اثر رطوبت خاک، سرعت پیش وی و دفعات عبور تراکتور بر تراکم پذیری خاک‌های شمال‌غرب ایران (۲۱۸)

پرویز احمدی مقدم، آرش محبی، کاظم شهیدی[۱]

چکیده

تراکم خاک‌های کشاورزی در سال‌های اخیر با توجه به افزایش اندازهٔ تراکتورها و تردد آنها در زمین‌های کشاورزی یکی از مشکلات اصلی کشاورزان و از عوامل مهم کاهش عملکرد محصول در برخی از مناطق می‌باشد. در این تحقیق، به منظور بررسی اثرات تراکتورهای غالب ایران (تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵) بر تراکم خاک، اثرات تردد تراکتور (در دو سطح یک و سه بار عبور) در رطوبت‌های مختلف خاک (سه سطح حد خمیری، ۰/۸ حد خمیری و ۰/۶ خمیری) با دو سرعت پیشروی کم و متوسط در مزرعهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه با اندازه‌گیری شاخص‌های تراکم شامل چگالی مخصوص ظاهری و شاخص مخروطی در تابستان سال ۱۳۸۴بررسی شد. آزمایشات بصورت طرح فاکتوریل با یک عامل اصلی و سه بار تکرار انجام شد.نتایج در سه عمق مختلف ۱۰-۰ ، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی متر تجزیه و تحلیل گردید. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای رطوبت خاک و تعداد دفعات عبور تراکتور در عمق‌های اول و دوم در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری بر (CI) ایجاد کرده است. ولی برای عمق سوم اثری نداشته است. همچنین تیمار رطوبت در سطح ۵٪ فقط در عمق دوم اثر معنی ری بر مقدار (BD) داشته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بیشترین افزایش تراکم در عمق ۱۵-۱۰ سانتی متر اتفاق می‌افتد و در عمق‌های پایین ر از ۲۰ سانتی متر به دلیل سبک بودن تراکتور، تغییرات معنی داری در مقدار تراکم ایجاد نشده است. بنابراین مسئله تشکیل لایهٔ سخت شدهٔ زیرین برای کار با این نوع تراکتوردر شرایط آزمایش شده وجود ندارد. نتایج نشان می‌دهد که خاک در رطوبت حد خمیری بیشترین واکنش را نسبت به تراکم نشان می‌دهد، بنابراین باید از تردد تراکتور در این محدودهٔ رطوبتی جلوگیری شود.

کلیدواژه: رطوبت خاک، تراکم، خاک ورزی، شاخص مخروطی، چگالی مخصوص ظاهری

۱- اعضای هیات علمی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه

مقدمه

حفظ نسبت‌های مناسب بین فازهای جامد، مایع و گاز خاک اهمیت ویژه‌ای ارد. این نسبت‌ها فقط در بعضی خاک‌ها و در شرایط اقلیمی خاص و فعالیت صحیح انسانی حاصل می‌شود. با ورود ماشین به مزرعه فاز جامد خاک در حجم معین افزایش یافته و فاز گازی آن کاهش می‌یابد. از جمله شاخص‌های نشان دهندهٔ تخریب ساختمان فیزیکی خاک، تراکم خاک می‌باشد. تراکم خاک بوسیله افزایش در چگالی ظاهری خاک (جرم فاز جامد به حجم کل)، یا کاهش تخلخل تعریف می‌شود(۱). تراکم خاک ممکن است به دلایل طبیعی مانند برخورد قطرات باران، خشک شدن تدریجی خاک یا عوامل غیر طبیعی مانند عبور ماشین و ادوات خاکورزی صورت گیرد. گرچه کشاورزان از گذشته، به علت استفاده از حیوانات و ادوات کشاورزی، کم و بیش با مسئله تراکم خاک روبرو بودند ولی از اواسط قرن بیستم به دلیل بزرگی و سنگینی ماشین‌های کشاورزی این مسئله بصورت یک مشکل اساسی در مقابل کشاورزان بروز کرد(۲). مهمترین اثرات تراکم خاک بر محصول را می‌توان بصورت حساسیت بیش از حد گیاه به خشکی، تهویه ناکافی، کاهش جذب آب توسط گیاه، کاهش بازده عناصر غذایی، رشد غیر یکنواخت گیاهان، کند شدن جوانه زنی، سیستم ریشه‌ای بد شکل و نهایتاً کاهش محصول بیان کرد. تراکم خاک قابلیت نفوذ ریشه را کاهش می‌دهد. همچنین تحقیقات نشان می‌دهدکه خروج N_2o, CH_4, Co_2 در خاک‌های متراکم افزایش می‌یابد(۱۰).

