مقاومت کششی، مقاومت ویژه و توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی (چیزل)، در سطوح مختلف رطوبت خاک و عمق شخم

محمد لغوی و سید رضا اشرفی‌زاده*

چکیده

تاثیر سه محدوده از رطوبت خاک (۱۰-۸، ۱۲-۱۰ و ۱۴-۱۲ درصد) و سه عمق شخم (۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر) بر مقاومت کششی، مقاومت ویژه و توان مالبندی مورد نیاز یک گاو آهن قلمی ۷ شاخه، در یک خاک لوم رسی، با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی بررسی گردید. تاثیر عمق شخم بر هر سه پارامتر فوق معنی دار بود، به طوری که مقاومت کششی و توان مالبندی، هر دو با افزایش عمق شخم فزونی یافت، ولی مقاومت ویژه روندی نزولی را با عمق شخم نشان داد. رطوبت خاک در محدوده مورد مطالعه تأثیر معنی داری بر مقاومت کششی و مقاومت ویژه نداشت، هر چند که هر دو پارامتر در محدوده رطوبت ۱۲-۱۰ درصد به حداقل رسید. در این محدوده رطوبتی، توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن نیز کاهش معنی داری نسبت به دو محدوده رطوبتی دیگر داشت که این پدیده را می‌توان ناشی از نزدیک شدن خاک مورد مطالعه به بهترین حالت تردی[1] در این محدوده رطوبتی دانست.

بررسی شاخص مقاومت نفوذ[2] در خاک، قبل و بعد از عملیات شخم، حاکی از وجود سخت لایه‌ای در عمق ۸ تا ۲۰ سانتیمتری از سطح خاک بود که با انجام شخم برطرف شد، ولی لایه فشرده جدیدی در زیر عمق شخم، در اثر عبور تیغه های چیزل ایجاد گردید.

مقایسه نتایج این تحقیق با یافته های سایر پژوهشگران نشان داد که مقادیر به دست آمده برای مقاومت کششی و مقاومت ویژه گاو آهن قلمی، در حد قابل قبولی به میانگین نتایج سایر پژوهشگران نزدیک می‌باشد. همچنین مقایسه آن با گاو آهن برگرداندار در شرایط مشابه، یافته های محققین قبلی را، مبنی بر این که مقاومت واحد[3] گاو آهن قلمی در حدود نیمی از مقاومت واحد گاو آهن برگرداندار است مورد تایید قرار داد.

واژه‌های کلیدی - *خاک ورزی، گاو آهن قلمی (چیزل)، مقاومت کششی، مقاومت ویژه، توان مالبندی.*

مقدمه

گاو آهن قلمی[4] وسیله ایست که به منظور اجرای خاک ورزی اولیه[5] در اعماق ۱۵ تا ۴۶ سانتیمتری طراحی گردیده است (۲). عوامل خاک ورز این گاو آهن متشکل از تعدادی ساقه[6] مجهز به تیغه های قابل تعویض می‌باشد که معمولاً با فاصله ۳۰ سانتیمتر از یکدیگر، به صورت ثابت یا فنر دار، بر روی قاب اصلی دستگاه نصب می‌شوند. نوع فنر دار این گاو آهن قابلیت کار در زمینهای پرمانع را داشته، وجود فنر باعث ارتعاشهایی در ساقه می گردد که به شکستن بیشتر خاک کمک می‌کند (۱). این گاو آهن با زیر و رو کردن جزئی خاک و حفظ قسمت اعظم پوشش گیاهی، خاک را شکسته، مخلوط

* به‌ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بخش ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

1- Friability
2- Penetration resistance
3- Unit draft
4- Chisel
5- Primary tillage
6- Shank

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

نموده وهوا می‌دهد. این وسیله زمانی بهترین کارآیی را از خودنشان می‌دهد که خاک نسبتاً خشک و سخت باشد. در این شرایط، وسیله پس از عبور، سطحی ناهموار را به جای خواهد گذاشت که ضمن محدودکردن تبخیر سطحی، نفوذ آب به درون خاک را بهبود بخشیده، از فرسایش آبی و بادی جلوگیری می‌نماید (۱۷).

در ایران کمبود نزولات جوی در اکثر مناطق سبب شده است تا ذخیره رطوبتی خاکها بسیارکم باشد. این در حالی است که در اثر عدم توجه به حفظ پوشش گیاهی مراتع و زمینهای کشاورزی، سالیانه حجم عظیمی از اراضی قابل کشت در معرض سیلابهای فصلی قرارگرفته و این سرمایه طبیعی و ملی دچار انهدام می‌گردد. در میان علل و عوامل مؤثر در این روند تخریبی، استفاده از ادوات خاک ورزی نامناسب نقش عمده‌ای ایفا می‌نماید. گاو آهن برگرداندار رایج ترین وسیله‌ایست که برای شخم اراضی کشاورزی و مراتع، در اقصی نقاط کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وسیله، علاوه بر نیاز به توان کششی نسبتاً زیاد به علت برگردان نمودن کامل خاک و حذف پوشش گیاهی، عملاً خاک را در معرض فرسایش قرار داده، سبب می‌گردد تا رطوبت لایه های زیرین نیز به سرعت کاهش یابد. ایجاد لایه های سخت و غیر قابل نفوذ برای آب و ریشه گیاهان زراعی در زیر عمق متداول شخم، از دیگر مشکلات این نوع گاوآهن ها می‌باشد. مشکلات یاد شده، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، موجب گردیده تا از سالها قبل تحقیقات گسترده ای در زمینه کاربرد روشهای خاک ورزی حفاظتی[1] به اجرا گذاشته شود. از جمله نتایج این تحقیقات پیدایش ادواتی چون گاو آهن قلمی، پاراپلو[2] و کج ساق[3] بوده که در این میان گاو آهن قلمی از سابقه و وسعت کاربرد بیشتری برخوردار است.

