

معرفی یک نفوذ سنج مخروطی پشت تراکتوری مورد استفاده جهت تهیه نقشه منطقه ای تغییرات مقاومت خاک

محمد گهری*، کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
عباس همت، استاد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

در این تحقیق یک نفوذ سنج مخروطی اتوماتیک قابل اتصال به تراکتور طراحی و ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت تا میزان شاخص مخروطی خاک را در سطح مقطع خاک اندازه گیری نماید. هدف از تحقیق استفاده از این وسیله جهت تهیه نقشه سه بعدی خاک به واسطه تغییرات مقاومت خاک بود. دستگاه شامل شاسی، مجموعه سخت افزاری، کامپیوتر و نرم افزار مربوطه بود. یک جک دو طرفه هیدرولیک با کورس ۸۰ سانتی متر جهت فرو بردن مخروط در خاک به شاسی وسیله متصل گردید. یک موتور جریان مستقیم نیز به وسیله یک پیچ قدرت برای تحریک شیر کنترل مورد استفاده قرار گرفت. مجموعه جمع آوری اطلاعات و یک دستگاه موقعیت یاب متحرک نیز برای ثبت زمان واقعی داده برداری، نمایش و ثبت داده های مربوط به موقعیت تراکتور و وضعیت نفوذ سنج و داده های اندازه گیری شده به کار گرفته شد. داده ها در نقشه مقاومت خاک در پنج لایه با فواصل ۱۰ سانتی متر مشخصات متوسط رطوبت خاک در لایه های مورد نظر اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که در عمق ۱۰ سانتی متر فشردگی خاک وابسته به رطوبت خاک بوده ولی در چهار لایه بعدی همبستگی بین این دو عامل وجود ندارد. در نهایت با ترکیب نقشه های مقاومت مکانی خاک در لایه های مختلف نقشه مناسب و کارآمد سطح مقطع خاک جهت خاکورزی با عمق متغیر به دست آمد.

واژه های کلیدی: فرسنج مخروطی، لودسل، GPS، نقشه های خاصه مکانی

مقدمه

تحقیقات محققین نشان داده است که فشردگی خاک می تواند اثر منفی بر رشد گیاه، آب ذخیره شده در خاک، کارایی استفاده آب توسط گیاه، ویژگی های رشد و نمو گیاه، توسعه و توزیع ریشه در خاک، جذب مواد غذایی توسط ریشه و سرانجام عملکرد گیاه داشته باشد. در هر شرایط فشردگی منافذ درشت خاک کمتر از منافذ ریز بوده و مقدار منافذ بدون پیوستگی بیشتری را دارا می باشد (۷). در این شرایط گیاه رشد کمتری در خاک فشرده نسبت به خاک فشرده نشده داشته و قابلیت ریشه برای جذب آب و مواد غذایی کاهش می یابد (۹). تعیین مقاومت خاک به دو روش آزمایشگاهی و در محل انجام می گیرد. در روش های آزمایشگاهی نمونه های خاک از محل مورد نظر استخراج شده و توسط آزمایش هایی مثل برش مستقیم، برش سه محوره، فشار تک محوره و غیره مورد آزمون قرار می گیرد. در این روش چون نمونه ها بازسازی می شوند مقادیر به دست آمده با خطا همراه است. اما روش های اندازه گیری در محل مانند فروسنجی، برش پیچشی و برش پره ای در مزرعه انجام شده و نتایج بهتری را ارائه می کنند. جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر تراکم افزایش می یابد. علاوه بر اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری، نیروی لازم برای فروکردن یک فروسنج مخروطی^۱ به داخل خاک، جهت ارزیابی تراکم خاک استفاده می شود.

