

تأثیر تراکم خاک‌های زراعی بر نفوذ پذیری و کارایی

مصرف آب در منطقه پاکدشت

بهزاد آزادگان^۱

چکیده

تراکم خاک، مشکل جدی کشاورزان در منطقه پاکدشت است. تراکم زیاد خاک، با افزایش مقاومت نفوذ و جرم مخصوص ظاهری خاک، باعث تخریب خواص فیزیکی خاک، کاهش تخلخل و نفوذ پذیری آب می‌شود، همچنین با تقلیل جذب آب و مواد غذایی، گسترش ریشه و رشد گیاه محدود گردیده و تولید محصول کاهش می‌یابد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تراکم خاک زراعی در ۱۲ مزرعه گندم، بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، اجرا شد. مقاومت نفوذ خاک، با دستگاه مقاومت سنج نفوذ الکترونیکی، در ۱۰ نقطه مختلف از عمق صفر تا ۳۵ سانتی متر در هر مزرعه، (هر مزرعه به عنوان یک تیمار است) برای تعیین متوسط مقاومت نفوذ، اندازه‌گیری گردید. پس از تجزیه واریانس، مقایسه میانگین داده‌ها، براساس آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان داد که جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳۴ به ۱/۷۹ مگا گرم بر متر مکعب، مقاومت نفوذ از ۰/۳۲ به ۴/۵۴ مگاپاسکال و نفوذ پذیری از ۷۰ به ۱۲ میلی متر در ساعت به ترتیب در خاک غیرمتراکم و خاک با تراکم زیاد، تغییر یافته است. تراکم زیاد خاک، موجب کاهش ۸۱/۴ درصد نفوذپذیری و ۳۴ درصد آب قابل استفاده و همچنین کاهش ۴۰ درصد عملکرد و ۳۹/۳ درصد کارایی مصرف آب شده است. کاهش تراکم خاک، باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب، بهبود کیفیت خاک و افزایش عملکرد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تراکم خاک، جرم مخصوص ظاهری، کارایی مصرف آب، عملکرد، نفوذپذیری

مقدمه

در کشاورزی پیشرفته، یکی از چالش‌های عمده، تراکم خاک می‌باشد که نتیجه ناخواسته بسیاری از عملیات زراعی و تا حدودی فن آوری است. در آمریکا در خلال عملیات خاک‌ورزی، سالانه ۱/۸ میلیون دلار، به علت کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های انرژی ناشی از تراکم خاک، هدر می‌رود (Lal and Pierce, 1994). تراکم خاک، عبارت است از کاهش حجم خاک غیر اشباع، تحت تأثیر یک نیروی خارجی که با نزدیک شدن ذرات خاک به یکدیگر و خارج شدن هوا از منافذ بین آنها بوجود می‌آید. تراکم خاک در اثر افزایش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذ با کاهش اندازه خلل و فرج درشت، مسدود شدن منافذ، تشکیل سله سطحی و کاهش پایداری خاکدانه‌ها، باعث تخریب ساختمان خاک، کاهش تخلخل و نفوذ پذیری آب در خاک می‌گردد (Beven and German, 1982; Gupta et al., 1989). تراکم در خاک‌های زراعی، پدیده‌ای است که با گذشت زمان

بوجود می‌آید و مهمترین عوامل موثر در ایجاد آن عبارتند از: خصوصیات خاک (درصد رس، مواد آلی، سدیم، شوری، تناوب تر و خشک شدن، وجود لایه غیر قابل نفوذ)، تردد ماشین‌های کشاورزی با عرض کار زیاد و سوء مدیریت خاک و آب (مصرف زیاد کودهای شیمیایی، کاهش کاربرد کودهای آلی، استفاده از روش‌های نامناسب آبیاری، کشت متراکم و عدم رعایت تناوب زراعی) می‌باشند (Dejoing- Hughes et al. 2001; Slowinska-Jurkiewicz, 1994).

خاک ورزی زیاد با گاو آهن پنجه‌غازی، گاو آهن برگرداندار و دیسک، ناحیه فشرده و سختی با ضخامت ۲۵ تا ۶۰ سانتی‌متر در خاک بوجود آورده است. (Zuzel et al., 1990).

در خاک با بافت لومی، اگر جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳ به ۱/۴ مگا گرم بر متر مکعب افزایش یابد، ضریب نفوذ پذیری آب و هوا به ترتیب به میزان ۲ و ۱/۵ برابر کاهش می‌یابد. تخلخل تهویه‌ای کم و رشد ریشه محدود می‌شود که به علت کاهش منافذ درشت خاک، کاهش تخلخل تهویه‌ای و تخریب ساختمان خاک در اثر تراکم زیاد می‌باشد. (Cannel, 1977; Kuht and Reintam, 2004).

نفوذ و گسترش ریشه گیاه در خاک متراکم، ۱/۳ برابر کمتر از خاک غیر متراکم بوده است که باعث کاهش رشد ریشه گیاه و

^۱ - استادیار گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(PWP) بوده که به کمک دستگاه غشاء فشاری اندازه‌گیری گردید (Gupta, 2000). کارایی مصرف آب، (WUE) حاصل تقسیم متوسط عملکرد محصول بر مقدار آب مصرفی می‌باشد که بدین منظور، متوسط مقدار عملکرد محصول هر مزرعه پس از برداشت، اندازه‌گیری گردید. با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه و نرم افزار Cropwat نیاز خالص آبی برای گندم محاسبه شد (Smith, 1993). با فرض راندمان آبیاری ۳۵ درصد برای آبیاری سطحی، نیاز ناخالص تعیین و در نهایت شاخص کارایی مصرف آب، مشخص گردید.

مرحله دوم: مقاومت نفوذ خاک، با استفاده از دستگاه مقاومت سنج نفوذ، (Instrument Eijkelkam Penetrologger) با سرعت حدود ۳ سانتی‌متر در ثانیه، مخروط ۳۰ و قطر ۱۲/۸۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای به حداقل رساندن تأثیر تراکم حاصله از تردد ماشین‌ها در هر مزرعه، محل نمونه برداری و انجام آزمایش‌ها، از خاک وسط ردیف‌های کشت، (وسط محور تراکتور) انتخاب شده است.

دستگاه فوق، علاوه بر نمایش مقدار مقاومت نفوذ و عمق هر نقطه آزمایش، منحنی مربوطه را ترسیم و در حافظه ثبت می‌کند. مقاومت نفوذ در ۱۰ نقطه مختلف هر مزرعه، به طور تصادفی از عمق صفر تا ۳۵ سانتی‌متر (فاصله نقاط متوالی ۵ تا ۱۰ متر) اندازه‌گیری شد. متوسط مقاومت نفوذ اندازه‌گیری شده ۱۰ نقطه مزبور، نشان دهنده وضعیت تراکم خاک در هر مزرعه است. میانگین مقاومت نفوذ ۱۲ تیمار، (هر مزرعه، به عنوان یک تیمار بوده است) بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی که در آن عمق صفر تا ۳۵ سانتی‌متر، بلوک در نظر گرفته شده، با یکدیگر مقایسه شدند.

