طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه خاکورزی مرکب و اثرات آن روی برخی از خواص فیزیکی خاک

علی محمد برقعی[1]- رضا علیمردانی[2]- علی اصغری[3]

چکیده

تردد بیش از حد تراکتور و ادوات سنگین موجب فشردگی خاکهای زراعی و در نتیجه کاهش عملکرد محصول می‌گردد. متاسفانه فشردگی خاک با روش سنتی خاک ورزی عجین شده است و علت عمده آن تردد مکرر تراکتور و ادوات در زمین زراعی می‌باشد . به منظور کاهش تردد تراکتور و ادوات ، در این تحقیق طراحی و ارزیابی یک دستگاه خاکورز مرکب متشکل از یک گاوآهن برگرداندار سه خیشه مجهز به شاخه‌های زیرشکن در پشت هر خیش انجام شده است . برای ارزیابی دستگاه طراحی شده، این دستگاه با ادوات خاک ورزی سنتی (زیر شکن + گاوآهن برگرداندار سه خیشه) از نقطه نظر مقاومت کششی کل، مقاومت کششی ویژه و مقایسه اثرات دو روش خاک ورزی مرکب و سنتی روی برخی از پارامترهای فیزیکی خاک مقایسه شدند. پارامترها ی فیزیکی خاک شامل شاخص نفوذ و سطح به هم خورده خاک می باشد. پس از تکمیل مراحل طراحی ، ساخت و ارزیابی دستگاه در مزرعه ، نتایج آزمایش های انجام شده حاکی از عدم اختلاف معنی دار (در سطح ۵ درصد) اثر این وسیله بر روی خواص فیزیکی انتخاب شده خاک با روش خاک ورزی سنتی ونیز اختلاف معنی‌دار در نیروی مقاومت کششی این دو روش بود.

۱- استاد گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی
۳- کارشناس ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی

مقدمه

بشر هزاران سال پیش برای افزایش میزان تولید محصول اقدام به خاک ورزی نموده است. در زمانی که ادوات چوبی و حتی فولادی به وسیله بشر ویا دام در خاک کشیده می شد، مشکلی به نام فشردگی خاک وجود نداشت. ظهور ابزارهای خاک ورزی و نیاز به تراکتور برای کشیدن آنها در زمین زراعی تاکیدی بر شعار عجین شدن پدیده فشردگی خاک در کشاورزی شد. هرچه تردد تراکتور و ادوات کشاورزی سنگین در خاکهای زراعی افزایش یافت ، خاک زیر رد چرخهای تراکتور و در نتیجه مزرعه با فشردگی بیشتر مواجه گردید. گرچه فشردگی خاک ناشی از عوامل دیگری چون وجود نمک در مرحله آبیاری یا سخت شدن طبیعی خاک نیز می‌تواند باشد.

عرضه ادوات خاک ورزی با عمق کار زیاد نظیر گاوآهن‌های چیزل سنگین و زیرشکن ها برای شکستن لایه های زیرین خاک سخت شده و کاهش تراکم خاک ضروری می‌باشد . امروزه طراحی ماشین‌های کشاورزی به صورت علمی انجام می‌گردد و همچون گذشته نیست که کشاورز برای این نیاز ،خود وسیله‌ای بسازد که فقط کار مورد نظرش را انجام دهد بدون اینکه محاسبات و بهینه سازی دستگاه را مد نظر داشته باشد. برای برطرف کردن معضلات ناشی از فشردگی خاک، یکی از روشهای ممکن استفاده مؤثر از چیزلها و زیرشکن هاست. استفاده زیرشکن در عمق زیاد باعث می شود که لایه متراکم گسیخته و خاک بهبود نسبی پیدا کند. منتهی به خاطر عمق کار زیرشکن انجام این عمل با صرف انرژی و نیروی زیادی همراه است.