تعیین مقاومت کششی و توان مالبندی مورد نیاز ادوات خاک ورزی، نقشی اساسی در طراحی و ساخت ادوات و انتخاب تراکتور مورد نیاز ایفا می‌نماید. نوع و شرایط خاک، ازمهمترین عوامل مؤثر بر مقاومت ویژه ادوات خاک ورزی می‌باشند. عمق شخم و رطوبت خاک، از دیگر عواملی می‌باشند که بر مقاومت کششی ادوات و میزان نرم سازی خاک توسط آنها تأثیر شایانی دارند. در رطوبت های بسیار پائین، ذرات خاک به واسطه بالابودن نیروهای همدوسی[4] به هم چسبیده و منسجم بوده، لذا مقاومت زیادی در برابر برش از خود نشان می‌دهند. با افزایش رطوبت، ملکول‌های آب با تجمع بر سطح ذرات خاک، خاصیت به هم چسبندگی آنها را کاهش داده و خاصیت تردی و از هم پاشی را در خاک افزایش می‌دهند (۱۱). سامرز و همکاران (۱۸) تأثیر سرعت و عمق شخم را بر مقاومت کششی گاو آهن قلمی، در دو نوع خاک لوم رسی[5] و یک نوع خاک لوم سیلتی[6] مورد مطالعه قرار داده و افزایش مقاومت کششی گاو آهن قلمی را با افزایش سرعت شخم و عمق شخم، در هر دو نوع خاک، به صورت خطی گزارش نمودند. چاپلین و همکاران (۷) مقاومت کششی و توان مالبندی مورد نیاز یک دستگاه گاو آهن قلمی ۸ شاخه را، به هنگام شخمی با عمق ۲۵ سانتیمتر و با سرعت ۶/۷ کیلومتر در ساعت، در یک خاک شنی لوم[7]، به ترتیب ۲۴/۸ کیلو نیوتن و ۴۶/۴ کیلو وات به دست آوردند. خلیلیان و همکاران (۱۲) مقاومت کششی و توان مالبندی مورد نیاز هر شاخه از یک دستگاه گاو آهن قلمی ۱۱ شاخه را با عمق شخم ۲۵ سانتیمتر و سرعت متوسط ۶/۵۶ کیلومتر در ساعت، در یک خاک لوم شنی، به ترتیب ۲/۴۶ کیلو نیوتن و ۴/۵ کیلو وات گزارش نمودند.

هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی مقاومت کششی، مقاومت ویژه و توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی در یک خاک رسی شنی و بررسی تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک و عمق شخم بر پارامترهای مذکور بوده است. نتایج و اطلاعات حاصل از این بررسی، می‌تواند در محاسبات مربوط به طراحی گاو آهن قلمی و انتخاب و انطباق تراکتور و وسیله خاک ورزی،مورد استفاده طراحان و کارشناسان مکانیزاسیون و

1- Conservation
2- Paraplow
3- Bentleg
4- Cohesion
5- Clay loam
6- Silt loam
7- Loamy sand

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

مکانیک ماشین‌های کشاورزی قرار گیرد.

مواد و روشها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه) واقع در ۱۶ کیلومتری شمال غربی شیراز اجرا گردید. جو آبی آخرین محصولی بود که در زمین مورد آزمایش کشت شده و پس از برداشت آن با کمباین، کاه و کلش به جای مانده توسط ماشین بسته بندی علوفه جمع آوری و باقیمانده آن با چرای دام پاکسازی شده بود. تا زمان انجام آزمایش در خرداد ۱۳۷۴، حدود دو سال از آیش ماندن زمین می‌گذشت. نوع خاک لوم رسی (۳۵/۵٪ رس، ۳۹/۳٪ سیلت و ۲۵/۲٪ شن) و شیب زمین در دو جهت طولی و عرضی در حدود ۲ در هزار بود.

در این تحقیق از آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۹ تیمار (۳ رطوبت خاک × ۳ عمق شخم) و در سه تکرار استفاده گردید. در این آزمون تأثیر دو متغیر مستقل، شامل رطوبت خاک در سه محدود ۱۰-۸٪، ۱۲-۱۰ و ۱۴-۱۲ درصد بر مبنای وزن خشک و عمق شخم در سه سطح ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر، برمقاومت کششی گاو آهن قلمی به عنوان متغیر وابسته بررسی گردید.

در ارتباط با محدوده‌های رطوبتی فوق که نزدیک بهم و در طیف نسبتاً محدودی (۱۴-۸ درصد) انتخاب گردیده ذکر دو نکته ضروری است. اول این که، اصولاً کاربرد گاو آهن قلمی در رطوبت بالا (بیش از ۱۴ درصد)، منجر به شکستن خاک، که هدف اصلی شخم می‌باشد، نگردیده، بلکه تنها شیارهایی را ایجاد نموده و خاک را در اطراف مسیر عبور تیغه ها متراکم می‌نماید. دوم این که، در محل اجرای این طرح امکان انجام آزمایش در محدوده رطوبتی کمتر از ۸ درصد مقدور نبود، زیرا نمونه گیریهای مستمر از رطوبت خاک نشان داد که سنگین بودن نسبی بافت خاک و وجود مقادیری از بقایای گیاهی مانع از تبخیر کامل رطوبت خاک می‌گردد و در محدوده عمق کار تیغه‌های گاو آهن قلمی رطوبت خاک معمولاً از ۸ درصد تنزل نمی‌نماید.