از دیدگاه مهندسین ماشین‌های کشاورزی، تراکم خاک باعث افزایش مقاو ت مکانیکی خاک شده و به تبع آن افزایش نیروی کششی، افزایش مصرف سوخت، افزایش زمان انجام کار و افزایش سائیدگی ادوات کشاورزی را به دنبال خواهد داشت. بر طبق تحقیقات انجام شده در حدود ۶۰٪ از انرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه صرف عملیات خاکورزی و تهیه بستر بذر می‌گردد (۱۱).

مهم‌ترین عامل محیطی موثر بر تراکم خاک‌های کشاورزی در هنگام عملیات خاک‌ورزی رطوبت خاک می‌باشد. اسپور و گادوین (۱۶) رطوبت مطلوب برای انجام عملیات خاک‌ورزی را پایین‌تر از حد خمیری[1] خاک می‌دانند. آلمارس و همکاران (۸) اظهار می‌دارند این رطوبت در سه بافت خاک لوم رسی سیلتی، لوم رسی و لومی در دامنهٔ رطوبتی ۰/۹ حد خمیری است. پیلیوسنین (۱۴) این رطوبت را معادل ۴۰٪ تخلخل می‌داند. به گزارش گومن و لال (۷)، رطوبت خاک حتی در زمان برداشت می‌تواند عامل مهمی در رابطه با تراکم باشد. با افزایش رطوبت، تراکم خاک در اثر عبور تراکتور افزایش می‌یابد و در نقطه بحرانی رطوبت، بیشترین تراکم را خواهد داشت.

مواد آلی خاک، دامنهٔ رطوبتی مطلوب برای تردد ماشین‌های کشاورزی را افزایش می‌دهد. بعنوان مثال، در یک خاک با ۷٪ ماده آلی، رطوبت ۵۲/۲ ٪ وزنی، حداکثر رطوبت مطلوب برای انجام عملیات خاکورزی می‌باشد. در حالیکه اگر در همان خاک مادهٔ آلی وجود نداشته باشد، خاک در رطوبت ۲۷/۷ ٪ وزنی، نسبت به تراکم حساس می‌شود(۴). قابلیت تراکم پذیری خاک نه تنها تحت تاثیر مقدار مواد آلی خاک می‌باشد بلکه نوع ماده آلی نیز بر تراکم تاثیر گذار است(۱۵). .تجمع کربن آلی در سطح خاک باعث بهبود ساختمان خاک و واکنش آن نسبت به تراکم می‌شود(۸).

باربوسا[2] و همکارانش ، چگالی مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ را در خاک‌های لومی رسی اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که برای دو روش خاکورزی مرسوم و بی خاکورزی[3] ، چگالی ظاهری خاک در سطح تغییرات معنی داری نداشته و از ۱ به $1.2\ t/m^3$ رسیده است.ولی تغییرات مقاومت نفوذی خاک از حدود ۰/۸ به حدود ۵ مگا پاسکال برای خاک‌های لومی شنی و از ۱/۹ به ۳/۲ برای خاک‌های لومی رسی رسیده ست(۵).

به عقیده آلمارس، تراکم خاک هنگامی معنی دار و قابل توجه می‌گردد که الف) مقدار تخلخل خاک کمتر از ۱۰٪ گ دد که ممکن است فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها را تحت تاثیر قرار دهد ب) مقاومت به نفوذ خاک بزرگ‌ر از ۲ مگا پاسکال گردد که یک مقدار بحرانی برای نفوذ ریشه می‌باشد. افزایش مقدار مقاومت به نفوذ خاک ممکن است ناشی از کاهش رطوبت یا افزایش چگالی

[1] *Plastic Limit*
[2] Barbosa et.al
[3] Zero Tillage

ظاهری خاک باشد. هاکانسون و ریدر نشان دادند که عملکرد محصول در اولین سال بعد از عبور تراکتور و تراکم خاک در حدود ۱۴٪ کاهش می‌یابد . تحقیقات آنها در ۷ کشور اروپایی و آمریکای شمالی انجام شد.تراکم خاک می‌تواند توسط روش‌های اجزاء محدود (Finite element) مدل سازی شود. قابلیت تراکم پذیری خاک‌ها وابسته به درصد رس می‌باشد(۸). چگالی ذرات باتوجه به مقدار رس و نوع کانی‌های خاک بویژه با مقدار کانی‌های آهن تغییر می‌کند و ممکن است تراکم پذیری خاک را تحت تاثیر قرار دهد(۶).