مشخصه اصلی خاک که با استفاده از فروسنج مخروطی تعیین می شود، مقاومت به نفوذ می باشد که به مشخصه های دستگاه فروسنج شامل زاویه نوک، قطر قاعده مخروط آن و آهنگ فرو کردن دستگاه در خاک بستگی دارد. مقاومت به فرو رفتن به طور معمول با شاخص مخروطی^۲ نشان داده می شود که مقدار آن تحت تأثیر چندین خصوصیت خاک قرار می گیرد. فروسنج ها انواع مختلفی دارند که به طور وسیع مورد استفاده قرار می گیرند. به طور مثال بعضی از انواع دارای ثبت کننده نتایج و نمودار هستند و بعضی دیگر دارای ثبت نیستند. اندرسون (۱۹۸۰) معتقد است انواع دارای ثبت نتایج کامل تری به دست می دهند. انواع دستی فروسنج های دارای ثبت از دهه ۱۹۵۰ تا کنون مورد تکمیل قرار گرفته اند. حفظ سرعت ثابت نفوذ در انواع دستی به سختی به دست می آید و به همین دلیل محققان بسیاری بر روی انواع پشت تراکتوری تحقیق کرده اند. انواع پشت تراکتوری هزینه کارگر کمتر و قدرت نفوذ بالاتری در زمین های سخت دارند (۸). در حال حاضر با راه پیدا کردن سیستم های موقعیت یابی جهانی^۳ در امور کشاورزی تحولی در تعیین پارامترهای خاصه مکانی ایجاد شده است. این فن آوری تهیه نقشه های خاصه مکانی امکان پذیر می نماید (۵).

1- Cone penetrometer

2- Cone index; CI

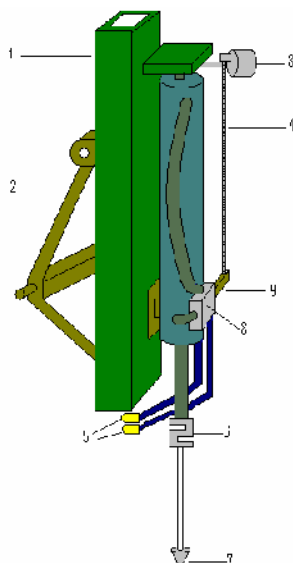
3- Global Position System; GPS

مواد و روش ها

به منظور طراحی و ساخت نفوذ سنج اتوماتیک قابل اتصال به تراکتور از استاندارد جامعه مهندسی آمریکا با شماره ASAE S.313 استفاده شد. طبق این استاندارد مخروط با زاویه راس ۶۰ درجه از جنس استیل AISI316 و قطر قاعده ۲۰/۲۷ میلیمتر ساخته شد. برای نفوذ مخروط و محور آن از یک جک هیدرولیکی دو طرفه با قطر ۷/۵ سانتی متر و کورس ۸۰ سانتی متر استفاده شد تا قادر باشد این مخروط را در خاک های سخت، مانند خاک های ایران فرو برد (شکل ۱). این جک بوسیله یک شیر کنترل جهت سه وضعیته کنترل می شود. بدین نحو که اهرم این از طریق یک پیچ انتقال قدرت به یک موتور الکتریکی جریان مستقیم متصل است و می تواند توسط آن کنترل شود. این موتور الکتریکی فرمان چپ گرد و راست گرد خود را از یک سامانه واسط ساخته شده به این منظور که به کامپیوتر متصل است دریافت می کند.

