تاثیر نوع گاوآهن، عمق، سرعت و تردد تراکتور، بر مقاومت مکانیکی خاک (۵۲۵)

بهرام حسین‌زاده سامانی[۱] ، صفورا یونجی[۱] ، علی قضاوی[۲]

چکیده

مقاومت خاک به عنوان مقاومتی که برای حصول تغییر شکل مطلوب خاک باید بر آن غلبه کرد، تعریف می‌شود . این پارامتر یکی از عوامل مؤثر در رشد گیاه و تولید محصولات کشاورزی بوده و تأثیر آن به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. مقاومت بالای خاک بسته به هدف کار، می‌تواند مطلوب یا غیر مطلوب باشد. به عنوان مثال، مقاومت زیاد خاک برای تردد ماشین‌ها مطلوب است، چون ظرفیت تحمل خاک را بالا می‌برد. ولی برای عملیات خاک‌ورزی نامطلوب است، چون مقاومت کششی ادوات را افزایش می‌دهد که موجب افزایش مصرف انرژی، لغزش و تخریب خاک می‌شود. در این آزمایش اثر شخم با سه نوع گاوآهن برگرداندار، بشقابی و چیزل در ۳ سرعت ۳، ۵ ، ۵ و ۸ کیلومتر بر ساعت و در سه عمق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری بر روی مقاومت به نفوذ خاک بررسی شد. همچنین در قسمت دیگری از آزمایش اثر فاکتور تردد و تعداد عبور مرور ماشین آلات در مزرعه‌ای با خاک شخم خورده، بر روی مقاومت به نفوذ و تراکم خاک مورد مطالعه قرار گرفت. پس از آنالیز داده‌ها مشخص گردید که اثر نوع گاوآهن، عمق و تعداد عبور و مرور ماشین آلات بر روی شاخص مقاومت مکانیکی خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و هم چنین اثر فاکتور سرعت در سطح ۵٪ معنی دار بوده است. جرم مخصوص ظاهری و عمق خاک از عواملی هستند که بر روی شاخص مقاومت مکانیکی خاک اثر دارند. این موضوع به دلیل افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک با افزایش عمق می‌باشد که در نتیجه باعث افزایش مقاومت خاک می شود.

کلید واژه: مقاومت مکانیکی خاک، شاخص مخروطی، پنترولاگر، گاوآهن

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، پست الکترونیک: safoorayonji@gmail.com
۲- عضو هیأت علمی گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

مقدمه:

مقاومت خاک به عنوان مقاومتی که برای حصول تغییر شکل مطلوب خاک باید بر آن غلبه کرد، تعریف می‌شود . این پارامتر یکی از عوامل مؤثر در رشد گیاه و تولید محصولات کشاورزی بوده و تأثیر آن به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. مقاومت بالای خاک بسته به هدف کار، می‌تواند مطلوب یا غیر مطلوب باشد. به عنوان مثال، مقاومت زیاد خاک برای تردد ماشینها مطلوب است، چون ظرفیت تحمل خاک را بالا می‌برد. ولی برای عملیات خاک‌ورزی نامطلوب است، چون مقاومت کششی ادوات را افزایش می‌دهد که موجب افزایش مصرف انرژی، لغزش و تخریب خاک می‌شود.

با توجه به تأثیر مقاومت خاک بر جوانه‌زنی بذر، استقرار و رشد ریشه، رشد گیاه، و از همه مهمتر عملکرد محصول، اندازه‌گیری آن در مزرعه کاری ضروری است. اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک به دو روش ایستگاهی و در حال حرکت انجام می‌شود. در روش ایستگاهی برای هر بار اندازه‌گیری، باید وسیله در خاک نفوذ کرده و پس از اندازه‌گیری از خاک خارج گردد. ولی در روش در حال حرکت، مقاومت مکانیکی خاک به صورت پیوسته اندازه‌گیری می‌شود. با داشتن حسگرهای اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک به همراه سیستم خاک‌ورزی، می‌توان شرایط مقاومت لایه‌های مختلف خاک را حس کرده و ابزار خاک‌ورز را در عمق مطلوب خاک‌ورزی قرار داد. برای عملی کردن این کار، باید دستگاه قابل اتصال به تراکتور بوده و داده‌های فراوانی را به صورت پیوسته از مقاومت خاک، در هنگام عبور خاک‌ورز جمع‌آوری کند. فروسنج‌ها وسایلی هستند که برای اندازه‌گیری مقاومت نفوذ خاک طی سالیان متمادی به کار گرفته شده‌اند. استفاده گسترده از فروسنج‌های مخروطی و کاربرد آن به دلایل زیر است:

۱) این دستگاه آسان، سریع و اقتصادی است
۲) داده‌هایی را که تهیه می‌کنند براحتی قابل بررسی و تجزیه تحلیل است [۱ و۲ و۳].
۳) از فروسنجهای مخروطی در زمینه‌های مختلفی استفاده می شود. کاربرد این وسایل در کشاورزی فراوان است و می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- بدست آوردن اطلاعاتی از انواع خاکها و مقاومت آنها [۵]
۲- ارزیابی تراکم خاک در اثر عبور وسایل نقلیه [۵]
۳- پیش بینی عملکرد کششی وسایل نقلیه غیر جاده‌ای با استفاده از متوسط مقاومت نفوذ در لایه صفر تا ۱۵ سانتیمتر خاک [۶]
۴- ارزیابی اثرات باقی‌مانده از خاکورزهای مختلف روی خاک [۵]
۵- استفاده از اطلاعات شاخص مخروطی جهت پیش بینی کشش مورد نیاز ابزار خاکورز [۸]
۶- استفاده از فروسنج‌های خاص برای تعیین مقاومت مکانیکی خاک در مقابل رشد ریشه و جوانه زنی گیاه [۸]

مواد و روش‌ها:

آزمایش‌ها در یک قطعه زمینی واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام شد. یک طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در مزرعه اجرا شد. در این آزمایش با سه نوع گاوآهن برگرداندار، بشقابی و چیزل و با سه سرعت ۳، ۵,۵ و ۸ کیلومتر بر ساعت زمین را شخم زده و همچنین تراکتور به همراه گاوآهن با سرعت ثابت ۳,۶ کیلومتر بر ساعت به تعداد ۱ تا ۳ بار بر زمین شخم خورده عبور داده شد سپس با دستگاه اندازه‌گیری در سه عمق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری نیروی مقاومت به نفوذ قرائت شد. خاک مورد آزمایش نیز از نوع رسی تا سیلتی‌رسی (٪۴۵ = %Clay ، ٪۴۰ = %Silty ، ٪۱۵ = %Sand)بود.

اندازه‌گیری سرعت پیشروی تراکتور

در این آزمایش از یک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ استفاده شد. با توجه به تحقیقات انجام شده، مشخص شد که برای تیغه‌ای به عرض $۳۰\,mm$، سرعت بحرانی کمتر از ۱,۲ متر بر ثانیه یا ۴,۵ کیلومتر بر ساعت می‌باشد و همچنین با افزایش سرعت، نیروی اینرسی خاک به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد [۶ و ۸]. از این‌رو در تحقیق حاضر، آزمایشات در سرعتهای پیشروی کمتر و بیشتر از سرعت بحرانی اجرا شد. برای اندازه‌گیری سرعت در مزرعه، تراکتور را در با انتخاب دنده مناسب در سرعت‌های مختلف قرار داده و پس از اندازه‌گیری زمان در طول مسیر طی شده، سرعت در هر دنده تعیین گردید. سپس با استفاده از دنده‌های مورد نظر، آزمایشات انجام شد.

اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک

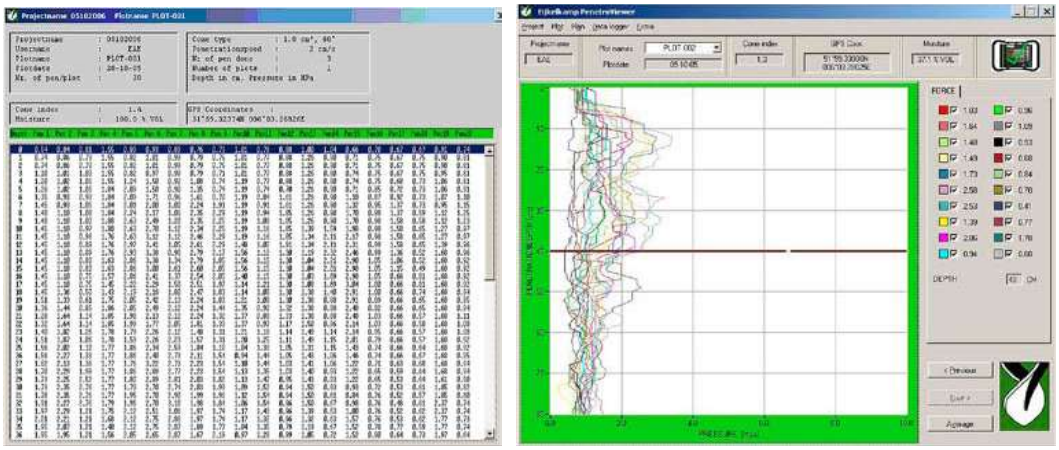
برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک، در چند نقطه از هر کرت با فرو بردن استوانه نمونه‌برداری به قطر داخلی ۶۰ mm و ارتفاع ۴۰ mm در عمقهای مورد نظر ، نمونه خاک دست نخورده برداشته شد و پس از خشک کردن خاک در آون، جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه گردید.

اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک

جهت اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی خاک، از پنترولاگری ساخت شرکت ایجکل‌کمپ[1] استفاده شد. این دستگاه قادر بود داده‌های پیوسته‌ای از زمان نفوذ در اختیار محقق بگذارد. همچنین با اتصال به رایانه کلیه داده‌ها توسط نرم افزار مربوطه در اختیار شخص قرار گرفته می‌شود. این دستگاه شامل مواردی همچون پنترولاگر الکترونیکی، مخروط، میله رابط، صفحه بازتاب عمق می‌باشد (شکل ۱و۲). صفحه بازتاب عمق در سطح خاک محل نمونه‌گیری قرار داده شده و امواج اولتراسونیک دریافت شده از پنترولاگر را به منظور تعیین دقیق عمق بازتاب می نماید. فواصل نمونه برداری توسط اشخاص مختلف پیشنهاد شده است، بعضی فواصل ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر را در هر پلات مناسب می‌گیرند [۵] و بعضی دیگر فواصل یک متری را مناسب بیان می‌کنند. در این آزمایش از فواصل یک متری جهت نمونه برداری انتخاب شده و در هر پلات ۵ نمونه برداشته شد. پنترولاگر مقاومت به نفوذ خاک را در واحد مگاپاسکال نشان می‌دهد.

شکل۱. دستگاه پنترولاگر برای اندازه‌گیری مقاومت به نفوذ خاک

1 Eijkelkamp



شکل ۲. محیط نرم‌افزار پنترولاگر برای ثبت و پردازش داده‌ها

رطوبت خاک

رطوبت بالا باعث کاهش مقاومت به نفوذ خاک می‌گردد. بنابراین در فاصله زمانی با مقدار رطوبت خاک یکسان داده‌برداری انجام می‌شود و بهترین زمان برای نمونه‌برداری رطوبت در حد گاورو می باشد. از دیگر پارامترهای موثر در مقاومت خاک می‌توان به مواد آلی خاک اشاره کرد.

سرعت نفوذ

سرعت نفوذ باید یکنواخت باشد و این سرعت به طور تقریبی، ۳۰ میلیمتر بر ثانیه پیشنهاد می‌شود. البته در خاکهای خیلی سخت رساندن سرعت نفوذ به سرعت ذکر شده تقریباً غیر ممکن است. اما سرعتهای کم و کوچکتر از سرعت استاندارد منجر به نتایجی می‌شود که اختلاف معنی داری با سرعت استاندارد نخواهد داشت.