دومین عامل موثر بر تراکم خاک، تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه می‌باشد. راقوان آزمایشاتی را در خاک لومی شنی در رطوبت ۱۸٪ انجام داد. نتایج این تحقیق نشان داد که تراکم خاک با افزایش تعداد دفعات عبور تراکتور به شدت در عمق و عرض افزایش می‌یابد(۲). خصوصیات فیزیکی خاک عامل اصلی در تعیین رشد و زمان جوانه‌زنی می‌باشد و گیاهانی که زودتر جوانه می‌زنند نسبت به گیاهانی که دیرتر جو نه می‌زنند افزایش بیشتری در عملکرد محصول نشان می دهند(۱۳).

افزایش مقاومت مکانیکی خاک باعث کاهش رشد و توسعه ریشه گیاهان می‌شود. کاهش توسعه ریشه باعث می‌شود آب و نیتروژن کمتری در دسترس گیاه قرار گیرد. تیلور تحقیقاتی را بر روی توسعه ریشه پنبه در خاک‌های مختلف انجام داده نتیجه گرفت که با افزایش تراکم خاک حتی در مقادیر ناچیز، توسعه ریشه به شدت کاهش می‌یابد. مهمترین اثر تراکم بیش از حد خاک، کاهش عملکرد محصول می‌باشد. نتایج تحقیقات مک کیز که در طی چهار سال (۱۹۸۰-۱۹۷۶) متوالی بر روی ذرت علوفه‌ای انجام شد، نشان می‌دهد که افزایش تراکم تا مقادیر کم، افزایش عملکرد محصول را به دنبال دارد ولی اگر تراکم خاک از مقدار معینی بیشتر گردد، به شدت باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود(۲). هاکانسون و ریدر نشان دادند که عملکرد محصول در اولین سال بعد از عبور تراکتور و تراکم خاک در حدود ۱۴٪ کاهش می ابد. تحقیقات آنها در ۷ کشور اروپایی و آمریکای شمالی انجام شد(۹). تحقیقات مشابهی توسط نجی[1] (۱۹۸۱) بر روی ذرت علوفه‌ای در خاک لومی شنی صورت گرفته که تقریباً به نتایج یکسانی با مک کیز دست یافت(۲).

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در قسمتی از مزارع کشاورزی دانشگاه ارومیه به مساحت ۷۰۰۰ متر مربع واقع در ناحیه نازلو صورت گرفت. شکل (۱) عکس هوایی مزرعه مورد آزمایش را نشان می‌دهد. بافت خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی تعیین شد که شامل ۴۸/۵ درصد رس، ۳۰/۶ سیلت و ۲۰/۹ شن می‌باشد که جزو کلاس خاک‌های رسی به شمار می‌رود. رطوبت حد خمیری خاک برابر ۲۰/۵ درصد وزنی خشک تعیین گردید.

شکل ۱. عکس هوایی مزرعه مورد آزمایش (سایت *Google Earth* سال

[1] Negi et al.

روش آزمایش

از طرح فاکتوریل برای انجام آزمایشات این تحقیق استفاده شد. از آنجائیکه رطوبت خاک مهم‌ترین فاکتور تعیین کننده تراکم خاک می‌باشد، سطح رطوبت خاک به‌عنوان فاکتور اصلی بوده که در سه سطح حد خمیری، ۰/۸ حد خمیری و ۰/۶ حد خمیری درنظر گرفته شد. در این تحقیق از یک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ ساخت کارخانه تراکتور سازی ایران مدل سال ۱۳۶۵با وزن ۲۵۴۰ کیلوگرم استفاده شد. برای شبیه سازی وضعیت تراکتور در هنگام کار، وزن روی چرخ‌های تراکتور را افزایش داده، به این صورت که از یک دیسک افست سوار شونده به وزن ۵۴۶ کیلوگرم استفاده شد که در هنگام انجام آزمایشات در حالت حمل و نقل قرار داشت. دومین فاکتوری که به عنوان متغیر در نظر گرفته شد، تعداد دفعات عبور تراکتور بود. با توجه به اینکه در طول یک فصل زراعی ممکن است تراکتور چند مرتبه وارد مزرعه شود، بنابراین فاکتور دفعات عبور تراکتور در دو سطح یک و سه بار مورد ارزیابی قرار گرفت. سومین فاکتور متغیر، سرعت پیشروی تراکتور بود. سرعت پیشروی در دو سطح کم و متوسط مورد ارزیابی قرار گرفت. در سرعت کم، تراکتور با دنده چهار سنگین و دور موتور۱۷۰۰ دور بر دقیقه در حال پیشروی بود و در سرعت متوسط، تراکتور در دنده یک سبک و با دور موتور ۱۸۰۰ دور بر دقیقه، ت می‌کرد.آزمایشات در زمینی به مساحت ۰/۷ هکتار انجام شد. برای انجام آزمایش ۳۶ کرت با ابعاد ۴۰*۳۰ مترمربع انتخاب شد. زمین مورد آزمایش ابتدا توسط یک گاوآهن برگرداندار سه خیشه متصل به یک تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹، تا عمق ۳۰ سانتیمتری شخم زده شد. سپس برای یکنواخت کردن سطح مزرعه و از بین بردن کلوخه توسط یک دیسک سنگین افست از نوع کششی مدل جاندیر، دیسک زده شد. قبل از دیسک زنی، توسط یک نهرکن، مرز کرت‌ها مشخص گردید و سپس بین کرت ها دیسک زده شد.