مرحله سوم: برای مقایسه میانگین‌های مقاومت نفوذ، آزمون نرمال بودن داده‌ها، انجام شد که با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، از تبدیل لگاریتمی استفاده گردید. تجزیه واریانس صفت تراکم خاک بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد روی داده‌های تبدیل شده انجام شد. پس از مقایسه میانگین‌ها، داده‌ها به مقیاس اصلی خود بازگردانده شدند. برای بررسی روند تغییرات مقاومت نفوذ و عمق، منحنی متوسط مقاومت نفوذ (فشار، مگا پاسکال) و عمق (سانتی‌متر) نیز برای هر مزرعه ترسیم شده است. بر اساس نتایج داده‌ها، وضعیت تراکم خاک مزارع، بررسی شد. پس از بحث و نتیجه‌گیری، راهکارهای مناسب برای کاهش تراکم خاک‌ها پیشنهاد گردید.

نتایج و بحث

جداول (۱) و (۲) نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها ارائه شده است. جرم مخصوص حقیقی خاک‌ها ۲/۶ تا ۲/۶۲ مگا گرم بر متر مکعب، بافت لومی و خاک‌ها بدون شوری و سدیمی بوده است.

کاهش عملکرد می‌گردد (Misra and Gibbon, 1996). وقتی جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش یابد، نیترات زایی ۵۰ درصد کاهش یافته، جذب نیتروژن، فسفر و روی از خاک توسط گیاه، کم می‌شود. با کاهش راندمان جذب کودهای شیمیایی، عملکرد کاهش می‌یابد (Barzegar et al., 2006).

ماده آلی مهمترین عامل پایداری ساختمان خاک است. افزایش ماده آلی نه‌سیده به خاک، باعث بهبود ساختمان خاک و مانع تراکم آن می‌شود. کاهش کاربرد مواد آلی و اجرای کشت فشرده، باعث کاهش پایداری خاکدانه‌ها، تضعیف ساختمان خاک، کاهش گسترش ریشه، محدودیت رشد گیاه و عملکرد می‌گردد (Canbolat, 1992).

با کاهش مصرف کودهای آلی، و استفاده زیاد از کودهای شیمیایی، به دلیل کاهش نسبت کربن به ازت (C/N) و سرعت معدنی شدن کربن آلی، فعالیت‌های زیستی و حیاتی خاک، مختل می‌گردد و پایداری خاکدانه‌ها در خاک، کمتر از حد مناسب می‌گردد که در دراز مدت، باعث ناپایداری و از هم پاشیدگی ساختمان خاک، تخریب خواص فیزیکی و تراکم خاک می‌شود (Elliot, 1986).

تراکم خاک، باعث تقلیل سرعت نفوذ و حرکت آب در خاک، کاهش ضریب هدایت آبی اشباع، کاهش تهویه و افزایش مقاومت نفوذ، در برابر رشد ریشه می‌گردد (Arya et al., 1999; Akram and Kemper, 1977).

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر تراکم خاک زراعی، بر نفوذپذیری و کارایی مصرف آب، در مزارع زیرکشت گندم و ارائه راهکارهای اجرایی، برای کاهش تراکم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ۱۲ مزرعه زیر کشت گندم، در روستاهای کریم آباد و شریف آباد شهرستان پاکدشت، واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی استان تهران با موقعیت جغرافیایی ۳۰° ۳۵' تا ۳۷° ۳۵' عرض شمالی و ۳۵° ۵۱' تا ۴۵° ۵۱' طول شرقی، به شرح زیر اجرا شده است. مرحله اول: ابتدا محل مزارع که دارای تراکم متفاوتی بوده اند، به طور تصادفی، مشخص گردید. پس از تهیه نمونه خاک از هر مزرعه، تجزیه‌های لازم، در آزمایشگاه خاکشناسی پردیس ابوریحان، به روش‌های معمول انجام شد.

نفوذپذیری آب در خاک به روش استوانه‌های مضاعف، پایداری خاکدانه‌ها، با اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (M.W.D) به روش الک مستغرق، جرم مخصوص ظاهری خاک (ρ_b) به روش حجمی با سیلندر و جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر تعیین گردید. برای محاسبه تخلخل خاک، از رابطه بین جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی استفاده شد. آب قابل استفاده گیاه برابر تفاضل درصد رطوبت ظرفیت نگهداری (F.C) و نقطه پژمردگی

(جدول ۱) - نتایج تجزیه شیمیایی خاک های مورد مطالعه در منطقه پاکدشت (عمق صفر تا ۳۵ سانتی متر)

مزرعه	pH	آهک (%)	کربن آلی (%)	نیترژن (%)	$\frac{C}{N}$	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)
P ₁	۷/۵۲	۲۲/۱	۰/۶۶	۰/۰۷	۹/۴۳	۱۲/۷	۳۵۰
P ₂	۷/۴۵	۱۲/۱۶	۱/۱۷	۰/۰۶	۱۹/۵	۲۵/۵	۲۸۰
P ₃	۷/۴۷	۱۲/۰۲	۱/۰۴	۰/۰۶	۱۷/۳	۲۱/۹	۲۸۳
P ₄	۷/۵۴	۲۴/۸۰	۰/۵۸	۰/۰۷	۸/۲۸	۷/۵	۴۴۰
P ₅	۷/۵۱	۲۳/۷۰	۰/۶۰	۰/۰۷	۸/۵۷	۱۱/۶۱	۴۱۵
P ₆	۷/۴۸	۱۲/۵	۰/۹۷	۰/۰۶	۱۶/۳	۱۸/۵	۳۱۰
P ₇	۷/۳۹	۱۴	۰/۹۵	۰/۰۷	۱۳/۵۷	۱۷/۴	۲۸۸
P ₈	۷/۵۷	۱۷/۷	۰/۹۳	۰/۰۸	۱۱/۶۲	۱۶	۲۹۷
P ₉	۷/۴۵	۲۳/۲	۰/۶۱	۰/۰۶	۱۰/۱۶	۱۴/۵	۳۳۰
P ₁₀	۷/۵۰	۲۳/۹۱	۰/۵۹	۰/۰۷	۸/۴۳	۹/۶	۴۲۵
P ₁₁	۷/۵۳	۲۳/۵	۰/۶۳	۰/۰۷	۹	۱۰/۷۵	۴۲۰
P ₁₂	۷/۴۲	۱۲/۴	۱/۰۷	۰/۰۶	۱۷/۸۳	۱۹/۷	۲۸۹

