دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

ارزیابی صفحه‌برگردان ساخته شده از مواد مرکب

توسط

علی داورپناه جزی

استاد راهنما

دکتر سید حسین کارپرور فرد

شهریور ماه ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

ارزیابی صفحه‌برگردان ساخته شده از مواد مرکب

به وسیله‌ی:

علی داورپناه جزی

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیتهای
تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

دکتر سید حسین کارپرور فرد استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی.....
دکتر سعادت کامگار استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی .....
دکتر دکتر داریوش زارع استادیار بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی .....

شهریور ماه ۱۳۸۸

تقدیم به

پدر، مادر

و همسر صبور و فداکارم

سپاسگزاری

اکنون که به لطف پروردگار و دعای خیر دوستان این پایان نامه به اتمام رسیده است، به پاس حق شناسی لازم می‌دانم که مراتب قدر دانی و تشکر را از استاد راهنما جناب دکتر سید حسین کارپرورفرد ابراز دارم که با صبوری و بزرگواری و راهنمایی‌های ارزنده‌ی خویش در طول تحقیق، در پیشبرد و تکامل این مقاله اینجانب را یاری نمودند. همچنین شایسته است که از اساتید مشاور محترم، آقایان دکتر سعادت کامگار و دکتر داریوش زارع که مشاورت این تحقیق را به عهده گرفته و در هر بار رجوع به ایشان تجربیات خویش را در اختیارم قرار دادند، تشکر نمایم.

همچنین سپاسگزارم از:

اعضای هیات علمی بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی که در طول تحصیل از محضر ایشان استفاده کرده‌ام.

تکنسین‌ها و کارکنان محترم بخش آقایان جمال مهارلویی، خیرا.. امیری، مجید رعیت، کاظم حجازی، محمد رعیت، سرکارخانم مشکل‌گشا و خانم‌مهندس فضائلی که با اینجانب نهایت همکاری را داشته‌اند.

دکتر کاظمینی و کارکنان محترم ایستگاه زراعی آقایان شمس‌علی اسفندیاری، غلام زارع، علی بیضایی، عوض چراغمغان و جمال اسفندیاری که در طول آزمایش‌ها زحمات فراوانی کشیدند.

مدیریت و کارکنان محترم کارگاه ماشین‌ابزار فارس‌کاوه و شرکت فراسان که جهت ساخت صفحه‌برگردان اینجانب را کمک نمودند.

دوستان بزرگوار و صمیمیم آقایان مهندس محمد معراجی، دکتر مهدی قاسمی، مهندسین مهدی مرادی، حسین اشرفی، محمد حسین قیصری، علی مهدوی، سجاد کیانی، وحید اسدی ،عباس عاطفی، سینا لطیف التجار، محمد حقشناس، رضا مهارلویی، اشکان نیکیان،رضا شکیبا، رضا راسخی،محسن علیرضایی، حجت ایمان‌پناه، دکتر حیدری، هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان بخش تحقیقات فنی و مهندسی و سایر عزیزانی که بنده را در مراحل مختلف این تحقیق یاری نمودند.

در پایان از پدر، مادر و همسر عزیزم که دعای خیرشان بدرقه‌ی راهم بود کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

توفیق الهی را برای خود و تمامی این عزیزان خواستارم.

چکیده

ارزیابی صفحه‌برگردان ساخته شده از مواد مرکب

به وسیله:

علی داورپناه جزی

گاوآهن برگردان‌دار یکی از قدیمی‌ترین و مهمترین ادوات خاکورزی به شمار می‌رود و عمده انرژی مصرفی در مزرعه برای جابجایی خاک توسط این وسیله صرف می‌شود. بنابراین یکی از راه‌های بسیار موثر در کاهش مصرف سوخت و کاهش نیاز به تراکتور پرقدرت و در نتیجه کاهش هزینه‌ها، مطالعه بر روی این دستگاه می‌باشد. در رابطه با شکل هندسی خیش کارهای علمی و تجربی فراوانی صورت گرفته است. اما نیاز به مطالعه در زمینه‌ی جنس مواد استفاده شده در ساخت آن هنوز وجود دارد.

یکی از بخش‌های اصلی گاوآهن، صفحه‌برگردان می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی امکان ساخت یک صفحه‌برگردان چندسازه‌ای و ارزیابی آن می‌باشد. پس از ساخت صفحه‌برگردان، آزمایش‌های فاکتوریل، در قالب طرح کرت‌های دوبار خرد شده، در دو عمق شخم متفاوت، سه سطح سرعت و با دو گاوآهن جدید و معمولی انجام گرفت. باتوجه به نتایج به دست آمده، نیاز گاوآهن جدید چندسازه‌ای به کشش و مصرف سوخت نسبت به نوع معمولی آن کمتر بوده و اثر معنی‌داری بر زاویه‌ی برگردان خاک نداشت.