با افزایش روزافزون توان تراکتورهای کشاورزی، امکان استفاده از ادوات مرکب درعملیات کشاورزی بیشتر می‌گردد. این ادوات ممکن است ترکیبی از وسایل خاکورزی و کاشت یا داشت باشند و یا حتی در برداشت از چنین ادواتی استفاده گردد. امتیازات اصلی این گونه ادوات نسبت به ادوات تک منظوره ، صرف انرژی و هزینه کمتر و نیز تراکم کمتر خاک و سرعت عمل بیشتر می‌باشد. استفاده از ادوات خاکورزی مرکب نیز سابقه طولانی دارد. اغلب آنها از ترکیب یک وسیله خاک ورزی غیرفعال و یک وسیله خاک‌ورزی فعال تشکیل می‌شدند، منتها ادوات مرکب خاک‌ورزیی که صرفاً از ترکیب دو خاک‌ورز فعال یا دو خاک‌ورز غیرفعال تشکیل شده باشند نیز طراحی و عرضه شده اند(۲). استفاده مدام از گاوآهن برگرداندار در یک عمق ثابت باعث ایجاد کفه شخم می شود. فشردگی این لایه با تردد مکرر تراکتور و ادوات سنگین تشدید و به این ترتیب مانع نفوذ آب گشته و آبی که نمی تواند در خاک نفوذ کند موجب آبدوی و یا هرز آب سطحی و فرسایش می شود(۱).

ولف و گارنر (۱۹۸۱) در مورد انرژی مکانیکی خاک ورزی در سه عمق بکار رفته در خاک های لومی شنی حاکی از این است که عمق زیرشکن اثر معنی داری بر مقاومت کششی ادوات و انرژی مکانیکی لازم برای خاک ورزی اولیه داشته است. تغییر عمق از ۲۸ به ۴۴ سانتی متر مقاومت کششی را تا سه برابر افزایش داده است(۴). جانادران (۱۹۹۶) روش های خاک ورزی سنتی (شخم + دیسک) را با خاک ورزی نوین (روتیواتور مخصوص) از نقطه نظر انرژی مصرفی و کلوخ شکنی و جرم مخصوص ظاهری خاک مقایسه کرد. او به این نتیجه رسید که جرم مخصوص ظاهری خاک در روش خاک ورزی نوین به طور معنی داری کمتر بود. همچنین انرژی ویژه مصرفی در خاک ورزی نوین نسبت به روش سنتی کاهش داشته است. کلوخ شکنی روش نوین نیز بهتر از روش سنتی گزارش شده است (۵). با توجه به اینکه استفاده از گاوآهن برگردان دار به خاطر سابقه طولانی اش در ایران و دید خاص کشاورزان نسبت به آن برای شخم اولیه زمین و تهیه بستر بذر جزء لاینفک ادوات کشاورزی می باشد، در این تحقیق هدف طراحی یک دستگاه خاک ورز تلفیقی از دو وسیله غیر فعال گاو آهن برگرداندار سه خیش و شاخه های زیرشکن نصب شده در پشت هر خیش می باشد. مضافاء، موارد ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

۱- بررسی انرژی مورد نیاز برای شکستن لایه سخت خاک در مقایسه با روش سنتی (گاوآهن برگرداندار+ زیرشکن)

۲- بررسی تاثیر روش سنتی و دستگاه خاک‌ورز مرکب بر شاخص نفوذ و سطح به هم خورده خاک
۳- مقایسه مقاومت کششی ویژه ادوات در روش سنتی و دستگاه خاک ورز مرکب.

در اینجا لازم است تأکید گردد که استفاده از طرح دستگاه خاک ورز مرکب ، تأیید گاوآهن برگرداندار و چشم‌پوشی از ایرادات آن مانند خردکردن بیش از حد خاک، اختلاط لایه‌های غیرحاصلخیز و حاصلخیز خاک ، صرف انرژی زیاد و .... نمی باشد، بلکه در این تحقیق با واقع بینی و از آنجا که شیوه‌های جدید در خاک ورزی به زودی و به درستی در کشورمان جا نخواهد افتاد، لذا چنین سیستمی پیشنهاد می گردد تا مشکل لایه سخت را در کوتاه مدت از بین برده و پس از آن به تدریج روشهای نوین خاک ورزی جایگزین روش سنتی گردد.