(جدول ۲) - نتایج تجزیه فیزیکی خاک های مورد مطالعه در منطقه پاکدشت (عمق صفر تا ۳۵ سانتی متر)

مزرعه	رس (%)	ρ_b (Mg.m ⁻³)	M.W.D (mm)	تخلخل (%)	نفوذ پذیری (mm.hr ⁻¹)	آب قابل استفاده گیاه (%)	کارایی مصرف آب (kg.m ⁻³)
P ₁	۳۳	۱/۶۲	۰/۵۳	۳۷/۶	۳۷	۱۹/۳	۰/۹۶
P ₂	۳۲	۱/۳۴	۱/۴۳	۴۸/۲	۷۰	۲۳/۵	۱/۱۷
P ₃	۳۳	۱/۴	۱/۳۷	۴۶/۵	۶۴	۲۲/۹	۱/۱۵
P ₄	۳۵	۱/۷۹	۰/۳	۳۰/۸	۱۲	۱۵/۵	۰/۷۰
P ₅	۳۵	۱/۷۸	۰/۲۹	۳۱/۵	۲۵	۱۶/۷	۰/۸۵
P ₆	۳۰	۱/۴۶	۱/۳۲	۴۳/۹	۵۹	۲۲/۲	۱/۱۲
P ₇	۳۶	۱/۵۵	۱/۲۵	۴۱/۳	۴۸	۲۱/۴	۱/۱۰
P ₈	۳۰	۱/۵۶	۱/۲	۴۰/۴	۴۲	۲۰/۵	۱/۰۵
P ₉	۳۵	۱/۶۸	۰/۳۲	۳۵/۵	۳۳	۱۷/۷	۰/۹۲
P ₁₀	۳۶	۱/۷۵	۰/۲۸	۳۱/۷	۱۹	۱۶/۳	۰/۷۴
P ₁₁	۳۴	۱/۸	۰/۲۸	۳۱	۱۵	۱۶	۰/۷۳
P ₁₂	۳۳	۱/۵۱	۱/۲۵	۴۲/۶	۵۳	۲۲/۱	۱/۱۱

نتایج این پژوهش نشان داد که متوسط قطر خاکدانه‌ها از ۱/۴۳ در خاک غیرمتراکم، (مزرعه P₂) به ۰/۲۸ میلی‌متر در خاک با تراکم زیاد، (مزرعه P₄) تغییر و کاهش یافته است، زیرا خاکدانه‌های درشت از هم پاشیده و به خاکدانه‌های ریز تبدیل شده‌اند. در اثر فروپاشی خاکدانه‌ها، تعداد و اندازه منافذ درشت کاهش و تعداد منافذ کوچک افزایش می‌یابد، در نتیجه، حجم کل منافذ خاک و در صد تخلخل، کاهش خواهد یافت که باعث کندی حرکت آب و هوا در خاک می‌گردد. در خاک غیرمتراکم به علت وجود مواد آلی کافی، قطر خاکدانه‌ها پنج برابر بزرگتر از قطر خاکدانه‌ها در خاک با تراکم زیاد می‌باشد. در خاک‌های غیر متراکم، حدود ۲۰ تا ۴۰ تن در هکتار کود حیوانی استفاده شده ولی در خاک با تراکم زیاد، کود حیوانی استفاده نشده یا مقدار مصرف آن کم بوده است. در خاک‌های مورد مطالعه، $\frac{C}{N}$ از ۱۹/۵ در خاک غیر متراکم، به ۸/۲۸ در خاک با تراکم زیاد، کاهش یافته است. در یک خاک خوب زراعی $\frac{C}{N}$ ۱۵ تا ۲۵ است مقدار متوسط و مطلوب ماده آلی خاک ۱ تا ۳ درصد است (Canbolat, 1992). در اثر کاربرد کم کود حیوانی، فقر مواد آلی خاک و کاهش سرعت معدنی شدن کربن آلی، فعالیت‌های زیستی و حیاتی خاک، مختل می‌گردد که در کاهش مواد غذایی قابل جذب، رشد گیاه و تولید محصول تأثیر سوء دارد. کمبود مواد آلی خاک، عاملی برای

نتایج این پژوهش نشان داد که متوسط قطر خاکدانه‌ها از ۱/۴۳ در خاک غیرمتراکم، (مزرعه P₂) به ۰/۲۸ میلی‌متر در خاک با تراکم زیاد، (مزرعه P₄) تغییر و کاهش یافته است، زیرا خاکدانه‌های درشت از هم پاشیده و به خاکدانه‌های ریز تبدیل شده‌اند. در اثر فروپاشی خاکدانه‌ها، تعداد و اندازه منافذ درشت کاهش و تعداد منافذ کوچک افزایش می‌یابد، در نتیجه، حجم کل منافذ خاک و در صد تخلخل، کاهش خواهد یافت که باعث کندی حرکت آب و هوا در خاک می‌گردد. در خاک غیرمتراکم به علت وجود مواد آلی کافی، قطر خاکدانه‌ها پنج برابر بزرگتر از قطر خاکدانه‌ها در خاک با تراکم زیاد می‌باشد. در خاک‌های غیر متراکم، حدود ۲۰ تا ۴۰ تن در هکتار کود

ایجاد تراکم خاک می‌باشد.

هنگامی که ماده آلی به مقدار کافی به خاک داده شود، درصد تخلخل افزایش یافته، خاکدانه‌ها پایدارتر و نفوذ آب در خاک بهتر شده و تراکم پذیری خاک‌ها کاهش می‌یابد.