گاو آهن مورد استفاده، یک دستگاه گاو آهن قلمی نوع سوار شونده رائو[1] ساخت المان، با ۱۱ عدد ساقه فنری با فاصله ۲۵ سانتیمتر از یکدیگر بود، که با توجه به محدودیت قدرت کششی تراکتور مورد استفاده (مسی فرگوسن ۲۸۵)، با حفظ فاصله بین تیغه ها، تعداد آنها به ۷ عدد تقلیل داده شد. به منظور سنگین تر نمودن دستگاه و نفوذ بهتر آن در خاک، دو عدد وزنه ۳۷کیلوگرمی به طور متقارن برروی شاسی دستگاه نصب گردید. تغییر زاویه تمایل (زاویه حمله) تیغه های گاو آهن نیز می‌توانست راه حل دیگری برای افزایش نفوذ گاو آهن در خاک باشد که در این تحقیق مورد بهره برداری قرار نگرفت، ولی توصیه می‌گردد در تحقیقات بعدی امکان بهره گیری از این روش برای بهبود نفوذ تیغه ها در خاک مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

گاو آهن دارای دو عدد چرخ تثبیت عمق بود که توسط بازوهای عمودی قابل تنظیم، در طرفین شاسی قرار گرفته و در هر مورد برای دستیابی به عمق شخم مورد نظر، محل تثبیت بازوها به شاسی به طور عمودی تغییر داده می‌شد.

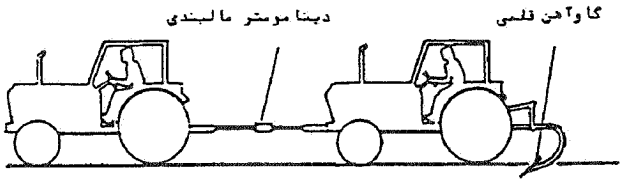
آزمایشها در طول ۲۷ کرت، هر یک به طول ۹۰ و عرض ۵ متر اجرا گردید. داده‌های ثبت شده در هر آزمایش شامل مجموع مقاومت کششی گاو آهن و مقاومت غلتشی تراکتور حامل گاو آهن، مقاومت غلتشی تراکتور، سرعت پیشروی، رطوبت خاک و شاخص مخروطی خاک در نقاط شخم خورده و شخم نخورده هر کرت بود.

مناسب ترین وسیله برای اندازه گیری مقاومت کششی ادوات خاک ورزی نوع سوار شونده دینامومتر اتصال سه نقطه[2] می‌باشد که به علت عدم وجود چنین دستگاهی در ایران، از روش کشش دو تراکتوری و استفاده از دینامومتر مالبندی برطبق روش RNAM[3] استفاده گردید (۱۵). این روش قبلاً توسط تعدادی از محققین دیگر نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۲، ۴، ۵ و ۱۰). در این روش به طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است، دستگاه دینامومتر توسط زنجیر بین دو تراکتور، که یکی حامل وسیله خاک ورزی و دیگری تراکتور کشنده

1- Rau
2- Three-point-hitch dynamometer
3- Regional Network for Agricultural Machinery

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]



شکل ۱ - اندازه گیری مقاومت کششی گاو آهن قلمی سوار شونده با استفاده از روش دو تراکتوری و دینامومتر مالبندی

می‌باشد، قرارمی‌گیرد. در این تحقیق از یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ به عنوان تراکتور حامل گاو آهن قلمی و از یک دستگاه تراکتور جاندیر ۴۲۳۰ به عنوان تراکتور کشنده استفاده گردید. دینامومتر مورد استفاده برای اندازه گیری و ثبت نیروی کشش بین دو تراکتور از نوع فنری ثبات مدل CAL KOLB، با ظرفیت کشش ۵۰۰۰ کیلوگرم نیرو (۴۹۰۵۰ نیوتن) بود.

ده متر اول هر کرت برای به خاک نشاندن گاو آهن و رسیدن به عمق شخم مورد نظر در هر تیمار اختصاص داشت. در طول ۳۰ متر بعدی، در حالی که گاو آهن در خاک و تراکتور حامل ادوات در دنده خلاص قرار داشت توسط تراکتور کشنده با سرعت از پیش تعیین شده (۰/۲۵±۵/۲۵ کیلومتر در ساعت)، که در آزمایشهای مقدماتی با انتخاب دنده و دور موتور مناسب تعیین گردیده بود، کشیده می‌شد. در طول این فاصله، دینامومتر نیروی کشش بین دو تراکتور را، که برابر با مجموع مقاومت کششی گاو آهن و مقاومت غلتشی تراکتور حامل ادوات (کششی با بار) بود، ثبت می‌نمود. همچنین به منظور تعیین سرعت دقیق پیشروی تراکتور در هر کرت، زمان پیمودن این مسیر ۳۰ متری توسط کرونومتر ثبت می‌گردید. با رسیدن به انتهای این مسیر، گاو آهن قلمی را از خاک بیرون کشیده و دو تراکتور، با حفظ سرعت قبلی، یک مسیر ۳۰ متری دیگر را طی می‌نمودند تا در طول آن دینامومتر نیروی مقاومت غلتشی تراکتور حامل گاو آهن (کشش بدون بار) را ثبت نماید. بیست متر انتهای هر کرت به منظور گردش تراکتورها، جهت بازگشت به ابتدای کرتهای بعدی در نظر گرفته شده بود. تفاضل میانگینهای مقادیر ثبت شده توسط دینامومتر در مراحل کشش با بار و کشش بدون بار، به عنوان مقاومت کششی گاو آهن قلمی در هر کرت منظور گردید.