انتخاب ادوات خاکورز و انجام عملیات با توجه به خاکورزی مرسوم منطقه صورت گرفت تا بتوان تطابق خوبی با خاک‌های منطقه ایجاد نمود. برای ایجاد رطوبت مناسب در هنگام آزمایش، مزرعه به مدت سه روز به روش سیلابی آبیاری شد. رطوبت خاک چهار روز پس از آبیاری به حد رطوبت خمیری خاک رسید و اولین سری آزمایشات انجام شد. ۷ روز پس از آبیاری رطوبت به ۰/۸ رطوبت حد خمیری و پس از ۱۰ روز رطوبت به ۰/۶ حد خمیری رسید و مرحله دوم و سوم آزمایشات صورت گرفت.

جرم مخصوص ظاهری[1]

اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک که برابر وزن خشک خاک تقسیم بر حجم آن می‌باشد، توسط استوانه‌های نمونه برداری صورت گرفت. استوانه‌های نمونه برداری از جنس فولاد با قطر۵۴ میلیمتر و ارتفاع ۴۰ میلیمتر استفاده گ دید. اندازه‌گیری در هر کرت ۲ بار قبل و ۲ بار بعد از عبور و در سه عمق مختلف صورت گرفت. به این صورت برای هر کرت ۱۲ نمونه‌گیری صورت گرفت و در مجموع ۴۳۲ نمونه خاک در سه عمق اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها از محل اثر چرخ‌های سمت راست و چپ تهیه شدند. برای در نظر گرفتن بیشترین تراکم، جرم مخصوص ظاهری در محل خط مرکزی چرخ اندازه‌گیری شد، که بیانگر حادترین حالت تراکم می‌باشد.(۶و۹). دلیل انتخاب عمق ۳۰ سانتیمتر این بود که بیشترین شرایط تراکم خاک در رطوبت حد خمیری*(PL)* حداکثر تا این عمق می‌باشد و معمولاً این عمق، عمق شخم نیز می‌باشد که هر ساله به هم زده می‌شود. به نظر آدام و ارباخ و کاسل(۴)، عمق تاثیر تراکم عمقی است که اختلاف جرم مخصوص ظاهری متراکم شده نسبت به خاک اولیه بزرگتر یا مساوی ۰/۰۵ تن بر مترمکعب باشد. برای سبه وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل کورهٔ مدل فور ساخت شرکت ایران خودساز و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت. بعد از خشک شدن، نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی مدل *EK4000* ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۱ گرم وزن شدند و مقدار وزن خشک بدست آمد.

[1] (Bulk Density)

اندازه‌گیری مقاومت به نفوذ[1]

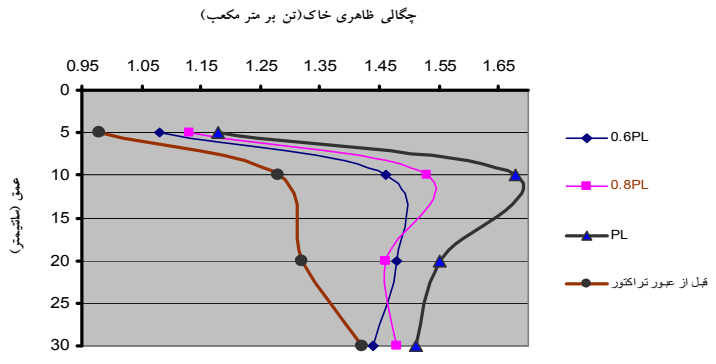
دستگاه فروسنج[2] برای اندازه‌گیری مقاومت خاک در مقابل نفوذ استفاده می‌شود. برای ندازه‌گیری این شاخص از دستگاه فروسنج مدل *Rimik Cp20* ساخت کشور انگلستان استفاده شد. این دستگاه شامل یک مخروط و یک میلهٔ فرو رونده، ترانسدیوسر اندازه‌گیری نیرو و یک ریز پردازنده می‌باشد.