نتایج نشان داد که مقدار آهک از ۱۲/۱۶ درصد در خاک غیر متراکم، به ۲۴/۸ درصد در خاک با تراکم زیاد، افزایش یافته که نشان دهنده تحرک کم کربنات کلسیم، است چون تغییرات آهک و pH در لایه تراکم پذیر محدود می‌گردد. فسفر با کلسیم فراوان خاک، تشکیل فسفات کلسیم نامحلول می‌دهد که باعث کاهش جذب و غیرقابل استفاده شدن فسفر، تجمع آهک و ایجاد لایه سخت و فشرده‌ای می‌شود که عاملی برای کندی سرعت نفوذ و حرکت آب در خاک می‌گردد (Lipeć et al., 1995). در خاک‌های با تراکم زیاد، کود فسفات به مقدار ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، بیش از نیاز و توصیه کودی مصرف شده است. اما مقدار فسفر قابل جذب در این خاک‌ها، کم و حدود ۷/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده (حد بحرانی فسفر، ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است) و کمبود فسفر گزارش شده است. در خاک غیرمتراکم که کود اضافی استفاده نشده، مقدار فسفر، سه برابر بیشتر از مقدار فوق و حدود ۲۵/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است. کود پتاسیم، ۱۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیش از نیاز کودی مصرف شده است. در خاک با تراکم زیاد، پتاسیم قابل جذب زیاد و حدود ۴۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده (حد بحرانی پتاسیم، ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است)، اما در خاک غیر متراکم، مقدار مذکور حدود ۲۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (دو برابر کمتر) بوده است. کود ازت، ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش از نیاز کودی، استفاده شده است. حدود ۳۵ درصد از کود ازت داده شده به خاک در هر سال، برای گیاهان سال بعد باقی می‌ماند، همچنین مقداری از کود ازت داده شده به روش‌های مختلفی مانند تصعید، آبشویی و تثبیت از دسترس گیاه خارج می‌شود و احتمال دارد باعث آلودگی منابع خاک و آب گردد. در خاک غیر متراکم چون مواد غذایی در حد کفایت وجود دارد، جدول (۱)، نیازی به مصرف کودهای اضافی فوق نمی‌باشد (Azadegan, 2006). مصرف زیاد کودهای شیمیایی در هر سال به مرور زمان، در ایجاد فشرده‌گی و تخریب ساختمان خاک، افزایش جرم مخصوص ظاهری و تراکم خاک، تأثیر دارد که باعث کاهش مواد غذایی قابل جذب گیاه و افزایش هزینه تولید، در اثر سوء مدیریت خاک می‌شود. افزایش جرم مخصوص ظاهری، در اثر تراکم خاک، ظرفیت نیترات زایی را ۵۰٪ کاهش داده، همچنین باعث کاهش راندمان جذب کودهای فسفات و تثبیت مقدار زیادی پتاسیم در خاک می‌شود که توان تولیدی خاک کاهش خواهد یافت (Meek et al., 1982). با مصرف صحیح کودهای شیمیایی، می‌توان علاوه بر صرفه جویی در مصرف و استفاده مناسب از کودها، مانع افزایش هزینه‌های تولید، افزایش جرم مخصوص ظاهری، ایجاد تراکم و کاهش توان تولیدی خاک گردید. مقاومت نفوذ زیاد و ایجاد تراکم، به مقدار زیادی تابع رطوبت خاک می‌باشد. تراکم باعث ایجاد تغییر در خصوصیات رطوبتی خاک‌ها

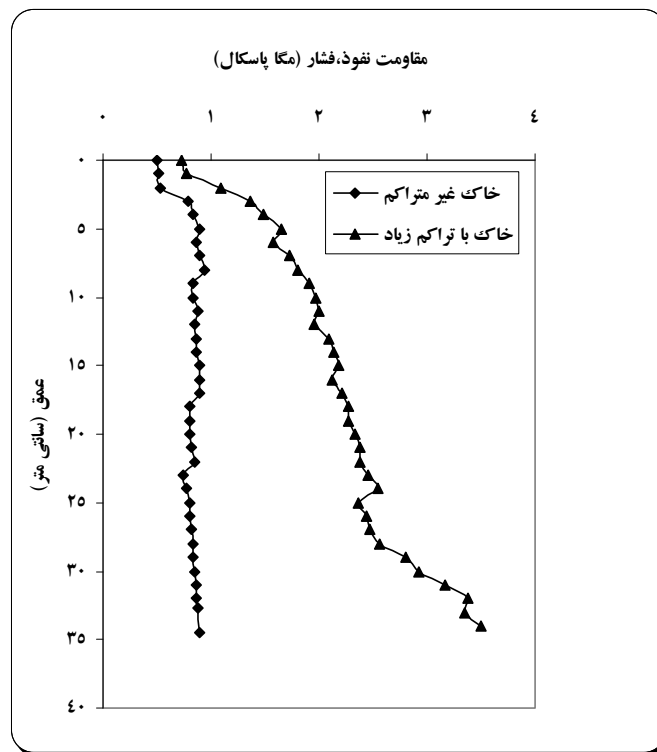
می‌شود. هر نوع خاک در مقدار معینی از رطوبت (رطوبت بهینه)، مقاومت نفوذ، جرم مخصوص ظاهری، فشرده‌گی و تراکم مناسب و مطلوب را دارد. در رطوبت‌های کمتر از رطوبت بهینه، اغلب خاک‌ها سفت می‌باشند زیرا برای تشکیل لایه دوگانه پخشیده ذرات رس، رطوبت خاک کافی نمی‌باشد و عمل تراکم پذیری با دشواری صورت می‌گیرد. با افزایش میزان رطوبت خاک به بیش از رطوبت بهینه، تراکم پذیری خاک، بیشتر گردیده و متراکم کردن خاک آسانتر انجام می‌شود. چون با افزایش رطوبت خاک بیش از رطوبت مناسب برای حداکثر جرم مخصوص ظاهری، (رطوبت بهینه)، ضخامت لایه دوگانه پخشیده افزایش یافته و لایه‌های آب ضخیم‌تر گردیده که باعث کاهش اصطکاک بین ذرات می‌شود، لذا فضای بین ذرات کاهش خواهد یافت. در این حالت، ذرات از پهلوی هم قرار گرفته و تشکیل توده متراکمی را می‌دهند و در نتیجه تراکم پذیری خاک، افزایش می‌یابد (Barzegar et al., 2000).

خواص فیزیکی خاک از جمله ساختمان و اندازه قطر خاکدانه‌ها در اثر انجام شخم تغییر می‌یابد، اگر عملیات خاک‌ورزی، در وضعیت رطوبتی نامناسبی، انجام شود به علت ایجاد کلوخه‌های درشت، پس از هر آبیاری با خیس شدن کلوخه‌ها به مرور زمان، منافذ خاک مسدود گردیده، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد (Slowinska-Jurkiewicz, 1994).

در این تحقیق، رطوبت بهینه خاک به روش پروکتور استاندارد (ASTM) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد که مقدار آن ۱۵/۵ درصد وزنی، بوده است.

کشاورزان در خاک‌های مورد مطالعه، معمولاً "عملیات خاک‌ورزی را در رطوبتی بیش از رطوبت بهینه، انجام می‌دهند که عاملی برای ایجاد تراکم خاک، کاهش تخلخل، نفوذپذیری و عملکرد است. در این منطقه، به علت تراکم زیاد خاک، تراکتور با قدرت ۷۵ اسب بخار به سهولت قادر به انجام شخم نیست و باید از تراکتور سنگین، با توان و قدرت اسب بخار بیشتری استفاده نمود که باعث افزایش هزینه تولید محصول می‌گردد. با اندازه‌گیری مقاومت نفوذ و تراکم خاک، تأثیر شخم و تردد ماشین را بر عملکرد می‌توان پیش‌بینی کرد. (Hakanson et al., 1998). عملیات خاک‌ورزی نامناسب و تردد زیاد ماشین‌آلات کشاورزی، سله سطحی و فشرده‌گی خاک را افزایش داده و نفوذ پذیری آب در خاک را کاهش می‌دهد (Lipeć et al., 1995).