مواد و روشها

طراحی دستگاه خاک ورز مرکب به منظور طراحی دستگاه ابتدا برخی خصوصیات در آن لحاظ و مورد بررسی قرار گرفتند تا با در نظر داشتن آنها در کلیه مراحل طراحی، بهترین مزایا را در دستگاه مذکور ایجاد نمود. این موارد به قرار زیر می باشند:

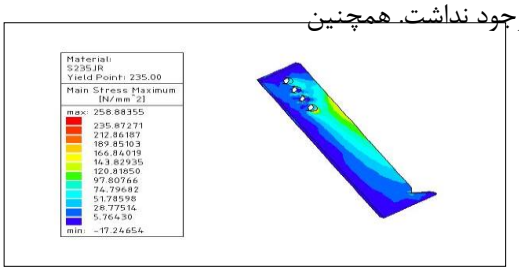
(۱) عمق کار تیغه زیرشکن باید به اندازه کافی زیاد باشد تا کاملاً کفه شخم را خُرد نماید.(۲) تیغه های زیرشکن باید در محلی قرار گیرند که اثر منفی بر عملکرد گاوآهن برگرداندار و تیغه آن نداشته باشند.(۳) محل شاخه های زیرشکن نسبت به خیش های گاوآهن برگرداندار باید به گونه ای باشد تا خاک شخم خورده توسط گاوآهن برگرداندار تحت تأثیر مجدد زیرشکن واقع نشود و اثری بر ناحیه ای از خاک که توسط گاوآهن خاک ورزی خواهد شد، نگذارد.(۴) با جلوگیری از دوباره کاری کمترین انرژی صرف عملیات شخم شود. (۵) مناسب تر است شاخه های زیرشکن به گونه ای طراحی گردند که در صورت تمایل به راحتی از گاوآهن جدا شده و یا با طراح لولایی از درگیری آنها با خاک در صورت تمایل جلوگیری شود. چنین حالتی می‌تواند هنگام جدا کردن وسیله از تراکتور برای حفظ پایداری آن بر روی زمین و یا در صورت عدم نیاز برای زیرشکن‌زنی مزرعه استفاده گردد.(۶) حتی الامکان تغییرات کمتری در طرح خیش ها، شاسی و سایر متعلقات گاوآهن برگرداندار اعمال تا ترویج دستگاه آسان تر انجام شود.

با بررسی طرح گاوآهن های موجود و در نظر داشتن مواد بالا، نتیجه گیری شد که شاخه های زیرشکن دقیقاً در وسط عرض کار هر خیش قرار گیرند. علاوه بر این با توجه به ارتفاع کفه شخم، زیر شکن زدن ۱۵ سانتی متر زیر کفه شخم گاوآهن برگرداندار برای شاخه های زیرشکن مناسب می باشد چون اگر خاک با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق به دو سمت تیغه زیرشکن برگردد، عرض مؤثر تیغه حدود ۳۰ سانتیمتر خواهد بود که کل عرض کار خیش گاوآهن برگرداندار را پوشش می دهد. لذا متناسب با این عمق کار، اندازه فاصله طولی بین نوک تیغه زیرشکن و لبه تیغه گاوآهن برگرداندار را ۳۵ سانتی متر در نظر می گیریم . شکل ۱ خاک ورز طراحی شده را نشان می دهد.

شکل ۱- خاک ورز مرکب (شاخه زیرشکن نصب شده پشت خیش گاوآهن برگرداندار

تحلیل ها و محاسبات طراحی دستگاه

برای طراحی دستگاه، ابتدا با کمک نقشه های تهیه شده با نرم افزار *Auto CAD* ، موارد ذکر شده در یک مُدل دو بعدی بررسی گردید. سپس با استفاده از نرم افزار *Mechanical Desk Top R.6* یک مدل سه بعدی از شاخه های زیرشکن و نیز قطعات متصل کننده آنها به گاوآهن تهیه گردید. سپس با فرمت *IGES* مدلهای سه بعدی به نرم افزار *ANSYS* منتقل شد. در این نرم‌افزار کلیه قطعات شاسی و خیش های گاوآهن و نیز شاخه های زیرشکن و قطعات متصل کننده آنها با اعمال تکیه گاههای مناسب به هر قطعه و نیز اعمال نیروهای تخمین زده شده با استفاده از روش المان محدود از نظر استحکام تحلیل شدند. کلیه نیروها با ضریب اطمینان ۲/۵ اعمال گردیدند. شکل ۲ گسترش تنش روی شاخه زیرشکن را نشان می دهد. در گاوآهن مورد نظر از فولادهای *CK45* ، *CK60* و در پاره ای از قطعات از آهن معمولی*(St37)* به عنوان مواد اولیه استفاده گردید که با در نظر گرفتن بیشترین تنش های محاسبه شده وارد بر هر کدام از آنها مشکلی از نظر استحکام وجود نداشت. همچنین