پس از استخراج مقادیر مقاومت کششی گاو آهن از منحنی های ترسیم شده توسط دینامومتر و محاسبه سرعت پیشروی تراکتور در حالت کشش با بار، با تقسیم مسافت پیموده شده به زمان ثبت شده به وسیله کرونومتر، توان مالبندی صرف شده در هر کرت با استفاده از فرمول [۱] محاسبه گردید.

$$Dbp = \frac{FS}{۳/۶} \qquad [۱]$$

در این رابطه: توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی برحسب $Dbp = kW$

مقاومت کششی گاو آهن چیزل برحسب $F = kN$

سرعت پیشروی تراکتور در حال شخم برحسب $S = km/h$

مقاومت ویژه[1] گاو آهن Ds در هر کرت، برحسب نیوتن برسانتیمتر مربع، با استفاده از فرمول [۲] محاسبه گردید.

$$Ds = \frac{F}{bd} \qquad [۲]$$

در این رابطه:

$F=$ مقاومت کششی گاو آهن قلمی برحسب نیوتن

$b =$ عرض کار گاو آهن برحسب سانتیمتر

$d =$ عمق کار گاو آهن برحسب سانتیمتر

به منظور بررسی تاثیر گاو آهن قلمی بر خصوصیات فیزیکی

1- Specific draft 2- Cone penetrometer

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

جدول ۱- میانگین مربعات اثرات اصلی و متقابل رطوبت خاک و عمق شخم بر مقاومت کششی، مقاومت ویژه و توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی (چیزل).

منابع تغییر	درجات آزادی	مجموع مربعات		
		مقاومت کششی	مقاومت ویژه	توان مالبندی
رطوبت خاک (M)	۲	۳/۹۲ ns	۰/۵۱ns	۱۳/۷۹*
عمق شخم (D)	۲	۳۸/۸۸**	۱/۷۶**	۷۷/۸۵*
اثر متقابل (M×D)	۴	۳/۲۵ns	۰/۳۶ns	۳/۰۶ns
تکرار (بلوک)	۲	۰/۴۶	۰/۱۱	۱/۸۹
خطای آزمایش	۱۶	۱/۷۷	۰/۲۰	۳/۱۰

ns عدم وجود اختلاف معنی دار
* وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪
** وجود اختلاف معنی دار در سطح ۱٪

خاک، شاخص مخروطی[1] که نماینده مقاومت خاک در برابر نفوذ یک جسم مخروطی می‌باشد، در سه نقطه از هر کرت که به طور تصادفی انتخاب گردید، توسط دستگاه فروسنج[3] بوش مدل SP 1000 ، قبل و بعد از انجام شخم، اندازه گیری شد. قسمت ریز پردازنده دستگاه فروسنج برطبق برنامه داده شده به آن، در هر ۴ سانتیمتر نفوذ مخروط در خاک، نیروی وارده بر مخروط را اندازه گیری نموده و میانگین نیروی مقاومت در سه نقطه انتخابی از هر کرت برای هر عمق را، به عنوان مقاومت نفوذ آن عمق، در حافظه نگهداری می‌نمود. این دستگاه قابلیت نفوذ تا عمق ۵۰ سانتیمتری را، مشروط بر آن که نیروی لازم برای فروبردن مخروط از ۵۰ کیلوگرم نیرو تجاوز ننماید دارا می‌باشد. ولی در این آزمایش با توجه به پائین بودن رطوبت و سختی خاک، امکان فرو بردن مخروط در خاک، بیش از حدود ۲۴ سانتیمتر، مقدور نبود.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل رطوبت خاک و عمق شخم بر مقاومت کششی، مقاومت ویژه و توان مالبندی گاو آهن قلمی در جدول ۱ ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییر رطوبت خاک در محدوده مورد مطالعه، تاثیری بر مقاومت کششی و مقاومت ویژه نداشته ولی تاثیر آن بر توان مالبندی تنها با احتمال ۹۵ درصد معنی دار می‌باشد. این در حالی است که تغییر عمق شخم برروی هر سه عامل مورد مطالعه با احتمال ۹۹ درصد مؤثر است ولی هیچگونه اثر متقابلی بین عمق شخم و رطوبت خاک مشاهده نمی گردد.

مقایسه میانگینهای مقاومت کششی در سطوح مختلف عمق شخم و رطوبت خاک با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن[2] (جدول ۲) نشان می‌دهد که مقاومت کششی با افزایش عمق شخم افزایشی معنی دار پیدا می‌نماید، در حالی که با افزایش رطوبت خاک تغییر معنی داری نشان نمی دهد. میانگینهای مندرج در آخرین ستون و آخرین ردیف جدول ۲ به ترتیب میانگینهای هر ردیف یا ستون از جدول هستند که در حقیقت میانگین تغییرات مقاومت کششی در سطوح مختلف رطوبت خاک و یا عمق شخم می‌باشند. این میانگینها در سطح ۵٪ با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند تا وجود هر گونه تفاوت احتمالی بین آنها تشخیص داده شود. اتخاذ این روش در انتخاب سطح احتمال در سایر جداول مقایسه میانگینها نیز به همین

1- Cone index
2- Duncan's Multiple range test (DMRT)