همچنین براساس نتایج این طرح عمق شخم در هر دو گاوآهن با مقدار مقاومت کششی ارتباط مستقیم، و سرعت پیشروی با مقدار مقاومت کششی ارتباط مستقیم و البته درجه دو دارد. مقدار مصرف سوخت تراکتور نیز تنها با افزایش سرعت پیشروی بیشتر شده و تغییر عمق شخم تاثیری بر آن نداشته است. علت عدم تاثیر عمق شاید عدم استفاده از حداکثر قدرت موتور در سطوح مختلف عمق شخم باشد. مقدار زاویه‌ی برگردان خاک نیز تنها متاثر از عمق شخم بوده و بی اثر از عامل سرعت پیشروی است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه ۱
۱-۱- پیشگفتار ۱
فصل دوم مروری بر تحقیقات و پژوهشهای انجام شده ۳
۲-۱- نیرو در گاوآهن برگرداندار ۳
۲-۱-۱ عوامل موثر بر مقاومت کششی خیش ۴
۲-۱-۲- نیروهای وارد بر گاوآهن از طرف خاک ۹
۲-۲- گاوآهن و مقدار مصرف سوخت ۱۸
فصل سوم مواد و روشهای تحقیق ۲۰
۳-۱- پیشگفتار ۲۰
۳-۲- ساخت صفحه‌برگردان چندسازه‌ای ۲۰
۳-۲-۱- تعیین نقاط نماینده بر روی صفحه‌برگردان ۲۱
۳-۲-۲- اندازه‌گیری مختصات هندسی نقاط تعیین شده ۲۲
۳-۲-۳- ترسیم رویه ۲۳
۳-۲-۴- محاسبه‌ی نیروهای وارد بر صفحه‌برگردان ۲۳
۳-۲-۵- ساخت ۲۴
۳-۳- انجام آزمایش‌ها ۲۴
۳-۴-۱- امکانات مورد استفاده در طی آزمایش‌ها ۲۷
۳-۴-۱-۱- وضعیت عمومی مزرعه آزمایشی ۲۷
۳-۴-۱-۱-۱- ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲۸
۳-۴-۱-۲- نوع و مشخصات تراکتورها ۲۸
۳-۴-۱-۳- وسیله‌ی خاکورز و تنظیمات ۳۰
۳-۴-۱-۴- دستگاه نیروسنج پنج تن ۳۱
۳-۴-۱-۵- دستگاه اندازه‌گیری زاویه لایه‌ی شیار شخم ۳۳

۳-۴-۱-۶- دستگاه سوخت سنج ۳۴
۳-۴-۲- کمیت‌های اندازه‌گیری شده ۳۴
۳-۴-۲-۱- اندازه‌گیری کشش ۳۵
۳-۴-۲-۲- مقدار مصرف سوخت ۳۶
۳-۴-۲-۳- زاویه‌ی پشته ۳۶
۳-۴-۲-۴- رطوبت خاک ۳۶
فصل چهارم تجزیه و تحلیل ، بحث و نتیجه گیری ۳۷
۴-۱- پیشگفتار ۳۷
۴-۲- مقاومت کششی ۳۷
۴-۳- مقدار مصرف سوخت ۴۵
۴-۴- زاویه‌ی برگردان خاک ۴۹
پیشنهادها: ۵۳
پیوست ۵۴
منابع مورد استفاده ۶۴

فهرست شکل‌ها و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: نوار باریک خاک بر روی مسیر واقعی حرکت خاک ۹
شکل ۲-۲: نیروی وزن وارد بر نوار خاک ۱۰
شکل ۲-۳: نیروی کمانش ۱۰
شکل ۲-۴: توزیع نیرو در طول مسیر حرکت خاک ۱۱
شکل ۲-۵: توزیع سرعت و شتاب بر روی سه عدد از مسیرهای عبور خاک بر روی گاوآهن... ۱۲
شکل ۲-۶: تغییرات شتاب بر روی صفحه‌ی گاوآهن ۱۳
شکل ۲-۷: نیروهای وارد بر قطعه خاک بر روی صفحه‌ی شیب دار سه بعدی ۱۴
شکل ۲-۸: معرفی کمیت‌های صفحه سه بعدی ۱۴
شکل ۲-۹: جهت حرکت قطعه‌ی خاک ۱۵
شکل ۲-۱۰: المان خاک و نیروهای وارد بر آن ۱۵
شکل ۲-۱۱: مسیرهای حرکتی خاک ۱۶
شکل ۲-۱۲: توزیع نیروهای عمود و مماس بر مسیر حرکت قطعه خاک میانیv=۰/۱m/s..... ۱۶
شکل ۲-۱۳: توزیع نیروهای عمود و مماس بر مسیر حرکت قطعه خاک میانیv=۰/۶۳m/s.. ۱۷
شکل ۲-۱۴: نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف خیش ۱۷
شکل ۳-۱: دستگاه اندازه‌گیری مختصات هندسی فضایی ۲۱
شکل ۳-۲: نحوه‌ی خط کشی صفحه‌برگردان ۲۲
شکل ۳-۳: اندازه گیری مختصات هندسی نقاط تعیین شده بر روی صفحه‌برگردان..... ۲۲
شکل ۳-۴: صفحه‌برگردان شبیه سازی شده ۲۳
شکل ۳-۵: نقشه‌ی طرح ۲۶
شکل ۳-۶: وضعیت عمومی مزرعه ۲۸
شکل ۳-۷: تراکتور جاندیر مدل ۳۱۴۰ ..... ۲۹
شکل ۳-۸: تراکتور رومانی ۶۵۰ ..... ۲۹
شکل ۳-۹: تصویر گاوآهن تک خیش برگردان‌دار ۳۰