رطوبت مناسب در حین انجام عملیات کشت و کار، مانع ایجاد تراکم خاک، می‌شود. بنابراین ضرورت دارد عملیات خاک‌ورزی در وضعیت رطوبتی بهینه و مناسب، انجام شود تا باعث تراکم خاک، نگردد. شکل (۱) مقایسه میانگین‌های مقاومت نفوذ و عمق راه، در خاک‌ها غیرمتراکم و با تراکم زیاد نشان می‌دهد.



(شکل ۱) - مقایسه میانگین های مقاومت نفوذ و عمق، در خاک های غیر متراکم و تراکم زیاد

مقاومت نفوذ و تراکم (۳/۵۴ مگا پاسکال) را دارد، در صورتی که مزرعه P_2 حداقل متوسط مقاومت نفوذ و تراکم (۰/۸۹۵ مگا پاسکال) را داشته است. در خاک های مورد مطالعه، دامنه تغییرات مقاومت نفوذ (فشار) ۴/۵۴ تا ۰/۳۲ مگا پاسکال بوده است. یعنی در خاک با تراکم زیاد، مقاومت نفوذ ۱۴ برابر، بیشتر از خاک غیر متراکم می باشد. در جدول (۲) متوسط جرم مخصوص ظاهری در خاک غیر متراکم، از ۱/۳۴ به ۱/۷۹ مگا گرم بر متر مکعب، در خاک با تراکم زیاد، افزایش یافته است. ملاحظه می شود، وقتی جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش یابد، مقاومت نفوذ نیز افزایش یافته و در نتیجه میزان تراکم خاک بیشتر می گردد که بر شاخص های تخلخل، نفوذ پذیری و آب قابل استفاده، تأثیر نامطلوبی دارد، در نتیجه باعث کاهش جذب آب و عناصر غذایی، رشد ریشه و گیاه شده و عملکرد کاهش می یابد. تراکم زیاد خاک، نفوذ و گسترش ریشه را محدود کرده، رشد گیاه کم می شود و مقدار تولید محصول کاهش می یابد (Letey, 1985).

در شکل (۱) مشاهده می شود که در خاک با تراکم زیاد، مقدار مقاومت نفوذ، از سطح خاک با افزایش عمق، تغییرات زیادی دارد که به دلیل تراکم بوجود آمده در اثر از هم پاشیدگی ذرات درشت خاک و تشکیل ذرات کوچک، کاهش قطر خاکدانه ها، کاهش حجم منافذ کل خاک، کاهش درصد تخلخل و افزایش جرم مخصوص ظاهری می باشد. ولی در خاک غیر متراکم، مقدار مقاومت نفوذ، با افزایش عمق، ابتدا اندکی افزایش یافته و سپس تغییرات آن نسبتاً ثابت می گردد که به علت وجود خاکدانه های پایدار و ساختمان مناسب، تراکم خاک در وضعیت طبیعی می باشد. جدول (۳) تجزیه واریانس صفت تراکم خاک برای مقایسه ۱۲ مزرعه بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی و جدول (۴) مقایسه میانگین صفت تراکم خاک، در ۱۲ مزرعه را با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ($P \leq 0.05$) نشان می دهد. داده ها در سطح احتمال یک درصد معنی دار بوده است. داده های جدول (۲) نشان می دهد که مزرعه P_4 حداکثر متوسط

(جدول ۳) - تجزیه واریانس صفت تراکم خاک برای مقایسه ۱۲ مزرعه مورد مطالعه

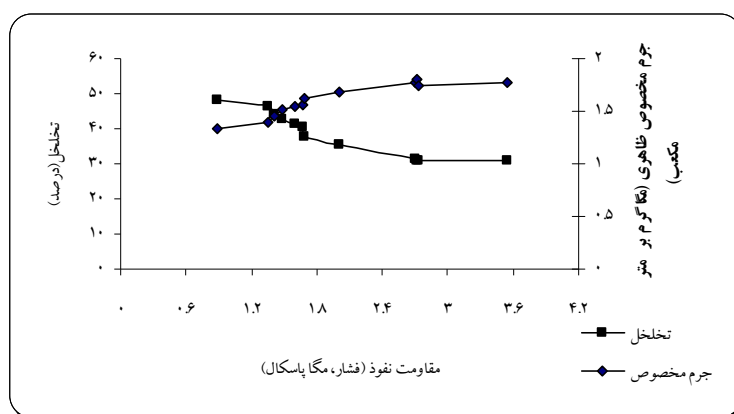
منابع تغییرات	df	ms
بلوک	۵۸	۰/۴۱۸۹**
تیمار	۱۲	۶/۱۰۰۸**
اشتباه	۵۰۹	۰/۰۴۹۹

$C.V = \%7/79$

** - معنی دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۴- مقایسه میانگین صفت تراکم خاک در ۱۲ مزرعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P \leq 0.05$)

میانگین	مزرعه
۳/۵۴a	P ₄
۲/۷۳۵b	P ₁₀
۲/۷۲۴b	P ₁₁
۲/۶۹۷b	P ₅
۲/۰۰۱c	P ₉
۱/۶۷۶d	P ₁
۱/۶۶۶de	P ₈
۱/۶۰۹de	P ₇
۱/۴۸۰ef	P ₁₂
۱/۴۱۳fg	P ₆
۱/۳۴۷g	P ₃
۰/۸۹۵h	P ₂



شکل ۲) رابطه جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در خاک‌های مورد مطالعه

باعث کاهش سرعت نفوذ و کندی حرکت آب در خاک گردیده که این مسئله، موجب کاهش ظرفیت نگهداری آب، ذخیره رطوبتی خاک و آب قابل استفاده گردیده که در اثر تداوم شرایط کمبود آب، رشد گیاه کند و ممکن است متوقف شود. با افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش نفوذپذیری، چون رشد گیاه کم می‌شود، مقدار محصول کاهش می‌یابد.