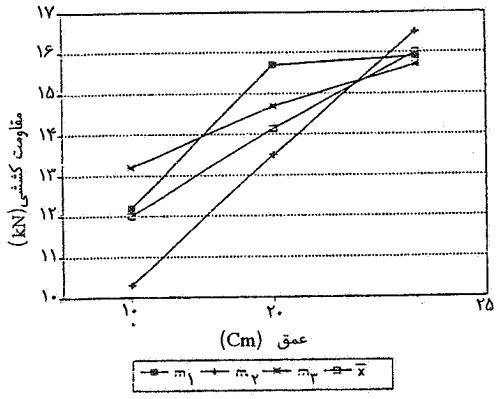
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

جدول ۲- مقایسه میانگینهای مقاومت کششی گاو آهن قلمی برحسب کیلونیوتن در سطوح مختلف عمق شخم و رطوبت خاک

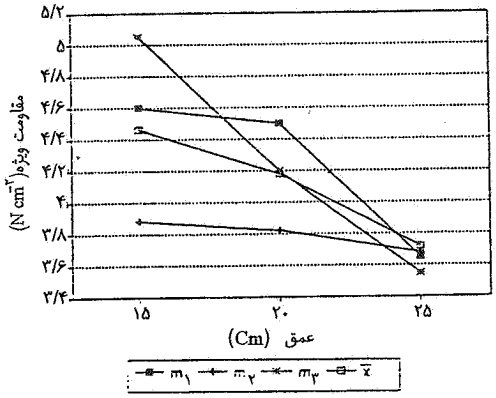
رطوبت خاک (٪ وزن خشک)	عمق شخم (سانتیمتر)			
	۱۵	۲۰	۲۵	میانگین $\bar{X}$
۸-۱۰	۱۲/۱۱bc[1]	۱۵/۷۰a	۱۵/۸۶a[2]	۱۴/۵۶a
۱۰-۱۲	۱۰/۳۵c	۱۳/۴۵abc	۱۶/۳۸a	۱۳/۳۹a
۱۲-۱۴	۱۳/۷۱abc	۱۴/۷۱ab	۱۵/۶۶a	۱۴/۵۳a
میانگین ($\bar{X}$)	۱۱/۸۹c	۱۴/۶۲b	۱۵/۹۷a	

۱: میانگینهایی که در هر ستون یا ردیف با حروف مشترک نشان داده شده‌اند در سطح ۱٪ دارای اختلاف نمی باشند (آزمون دانکن).

۲: میانگینهایی ($\bar{X}$) که با حروف مشترک نشان داده شده اند در سطح ۵٪ دارای اختلاف نمی‌باشند (آزمون دانکن).



شکل ۲- تغییرات میانگین مقاومت کششی در اعماق مختلف عمق شخم در هر یک از سطوح رطوبت خاک



شکل ۳- تغییرات میانگین مقاومت ویژه در اعماق مختلف شخم در هر یک از سطوح رطوبت خاک

ترتیب حفظ گردیده است.

تغییرات مقاومت کششی به ازای تغییر عمق شخم، برای هر یک از سه سطح رطوبت مورد مطالعه توسط نمودارهای شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به معنی دار نبودن تغییرات مقاومت کششی در سطوح مختلف رطوبت خاک، نمودار میانگین مقاومت ها ($\bar{x}$)، که به صورت نموداری تقریباً خطی است، می‌تواند نشان دهنده روند کلی تغییر مقاومت کششی با عمق شخم باشد. این نتیجه با یافته های تعدادی از محققین از جمله سامرز و همکاران (۱۸) و خلیلیان و همکاران (۱۲) که در تحقیقات خود تغییرات مقاومت کششی با افزایش عمق شخم را به صورت خطی گزارش نموده‌اند مطابقت دارد.

مقایسه میانگینهای مقاومت ویژه گاو آهن قلمی در سطوح مختلف عمق شخم و رطوبت خاک، که در جدول ۳ ارائه گردیده است، نشان می‌دهد که با افزایش عمق شخم مقاومت ویژه کاهش یافته و این روندنزولی تقریباً درکلیه‌سطوح رطوبت خاک تداوم دارد. تاثیر رطوبت خاک بر مقاومت ویژه اگرچه معنی دار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

جدول ۳- مقایسه میانگینهای مقاومت ویژه گاو آهن قلمی برحسب نیوتن بر سانتیمتر مربع در سطوح مختلف عمق شخم و رطوبت خاک

رطوبت خاک (٪ وزن خشک)	عمق شخم (سانتیمتر)			
	۱۵	۲۰	۲۵	میانگین $\bar{X}$
۸-۱۰	۴/۶۱ab[1]	۴/۴۸ab	۳/۶۲b	۴/۲۴a[2]
۱۰-۱۲	۳/۹۴ab	۳/۸۴ab	۳/۷۴b	۳/۸۴a
۱۲-۱۴	۵/۰۳a	۴/۲۰ab	۳/۵۸b	۴/۲۷a
میانگین ($\bar{X}$)	۴/۵۳a	۴/۱۷a	۳/۶۵a	

۱- میانگینهایی که در هر ستون یا ردیف با حروف مشترک نشان داده شده‌اند در سطح ۱٪ دارای اختلاف نمی باشند (آزمون دانکن).

۲- میانگینهایی ($\bar{X}$) که با حروف مشترک نشان داده شده اند در سطح ۵٪ دارای اختلاف نمی‌باشند (آزمون دانکن).