شکل ۳-۱۰: تراز عرضی گاوآهن در ابتدای شخم ۳۰
شکل ۳-۱۱: تراز طولی گاوآهن تراز طولی گاوآهن در ابتدای شخم. ۳۱
شکل ۳-۱۲: تصویر دستگاه لودسل با قسمت پردازنده الکترونیکی که در داخل دستگاه اینسترون قرار دارد. ۳۲
شکل ۳-۱۳: نحوه واسنجی لودسل با دستگاه اینسترون ۳۳
شکل ۳-۱۴: دستگاه اندازه‌گیری زاویه‌ی پشته ۳۳
شکل ۳-۱۵: دستگاه سوخت سنج نصب شده بر روی تراکتور ۳۴
شکل ۳-۱۶: روش تست دو تراکتوری در مزرعه ۳۵
شکل ۳-۱۷: اتصال لودسل به تراکتور ۳۶
نمودار ۴-۱ الف: اثر ساده‌ی نوع گاوآهن بر مقدار نیرو ب:اثر ساده‌ی سرعت حرکت بر مقدار نیرو ج: اثر ساده‌ی عمق کار بر مقدار نیرو ۴۳
نمودار ۴-۲: برازش تابع نیرو-سرعت کپنر بر نقاط تجربی نمودار نیرو-سرعت(y=D , x=S الف)گاوآهن جدید ب)گاوآهن معمولی ۴۴
نمودار ۴-۳: الف) مقدار مصرف سوخت جهت انجام شخم در طول ۲۰ متر به تفکیک گاوآهن‌ها، در سه سرعت۳ و ۵ و ۷ (km/h) ب) مقدار مصرف سوخت به ازای هرگاوآهن..... ۴۸
نمودار ۴-۴: برازش نمودار سوخت-سرعت ۴۸
نمودار ۴-۵: زاویه برگردان خاک برای هر گاوآهن در عمق‌های مختلف ۵۲
شکل ۱: نمودار تنش-کرنش ۵۶
شکل ۲: چندسازه‌ی تحت کشش ۵۸
شکل ۳: چندسازه‌ی تحت فشار ۵۸
شکل ۵: چندسازه‌ی تحت خمش ۵۹
شکل ۶: استحکام کششی مواد سازه‌ای مرسوم ۶۰
شکل ۷: مدول کششی مواد سازه‌ای مرسوم ۶۱
شکل ۸: اوزان مخصوص مواد سازه‌ای متداول ۶۱
شکل ۹: استحکام کششی ویژهی مواد سازه‌ای متداول ۶۲
شکل ۱۰: مدول کششی ویژهی مواد سازه‌ای متداول ۶۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: نقشه‌ی آزمایش ۲۵
جدول ۴-۱ تجزیه واریانس تاثیر نوع گاوآهن، سرعت حرکت و عمق کار بر مقدار نیرو ۴۲
جدول ۴-۲ : کشش درهر گاوآهن در سرعت‌ها و عمق‌های کار مختلف بر حسب نیوتن ۴۲
جدول ۴-۳ : مقایسه میانگین اثر سرعت حرکت بر مقاومت کششی گاوآهن تک خیش ۴۲
جدول ۴-۴: تجزیه واریانس تاثیر نوع گاوآهن، سرعت حرکت و عمق کار بر مقدار مصرف سوخت ۴۷
جدول ۴-۵: مقایسه میانگین اثر سرعت حرکت برمقدار مصرف سوخت توسط تراکتور جهت کشش گاوآهن تک خیش در طول‌یک شیار ۲۰ متری ۴۷
جدول ۴-۶: مقایسه میانگین اثر نوع گاوآهن برمقدار مصرف سوخت توسط تراکتور جهت کشش در طول‌یک شیار ۲۰ متری ۴۷
جدول ۴-۷: اثر عوامل مختلف بر روی زاویه‌ی لایه‌ی شیار شخم ۴۹
جدول ۴-۸: تجزیه واریانس اثر نوع گاوآهن، سرعت و عمق کار بر زاویه برگردان خاک ۵۱
جدول ۴-۹: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف عمق برزاویه لایه‌ی شیار شخم ۵۱
جدول ۴-۱۰ : میانگین زاویه‌های تیمارهای مختلف بدون توجه به نوع گاوآهن ۵۱
جدول ۴-۱۱: مقایسه میانگین اثر سرعت بر زاویه‌ی لایه‌ی شیار شخم ۵۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

خاکورزی بخش قابل توجهی از عملیات مورد نیاز یک مزرعه را به خود اختصاص داده است.