شکل ۲ – تحلیل گسترش تنش بر روی شاخه زیرشکن با نرم افزار

ANSYS

با توجه به حداکثر تنش های محاسبه شده برای شاخه های زیرشکن و قطعات متصل کننده آنها به گاوآهن فولاد با جنس *CK45* مناسب تشخیص داده شد. به این ترتیب طبق محاسبات تئوری می توان بدون تغییری در طرح گاوآهن

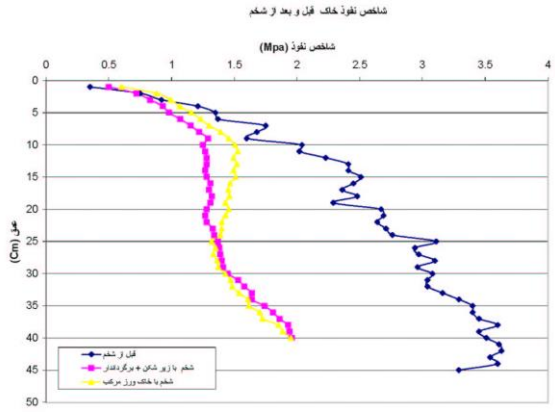
موجود شاخه های زیرشکن را به آن اضافه نمود. این عمل از طریق اتصال سه قطعه نگهدارنده شاخه های زیرشکن به ساقه های گاوآهن برگرداندار انجام می گردد . لذا در این تحقیق، ابتدا سه شاخه زیرشکن و نگهدارنده های مناسب آنها طراحی و ساخته شدند و پس از اتصال آنها به گاوآهن برگرداندار در آزمونهای مزرعه ای بررسی گردید که آیا این وسیله مرکب خاک ورزی می تواند اثری بر خواص فیزیکی خاک ، از قبیل شاخص نفوذ قطر متوسط کلوخه ها و سطح خاک بهم خورده، همانند حالتی که از زیرشکن و گاوآهن برگرداندار به طور مجزا استفاده می کنیم بگذارد یا نه؟

نتایج و بحث

آزمون مزرعه ای هدف از انجام این آزمون بررسی کارایی و قابلیت های دستگاه خاک ورز مرکب نسبت به ادوات خاک ورزی رایج می باشد. به این منظور گاوآهن برگرداندار و نیز زیرشکن به عنوان نمونه شاهد ادوات خاکورزی سنتی انتخاب شدند؛ چرا که اولاً این دستگاه‌ها رواج بیشتری در کشورمان دارند و ثانیا دستگاه مرکب خاک ورزی قرار است جایگزینی برای این دو دستگاه گردد. مقایسه کارایی دستگاه مرکب خاک ورزی با دو وسیله شاهد انتخاب شده از دو جنبه صورت گرفت: ابتدا اثر دستگاه مرکب خاک ورزی بر بعضی خواص فیزیکی خاک در مقایسه با استفاده جداگانه از زیرشکن و گاوآهن برگرداندار مطالعه شد. سپس از نظر انرژی موردنیاز برای خاک ورزی در واحد حجم خاک و یا همان مقاومت کششی ویژه مقایسه ای بین این دستگاه مرکب خاک ورزی و مجموع مقاومت های کششی ویژه گاوآهن برگرداندار و زیرشکن صورت گرفت. برای انجام آزمایشها در مزرعه از دو قطعه زمین (بلوک آزمایشی) به ابعاد ۵ در ۴۰ متر استفاده شد. در بلوک اول دستگاه خاک ورز دوار و در بلوک دوم ابتدا زیر شکن و سپس گاو آهن برگرداندار و در هر بلوک آزمون ها سه بار تکرار شدند. برای مقایسه دستگاه مرکب خاک ورزی و زیرشکن + گاوآهن برگرداندار بر بعضی از خواص فیزیکی خاک ، ابتدا زمین مورد آزمایش با زیرشکن و سپس همان قطعه زمین با گاوآهن برگرداندار شخم زده شد تا از اثر آن نسبت به زمینی که فقط با دستگاه خاک ورزی مرکب شخم می‌خورد به عنوان شاهد استفاده گردد. از شاخص نفوذ *(Cone Index)* خاک به عنوان پارامتر مستقل برای مقایسه استفاده شد. پس از بررسی خواص خاک ، دستگاه مورد نظر از نظر مقاومت کشش نیز مقایسه شد تا مزایای این دستگاه مطالعه گردد.