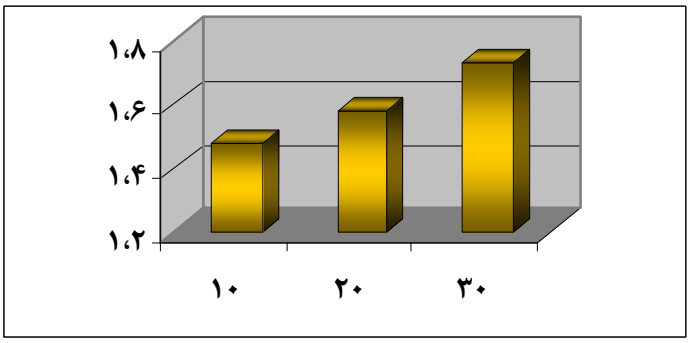
نتایج و بحث:

جدول شماره (۱) نتایج تجزیه واریانس مقاومت مکانیکی را تحت تیمارهای آزمایشی نشان میدهد. همانطور که مشاهده می‌شود نوع گاوآهن (برگرداندار، بشقابی و چیزل)، تردد تراکتور در زمین (۰، ۱ و۳ بار) و عمق نمونه بـ اری (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتر) در سطح ۱٪ معنی دار است. ولی سرعت شخم زدن (۳، ۵،۵ و ۸ کیلومتر بر ساعت) در سطح ۵٪ معنی دار می‌باشد. این نتایج نشان دهنده اهمیت فاکتورهای مورد آزمایش و لزوم رعایت نکاتی در جهت کاهش مقاومت مکانیکی خاک می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مقاومت مکانیکی خاک تحت تیمارهای مختلف

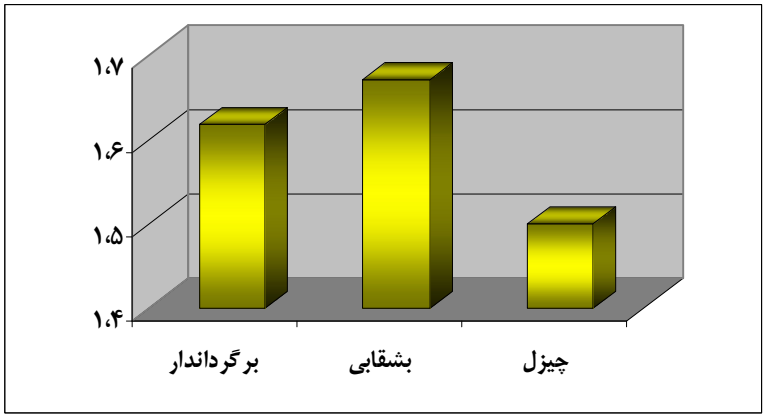
تیمار	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربعات
نوع گاو آهن	۲	۲/۰۷۰۲۹	۱/۰۳۵۱۵**
تردد تراکتور	۲	۲/۴۲۶۷۹	۱/۲۱۳۳۹**
عمق	۲	۴/۴۳۳۴۵	۲/۲۱۶۷۳**
سرعت	۲	۰/۹۵۳۳۷	۰/۲۳۸۳۴*
نوع گاوآهن*تردد	۴	۰/۰۰۱۴۵	۰/۰۰۰۳۶
نوع گاوآهن* عمق	۴	۰/۳۱۱۷۹	۰/۰۷۷۹۵
نوع گاوآهن*سرعت	۴	۰/۰۰۱۶۹	۰/۰۰۰۴۲
تردد* عمق	۴	۰/۰۰۳۲۰	۰/۰۰۰۸۰
تردد*سرعت	۴	۰/۰۰۰۹۸	۰/۰۰۰۲۵
عمق*سرعت	۴	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۰۴۲
خطا	۳۷۲	۸/۲۲۲۳۸	۰/۰۲۲۱۰
کل	۴۰۴	۱۸/۸۲۵۹۹	