خاکورزی به معنی آن دسته عملیات مکانیکی است که برای به هم زدن خاک به منظور پرورش گیاهان زراعی انجام می‌گیرد. هدف‌های اصلی خاکورزی صحیح عبارت است از:

۱-ایجاد محیطی مناسب جهت جوانه زدن بذر و رشد و نمو ریشه

۲-کنترل علف‌های هرز رقیب

۳-کنترل فرسایش خاک

۴-کنترل رطوبت خاک

۵-بهبود بخشیدن به شرایط فیزیکی خاک(منصوری‌راد،۱۳۷۴)

علاوه بر اهداف بالا، برگرداندن خاک یکی دیگر از اهداف خاکورزی می‌باشد. ممکن است لازم شود خاک حصلخیز را به سطح آورده و روی لایه‌ی فوقانی که ساختمان خود را از دست داده و از نظر مواد غذایی ضعیف است پوشانیده شود. ممکن است لایه‌ی سطحی خاک را با لایه‌های عمیق‌تر مخلوط کرد و موجب بهتر شدن خواص فیزیکی خاک سطحی گردید. با برگرداندن خاک بذر علف‌های هرز دفن شده و در عمقی که مانع سبز شدن آن‌ها می‌گردد، قرار می‌گیرد. چنانچه بقایای محصول، آلوده به حشرات یا اسپرهای بیماری‌زا باشد، برگرداندن می‌تواند با دفن کامل آن‌ها، در سالم سازی خاک کمک نماید.(منصوری‌راد،۱۳۷۴)

خاکورزی به طور معمول به دو دسته خاکورزی اولیه و ثانوی طبقه‌بندی می‌شود.(منصوری‌راد،۱۳۷۴)

گاوآهن برگرداندار مهم‌ترین وسیله‌ی خاکورزی اولیه در سراسر جهان می‌باشد.(شهیدی و احمدی‌مقدم،۱۳۸۴)در واقع این وسیله به گونه ای از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین ادوات رایج دربین کشاورزان بوده و سهم عمده‌ای را در این بین ایفا می کند.

این ابزار کشاورزی همچنین اثرات مفیدی بر روی خاک مزرعه دارد: کنترل علف‌های هرز موجود در مزرعه با زیر خاک کردن آن‌ها، دفن بقایای گیاهی به جا مانده بر روی سطح زمین،

بهبود ساختمان فیزیکی خاک، افزایش تخلخل خاک، افزایش نفوذ و حفظ و نگهداری آب، کاهش آبدوی سطحی، تهویه‌ی راحت‌تر هوا، کاهش میزان مقاومت خاک در برابر رشد ریشه و درنهایت یک بستر مناسب جهت کشت گیاه.(منصوری‌راد،۱۳۷۴)

مخلوط شدن بقایای گیاهی و تهویه‌ی خاک به رشد میکروارگانیسم‌ها کمک کرده و میکروارگانیسم‌ها به نوبه‌ی خود باعث پوسیدگی و تجزیه‌ی خاشاک و سایر مواد آلی داخل خاک می‌شوند. تجزیه‌ی سریع مواد آلی باعث ازدیاد تولید ازت، فسفر و پتاس و سایر مواد آلی داخل خاک می‌شود. میکروارگانیسم‌های خاک همانقدر به شرایط مناسب گرما، رطوبت و هوا نیاز دارند که برای سبز شدن سریع بذر مورد نیاز است.(منصوری‌راد،۱۳۷۴)

گاوآهن به نسبت بقیه‌ی ادوات، انرژی مصرفی بالایی را در مزرعه به خود اختصاص می‌دهد.

اهمیت سرمایه گذاری وانجام مطالعات و تحقیقات بر روی گاوآهن با توجه به مطالب بالا و با توجه به نیاز کشاورزان به ماشین‌های کشاورزی مناسب و ارزان قیمت قابل درک است.

در حال حاضر در بین صنعتگران مشغول در زمینه ادوات کشاورزی، ساخت بخش‌هایی از گاوآهن برگردان‌دار اهمیت بالاتری دارد. در این بین، صفحه‌برگردان به جهت پیچیدگی‌های خاص خود، به عملیاتی ویژه برای ساخت نیاز دارد.