شاخص نفوذ

اندازه گیری شاخص نفوذ پارامتری از خاک است که معرف فشردگی خاک در عمق های مختلف می‌باشد. اندازه گیری شاخص نفوذ با نفوذسنج مخروطی خاک (مدل *SP-1000*) انجام گردید. این کمیت با اندازه گیری فشار وارده از طرف خاک هنگام نفوذ شاخص مخروطی دستگاه (یک قطعه استاندارد مخروطی شکل با مقطع دایرهای به قطر۱۲/۸۳ میلیمتر) به داخل خاک به دست می آید. برای اندازه گیری و مقایسه تغییرات ایجاد شده در مقاومت به نفوذ خاک، قبل و بعد از خاک ورزی آزمایش در پنج مقطع عرضی از هر کرت در بلوک ها انجام شد که به فواصل مساوی از همدیگر انتخاب شده‌اند. در هر مقطع انتخا[illegible] از نفوذسنج مخروطی ، مقاومت به نفوذ [illegible] ید (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار شاخص نفوذ قبل و بعد از شخم

این نمودار نشان می‌دهد که شاخص نفوذ بین زمین شخم خورده با دو روش مورد آزمون تا حدود زیادی یکسان می باشد. تفاوت اندکی که در این نمودار بین شاخص نفوذ دو سیستم خاک‌ورزی دیده می شود، در عمق ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی متر می باشد. با توجه به اینکه این عمق در یک سیستم خاک‌ورزی فقط تحت تأثیر خیش‌های گاوآهن برگرداندار قرار گرفته و در سیستم دیگر ابتدا تحت تأثیر زیرشکن و سپس گاوآهن برگرداندار واقع شده، می توان از این نتیجه چنین برداشت کرد که اگر خاک دست نخورده ابتدا با گاوآهن برگرداندار شخم شود بیشتر خرد می گردد تا اینکه زیرشکن زنی شده و سپس با گاوآهن برگرداندار شخم شود، چرا که در حالت اخیر این زیرشکن است که ابتدا خطوط شکست اصلی را ایجاد نموده و سپس گاوآهن برگرداندار کلوخه های درشت ناشی از زیرشکن را با حداقل خردکردن فقط برمی‌گرداند ولی اگر گاوآهن برگرداندار ابتدا با خاک دست نخورده درگیر شود هنگام برگرداندار آن خردشدن خاک شدیدتر است.

سطح خاک به هم خورده خاک

برای مقایسه مقاومت کششی ویژه دستگاه مرکب خاک ورزی با مجموع مقاومت کششی ویژه گاوآهن برگرداندار و زیرشکن، از هر کرت ۶ اندازه گیری از سطح خاک به هم خورده در صفحه ای قائم بر مسیر حرکت تراکتور صورت گرفت. برای اندازه گیری سطح خاک به هم خورده توسط زیرشکن، تورم خاک ناشی از زیرشکن زنی در نظر گرفته نشد و فقط مساحت مذکور تا سطح اولیه خاک محاسبه گردید. همچنین برای محاسبه سطح خاک به هم خورده توسط گاوآهن برگرداندار عمق کار متوسط گاوآهن در عرض کار مؤثر آن ضرب گردید. نتایج داده های سطح خاک به هم خورده در خاک‌ورزی با دستگاه مرکب از گاوآهن برگرداندار و زیرشکن و نیز خاک‌ورزی سنتی (گاوآهن و زیرشکن به طور مجزا) نشان می دهد که سطح خاک به هم خورده دو سیستم خاک‌ورزی مورد مطالعه اختلاف زیادی با یکدیگر ندارند.