شکل۲. دستگاه پنترومتر Rimik برای اندازه گیری شاخص مخروطی خاک

در هنگام داده‌برداری، دستگاه با سرعت ثابت 0.02 m/s به داخل خاک فرو می‌رود. به دلیل تغییر پذیری پـ متر اندازه‌گیری شده (CI)، اندازه‌گیری در هر کرت ۱۰ بار قبل و ۱۰ بار پس از تراکم تکرار شد. درمجموع ۷۲۰ بار نمونه‌گیری صورت گرفت.در هر نمونه تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک، مقدار شاخص مخروطی در عمق‌های ۳ سانتیمتر ذخیره می‌شود. نیمی از اندازه‌گیری‌ها از چرخ سمت چپ و نیمی دیگر از چرخ سمت راست نمونه‌گیری شد. عمق تاثیر تراکم، عمقی است که اختلاف شاخص مخروطی خاک متراکم با خاک دست‌نخورده، حداقل ۰/۱ مگاپاسکال باشد.

ایج و بحث

بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که که در همهٔ رطوبت‌ها، چگالی ظاهری خاک و شاخص مخروطی خاک با افزایش عمق، افزایش یافته است. شکل ۳ اثرات رطوبت‌های مختلف را بر مقدار چگالی ظاهری خاک نشان می‌دهد.

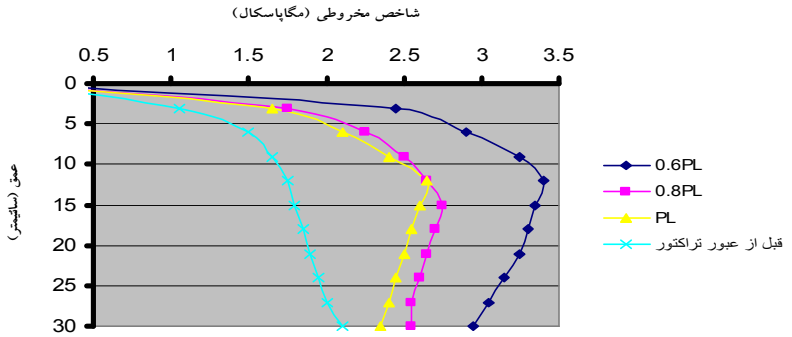


شکل ۳. اثرات رطوبت های مختلف بر مقدار چگالی ظاهری خاک

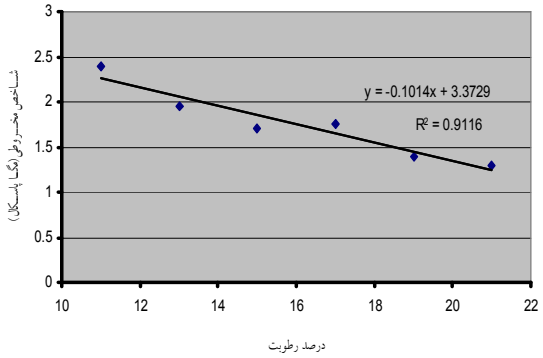
[1] Penetration Meası
[2] Penetrometer

همانطور که در شکل فوق دیده می‌شود، بیشترین تغییرات چگالی خاک در رطوبت حد خمیری خاک(PL) اتفاق می‌افتد. نتیجهٔ مهم دیگری که باتوجه به شکل فوق می‌توان مشاهده کرد این است که بیشترین اثرات تردد تراکتور در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر بوده است و عمق‌های پایین تر از آن اثرات افزایش چگالی ظاهری خاک، کمتر می‌باشد.

شکل ۴ نشان می‌دهد که در همه رطوبت‌ها، شاخص مخروطی نسبت به حالت اولیه افزایش یافته ولی بر خلاف چگالی مخصوص ظاهری، بیشترین افزایش در مقدار شاخص مخروطی در رطوبت ۰/۶ حد خمیری اتفاق می‌افتد. چراکه با افزایش رطوبت مقدار شاخص مخروطی کاهش می‌دهد. این نتیجه در شکل ۵ نیز دیده می‌شود.