با توجه به اینکه هم اکنون صفحه‌برگردان‌های تولیدی در داخل با استفاده از فولاد معمولی بوده و استحکام کمی دارند، بایستی کاری در جهت ساخت انواع مقاوم‌تر آن‌ها صورت گیرد. یک راه مناسب جهت رفع این مشکل استفاده از مواد چندسازه‌ای[1] می‌باشد. با استفاده از این مواد ویژگی‌هایی متفاوتی که شاید نتوان به صورت هم زمان دریک ماده‌ی خام سراغ داشت، می‌توان دریک قطعه ایجاد کرده و به راحتی اقدام به ساخت آن کرد. بدون اینکه نیازی به تجهیزات خاص باشد دریک کارگاه کوچک این عملیات قابل انجام است. در ضمن این مواد شکل پذیری بسیار بالایی دارند. در مواد چندسازه‌ای، یک قطعه می تواند استحکام بالا و وزن کم را به طور توام داشته باشد و ساخت آن نیز راحت باشد.

هدف از این طرح بررسی امکان ساخت‌یک صفحه‌برگردان چندسازه‌ای و انجام‌یک سری آزمایش‌های مزرعه‌ای بر روی آن می‌باشد. برای اینکه بتوان کارایی خیش جدید را که در آن صفحه‌برگردان از مواد چندسازه‌ای ساخته شده است، بررسی کرد، گاوآهن مذکور از جهت مقدار مقاومت کششی مورد نیاز، مقدار مصرف سوخت و میزان کیفیت برگردان خاک(از بعد زاویه‌ی برگردان لایه‌ی شیار شخم) با نوع معمولی آن به عنوان شاهد مقایسه می‌شود.

---

[1] . Composite materials

فصل دوم
مروری بر تحقیقات و پژوهشهای انجام شده

۲-۱- نیرو در گاوآهن برگرداندار

نیرو در گاوآهن، مساله‌ای است که از دیر باز ذهن پژوهشگران را به خود مشغول داشته است. به طور کلی نیروهای وارده بر گاوآهن را می‌توان در دو بخش جداگانه بررسی کرد. ابتدا نیرویی که از طرف تراکتور به گاوآهن وارد شده و باعث حرکت آن به سمت جلو می‌شود و دوم نیروهایی که از طرف خاک به خیش وارد می‌شود(و در قسمت بعدی توضیح داده می‌شود). این دو دسته نیرو به همراه نیروی وزن دستگاه، در سرعت ثابت شخم دارای تعادل هستند.(شفیعی،۱۳۷۱) نیرویی که از طرف تراکتور به گاوآهن وارد می‌شود نیروی کشش[1] نامیده می‌شود. مولفه‌ی افقی این نیرو به مقاومت کششی[2] معروف است. در صورتی که این نیرو بر مساحت لایه‌ی شیار شخم تقسیم شود مقاومت کششی ویژه[3] حاصل می‌شود. ساده‌ترین دستگاه برای اندازه‌گیری کشش، دینامومتر فنری است.به خاطر نوسانات سریع در بار وارده، چینین نیروسنجی تنها برای اندازه‌گیری‌های کم دقت مناسبت دارد. اگر به جای فنر از فشار مایع برای انتقال فشار به درجه بوردون[4] که مستقیما برای نشان دادن نیرو درجه بندی شده استفاده شود، خواندن آن آسانتر خواهد بود. زیرا با استفاده ازیک مایع لزج ویا ایجاد مانعی در مسیر جریان مایع به درجه، نوسان‌های نیرویی را می‌توان مستهلک کرد.(شفیعی،۱۳۷۱)

امروزه نیروسنج‌های گوناگونی با اساس کار متفاوت و با دقت‌های بالا در دسترس می باشند.

---

1. Pull
2. Draft
3. Spesific Draft
4. Bourdon Gage

۲-۱-۱ عوامل موثر بر مقاومت کششی خیش

مقاومت کششی مخصوص گاوآهن‌ها تحت شرایط مختلف تغییرات عمده‌ای می‌کند. عواملی چون نوع و شرایط خاک، سرعت شخم زدن، فرم خیش، ویژگی‌های اصطکاکی سطوح در تماس با خاک، شکل و تیزی تیغه، عمق شخم، عرض لایه‌ی شخم، نوع منضمات و چگونگی تنظیم گاوآهن و منضمات آن، مقاومت کششی گاوآهن را تحت تاثیر قرار می‌دهند.(شفیعی،۱۳۷۱) برای برآورد عوامل مختلف و تجسس برای کاهش مقاومت کششی، کارهای زیادی انجام شده است.

نوع و وضعیت خاک از مهمترین عواملی هستند که در تغییرات مقاومت کششی مخصوص دخالت دارند.مقادیر مقاومت کششی مخصوص برای خاک‌های شنی از ۱/۴ تا ۲ نیوتن بر سانتیمتر مربع و برای خاک‌های خیلی سنگین از ۱۰ تا ۱۴ نیوتن بر سانتیمتر مربع تغییر می‌کند. در خاک‌های شنی‌یا لومی سیلتی مقاومت کششی مخصوص ممکن است از ۲ تا ۵ نیوتن بر سانتیمتر مربع باشد، در حالیکه برای خاک‌های لومی رسی و خاک‌های رسی سنگین مقادیر ۴ تا ۸ نیوتن بر سانتیمتر مربع را می‌توان برای مقاومت کششی مخصوص اختصاص داد. محتوای رطوبتی خاک هم از لحاظ میزان مقاومت کششی و هم از لحاظ کیفیت کار،یک از عوامل مهم بشمار می‌رود. خاک خشک نیاز به قدرت اضافی داشته و فرسایش لبه‌های برنده‌ی تیغه را شتاب می‌بخشد. سایر عوامل وابسته به خاک شامل می‌شوند بر چگالی خاک، عملیات خاکورزی قبلی و نوع پوشش گیاهی.(شفیعی،۱۳۷۱)