مقاومت کششی

با توجه به عدم دسترسی به دینامومتر اتصال سه نقطه ، از روش معمول برای تعیین مقاومت کششی ادوات کشاورزی استفاده گردید. در این روش تراکتوری که وسیله خاک ورز به آن متصل است خلاص بوده و توسط تراکتور دیگری کشیده می شود و با استفاده از یک مبدل نیروسنج (*Novateck F204*) بین دو تراکتور، نیروی کششی تراکتور عقبی و وسیله همراه آن به دست می آید. برای اندازه گیری نیروی کششی تراکتور آزمون کشش یک بار هنگامی که وسیله با خاک درگیر است و بار دیگر زمانی است که تراکتور وسیله را از خاک بیرون آورده است انجام و از تفاضل دو مقدار به دست آمده نیروی مقاومت کششی وسیله محاسبه شد. از یک زیرشکن تک خیشه با شاخه های $\mathcal{L}$ شکل جهت زیرشکن‌زنی بلوک شاهد استفاده گردید و سپس از دستگاه خاک ورز مرکب در حالتی که هر سه شاخه زیرشکن آن جمع شده بودند به عنوان یک گاوآهن برگرداندار ساده برای شخم همان بلوک شاهد استفاده شد. برای مقایسه آماری نتایج مقاومت کششی از آزمون t ا ستفاده گردید. به این منظور ابتدا داده ها در نرم افزار $SPSS$ نرماله شده سپس با هم در سطح ۱٪ مقایسه گردیدند. برای انجام آزمایشها پس از اندازه گیری شاخص نفوذ قبل از شخم ، ابتدا در بلوک اول زیرشکن زده و سپس روی همان مسیر با گاوآهن برگرداندار شخم خورد و در بلوک مجاور نیز دستگاه خاک‌ورزی مرکب مورد استفاده قرار گرفت. در حین شخم کرت ها، مقاومت کششی ادوات اندازه گیری شدند و پس از آن نیز از هر کرت شش نمونه از شاخص نفوذ و سطح خاک به هم خورده بر داشت گردید.

جدول ۱ نشان دهنده نتایج اندازه گیری نیروی مقاومت کششی و سطح خاک به هم خورده گاوآهن برگرداندار، زیرشکن و دستگاه خاک‌ورزی مرکب از آنها و نیز نتایج محاسبه مقاومت کششی ویژه می باشد. آنچه که از جدول ۱ استنتاج می شود این است که کاهش ۵۸/۷ درصدی مقاومت کششی ویژه دستگاه خاک ورز مرکب نسبت به مجموع مقاومت کششی ویژه دو دستگاه گاوآهن و زیرشکن می باشد. دلایل این پدیده کم بودن عمق درگیری با خاک در تیغه‌های زیرشکن موجود در دستگاه مرکب خاک‌ورزی نسبت به عمق کار زیرشکن معمولی و نیز دوبار شخم در عمق ۲۵-۰ سانتی متر هنگام استفاده از زیرشکن و گاوآهن برگرداندار به طور مجزا می باشد.

نکته دیگری که از جدول فوق می تواند مورد بررسی قرار گیرد مقایسه بین نیروهای مقاومت کششی گاوآهن برگرداندار سه خیشه معمولی و دستگاه خاک وزی مرکب است. با انجام این مقایسه می بینیم که میانگین نیروی مقاومت کششی گاوآهن برگرداندار سه خیشه از ۱۶/۸۳ کیلو نیوتن، با اضافه شدن سه تیغه زیرشکن به پشت هر خیش به ۲۶/۶ کیلونیوتن افزایش یافته است. سپس احتمالاً می‌توان با اضافه کردن تیغه‌های زیرشکن به یک گاوآهن برگرداندار و صرف کمتر از ۵۰٪ نیروی کششی اضافه از مزیت های خاک‌وزی با زیرشکن نیز بهره برد.