جدول ۴- مقایسه میانگینهای توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی برحسب کیلووات در سطوح مختلف عمق شخم و رطوبت خاک

رطوبت خاک (٪ وزن خشک)	عمق شخم (سانتیمتر)			
	۱۵	۲۰	۲۵	میانگین $\bar{X}$
۸-۱۰	۱۸/۱۵bc[1]	۲۲/۹۰b	۲۳/۶۷a	۲۱/۵۷a[2]
۱۰-۱۲	۱۵/۱۵c	۱۹/۸۰b	۲۲/۷۴b	۱۹/۲۳b
۱۲-۱۴	۱۸/۷۷bc	۲۱/۹۴b	۲۲/۵۵b	۲۱/۱۰a
میانگین ($\bar{X}$)	۱۷/۳۶b	۲۱/۵۵a	۲۲/۹۹a	

۱- میانگینهایی که در هر ستون یا ردیف با حروف مشترک نشان داده شده‌اند در سطح ۱٪ دارای اختلاف نمی باشند (آزمون دانکن).

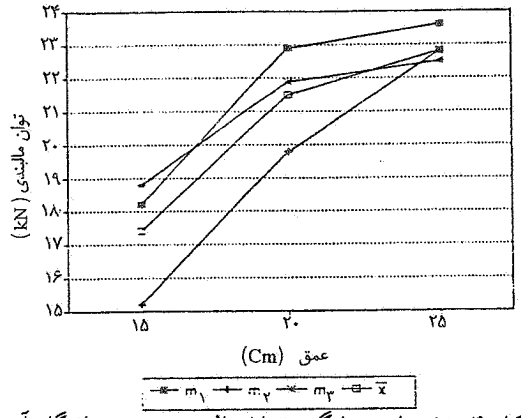
۲- میانگینهایی ($\bar{X}$) که با حروف مشترک نشان داده شده اند در سطح ۵٪ دارای اختلاف نمی‌باشند (آزمون دانکن).

نمی باشد ولی نمودارهای تغییرات مقاومت ویژه با عمق شخم در شکل ۳ نشان می‌دهد که مقاومت ویژه در محدده رطوبت m۲ (۱۲-۱۰ درصد) در پائین ترین سطح قرار گرفته است. این پدیده را می‌توان ناشی از آن دانست که خاک مورد مطالعه در این محدوده از رطوبت در بهترین حالت از لحاظ تردی قرار دارد (۱۱).

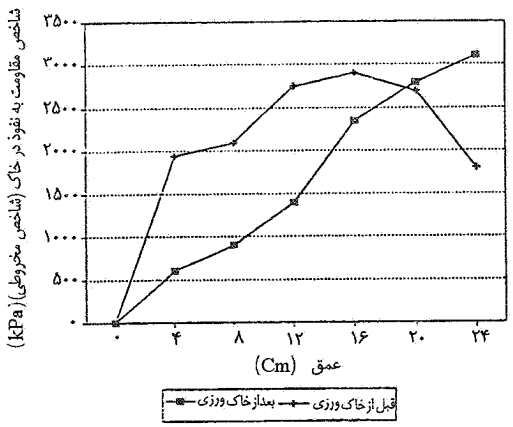
مقایسه میانگینهای توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی در سطوح مختلف عمق شخم و رطوبت خاک (جدول ۴) نشان می‌دهد که با افزایش عمق شخم توان مالبندی مورد نیاز به طورمعنی داری افزایش می‌یابد. همچنین در محدوده رطوبت ۱۲-۱۰ درصد، توان مالبندی در این رطوبت (m۲) نسبت به محدوده خشک تر (۱۰ - ۸ درصد) را، که در شکل ۴ به وضوح دیده می‌شود، می‌توان ناشی از اثر تجمع ملکول های آب بر سطوح ذرات خاک و کاهش نیروهای همدوسی بین آنها در این

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]



شکل ۴- تغییرات میانگین توان مالبندی مورد نیاز گاو آهن قلمی در اعماق مختلف شخم در هر یک از سطوح رطوبت خاک



شکل ۵- تغییرات شاخص مقاومت به نفوذ در خاک نسبت به عمق قبل و بعد از اجرای عملیات خاک ورزی توسط گاو آهن قلمی

محدوده رطوبت، که به خاک خاصیت تردی می‌دهد، دانست. افزایش مجدد توان مالبندی با افزایش رطوبت خاک (نمودار m۳ نسبت به m۲)، می‌تواند ناشی از تاثیر نیروهای دگردوسی[1] بین خاک و تیغه های چیزل در اثر افزایش رطوبت و همچنین کاهش خاصیت تردی و ظهور رفتار خمیری[2] در خاک باشد.

در شکل ۵ نمودار تغییرات شاخص مقاومت به نفوذ در خاک نسبت به عمق، قبل از اجرای عملیات خاک ورزی، درکنار نمودار میانگین این شاخص پس از اجرای تیمارهای خاک ورزی ترسیم گردیده است. نمودار شاخص مقاومت قبل از شخم حاکی از وجود لایه ای نسبتاً سخت در محدوده عمق ۸ تا ۲۰ سانتیمتری می‌باشد. مقاومت نفوذ در این محدوده، مقادیر بالاتر از ۲۰۰۰ کیلو پاسکال را نشان می دهد. پژهشگران کاهش شدید رشد ریشه و میزان محصول را در شرایطی که شاخص مقاومت بزرگتر از ۲۰۰۰ کیلو پاسکال باشد گزارش نموده‌اند (۶ و ۱۹). نمودار شاخص مقاومت نفوذ خاک، پس از اجرای تیمارهای خاک ورزی، کاهش قابل توجه مقاومت خاک تا عمق حدود ۲۰ سانیتمتر را، که میانگین عمق تیمارهای این آزمایش است، نشان می‌دهد. افزایش میانگین مقاومت نفوذ پس از خاک ورزی نسبت به قبل از آن در عمق بیش از ۲۰ سانتیمتر، می‌تواند ناشی از فشردگی و تراکم خاک در زیر عمق شخم، در اثر عبور تیغه های چیزل باشد (۸). این نتیجه نشان می‌دهدکه با توجه به لزوم شکستن و نرم سازی خاک و کاهش شاخص مقاومت آن به کمتر از ۲۰۰۰ کیلو پاسکال تا عمق ۴۰ سانتیمتری، به هنگام تهیه بستر گیاهانی که دارای ریشه های عمودی و عمیق می‌باشند، گاو آهن های قلمی مجهز به ساقه های فنری کارآیی نداشته و لازم است از ساقه های صلب، که قادر به نفوذ تا عمق ۴۰ سانتیمتری می‌باشند، استفاده گردد.