شکل ۳) رابطه نفوذ پذیری و آب قابل استفاده گیاه را نشان می‌دهد. سرعت نفوذپذیری از ۷۰ میلی متر بر ساعت در خاک غیر متراکم، به ۱۲ میلی متر بر ساعت در خاک با تراکم زیاد، تغییر و ۸۱/۴ درصد کاهش، داشته که در اثر این مقدار تقلیل نفوذپذیری، آب قابل استفاده گیاه، از ۲۳/۵ درصد در خاک غیر متراکم به ۱۵/۵ درصد در خاک با تراکم زیاد، کاهش یافته است. در اثر کاهش نفوذپذیری، چون مقدار آب قابل استفاده گیاه ۳۴ درصد کمتر شده، لذا باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب و کاهش ذخیره رطوبتی خاک می‌گردد. در این وضعیت، پتانسیل آب خاک کاهش یافته، جذب آب و عناصر

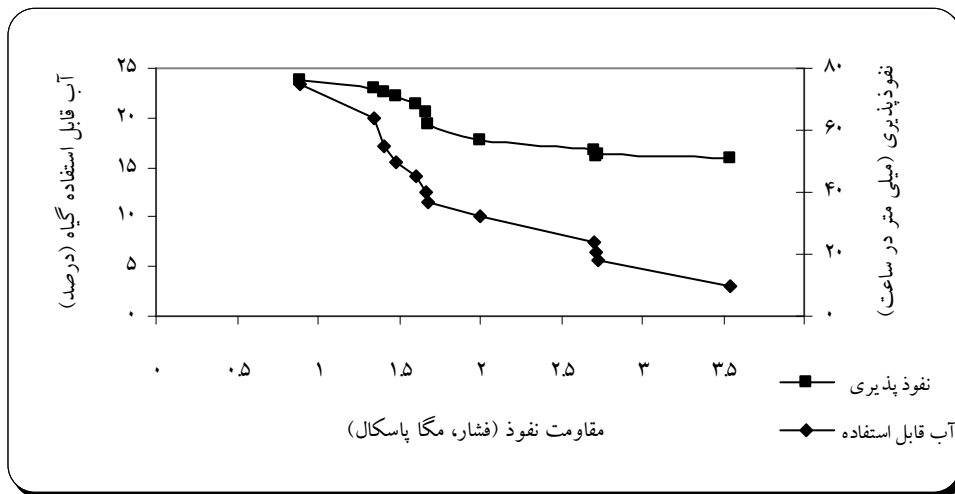
در روش مقاومت سنج نفوذ، حد بحرانی مقاومت نفوذ خاک و تراکم را به طور کلی ۲ مگا پاسکال در نظر می‌گیرند، البته نوع بافت خاک و نوع گیاه بر مقدار این مقاومت بحرانی تأثیر می‌گذارد. چنانچه مقاومت نفوذ خاک بیش از حد بحرانی باشد در اثر تراکم خاک، رشد گیاه کاهش یافته و ممکن است متوقف گردد. شاخص مقاومت نفوذ به تنهایی می‌تواند، ۵۰ درصد تغییرات رشد و عملکرد را در گندم نشان دهد (Henderson, 2005).

شکل ۲) رابطه جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک، را نشان می‌دهد. در خاک غیر متراکم، تخلخل ۴۸/۲ درصد بوده که در خاک با تراکم زیاد به ۳۰/۸ درصد تغییر و ۶۳/۹ درصد، کاهش پیدا کرده، همچنین جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳۴ در خاک غیر متراکم، به ۱/۷۹ مگا گرم بر متر مکعب، در خاک با تراکم زیاد، افزایش یافته است. تراکم زیاد خاک، با فروپاشی ذرات از یکدیگر، باعث کاهش قطر خلل و فرج شده، در نتیجه تخلخل، نفوذ پذیری، پخشیدگی آب و هوا و ضریب آبگذری اشباع خاک کاهش می‌یابد، کاهش تخلخل،

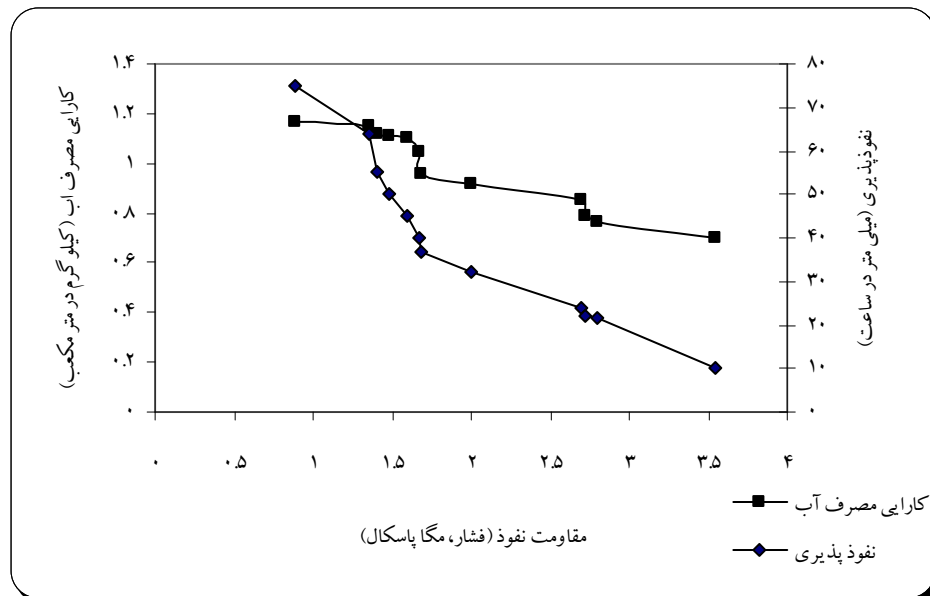
آب قابل استفاده گیاه، کاهش عملکرد می‌باشد. متوسط عملکرد گندم، ۳/۵ تا ۵/۸ تن در هکتار به ترتیب در خاک با تراکم زیاد و خاک غیر متراکم اندازه‌گیری شده، یعنی در اثر تراکم زیاد، متوسط عملکرد، ۲/۳ تن در هکتار کاهش داشته است. این مقدار کاهش محصول از یک طرف درآمد زارع را کاهش داده و از طرف دیگر هزینه تولید را افزایش می‌دهد. با توجه به این که، آب مصرفی برای گندم، حدود ۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد شده است، مقدار کارایی مصرف آب، ۱/۱۷ در خاک غیر متراکم و ۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب در خاک با تراکم زیاد محاسبه شده، که معادل ۳۹/۳ درصد کاهش است.

غذایی مانند فسفر و روی توسط ریشه گیاه، دشوارتر و کم شده، در نتیجه گیاه دچار کمبود مواد غذایی، خشکی فیزیولوژیکی و تنش آبی می‌گردد. تنش رطوبتی بوجود آمده، میزان رشد گیاه را کاهش می‌دهد. کمبود جذب آب و مواد غذایی و تشدید تنش آبی در گیاه، کاهش عملکرد را بوجود می‌آورد که باعث کاهش کارایی مصرف آب می‌شود (Ehdaie, 1995).