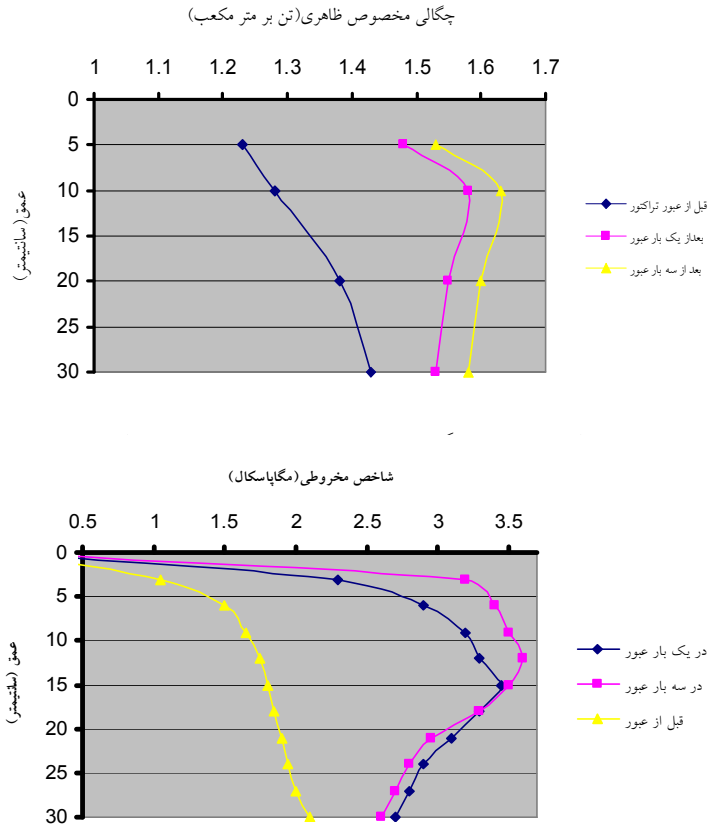


شکل ٤. اثرات رطوبت های مختلف بر مقدار بر مقدار شاخص مخروطی تا عمق ۳۰ سانتیمتر



شکل۵. رابطه بین مقاومت به نفوذ و رطوبت

همانطور که مشاهده می‌شود در رطوبت های بالا مقدار شاخص مخروطی کاهش یافته است. شکل ۵ یک رابطهٔ خطی بین شاخص مخروطی خاک و درصد رطوبت خشک خاک را با $R^2 = 0.9116$ نشان‌می‌دهد.شکل‌های (۶و۷) اثرات تعداد دفعات عبور تراکتور را بر مقدار شاخص مخروطی و چگالی ظاهری خاک نشان می‌دهد. در هر دو مورد در حالت سه بار عبور تراکتور افزایش بیشتری در این شاخص‌ها نسبت به خاک دست نخورده دیده می‌شود.



شکل ۷. تغییرات مقاومت به نفوذ خاک در اثر عبور یک و سه بار تراکتور

نتیجهٔ مهم دیگر این تحقیق تعیین رطوبت حد بحرانی خاک می باشد. اثر رطوبت‌های مختلف خاک بر مقدار چگالی ظاهری خاک مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که با افزایش رطوبت تا حدخمیری خاک مقدارچگالی ظاهری خاک افزایش یافته و مقدار رطوبت بحرانی خاک که باید از تردد تراکتور در این رطوبت در خاک جلوگیری کرد در حدود رطوبت خمیری خاک می‌باشد.

داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای بررسی دقیق‌تر نتایج، داده‌ها در سه عمق مختلف ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتیمتر تجزیه و تحلیل گردید. برخی از این نتایج در جدول ۱ آمده است.

نتایج بررسی تغییرات BD در عمق اول نشان می‌دهد که در سطح ۵٪ در سطوح مختلف رطوبتی اختلاف معنی داری برای چگالی مخصوص ظاهری خاک وجود ندارد. همچنین تعداد دفعات عبور تراکتور و سرعت پیشروی نیز بر این پارامتر در کرت‌های مختلف تاثیری نداشته است.

جدول۱ . نتایج تجزیه آ اری اطلاعات مربوطه به شاخص مخروطی در عمق اول (۱۰-۰ سانتیمتر)

Source	DF	MS	F value	Pr>F
rep	2	70/777778	0/86	0/4361
a	2	322/194444	3/92	0/0349
b	1	2116/000000	25/77	0/0001
C	1	11/111111	0/14	0/7165
a*b	2	42/250000	0/51	0/6048
a*c	2	308/027778	3/75	0/0396
b*c	1	128/444444	1/56	0/2242
a*b*c	2	136/861111	1/67	0/2118