در جدول ۵ نتایج حاصل از این تحقیق با شرایط آزمایش و نتایج کار سایر پژوهشگران که مقاومت کششی گاو آهن قلمی را در عمق شخم های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتری ارزیابی نموده‌اند مقایسه گردیده است (۳، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸). اختلاف نسبتاً زیادی که بین نتایج گزارش شده توسط پژوهشگران مشاهده می‌گردد عمدتاً ناشی از اختلاف بین نوع و شرایط خاک، سرعت انجام شخم، تعداد تیغه و عرض کار گاو آهن می‌باشد. با توجه به این تفاوتها، مقایسه ای بین نتایج این تحقیق با میانگین نتایج گزارش شده توسط سایر محققین در جدول ۵ صورت گرفته که نشان می‌دهد مقادیر به دست آمده در این تحقیق برای مقاومت کششی و همچنین مقاومت ویژه گاو آهن در حد قابل قبولی به میانگین نتایج سایر پژوهشگران

1- Adhesion 2- Plasticity

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

جدول ۵- مقایسه نوع و شرایط خاک، ابعاد شخم و نتایج ارزیابی مقاومت کششی گاو آهن قلمی در تحقیق حاضر با سایر تحقیقات مشابه

شماره مرجع	عمق شخم (cm)	عرض شخم (cm)	سرعت شخم (km/h)	تعداد تیغه چیزل	نوع خاک	رطوبت خاک (%d.b.)	مقاومت کششی کل هر تیغه (kN)	مقاومت کششی کل هر تیغه (kN)	مقاومت واحد N/cm
(۱۸)	۱۵	۳۶۶	۵/۰	۱۲	لومی‌رسی	۲۱/۵	۴۴/۵۰	۳/۷۰	۲۱۱/۵
(۱۰)	۱۵	۱۵۰	۲/۵	۳	لومی رسی	۱۳/۲	۴/۹۵	۱/۶۵	۳۳/۰
(۱۶)	۱۵	۳۰۵	۷/۷	۱۰	لومی سیلتی	۱۳	۲۲/۳۰	۲/۲۳	۷۳/۰
(۳)	۱۵	۲۴۸	۴/۵	۹	لومی شنی	۳/۷	۱۱/۰۵	۱/۲۳	۴۴/۵
میانگین	۱۵	۲۶۷	۴/۹۲۵	-	-	۱۲/۸۵	-	۲/۲۰	۶۸/۰
تحقیق حاضر	۱۵	۱۷۵	۵/۲۷	۷	لومی رسی	۱۰/۱۴	۱۱/۸۹	۱/۷	۶۷/۹
(۱۴)	۲۰	۳۳۵	۵/۶	۱۱	لومی شنی	۱۴/۶	۲۶/۳	۲/۳۹	۷۸/۵
(۱۰)	۲۰	۱۵۰	۲/۵	۳	لومی رس	۳/۷	۹/۸۱	۳/۲۷	۶۵/۵
میانگین	۲۰	۲۴۲/۵	۴/۰۵	-	-	۹/۱۵	-	۲/۸۳	۷۲/۰
تحقیق حاضر	۲۰	۱۷۵	۵/۳۱	۷	لومی رسی	۱۰/۵۳	۱۴/۶۲	۲/۱۰	۸۳/۵
(۱۴)	۲۵	۳۳۵	۵/۲	۱۱	لومی شنی	۱۰/۸	۲۸/۰۵	۲/۱۰	۶۸/۰
(۷)	۲۵	۲۴۰	۶/۸	۸	شنی لومی	۸/۲	۲۴/۸	۳/۱۰	۱۰۳/۳
(۱۲)	۲۵	۳۳۵	۶/۵۶	۱۱	شنی لومی	۸/۰	۲۸/۶	۲/۴۶	۸۵/۴
میانگین	۲۵	۳۰۳	۶/۲۰	-	-	۹/۰	-	۲/۵۵	۸۵/۵۶
تحقیق حاضر	۲۵	۱۷۵	۵/۲	۷	لومی رسی	۱۱/۲۵	۱۵/۹۷	۲/۲۸	۹۱/۲۵

جدول ۶- مقایسه میانگینهای مقاومت واحد گاوآهن برگرداندار و قلمی در عمق شخم ۲۰ سانتیمتر

رطوبت خاک (٪ وزن خشک)	مقاومت واحد گاو آهن		
	برگرداندار (kN/m)	قلمی (kN/m)	برگرداندار / قلمی
۱۰-۱۲	۱۲/۶۳	۷/۶۸	۰/۴۶
۱۲-۱۴	۱۳/۷۰	۸/۴۰	۰/۶۱
میانگین	۱۵/۱۷	۸/۰۴	۰/۵۳

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

نزدیک می‌باشد (به ترتیب با اختلافی کمتر از ۲۰ و ۸ درصد).