در شکل (۴) رابطه نفوذپذیری خاک و کارایی مصرف آب، نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که نفوذپذیری آب در خاک با تراکم زیاد، ۵ برابر کمتر از مقدار نفوذپذیری در خاک غیر متراکم بوده یعنی معادل ۸۱/۴ درصد کاهش داشته است. نتیجه کاهش نفوذپذیری و



(شکل ۳) - رابطه نفوذ پذیری و آب قابل استفاده گیاه در خاک‌های مورد مطالعه



(شکل ۴) - رابطه نفوذپذیری خاک و کارایی مصرف آب در خاک‌های مورد مطالعه

بوده است. مصرف زیاد کودهای شیمیایی، کمبود مواد آلی و سوء مدیریت خاک و آب، از علل تراکم خاک در منطقه پاکدشت، می‌باشد. اثرات تراکم زیاد خاک، کاهش قابلیت جذب آب و عناصر غذایی، افزایش مقاومت در مقابل نفوذ و گسترش ریشه، کاهش رشد گیاه، کاهش محصول، کاهش کارایی مصرف آب، کاهش کیفیت خاک و سرانجام افزایش هزینه‌های تولید می‌باشد. با برنامه ریزی دقیق و بهبود مدیریت آب و خاک می‌توان با بکارگیری روش‌های اجرایی مناسب، شرایط را برای کاهش تراکم زیاد خاک و کنترل عوامل بوجود آورنده آن، فراهم کرد تا متوسط عملکرد و کارایی مصرف آب، افزایش یابد.

نتیجه گیری

خاک‌های مورد مطالعه در این پژوهش، هر ساله تحت کشت گندم بوده، چون در خاک‌های با تراکم زیاد، کودهای ازته، فسفات و پتاس به ترتیب ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، بیش از مقدار توصیه‌ای (بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه) استفاده می‌شود. مصرف زیاد کودهای شیمیایی و رعایت نکردن تناوب زراعی و کشت متراکم عاملی برای سفت شدن ساختمان و تراکم خاک است. وقتی رطوبت خاک در هنگام شخم زدن، بیش از حد رطوبت بهینه باشد، خواص فیزیکی خاک تغییر یافته، که با کاهش میانگین وزنی قطر و پایداری خاکدانه‌ها، ساختمان خاک تخریب شده، جرم مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذ خاک، افزایش پیدا کرده و در اثر تکرار عملیات خاک‌ورزی نامناسب، به مرور زمان، تراکم بوجود می‌آید. عدم کاربرد کودهای آلی، کاهش نسبت کربن به ازت و سرعت معدنی شدن کربن آلی، کاهش پایداری خاکدانه‌ها، کاهش قطر و حجم کل منافذ خاک، کاهش تخلخل و تخریب خواص فیزیکی خاک، نتیجه اثرات تراکم خاک می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق، در اثر تراکم زیاد خاک، افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک از ۱/۳۴ به ۱/۷۹ مگا گرم بر متر مکعب، باعث افزایش متوسط مقاومت نفوذ خاک از ۰/۸۹ به ۳/۵۴ مگا پاسکال گردیده، نفوذپذیری آب در خاک از ۷۰ به ۱۲ میلی‌متر در ساعت (۴/۸۱ درصد) تقلیل یافته که باعث کاهش ضریب آبگذری اشیاع و سرعت نفوذ آب در خاک می‌گردد. در اثر کاهش نفوذپذیری، آب قابل استفاده گیاه نیز ۳۴ درصد کاهش می‌یابد که چون در این شرایط جذب آب و مواد غذایی کم می‌شود، رشد گیاه را محدود می‌کند. با کاهش آب قابل استفاده و کاهش رشد گیاه، عملکرد محصول ۴۰ درصد تقلیل یافته و سرانجام باعث کاهش ۳۹/۳ درصد کارایی مصرف آب می‌گردد که به علت تراکم زیاد خاک ناشی از سوء مدیریت خاک و آب می‌باشد. تراکم زیاد خاک، باعث کندی سرعت نفوذ و حرکت آب در خاک، زهکشی ضعیف، تهویه نامناسب و ایجاد شرایط نامطلوب برای نفوذ و گسترش ریشه و رشد گیاه

پژوهشگران گزارش کرده اند: افزایش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت نفوذ، به دلیل کاهش قطر ذرات درشت، کاهش پایداری خاکدانه‌ها، تغییر خواص فیزیکی خاک و کاهش نفوذپذیری، باعث شده که آب قابل استفاده گیاه، در تراکم متوسط و زیاد خاک به ترتیب، ۲۱ و ۴۹ درصد کاهش پیدا کند (Tisdall and Adem, 1986).

در خاک زیر کشت غلات، وقتی جرم مخصوص ظاهری از ۱/۴ به ۱/۸ مگا گرم بر متر مکعب افزایش یابد بیش از ۵۰ درصد جرم خشک جوانه‌های گیاه و تولید محصول کاهش می‌یابد (Glinski and Lipec, 1990) وقتی مقاومت نفوذ از ۰/۴ به ۴/۲ مگاپاسکال در اثر تراکم تغییر یابد طول ریشه اصلی گیاه ۷۱ درصد و ریشه‌های جانبی ۳۱ درصد کاهش می‌یابد. در نتیجه مقدار محصول ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش یافته است (Kuht and Reintam, 2004).

نتایج این تحقیق، نشان داد، تخلخل، نفوذپذیری و آب قابل استفاده گیاه، به ترتیب ۶۳/۹، ۸۱/۴ و ۳۴ درصد تقلیل داشته، در اثر کاهش مقدار شاخص‌های فوق جذب آب و مواد غذایی، رشد ریشه و گیاه کاهش خواهد یافت، که در نتیجه، باعث کاهش ۴۰ درصد محصول و کارایی مصرف آب به میزان ۳۹/۳ درصد گردیده است. بنابراین، نتیجه گیری می‌شود که تراکم زیاد خاک، عامل بسیار مهمی در تخریب خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک‌های مورد مطالعه و کاهش عملکرد، بوده است. بنابراین ملاحظه می‌گردد که نتایج این پژوهش با تحقیقات فوق همخوانی دارد.

با توجه به اینکه در آینده افزایش کارایی مصرف آب در گیاه و آب آبیاری و راهکارهای مربوطه، جزء چالش‌های مهم خواهد بود، لذا جلوگیری از تراکم زیاد خاک و کاهش کارایی مصرف آب، باعث صرفه جویی آب می‌گردد. با اختصاص آب صرفه جویی شده به سایر محصولات، می‌توان با فراهم کردن امکان توسعه سطح زیرکشت و افزایش متوسط عملکرد، درآمد بیشتری عاید کشاورزان نمود.