** و * معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد



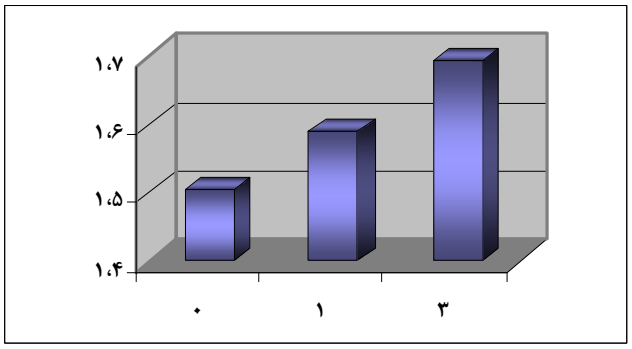
نمودار۱- مقاومت مکانیکی خاک در عمق‌های مختلف

همانطور که نمودار (۱) نشان می‌دهد مقدار شاخص مقاومت مکانیکی خاک در عمق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری برابر با ۱,۴۷۹، ۱,۵۷۹ و ۱,۷۳۳ مگاپاسکال می‌باشد. با افزایش عمق از ۱۰ به ۲۰ سانتیمتر شاخص مقاومت ۶٪ و با افزایش عمق از ۲۰ به ۳۰ شاخص مقاومت ۱۰٪ افزایش پیدا می‌کند. دلیل افزایش مقاومت مکانیکی در عمق‌های مختلف را می‌توان با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک توجیح نمود. در عمق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری جرم مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۱,۳۱، ۱,۳۵ و ۱,۴۴ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد. افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۳۰-۲۰ سانتیمتر احتمالاً ناشی از سختی لایه ایجاد شده در اثر استفاده از گاوآهن در سالهای قبل می‌باشد.



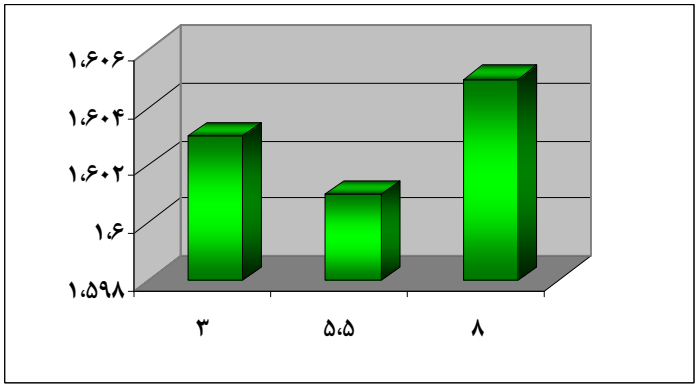
نمودار۲- مقاومت نفوذ خاک در سه گاو آهن مورد استفاده

با توجه به نمودار (۲) واضح است که بعد از شخم با گاوآهن بشقابی مقدار مقاومت به نفوذ از گاو آهن برگرداندار و چیزل مقدارش بیشتر است. در گاوآهن بشقابی شاخص مقاومت ۱،۶۷۷، در برگرداندار ۱،۶۱۹ و در چیزل ۱،۵۱ مگاپاسکال می‌باشد. افزایش مقاومت به نفوذ در گاواهن بشقابی را می توان به دلیل وزن زیاد آن دانست که در عمق ۳۰-۲۰ باعث فشردگی خاک می‌شود. همچنین مانند گاوآهن برگرداندار قابلیت بهم خوردن خاک و تغییر در خواص فیزیکی خاک را ندارد.



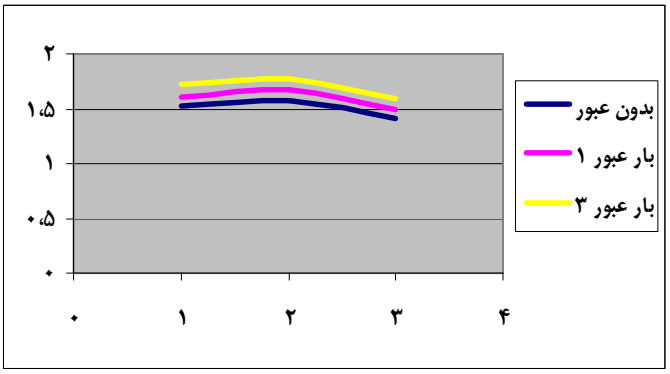
نمودار۳- مقدار مقاومت به نفوذ در خاک در تعداد تردد تراکتور بر روی زمین