نتایج تجزیه واریانس مربوط به شاخص مخروطی در عمق اول(۱۰-۰ سانتیمتر) نشان می‌دهد که تیمارهای رطوبت خاک و تعداد دفعات عبور تراکتور اختلاف معنی داری ایجاد کرده است. بنابراین می‌توان گفت که رطوبت خاک با احتمال ۹۵٪ اثرات معنی داری بر مقدار شاخص مخروطی داشته است. با توجه به این مطلب رطوبت خاک عامل مهمی در تعیین شاخص مخروطی بوده است. دومین پارامتر معنی دار، تعداد دفعات عبور تراکتور بوده (یک و سه بار) که اثرات معنی داری بر مقدار شاخص مخروطی داشته است. سومین عاملی که معنی دار بوده است ترکیب رطوبت خاک و سرعت پیشروی تراکتور می‌باشد که در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار می‌باشد.

جدول ۲. نتایج تجزیه آماری اطلاعات مربوط به چگالی مخصوص ظاهری خاک در عمق دوم (۲۰-۱۰ سانتیمتر).

Source	DF	MS	F value	Pr>F
rep	2	0/00428475	1/25	0/3069
a	2	0/01564239	4/55	0/0222
b	1	0/00059130	0/17	0/6823
C	1	0/01554593	4/52	0/0449
a*b	2	0/00282669	0/82	0/4523
a*c	2	0/00135616	0/39	0/6786
b*c	1	0/00355017	1/03	0/3204
a*b*c	2	0/00536400	1/56	0/2323

نتایج مربوط به تجزیه آماری چگالی مخصوص ظاهری در عمق دوم(۲۰-۱۰) اختلاف معنی داری را برای رطوبت نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهد که رطوبت می‌تواند به تنهایی یک عامل تعیین کننده در تعیین تراکم خاک در عمق دوم باشد. همانطور که در شکل (۲) نیز مشاهده گردید بیشترین تغییرات چگالی مخصوص ظاهری در عمق ۱۵-۱۰ سانتیمتر اتفاق می‌افتد.

در تجزیه داده‌های مربوط به پنترومتر برای عمق دوم (۲۰-۱۰ سانتیمتر) خاک، نتایجی مشابه به عمق اول به دست آمد. سطوح مختلف رطوبتی و تعداد دفعات عبور تراکتور اثرات معنی داری بر مقدار شاخص مخروطی ایجاد کردند. نتایج عمق دوم مشابه نتایج عمق اول می‌باشد پس می‌توان گفت که رطوبت و تعداد دفعات عبور تراکتور دو عامل اصلی در تعیین تراکم خاک می‌باشند ولی سرعت پیشروی به تنهایی تاثیر معنی داری بر شاخص مخروطی نداشته است.

در تجزیه آماری چگالی مخصوص ظاهری در عمق سوم اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. این نتایج بدین معنی می‌باشد که شرایط آزمایش به گونه‌ای بوده که در عمق سوم، پارامترهای مذکور تاثیر معنی داری بر مقدار چگالی ظاهری خاک نداشته‌اند. شاید به این دلیل که تراکتور به اندازه کافی سنگین نبوده است که در عمق‌های پایین نیز باعث فشردگی خاک گردد. در مورد نتایج تجزیه آماری داده‌های مربوط به چگالی مخصوص ظاهری خاک فقط در عمق دوم تیمار رطوبت اختلاف معنی داری ایجاد کرده بود و در سایر عمق‌ها هیچ کدام از تیمارها اختلاف معنی داری بر مقدار چگالی مخصوص ظاهری ایجاد نکرده‌ند.

تجزیه آماری داده‌های مربوط به پنترومتر در عمق سوم نشان می‌دهد که هیچ اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نمی‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که تیمارهای رطوبت، تعداد دفعات عبور تراکتور و سرعت پیشروی تراکتور در عمق سوم (۳۰-۲۰ سانتیمتر) بر مقدار شاخص مخروطی هیچ تاثیری نداشته ست.

نتیجه گیری

به دلیل سبک بودن تراکتورهای مسی فرگوسن مدل ۲۸۵، لایه‌های پایین ر از ۲۰ سانتیمتر دچار فشردگی نشده اند.

همانگونه که از نتایج این تحقیق مشخص گردید در این شرایط آزمایش، فقط در عمق‌های اول و دوم (۲۰-۰ سانتیمتر) تیمارهای رطوبت و تعداد دفعات عبور تراکتور بر مقدار شاخص مخروطی اثر معنی داری داشته است و در عمق سوم (۳۰-۲۰ سانتیمتر) این تیمارها هیچ اثری بر تراکم خاک نداشته‌اند. پس می‌توان نتیجه گرفت که این خاک دچار پدیدهٔ سخت شدگی لایهٔ زیرین[1] نمی‌شود. البته باید توجه داشت که آزمایش تحت شرایط خاصی بوده است و ممکن است در هنگام عملیات کشاورزی سنگین‌تر مانند شخم زنی همراه با تراکتورهای قوی‌تر این اتفاق صورت گیرد. در مورد چگالی مخصوص ظاهری نیز، رطوبت خاک در عمق ۲۰-۱۰ سانتیمتر اثر معنی داری داشته ست.