زمانی که کاربر از روی نرم افزار نوشته شده به زبان C++ فرمان نفوذ را صادر می کند این موتور اهرم شیر هیدرولیکی را حرکت داده و با عملکرد شیر جریان روغن وارد جک شده، مخروط درون خاک نفوذ می کند. در حین نفوذ لودسل S شکل با ظرفیت باری ۵۰۰ کیلوگرم مقدار نیروی وارده را قرائت کرده از طریق سامانه واسط به نرم افزار ارسال می کند. به موازات جک هیدرولیکی یک کولیس دیجیتال ۵۰ سانتی متری ساخت شرکت ال جی نصب گردید تا مقدار باز شدن جک و همچنین سرعت باز شدن که باید دو میلی متر بر ثانیه باشد را از طریق خروجی ۲۴ بیتی کولیس به کامپیوتر ارسال دارد. داده های مقدار نیروی نفوذ و عمق هم ارز از طریق نرم افزار بصورت یک فایل با فرمت اکسل ذخیره می گردد تا پس از داده برداری پروفیل مقاومت خاک در این نرم افزار ترسیم گردد. این سامانه واسط از طریق کابل RS-232 به کامپیوتر متصل می گردد و همچنین کولیس دیجیتال و خروجی لودسل به آن متصل می گردد (شکل ۲). GPS متصل شده به این مجموعه ساخت شرکت GARMIN مدل Vista می باشد. دقت آن سه متر و نرخ داده برداری آن یک ثانیه است. این GPS دارای مگابایت حافظه داخلی و قابل اتصال مستقیم به کامپیوتر است. بوسیله این GPS می توان مختصات مکانی نقاط نمونه برداری را ثبت کرده تا پس از آن بتوان در نرم افزارهای GIS نقشه مقاومت خاک را بصورت یک لایه اطلاعاتی ترسیم نمود. مجموعه روی تراکتور جاندر ۳۱۴۰ بوسیله اتصال سه نقطه نصب گردید.

توسط این مجموعه می توان نقشه تغییر پذیری مقاومت خاک را تهیه کرد و در مقاصد خاک ورزی دقیق خاصه مکانی بر پایه GIS به کار برد. به منظور تهیه نقشه مقاومت خاک، قطعه زمینی به نسبت مسطح به مساحت یک هکتار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در جوزدان نجف آباد انتخاب گردید.



شکل ۱: اجزای فروسج مخروطی مورد استفاده

۱- شاسی اصلی ۲- اتصال ۳ نقطه ۳- موتور الکتریکی ۴- پیچ انتقال قدرت ۵- کوپلینگ های اتصال هیدرولیک
۶- لودسل ۷- مخروط فولادی ۸- شیر کنترل جهت هیدرولیک ۹- اهرم کنترل شیر



شکل ۲: سامانه کنترل ساخته شده جهت هدایت وسیله

ایستگاه مزبور در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و طبق تقسیم بندی کوپن دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان های خنک و خشک است. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی متر و ۱۴/۵ درجه سانتی گراد می باشد (۷). لکزیان (۱۳۶۸) در تحقیقات خاک محل آزمایش را از گروه تیپیک هاپل آرجید^۱ و در سری خاک خمینی شهر معرفی کرده است. بافت خاک زمین مورد نظر لوم

1- Typic Haplargids

رسی سیلتی^۱ با ترکیب ۳۵/۳ رس، ۴۸/۵ سیلت و ۱۵/۶ شن بود. در فصل زراعی گذشته در این قطعه زمین جو کاشته شده بود و در زمان آزمایش ۸ ماه به صورت آیش رها گشته و در پاییز در زمان آیش عملیات خاک‌ورزی سطحی روی آن انجام شده بود. مجموع بارش در ماه‌های دی و بهمن به ترتیب ۴۴/۳ و ۴۸ میلی متر در ماه بود. زمین مورد آزمایش به قطعاتی مساوی به ابعاد ۱۰ متر در ۱۰ متر تقسیم گردید. نمونه‌های خاک برای تعیین رطوبت از قطعات با مش‌بندی ۴۰ متر در ۴۰ متر (شکل ۳) در چهار لایه ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰، ۳۰-۴۰ سانتی‌متری، با حفر گودال از اعماق یاد شده نمونه گرفته شد و درون کیسه‌های نایلکس قرار گرفت و در آزمایشگاه توزین شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ابتدا وزن خاک مرطوب نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و سپس درون دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا نمونه‌ها خشک شوند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها، به طور مجدد وزن شدند و از تفاضل وزن خاک خشک و مرطوب، درصد رطوبت بر پایه خشک به دست آمد. پس از انجام نمونه برداری ها، نمودار شاخص مخروطی- عمق برای هر ۱۰۰ نقطه ترسیم و میانگین مقادیر شاخص مخروطی برای تمام این ۱۰۰ نقطه در ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۲۵، ۲۵-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰ سانتی‌متر استخراج گردید. با استفاده از نرم افزار Variowin نیم تغییرنما ترسیم شد و بهترین مدل زمین آماری برازش شده انتخاب گردید. از نرم افزار Surfer در تهیه نقشه دوبعدی و سه‌بعدی تغییرات مکانی برای هر لایه استفاده گردید. مقادیر مختصات مکانی و شاخص مخروطی وارد بخش صفحه گسترده نرم افزار و پس از تبدیل داده‌ها و انتخاب تکنیک میان‌یابی کریجینگ نقشه ترسیم گردید. داده‌های شاخص مخروطی و رطوبت خاک برای هر لایه در سه مرحله با استفاده از آمار کلاسیک تحلیل و نسبت به بررسی توزیع فراوانی، مشخصه‌های آمار توصیفی و ضریب همبستگی متغیرها با استفاده از نرم افزار SAS اقدام گردید.

