خیش جهت حفظ نسبت ۱/۴ عرض به عمق کار خیش برای زیر خاک قرار دادن کامل علف‌های هرز و بذور آنها، قابل تنظیم می‌باشد. با امکان تنظیم عرض کار خیش‌ها سه عمق خاک‌ورزی ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر با عرض کار ۹۰، ۱۰۵ و ۱۲۰ سانتی‌متر برای گاوآهن ابداعی ممکن شد. در واقع این گاوآهن جایگزین سه گاوآهن ۱۲، ۱۴ و ۱۶ اینچی است. با حذف سری خیش‌های بالایی قیمت گاوآهن ابداعی نسبت به گاوآهن دو طرفه به حدود یک سوم کاهش یافته و با کاهش وزن آن نیاز به تراکتور سنگین در نوع سه و چهار خیشه نمی‌باشد. کاهش

اتفاق افتاد. وزن کمتر و در نتیجه انتقال وزن کمتر در گاوآهن ابداعی نسبت به گاوآهن برگردان‌دار دو طرفه، میزان سرش نیز در گاوآهن ابداعی بیشتر از گاوآهن برگردان‌دار دو طرفه بود.

سرعت پیشروی و میزان سرش در گاوآهن‌های مورد ارزیابی



شکل ۱۴- سرعت پیشروی، سرعت محیطی چرخ و میزان سرش تراکتور به‌صورت لحظه‌ای



شکل ۱۵- میزان سرش تراکتور در ارزیابی مزرعه‌ای

۳-۵- ظرفیت مزرعه‌ای گاوآهن‌ها

ظرفیت مزرعه‌ای و سرعت عملیات خاک‌ورزی در گاوآهن‌های مورد ارزیابی در شکل ۱۶ ارائه شده است. بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای در گاوآهن برگردان‌دار دو طرفه با مقدار ۰/۴۳ هکتار در ساعت بود. در حالی که در گاوآهن برگردان‌دار یک طرفه با وجود بیشترین سرعت پیشروی به‌خاطر این که این نوع گاوآهن تنها در یک جهت قادر به برگرداندن خاک بوده و در انتهای مزرعه جهت قرارگیری در وضعیت شخم اتلاف زمانی دارد (شکل ۴)، کمترین ظرفیت مزرعه‌ای را با مقدار ۰/۲۸ هکتار در ساعت به‌خود اختصاص داد. در گاوآهن برگردان‌دار دو سویه ظرفیت مزرعه‌ای ۰/۳۳ هکتار در ساعت در رتبه بعد از گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه بود. گاوآهن ابداعی به‌خاطر سرعت کمتر در انجام شخم، در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه دارای ظرفیت مزرعه‌ای کمتر بود.

کار متغیر و عدم نیاز به تراکتور سنگین، می‌تواند گزینه دیگری در انتخاب گاوآهن بر گردان‌دار باشد.

قدردانی

این پروژه با اعتبارات وزارت صنایع کشور ترکیه (SANTEZ) در کارخانه "Aksezgin Pulluk" انجام شده و در ساخت مدل ۵۰٪ تک خیش از اعتبارات و مساعدت دانشگاه ورشو در کشور لهستان استفاده شده است. لذا بدین وسیله از استاتید راهنما، مدیریت کارخانه و وزارت صنایع کشور ترکیه نهایت تشکر و سپاس‌گزاری را می‌نمایم.

قیمت گاوآهن و امکان استفاده از آن با تراکتورهای متعارف و در دسترس عمده کشاورزان، خرید گاوآهن را تسهیل می‌نماید. با وجود این‌که مقاومت کششی در گاوآهن بر گردان‌دار دوطرفه بیشتر از گاوآهن بر گردان‌دار یک طرفه می‌باشد به‌خاطر مزیت برگردان خاک در دو طرف و در نتیجه افزایش ظرفیت مزرعه‌ای، نسبت به گاوآهن بر گردان‌دار یک طرفه ترجیح داده می‌شود. اما قیمت گران و وزن سنگین، توسعه آن را محدود ساخته است. در خصوص گاوآهن بر گردان‌دار دوسویه، به‌خاطر امتیازات قیمت ارزان، کاهش وزن، برگردان خاک در دو جهت، صرفه جویی در مواد مورد استفاده، حفظ نسبت عرض به عمق شخم هر خیش، تأمین عرض