همچنین مقایسه میانگین بین تعداد عبور و مرور تراکتور نیز در سطح ۱٪ معنی دار بوده است. واضح است که یکی از مشکلات موجود در زمینه کشاورزی مکانیزه بخش تراکم خاک بوده است که ادوات و ماشین آلات سنگین در حین عبور و مرور در زمین زراعی موجب تراکم خاک می‌شوند. همانطور که نمودار ۳ نشان می دهد با یکبار عبور از زمین زراعی توسط تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، در جای چرخها مقاومت به نفوذ ۶،۱٪ و با سه بار عبور ۱۵،۲٪ افزایش پ ا می‌کند. لازم به ذکر است با افزایش رطوبت به اندازه ۱۰٪ ، مقدار افزایش شاخص مکانیکی خاک براثر تردد چیزی در حدود ۱،۵ تا ۲ برابر زمان گاورو می‌باشد. با توجه به معضل افزایش تراکم خاک، با کاهش عبور در مزرعه و برنامه‌ریزی صحیح می‌توان از افزایش تراکم خاک جلوگیری نمود. با افزایش سرعت حرکت تراکتور در زمان حرکت بر روی خاک شخم خورده، تا حدی از تراکم خاک کم می‌شود. همچنین سنگین کردن بیش از حد چرخهای عقب تراکتور بمنظور افزایش کشش باعث افزایش شدید تراکم خاک می شود.

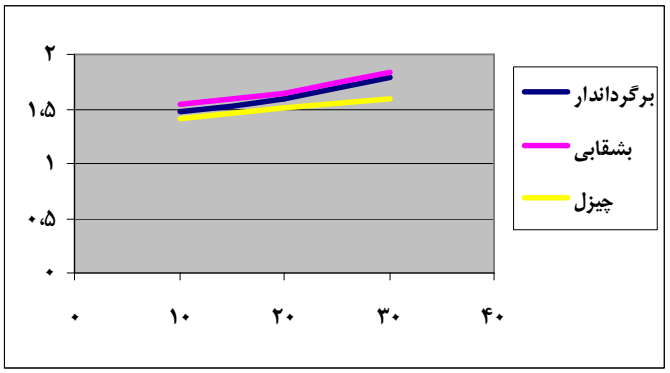


نمودار۴- اثر سرعت شخم بر مقاومت نفوذ خاک

همانطور که نمودار (۴) نشان می دهد مقدار تغییر سرعت شخم اثر چندانی بر مقاومت به نفوذ خاک ندارد. همچنین مقایسه میانگین برای اثر سرعت بر مقاومت مکانیکی خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار نبوده است. همچنین افزایش بی‌رویه سرعت و بدنبال آن تشکیل کلوخ، وضعیت فیزیکی خاک نامطلوب خواهد شد.



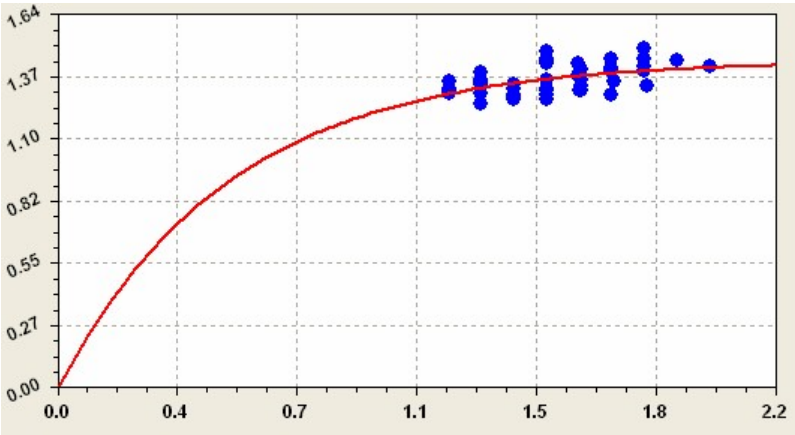
نمودار۵- اثر تردد بر زمین زراعی در هر سه نوع گاوآهن