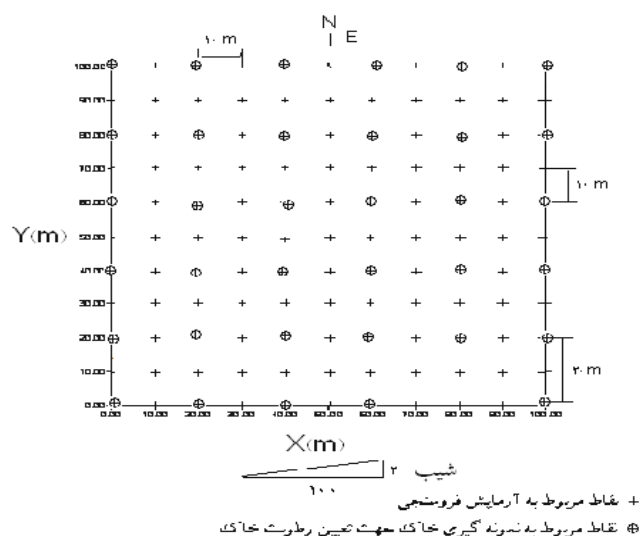
رفتار مکانی متغیرهای مختلف با استفاده از نیم تغییرنمای تجربی و به کارگیری رابطه زیر به عنوان تخمین زننده مطالعه شد.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

که در آن $N(h)$ تعداد زوج مشاهدات است که به فاصله h از هم جدا شده‌اند. $Z(x_i)$ و $Z(x_i + h)$ مقادیر متغیر Z در دو مکان است که به فاصله h از هم جدا شده‌اند. برای مدل سازی ساختار مکانی متغیر مورد نظر و تعیین نیم تغییرنمای آن از نرم افزار Variowin استفاده شد.

1- Silty clay loam (SCL)

2- Variogram

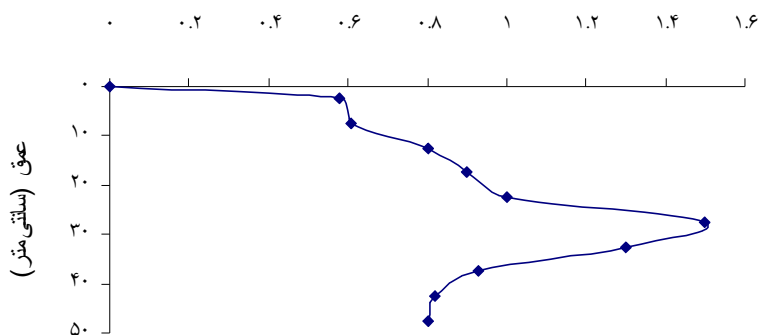


شکل ۳: نقشه نقاط نمونه برداری شده

نتایج و بحث

به منظور به دست آوردن نیمرخ کلی مقاومت قطعه زمین یک هکتاری و تهیه نقشه تغییر پذیری مکانی مقاومت و رطوبت خاک، میانگین شاخص مخروطی در لایه‌هایی با اعماق ۵ سانتی برای تمام ۱۰۰ نقطه به دست آمد. در شکل (۴) تغییرات مقاومت خاک با عمق نشان داده شده است داده‌های شاخص مخروطی در نقاط اندازه‌گیری شده بودند مطابق با شبکه بندی مورد نظر در پنج لایه ۱۰ سانتی متری میانگین محاسبه گردید.