آزمون t نیز معنی دار بودن اختلاف در سطح ۱٪ را برای نیروی مقاومت کششی دستگاه خاکورزی مرکب را در قیاس با مجموع نیروهای مقاومت کششی روش سنتی را نشان می دهد (مقدار t برابر با ۲۹/۰۱ و انحراف معیار برابر با ۰/۲۰۳ بدست آمد.

جدول ۱- نتایج اندازه گیری و محاسبه میانگین‌های نیروی مقاومت کششی، سطح خاک به هم خورده و مقاومت کششی ویژه

وسیله خاک‌ورزی	عمق کار *(Cm)*	میانگین نیروی مقاومت کششی *(KN)*	میانگین سطح خاک به هم خورده *(cm^2)*	میانگین مقاومت کششی ویژه *(N/cm^3)* یا انرژی در واحد حجم خاک *($10^4\ j/m^3$)*
زیرشکن تک شاخه	۴۰	۱۵/۶۶	۱۱۷۶	۱۳/۳۱
گاوآهن برگرداندار	۲۵	۱۶/۸۳	۲۲۸۶	۷/۳۶
حاصل جمع دودستگاه ردیف اول و دوم	-	۳۲/۴۹	۳۲۶۲	۲۰/۶۷
دستگاه خاک ورز مرکب	۱۵+۲۵	۲۶/۶	۳۱۱۷	۸/۵۳

هر چند اضافه شدن تیغه های زیرشکن به پشت خیش های گاوآهن برگرداندار موجب افزایش نیروی مقاومت کششی دستگاه تا بیش از ۴۰٪ می گردد ولی در صورت وجود تراکتور قوی تر و نیاز به زیرشکن زنی، استفاده از طرح دستگاه مرکب خاک‌وروزی به دلیل صرف انرژی، هزینه و زمان کمتر مناسب تر است.

مزایای این دستگاه خاک ورز مرکب طراحی شده نسبت به روش خاک ورزی سنتی عبارتند از: ۱) کمتر شدن نیروی کشش و انرژی کل مورد نیاز ، ۲) کمتر شدن هزینه های مزرعه ومکا نیزاسیون ، ۳) بهبود شیمی خاک ، ۴) از بین بردن مشکل کفه شخم ، ۵) بیشتر کردن عمق کارخاکورزی، ۶) افزایش نفوذپذیری خاک، ۷) عدم وجود مشکل عمق بحرانی در این طرح ، ۸) ترویج راحت تر زیرشکن و کمتر شدن هزینه و زمان ترویج.

پیشنهادات

به دلیل محدودیت زمانی برای تحقیق بر روی دستگاه مرکب خاک‌وزی از اثر آن بر روی پارامترهای فیزیکی شاخص نفوذ خاک استفاده شد، ولی مسلم است که استفاده از عملکرد محصول به عنوان معیار مقایسه اعتبار بیشتری به تحقیق می بخشد به این منظور پیشنهاد می‌گردد در صورت امکان از این پارامتر به عنوان معیار مقایسه استفاده گردد. و به دلیل محدودیت امکانات از یک لودسل کششی برای اندازه گیری نیروی مقاومت کششی ادوات و نیز مقاومت غلتش تراکتور استفاده گردید. به منظور پایین آوردن خطای آزمایش و نیز بدست آوردن داده های بیشتر مانند نیروی مکش قائم ادوات، پیشنهاد می‌گردد از دینامومتور سه نقطه اتصال برای چنین آزمونهایی استفاده گردد.

منابع

۱- شفیعی ، احمد. ۱۳۷۱. اصول ماشینهای کشاورزی . جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.

2- Bernacki H., Haman J. and Kanafojski Cz., 1972 , Agricultural Machines Theory and Construction , vol. I ,U.S.Departmaent of Commerce , Springfield , U.S,A.

3- Janardan, P. 1996. A comparison between rotavator and conventional tillage equipment for wheat - soybean rotations on a vertisol in Central India. Soil & Tillage Research, Vol. 37, Issues 2-3, 191-199.

4- Wolf, H. T. Garner, 1981. Tillage mechanical energy input and si=oil crop response. TRANS. Of the ASAE 24:1412-1425.