نمودار۶- اثر عمق خاک با گاوآهن‌های مختلف در مقاومت به نفوذ در خاک

نمودار (۵) اثر تراکم در اثر شخم با سه نوع گاوآهن را نشان می‌دهد. واضح است که روند افزایشی و یا کاهشی در هر سه نوع شخم در اثر تعداد تردد مشابه می‌باشد. در نمودار (۶) مشخص شده است که روند اثر عمق شخم در گاو آهن بشقابی و برگرداندار مشابه بوده ولی در گاواهن چیزل به دلیل کمتر بودن عمق شخم، در عمق بین ۳۰-۲۰ سانتیمتری شیبی متفاوت با دو نوع گاوآهن دیگر

مشاهده می‌شود. همچنین تغییرات مقاومت به نفوذ، بعد از شخم با گاوآهنهای مختلف قابل توجه است. بیشترین نیرو مربوط به گاوآهن بشقابی وکمترین مربوط به گاوآهن چیزل می‌باشد.



نمودار۷- رابطه بین جرم ظاهری خاک با مقاومت به نفوذ خاک

نمودار (۷) رابطه رگرسیونی میان جرم مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذ خاک با ضریب تبیین برابر ۹۲٪ را نشان می دهد که بیانگر ارتباط بین این دو پارامتر تحت رابطه ($Y= 1.4427(1- e^{-1.9091x})$ می‌باشد. در این نمودار افزایش جرم مخصوص ظاهری (محور افقی) با روندی در تابع نمایی موجب افزایش مقاومت مکانیکی خاک می‌گ دد.

نتیجه‌گیری:

۱- با توجه به جنس خاک از ادوات مناسب استفاده شود.
۲- عامل رطوبت عاملی مهم در تراکم خاک بوده است. در هنگان شخم از رطوبت مناسب استفاده شود (گاورو).
۳- با توجه به کشاورزی مکانیزه و استفاده از ماشین‌آلات سنگین در کشاوذری، از عبور و مرور غیر ضروری ماشین‌ها جلوگیری شود.
۴- با انتخاب عمق مناسب برای کار ادوات از هدر رفتن و صرف انرژی خوداری شود.
۵- قبل از عملیات خاکورزی مطالعات لازم در مورد شرایط زمین انجام بگیرد.
۶- از سنگین کردن تراکتور و ادوات بدون برنامه‌ریزی اجتناب شود.

منابع:

1. Adamchuk, V.I., Morgan, M.T. and Sumali, H. (2001). Application of strain Gauge array to estimate soil mechanical impedance on-the-go. TRANSACTIONS of the ASAE, 44 **(6):** 1377-1383

2. Alihamsyah, T., Humphries, E.G. and Bowers, C.G .(1990) .A technique for horizontal measurement of soil mechanical impedance. TRANSACTIONS of the ASAE, 33(1): 73-77.

3.Andrade, P., Rosa, U., Upadhyaya, S., Jenkins, B., Aguera, J., and Josiah, M. (2001). Soil profile force measurement using an instrumented tine. ASAE Paper Number: 011060. St. Joseph, MI.

4. ASAE Standards (2001). ASAE S313.3: Soil cone penetrometer. St. Joseph, MI.

5. J. M. A. Ddesbiolers, R. J Godwin, Jkilgour, B. S. 1999. Blackmore Prediction of tillage implement draught using cone penetrmeter data. J. Agric. Engng. Res 73, 65-76

6.Schuring, D.J. and Emori, R.I.(1964) .Soil deforming processes and dimensional analysis. SAE Paper No. 897C. New York, N.Y. SAE

7. Sun-Ok, C., and Kenneth, A. (2003). Modeling soil failure caused by prismatic and conical tools. ASAE Paper No. 031028. St. Joseph, MI**.**

8. Wheeler, W. B. and Godwin, R.J. (1996) .Soil dynamics of single and multiple tines at speeds up to 20 km/h. Journal of Agricultural Engineering Research 63: 243-250