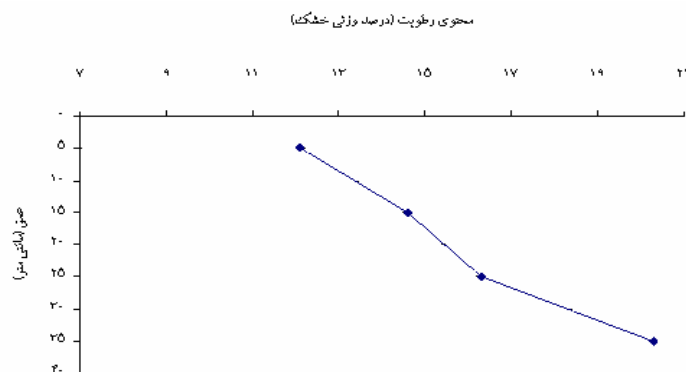
شاخص مخروطی (مگاپاسکال)



شکل ۴: نمودار تغییرات میانگین شاخص مخروطی با عمق برای قطعه یک هکتاری

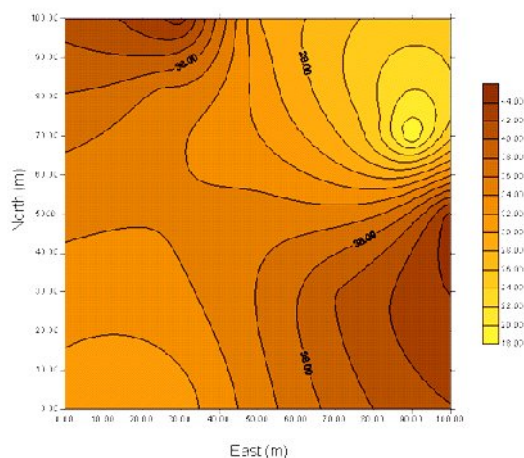
همان‌طور که در شکل (۶) دیده می‌شود یک لایه فشرده در عمق ۲۵ الی ۳۰ سانتی متری وجود دارد. تغییرات رطوبت خاک برای این قطعه زمین در شکل (۵) نشان داده شده است. رطوبت خاک حاصل از

بارندگی ماه های دی و بهمن می باشد. این منحنی بیانگر افزایش خطی رطوبت با عمق می باشد. این موضوع باید در تفسیر نتایج مقاومت خاک اندازه گیری شده با فروسنج مخروطی در نظر گرفته شود. به منظور به دست آوردن نقشه تغییرات مکانی سخت لایه و خطوط ترازوی که نشان دهنده عمق سخت لایه درون خاک باشد، ابتدا داده های فروسنجی نقاط آزمایش شده ترسیم شد و سپس اعماقی که شاخص مخروطی در آن در سه نقطه بطور متوالی افزایش یافته و از مرز ۱ مگاپاسکال گذشته و سپس کاهش یافته بود مشخص شد. با استفاده از نرم افزار Surfer مختصات مکانی این نقاط و همچنین عمق سخت لایه ثبت و سپس ترسیم شد.