منابع

۱- زارعیان، س (۱۳۶۴)، اثر رطوبت خاک روی مقاومت کششی گاوآهن و درجه پودر شدن خاک، مجله علوم کشاورزی ایران، شماره‌های ۱،۲،۳ و ۴ : ۱۶-۱۱.

۲- شهیدی، ک، پرویز،ا،م. ۱۳۸۴، رابطه ماشین و خاک، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.

۳- لغوی ،م ، بهنام ،س ،(۱۳۷۷)، تاثیر رطوبت خاک و عمق شخم بر عملکرد گاوآهن بشقابی در یک خاک لومی رسی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۲/ ۹۶-۸۵.

۴- مصدقی محمد رضا، محمد علی حاج عباسی،عباس همت، و مجید افیونی. اثر رطوبت خاک و کود دامی بر تراکم پذیری خاک مزرعه لورک./مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.جلد سوم.شماره چهارم.۳۹-۲۷.

5-Barbosa,O.A,Taboada,M.A,Rodrigues,M.B,Cosentino,D.J.1997.Regeneraion de la etructura en differentes fases de degradacion de un suelo franco limoso de la pampa Ondulada. Ciencia del suelo 15, 81-86

6-Cullet ,J.L.B.1993. Density and Compressibility. In :Carter, M.R, Soil sampling and Method of Analysis. Canadian Society of soil Science, Lewis Publishers, CRC Press, Boca ration FL, pp.529-539

7- Ghuman, B.S and R.lal.1992.Effects of soil wetness at the time of land clearing on physical property and crop response on ultisoil in southern Nigeria . soil and tillage res. 22: 1-11.

8- Gupta, S.C., Allmaras, R.R., 1987. Models to assess the Susceptibility of soils to excessive compaction. Adv. soil Sci.6,65-100.

9- Hakanson , I. , Reeder ,R.C., 1994.subsoil compaction by vehicles with high axel load=extent, persistence and crop response. Soil Till.Res.29,277-304.

[1] Hard pan

10- Horn .R. , Domzal, H. Slwinska-jukiewicz, A. van Ouwerkerk,C.1995.soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment .Soil Till.REs.35,23-36

11-Jacobs,C/O and J/B/ Finnery (1993)/soil management/Farming press publication,P/187-189/

12-Kepner,R/A/Roy Bainer and E/L/Barger/ Principle of farm machinery/ The AVI Publishing company/

13-Nasr,H/M and F/Selles, (1996)/ Seeding emergence as influenced by aggregate size, bulk density and penetration resistance of the seedbed/ Soil and till/Res/34:61-76/

14. Pliusnin,I.I.1970.Reclamative soil Science. Soviet Socialist Republics.p.399.

15- Soane, BD,1990. the role of organic matter in soil compatibility: a review of some practical aspect. soil till.Res.16,179-202.

16- Spoor. G. and R.j.Godwin.1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. J.Agri.Eng.Res.23:243-258.

Abstract

Agricultural soil compaction is one of the major problems and important factors in decrease product yield, because in lately years appearance large tractors and increase tractor passes in filed. In this study investigated the impact of the effect of number of tractor passes (M.F.285 tractors that are major tractors in Iran in two level, one and three), travel speed (low and average) and the effect of soil moisture content (PL,0.8PL and 0.6PL) on soil compaction in Urmia university agricultural filed using soil penetration resistance(PR) and bulk density as soil compaction indicators in 1384.

Filed tests were performed factorial design with one major factor and three repeat. Result analyzed in three depths (0-10, 10-20, 20-30 cm). The result show that soil moisture content and tractor passes in 0-10 cm and 10-20 depths affected CI at the 0.05 level although differences were not significant for 20-30 cm depth. BD was affected of Soil moisture content only at 10-20 cm depth. The result show that maximum change in compaction happened in 10-15 cm below soil surface and not detected large change below 20 cm, because this tractors are not very massive. Thus hard pan will not construct by this tractors. The result show that soil is very sensitive for compaction in plastic limit moisture, thus in this range of moisture content must not very used of tractors.

Keyword: moisture content, compaction, tillage, cone index, bulk density.