منابع

- اسکندری الف. ۱۳۷۵. برآورد توان مالبندی مورد نیاز گاوآهن بر گردان‌دار در عمق‌های مختلف در زراعت دیم. گزارش نهایی، ۷۵/۷۳۰۴۲. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. ایستگاه مراغه.
- آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۰. وزارت جهاد کشاورزی معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. جلد دوم.
- نقدیان م، عبدالله‌پور ش. ۱۳۹۲. تحلیل اثر پارامترهای عملیاتی شخم با گاوآهن بر گردان‌دار بر لغزش چرخ‌های محرک، نیروی مقاومت کششی و بازده کششی. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی، جلد ۱، شماره ۲، صفحات ۵۴-۴۷، دانشگاه تبریز
- Anon. 2003. **Agricultural Statistic**. Ministry of Jihad-e- Agriculture. Center of Development of Mechanization. Tehran. Iran (In Farsi).
- Bastaban A. 1994. **Toprak İşlemede Farklı İlerleme Hızlarının Pulluk Çeki Kuvvetine ve Yakıt Tüketimine Etkileri Üzerine Bir Araştırma**. Atatürk Ü. Zir.Fak.Der. 25 (2), 202- 209.
- Bayhan Y. 2006. **Reduction of Wear via Hard Facing of Chisel Plough Share**. Tribol Int., 39: 570-574.
- Bernacki H., Haman J. and Kanafowski Cz. 1972. **Agricultural Machines, Theory and Construction**. Vol,1, Warsaw, Poland.
- Gahramanian G. and Tabatabaee Far A. 2008. **Effect of Different Tillage Methods on the Sugar Beet Growth Monotonousness for Mechanized Harvesting**. 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. 91-96. 14-17 October 2008, Antalya- Turkey.
- Gahramanian GH. R., Eivazi A. R. and Nourjou A. 2010. **Effect of Residue Management and Tillage Method on Soil Physical Properties, Water Productivity and Yield of Sugar Beets**. Journal Of Agricultural Engineering Research. 11(1):35-48. (In Farsi)
- Gahramanian G., Çakır, E. Klonowski, J. and Lisowski. A. 2014. **Performance of New Design Mouldboard Plough Model (Double Sided Plough) in a Soil Bin**. J. Agri. Machine Sci. 10(3):195-198.
- Gahramanian G. 2015. **New Design For Moldboard Plough: Double Sided Moldboard Plough**. Ph.D, Thesis, Ege Univ., Izmir, Turkey: 71 pp.
- Göknur İ., Dursun E. and Arif Erol M. 1995. **Kare Gövdeli Döner Kulaklı ve Mevcut Kulaklı Pullukların Bazı İşletme Karakteristiklerinin Karşılaştırılması**. Tarım Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül. Bursa.
- Gülsoylu E. and Günhan. T. 2007. **Traktör ve Tarım Makinaları Tarla Performansının Belirlenmesinde Kullanılan Bir Veri Toplama Sistemi**. Tarım Makinaları Bilim Dergisi. 3(4), 225-231.

- Kafashan J. 1997. **Design of Moldboard Using Computerized Graphic**. M. Sc. Thesis. Department of Mechanics of Agricultural Machinery. Tarbiat Modarres University. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Kianmehr M. H., Hassan-Beygi S. R. and Khazaei. J. 2009. **Comparison of A Three-Harrow Two-Way Square Plow with A Three-Harrow One-Way Moldboard Plow**. J. Agric. Eng. Res. 9(4): 1-16. (in Farsi)
- Randolph J. W. and REED I. F. 1938. **Test of Tillage Tools II. Effect of Several Factors on the Reaction of Fourteeninch Moldboard Ploughs**. Agri. Eng., 19, 29-33.
- Olatunji O. M., Burubai, W. I. and Davies R. M. 2009. **Effect of weight and draught on the performance of disc plough on sandy loam soil**. Journal of Applied Science, Engineering and Technology. 1(1):22- 26.
- Tabatabaefar A. and Safari M. 2001. **Determination of Field Efficiency and Cost of Moldboard Plow and Disk Harrow Operations in Kermanshah City**. J. Agric. Eng. Res. 6(2): 33-43. (In Farsi)
- Tabatabaefar A. and Omid M. 2005. **Current Status of Iranian Agricultural Mechanization**. J. Agric. Soc. Sci. 1(2): 196-201.
- Yanlçın H., Çakır E., Aykas E., Önal İ. and Gülsoylu E. 2008. **Reduced Tillage and Direct Seedling Application on Second Crop Maize and Sunflower**. Journal of Agricultural Machinery Science. 4(2), 157-164.
- Yavuzcan H.G., Jacek K. and Zbigniew M. 1998. **Investigation on Working Resistance of Model Plough Bodies in The Soil Bin**. Annals of Warsaw Agricultural University. 33:3-8.

Comparison and Evaluation of Double Sided Moldboard Plough with Conventional Moldboard Ploughs

Gh. R. Ghahramanian^{*1}, E. Çakır² and E. Gülsoylu²

Received: 1 December 2017 Accepted: 21 April 2018

¹Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

²Ege University Faculty of Agriculture, Department of agricultural Machinery, Bornova-İzmir/Türkiye.

*Corresponding author: gh.ghahramanian@areeo.ac.ir

Abstract

Moldboard plough (MP) is widely used by farmers around the world. Inverting the soil only to the right side, creating ridges or open furrows in the middle of the field, lower field efficiency, higher fuel consumption and unnecessary traveling on the headland are the disadvantages of these ploughs. In order to eliminate those disadvantages of MP, reversible moldboard plough (RMP) has been developed. However, high depreciation in the turning mechanism of RMP, need for a powerful tractor due to its heavy weight, and its high price caused to limited development of RMP. In this research, to eliminate the disadvantages of MP while maintaining its benefits, new design of moldboard plough named as symmetric moldboard plough (SMP) was developed. For evaluation of the new design of moldboard plough a randomized complete split block experimental design with three main plots of plough types: MP, RMP and SMP beside the sub plots of tillage speeds of 2.7, 4.0 and 4.7 km/h was used. The field experiment of SMP on soil turning was successfully performed. With removal of the top bottoms of RMP, the SMP weight in the prototype model was reduced by 32% and the parts subjected to high depreciation were eliminated. In the field experiment there was no significant differences between the SMP with specific draft of 44.45 kNm⁻² and a tested RMP with specific draft of 43.37 kNm⁻². But the tested MP with specific draft of 32.73 kNm⁻² had the lowest.

Keywords: Tillage, Moldboard Plough, Reversible Plough, Symmetric Moldboard Plough