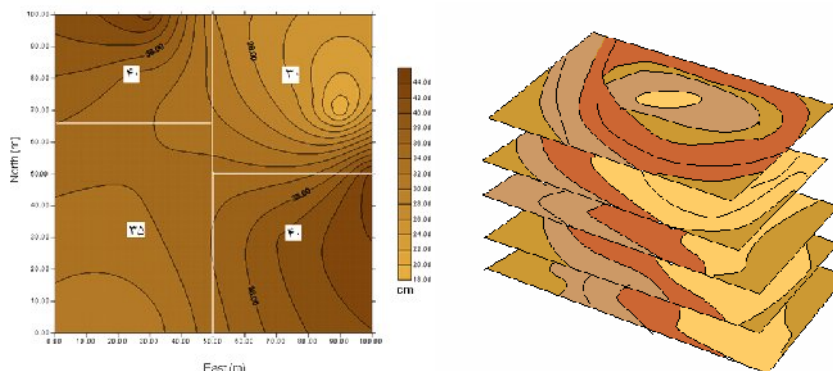
شکل ۵: میانگین رطوبت در عمق چهار لایه

همان طور که در شکل (۶) مشاهده می شود در نقطه با عرض و طول به ترتیب ۹۰، ۷۰ عمق سخت لایه در حدود ۳۰ سانتی متری و در نقطه ۸۰، ۳۰ و همچنین نقطه ۳۰، ۸۰ در عمق حدود ۴۰ سانتی متری وجود دارد. این نقشه حاصل برهمه‌نی ۵ لایه قبلی به دست آمده است (شکل ۷). با استفاده از این نقشه می توان قطعه زمین را به منظور خاک ورزی خاص مکانی پهنه بندی کرد.



شکل ۶: تغییرات مکانی عمق سخت لایه در قطعه زمین ۱ هکتاری

در شکل ۱۰ قطعه زمین به چهار قسمت تقسیم شده است تا با اعماق تعیین شده بتوان آن را تحت عملیات خاک‌ورزی قرار داد. به این ترتیب با حذف خاک‌ورزی با عمق یکسان می‌توان در هزینه مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.



شکل ۷: پهنه بندی قطعه زمین یک هکتاری جهت خاک‌ورزی خاص مکانی با استفاده از عمق سخت لایه

نتایج اکثر پژوهش‌های انجام شده در خصوص نقشه‌های تغییرپذیری مکانی مقاومت خاک مربوط به مناطق دیم شامل دیم کم‌باران و پر باران می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد حتی در خاک‌هایی که تحت رژیم آبیاری قرار دارند نیز تغییرپذیری مقاومت در سطح و عمق نیز وجود دارد. در مقایسه با تحقیقی که راپر همکاران (۲۰۰۳) در مناطق دیم انجام داده است می‌توان نتیجه گرفت که در مزارع کشور ایران که تحت آبیاری قرار دارند نیز تغییرات مقاومت لایه‌های خاک در عمق و سطح وجود دارد. علاوه بر این نتایج تحقیق بیانگر این است که جهت تغییرات افقی رطوبت با شیب زمین هم سو می‌باشد که این امر می‌تواند موجب تغییرپذیری احتمالی عملکرد محصول در زمین گردد. وجود تغییرپذیری مقاومت خاک با عمق و فاصله کاربرد خاک‌ورزی عمق متغیر را توجیه‌پذیر می‌سازد.

منابع

- ۱- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- ۲- لکزبان، ا. ۱۳۶۸. چگونگی تحول، تکامل و بررسی خصوصیات کانی‌های خاک‌های سری خمینی شهر در مزرعه آزمایشی لورک نجف آباد. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۷۱.
- 3- Anderson, G. 1980 . A new hand-held recording penetrometer for soil studies. J. Soil Sci. 31:279-296.
- 4- Ayers, P. D. and Perumpral, J. V. 1982 . Moisture and density effect on cone index. Trans. ASAE. 25:1169-1172.
- 5- Clark, R. L. 1999 . Evaluation of the potential to develop soil strength maps using a cone penetrometer. Paper No.99-3109. ASAE.
- 6- Raper, R. L., Schwab, E. B. and Dabney, S.M. 2003 . Spatial variation of the depth of root-restricting layers in Northern Mississippi soils. Second Int. Conf. Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, FL. pp.1-249-256.
- 7- Taylor, H.M. and Gardner, H.R. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. Soil Sci. 96(3): 153-156.
- 8- Wilford, J.R. 1992. Tractor mounted field penetrometer. Trans. ASAE 15:226-227.
- 9- Wells, J.G. 2003. Crop Yield Response to Precision Deep Tillage. Paper Number: 031083An ASAE Meeting Presentation.