موجودترین گواه نشان می‌دهد که مقاومت کششی مخصوص با افزایش عمق، تا حد متوسطی از نسبت عمق به عرض، کاهش و سپس با افزایش بیشتر عمق ازدیاد پیدا می‌کند. کاهش ابتدایی مقاومت کششی مخصوص با افزایش عمق منطقی است، زیرا کل نیروی برش کف لایه‌ی شخم باید مستقل از عمق باشد. افزایش مقاومت کششی مخصوص در بیش از حد متوسط عمق احتمالا تا حدی با به خاطر نگهداشته شدن لایه ضخیم شخم در سطح منحنی‌شکل صفحه‌برگردان می‌باشد.خیش‌های مخصوص شخم عمیق از خیش‌های استاندارد، خاک‌برگردان بلندتری دارند. راندولف[1] و رید[2] مشاهده کردند که حداقل مقاومت کششی مخصوص برای تعدادی از خیش‌های ۳۶ سانتیمتری مربوط به عمق‌های ۱۳ تا ۱۸ سانتیمتر بود.(شفیعی،۱۳۷۱)

تغییرات در طراحی‌یا مواد اولیه، به منظور کاهش اصطکاک بین خاک و فلز، پتانسیل قابل ملاحظه‌ای در کاهش مقاومت کشش ارائه می‌دهد. به نظر ویزمر[3] و همکارانش اصطکاک روی

---

[1] . Randolph
[2] . Reed
[3] . Wismer

صفحات گاوآهن برگردان‌دار ممکن است بیش از ۳۰ درصد کل مقاومت کششی را شامل شود.(شفیعی،۱۳۷۱)

نتایج تعداد محدودی از آزمایش‌هایی که در مخازن خاک شنی انجام شده بود نشان داد که برای چنین خاکی، تغییر عرض برش از ۳۰ سانتیمتر به ۴۱ سانتیمتر (بدون کفش) اثر کمی بر مقاومت کششی مخصوص خود خیش داشت، ولی اصطکاک کفش، مقاومت کششی ناشی از پیش‌بر و مقاومت غلطشی چرخ‌های گاوآهن، که در این آزمایش شامل نشده بودند، خیلی کم تغییر کرده و از اینرو باعث می‌شدند که مقاومت کششی مخصوص با کاهش عرض برش، افزایش پیدا کند. گتزلاف[1] در آزمایش‌های مزرعه‌ای و با گاوآهن‌هائی به عرض ۲۶ سانتیمتر، دریافت که با کاهش عرض برش به زیر ۲۶ سانتیمتر مقاومت کششی مخصوص افزایش پیدا می‌کند.(شفیعی،۱۳۷۱)

مقاومت کششی در کارنده‌ها و در خاکورزهای سبکی که در عمق‌های کم کار می‌کنند تابعی از عرض کار کل دستگاه و سرعت حرکت می‌باشد. برای خاکورزهای سنگین که در عمق‌های بیشتر کار می‌کنند، علاوه بر سرعت و عرض کار، بافت خاک، عمق کار و هندسه‌ی ابزار بر روی مقاومت کششی اثرگذارند. مقدار مقاومت کششی در ادوات توسط معادله‌ی زیر قابل حصول است.

$$D=F_i[A+B(S)+C(S)^2]WT \qquad ۲-۲$$

که در آن:

D :مقاومت کششی برحسب نیوتن

F : ثابت بدون بعد مخصوص بافت خاک

i : برابر ۱ در خاک ریز بافت، برابر ۲ برای خاک با بافت متوسط، برابر ۳ برای خاک با بافت درشت

A,B,C : ثابت‌های مخصوص هر دستگاه که در جدول خود تعریف شده‌اند.