به منظور انجام مقایسه ای بین گاو آهن های قلمی و برگرداندار از لحاظ مقاومت کششی، از بخشی از نتایج تحقیق انجام شده توسط لغوی و مرادی (۱۳) برروی گاو آهن برگرداندار، که در شرایط یکسان مزرعه‌ای با تحقیق حاضر اجرا شده است، استفاده گردید. در جدول ۶ مقاومت کششی این دو گاو آهن و نسبت آنها به یکدیگر به ازاء هر متر از عرض کار (مقاومت واحد)، به هنگام اجرای شخمی به عمق ۲۰ سانتیمتر و در دوسطح از رطوبت خاک ارائه گردیده است. به طوری که ملاحظه می‌گردد میانگین نسبت مقاومت کششی گاو آهن قلمی به برگرداندار، در محدوده رطوبتهای ۱۲-۱۰ و ۱۴-۱۱ درصد، ۰/۵۳ می‌باشد. با توجه به این که آزمایش گاو آهن برگرداندار در سرعت متوسط ۴/۲۵ کیلومتر در ساعت و گاو آهن قلمی با سرعت متوسط ۵/۲۵ کیلومتر در ساعت انجام گردیده و مقاومت کششی گاو آهن برگرداندار تابعی درجه ۲ و گاو آهن قلمی به صورت تابعی خطی از سرعت افزایش می‌یابد (۱۸)، لذا می‌توان پیش بینی نمود که در سرعت و عمق شخم یکسان، مقاومت واحد گاو آهن قلمی اندکی کمتر از نصف گاو آهن برگرداندار باشد. این نتیجه تاییدی بر یافته های محققین قبلی است که مقاومت کششی گاو آهن قلمی را در شرایط یکسان حدوداً برابر نیمی از آن برگرداندار گزارش نموده‌اند (۱۱ و ۱۷).

سپاسگزاری

این مقاله حاصل نتایج بخشی از طرح پژوهشی دانشگاه شیراز تحت عنوان "ارزیابی مقاومت کششی و توان مالبندی مورد نیاز ادوات خاک ورزی" می‌باشد که بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز به خاطر تصویب و تأمین اعتبار این طرح سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱- شفیعی، س. ا. ۱۳۷۴. ماشین های خاک ورزی. مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۲۱۶ صفحه.

2- Baloch, J. M., S. N. Mirani, A. N. Mirani and S. Bukhari. 1991. Power requirement of tillage implements. A. M. A. 22(1):34-38.

3- Bashford, L. L., D. V. Byerly and R. D. Grisso. 1991. Draft and energy requirements of agricultural implements in semi-arid regions of Morroco. A. M. A. 22(3):79-82.

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

5- Bukhari, S., M. A. Butto, J. M. Baloch, A. B. Bhutto and A. N. Mirani. 1988. Performance of selected tillage implements. A. M. A. 19(4):9-14.

6- Carter, L. M. and J. R. Tavernetti. 1968. Influence of precision tillage and soil compaction on cotton yields. Trans. of the ASAE, 11(1): 65-67, 73.

7- Chaplin, J., J. Chakib and M. Lueders. 1988. Drawbar energy use for tillage operations on loamy sand. Trans. of the ASAE, 31(6):1692-1694.

8- Harrison, H. P., D. S. Chanasyk and J. C. Kienholz. 1992. Deep tilling with a bentleg plow. Paper No. 9201106. International Conference on Agr. Engr. Uppsala-sweden.

9- Hendrick, J. G. 1980. A powered rotary chisel. Trans. of the ASAE, 23(6): 1349-1352.

10- Iqbal, M., M. S. Sobir, Md. Yonis and A. H. Azhar. 1994. Draft requirements of selected tillage implements. A. M. A. 25(1): 13-15.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]

11- Kepner, R. A., R. Bainer and E. L. Barger. 1972. Principles of Farm Machinery. The AVI publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. p 486.

12- Khalilian, A., T. H. Garner, H. L. Musen, R. B. Dodd and S. A. Hale. 1988. Energy for conservation tillage in Costal Plain soils. Trans. of the ASAE, 31(5):1333-1337.

13- Loghavi, M. and A. Moradi. 1996. Draft and drawbar power requirement of moldboard plow in a clay loam soil. Iran. Agric. Res. 15 (2).

14- Reid, J. T., L. M. Carter and R. L. Clark. 1983. Draft measurements with a three-point-hitch dynamometer. ASAE paper No. 83-1036, ASAE, St. Joseph, MI 49085.

15- RNAM. Test Code and Procedure for Agricultural Machinery. 1983. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Technical Series, No. 12.

16- Self, K. P., A. Khalilian, D. G. Batchelder, P. D. Bloome and G. Piethmuller. 1983. Draft and power requirement of tillage implements in Oklahoma soils. ASAE Paper No. 83-1038, ASAE, St. Joseph, MI 49085.

17- Sirvastava, A. K., C. E. Goering and R. P. Rohrbach. 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook No. 6, ASAE St. Joseph, MI. U. S. A. p 601.

18- Summers, J. D., A. Khalilian and D. G. Batchelder. 1986. Draft relationships for primary tillage in Oklahoma soils. Trans. of the ASAE. 29(1): 37-39.

19- Taylor, H. M. and H. R. Gardner. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. Soil Sci. 96(3): 153-156.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.2.2.6]