S : سرعت حرکت(کیلومتر بر ساعت)

W : پهنای ماشین(متر)یا تعداد ابزار

T : عمق کار برای خاکورزهای سنگین(سانتیمتر) و برابر ۱ برای خاکورزهای سبک و کارنده‌ها

جدولی مخصوص رابطه‌ی بالا وجود داردکه با توجه به نوع دستگاه و نوع خاک، مقادیر ضریب‌های A، B، C، F_1، F_2 و F_3 در آن معرفی شده اند. سه ضریب اول تابعی از طرح ماشین می‌باشند. ضریب A وابسته به مقاومت خاک و ضریب Bیا C وابسته به چگالی حجمی خاک می‌باشند. ضریب F با توجه به اینکه بافت خاک ریزیا متوسطیا درشت باشد مقدار ویژه‌ی خود را خواهد داشت.(استانداردهای ASABE،۱۹۹۸)

---

[1] . Getzlaff

مک کیبن[1] و رید[2] نتایج گزارش شده بین سال‌های ۱۹۱۹ و ۱۹۴۹ در مورد تغییرات مقاومت کششی نسبت به سرعت را به هم ارتباط دادند.آن‌ها در صد افزایش مقاومت کششی را نسبت به سرعت، و با فرض اینکه مقاومت کششی در سرعت ۴/۸۳ کیلومتر در ساعت(۳ مایل در ساعت) صد در صد است، رسم کردند. این آمار شامل می‌شد بر چندصد بار آزمایش با گاوآهن‌های برگردان‌دار که اغلب در سرعت‌هائی از ۱/۶ تا ۱۳ کیلومتر در ساعت انجام شده بود.تعداد کمی از این آزمایش‌ها برای گاوآهن‌های بشقابی و تعداد کمی هم برای زیرشکن در نظر گرفته شده است. آمار مربوط به گاوآهن‌های برگردان‌دار را می‌توان به خوبی در قالب معادله‌ی مشروحه‌ی زیر بیان نمود:

$$D_s/D_r=0.83+0.00630S^2 \qquad ۱-۲$$

که در آن

D_s = مقاومت کششی در سرعت S

D_r = مقاومت کششی در سرعت شاهد،۴/۸۳ کیلومتر در ساعت

S = سرعت بر حسب کیلومتر بر ساعت

این معادله شرایط معدلی را برای شکلی از صفحه‌برگردان که حد وسط اشکال مورد استفاده قبل از سال ۱۹۴۹ باشد، بیان می‌کند. این رابطه را نمی‌توان برای وضعیت خاصی به کار گرفت، ولی از جنبه‌های کلی مورد توجه می‌باشد. رابطه‌ی مزبور نشان می‌دهد که متوسط افزایش مقاومت کششی بین سرعت‌های ب۳/۲ و ۶/۴ کیلومتر بر ساعت ۲۵ ٪ و بین سرعت‌های ۴/۸ و ۹/۶ کیلومتر بر ساعت ۵۰٪ بود.(شفیعی،۱۳۷۱)

جی کلاو[3] و همکاران در سال ۱۹۷۷ از طریق آنالیز ابعادی به روش کراستین[4] رابطه‌ای ارائه دادند که در آن مقاومت کششی گاوآهن تابعی از سرعت حرکت، عمق شخم، عرض کار، وزن مخصوص خاک وتنش خاک در عمق مورد نظر می‌باشد.

$$\frac{D}{awσ}=k_2\left(\frac{va}{σ}\right)+k_3\left(\frac{va}{σ}\right)\left(\frac{V^2}{ga}\right) \qquad ۳-۲$$

با جایگزینی مقادیر k_2 و k_3 که به صورت تجربی به دست می‌آید، رابطه‌ی زیر را به دست آورد که در آن عبارت سمت چپ همان مقاومت کششی مخصوص می‌باشد.

$$\frac{D}{aw}=13/3va+3.06\frac{vV^2}{g} \qquad ۴-۲$$

که در هر دو رابطه:

---

[1] . McKibben
[2] . Reed
[3] . Gee Clough
[4] . Krastin

D : مقاومت کششی گاوآهن

a : عمق شخم

w : عرض برش گاوآهن

σ : تنش خاک

k_3 و k_2 : ضرایب ثابت که به صورت تجربی به دست می‌آیند.

ν : وزن مخصوص خاک

V : سرعت پیشروی

g : شتاب ثقل

سامرس[1] در سال ۱۹۸۶ اثر سرعت و عمق شخم بر روی مقاومت کششی گاوآهن برگردان‌دار، گاوآهن قلمی‌یا چیزل، گاوآهن پنجه غازی و دیسک در سه نوع از خاک‌های اوکلاهاما[2] بررسی کرد. در همگی آن‌ها رابطه‌ی سرعت و عمق شخم با مقاومت کششی ویژه خطی بوده، به جز گاوآهن برگردان‌دار که در آن مقدار مقاومت کششی ویژه با توان دوم سرعت ارتباط مستقیم دارد. همگی معادلات، مشابه معادله‌های ارائه شده در کتاب استانداردهای ASABE بوده است.

باخاری[3] و همکاران در سال ۱۹۸۸ با انجام آزمایش‌هایی بر روی گاوآهن برگرداندار، گاوآهن بشقابی و کولتیواتور در دو نوع خاک، جهت ارزیابی کارایی آن‌ها به این نتیجه رسیدند که قدرت مورد نیاز جهت انجام عملیات شخم و مقاومت کششی در تمامی ادوات در سرعت دوم بیشتر از سرعت اول است. مقاومت کششی هر سه دستگاه به تقریب دریک محدوده بوده ولی کمترین مقدار مقاومت کششی در واحد عرض کار مربوط به کولتیواتور و بیشترین آن مربوط به گاوآهن بشقابی بوده است.

باخاری و همکاران در سال ۱۹۸۹ تعدادی دستگاه خاکورزی شامل گاوآهن برگرداندار، گاوآهن بشقابی ویک دیسک را در دو نوع خاک مورد ارزیابی قرار دادند.پارمترهای مورد مطالعه عبارت از عمق کار، عرض برش، سرعت کار، درصد دفن بقایای گیاهی و کیفیت خاکورزی بودند. در گاوآهن برگردان‌دار با افزایش سرعت، عمق و عرض کار بیشتر شدند. در خاکی که رطوبت کمتری داشت نیز عمق و عرض کار بالاتر بوده است.

باخاری و همکاران در سال ۱۹۹۰ به طور ویژه بر روی گاوآهن و اثر سرعت حرکت آن بر روی عمق و عرض کار، مقاومت کششی، ظرفیت مزرعه‌ای، درصد لغزش چرخ‌ها، میزان جابجایی خاک و مقدار برگردان شدن خاک کار کردند. در سرعت‌های بالاتر (در نسبت‌های بالاتر جعبه دنده)، مقدار ظرفیت مزرعه‌ای و مقاومت کششی به طور توام افزایش‌یافته‌اند. درصد

---

[1] . Summers J. D.
[2] . Oklahoma
[3] . Sheruddin Bukhari

لغزش نیز بیشتر شده است و عمق کار هم به دلیل اینکه گاوآهن در سرعت‌های بالاتر تمایل به بیرون آمدن از خاک دارد، کمتر شده است. به دلیل اینکه گاوآهن مورد استفاده در این تحقیق از نوع دارای خیش همه کاره می‌باشد، بنابراین پیشنهاد شده است که خیش‌های کوچک مخصوص سرعت‌های بالا طراحی شده و برای نتیجه‌ی بهتر ارزیابی شوند.

بالاچ[1] و همکاران در سال ۱۹۹۱ ضمن انجام آزمایش‌ها بر روی سه دستگاه گاوآهن برگردان‌دار، سه دستگاه گاوآهن بشقابی و سه دستگاه هرس، با تغییر عمق و عرض کار و سرعت حرکت آن‌ها، صفات مختلفی را ارزیابی کردند. مقاومت کششی ویژه در گاوآهن برگرداندار با تغییر عمق تایک نسبت خاصی از عمق شخم به عرض کار کاهش و سپس افزایش‌یافته است. علت کاهش اولیه این گونه بیان می‌شود که نیروی کل برای برش کف شیار باید مستقل از عمق شخم باشد. علت افزایش مقاومت کششی ویژه بعد از آن نقطه‌ی خاص، شاید به خاطر متراکم شدن لایه‌ی ضخیم شیار بر روی صفحه‌ی خیش باشد. در آزمایش‌های انجام شده داخل خاک‌های شنی، افزایش عرض کار خیش از ۱۲ اینچ به ۱۴ اینچ، تاثیر کمی برروی مقاومت کششی ویژه داشته است. ایشان اثر سرعت حرکت برروی مقاومت کششی ویژه را همچون تابع معرفی شده توسط مک کیبن[2] و رید[3] فزاینده دانسته‌اند.

کبیری در سال ۱۳۷۵ در پایان نامه‌ی خود ضمن ارزیابی مقاومت کششی و میزان برگردان خاک توسط گاوآهن‌های برگردان‌دار در شرایط مختلف سرعت پیشروی و عمق شخم به این نتیجه رسیدند که عمق شخم و سرعت پیشروی، دو عامل بسیار مهم بر روی مقاومت کششی بوده و با افزایش هریک از این دو عامل، مقاومت کششی، توان مالبندی و مقاومت کششی ویژه افزایش‌یافته‌اند. عمق‌های مورد استفاده توسط ایشان برابر ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر بود.

ارادت اسکویی[4] و همکاران در سال ۱۹۸۲ در ادامه، مدلی ارائه دادند که در آن علاوه بر مربع سرعت، مقدار شاخص مخروطی خاک نیز جهت پیش بینی مقدار نیروی کشش به کار می‌رود.

کریمی در سال ۱۳۸۶ در پایان نامه‌ی خود به این نتیجه رسیدند که تغییرات نیروی مقامت کششی در گاوآهن‌های چیزل و برگردان‌دار در سطوح مختلف عمق شخم و سرعت کار معنی دار بوده و با افزایش هریک از عوامل مذکور، مقاومت کششی افزایش‌یافته است. تاثیر افزیش عمق بیشتر از سرعت بوده است. مقاومت کششی ویژه برای گاوآهن چیزل تابع خطی از سرعت و برای گاوآهن برگردان‌دار دوطرفه تابعی درجه دو از سرعت به دست آمد.

---

[1] . Jan Muhammad Baloch
[2] . McKibben
[3] . Reed
[4] . Eradat Oskoui