در مزارع P_2 ، P_3 ، P_6 و P_{12} ، چون اقداماتی از جمله: مقدار مصرف صحیح و متعادل کودهای شیمیایی و آلی، (توصیه‌های کودی، بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه) انجام عملیات خاک‌ورزی در رطوبت بهینه، استفاده از ادوات مناسب، روش مناسب آبیاری، و رعایت نکات فنی از لحاظ مدیریت خاک و آب، تحت نظارت کارشناس طرح محوری گندم، انجام گرفته، تراکم خاک طبیعی و در حد معمولی بوده است. اما در مزارع P_4 ، P_5 ، P_{10} و P_{11} چون کشاورزان به طور سنتی (بدون نظارت فنی کارشناس کشاورزی و توجه به اصول صحیح و علمی مدیریت خاک و آب) اقدام به عملیات کشت و کار مانند: استفاده زیاد از کودهای شیمیایی، انجام شخم در رطوبت زیاد خاک و عدم رعایت تناوب زراعی کرده‌اند، تراکم زیاد در خاک، بوجود آمده است. تراکم خاک در مزارع P_1 ، P_7 ، P_8 و P_9 در حد نسبتاً متوسط،

Beven, K., and P. German. (1982), Macropores and water flow in soils. *Water Resour. Res.* 18:1311-1325.

Canbolat, M.Y. (1992), Effect of adding organic material in to the soils on organic matter, aggregate stability and permeability of soil. *J. Agric*, 23:113-123

Cannell, R.Q. (1977), Soil aeration and compaction in relation to root growth and soil management. *Agro. Biol. J.* 2: 1-86.

Carr, M.K.V. and S.M. Doods. (1983), Some effects of soil phosphorous concentration. *Aust. J. Agric. Res.* 26:437-446.

Dejong-Hughes, J., oncrief, J.F., Voorhees, W.B. and Swan, J.B., (2001), Soil compaction causes, effect and control. In *Communication and Education Services*. University of Minesota Extension Services, pp17.

Ehdaie, B. (1995), Variation in water use efficiency and its components in Wheat: 11. Pot and field experiment. *Crop-Science*. 35:1617-1626.

Elliot, E.T. (1986), Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 627-633.

Glinski, J. and J. Lipec (1990), *Soil physical conditions and plant roots* CRD Press, Inc., Boca Raton, Florida. 264pp.

Gupta, P.K. (2000), *Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis*. Agrobios, New Delhi, India, 438 pp.

Gupta, S.C., P.P. Shoarma, and S.A. Da Franchi. (1989), Compaction effects on soil structure. *Advances in Agronomy*. 42: 311- 338.

Hakanson, I., W.B. Voorhees, and H. Riley. (1988), Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil & Till. Res.* 11:239-282.

Henderson, G W.L. (2005), Using a Penetrometer to predict the effects of soil compaction on the growth and yield of wheat on uniform, sandy soils. *Aust. J. Agri. Res.* 40(3) 497- 508.

Kuht, J. and E. Reintam. (2004), Soil compaction effect on soil physical properties and the content of nutrients in spring barley and wheat. *Agron. Res.* 2(2).187-194

Lal, R.L. and F.J. Pierce. (1994), *Soil management for Sustainability*. Soil and water conservation society. Ankeny, Iowa, 189 pp.

Letey, J. (1985), Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Sci.* 1:277-294.

Lipec, J., E. Reintam, and W. Stepniewski, (1995), Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. *Soil & Till. Res.* 35: 37-52.

Meek, B.D. L. Graham and T. Donovan. (1982), Long term effects of manure on soil nitrogen, P. K. Na, O.M and water infiltration rate. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 46:1014-1019.

Misra, R.K. and A.K. Gibbons. (1996), Growth and

می‌گردد که بر کاهش رشد گیاه و عملکرد تأثیر زیادی دارد. با توجه به مقادیر مقاومت نفوذ، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، نفوذپذیری و آب قابل استفاده اندازه‌گیری شده در خاک‌های غیر متراکم و با تراکم زیاد، می‌توان نتیجه گرفت که عامل عمده تراکم زیاد خاک‌ها، مصرف زیاد کودهای شیمیایی، فقر مواد آلی، رعایت نکردن تناوب زراعی، کم توجهی به خصوصیات فیزیکی خاک و اصول مدیریت آب و خاک می‌باشد. مدیریت صحیح خاک و آب، می‌تواند اثرات نامطلوب حاصله از تراکم زیاد خاک را به حداقل برساند. برای جلوگیری از تراکم زیاد خاک، پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

بهبود ساختمان خاک با افزایش مواد آلی کافی به خاک، کاهش مصرف کودهای شیمیایی، رعایت تناوب زراعی، انجام عملیات کشت و کار مناسب در رطوبت بهینه و به روش صحیح، بکارگیری روش‌های آبیاری جدید و استفاده از زیر شکن‌ها جهت از بین بردن لایه‌های سخت و فشرده زیرین در خاک‌های با تراکم زیاد، اجرای روش‌های خاک‌ورزی مناسب با توجه به خواص فیزیکی خاک، کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی، استفاده از موجودات همزیست با ریشه گیاهان و اعمال مدیریت مطلوب خاک و آب.

سپاسگزاری

هزینه‌های این پژوهش از اعتبارات معاونت محترم پژوهشی پردیس ابرویحان دانشگاه تهران تأمین و پرداخت شده است که قدردانی و تشکر می‌گردد.

مراجع

Azadegan, B. (2006), Comparisons of consumption, distribution and recommendation of fertilizers on crops Wheat, Barly, Alfalfa and Zeamays. Final report prepared for research vice chancellor university of Tehran, 20pp.

Akram, M., and W.D. Kemper. (1977), Infiltration of soils as affected by the pressure and water content at the time of soil compaction. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 43:1080 – 1086.

Arya, M.L., F.J. Leij, P.J. Shouse and M.Th. Van Genuchten. 1999b. Relationships between the hydraulic conductivity and particle-size distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63(5):1063-1070

Barzegar, A. R. H. Nadian, F. Heidari, S. J. Herbert, and A.M. Hashemi. (2006), Interaction of soil compaction, phosphorus and zinc on clover growth and accumulation of phosphorus. *Soil & Till. Res.* 87:155-162.

Barzegar. A.R., M.A. Asoodar, and M. Ansari. (2000), Effectiveness of sugarcane residue incorporation at different water contents and the Proctor compaction loads in reducing soil compactibility. *Soil & Till. Res.* 57:167-172.

- content of soil at tillage on size distribution of aggregates and infiltration. *Aust. J. Exp. Agric.* 26: 193-195.
- ZuzeL, J.F., J.L. Pikul, Jr, and P.F.Rasmussen. (1990), Tillage and fertilizer effects on water infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 205-208.
- morphology of eucalypt seedling-roots, in relation to soil strength arising from compaction *Plant and Soil.* 182 (1):1-11.
- Slowinska-Jurkiewicz, A. (1994), Changes in structure and physical properties of soil during spring operations. *Soil & Till. Res.*29:397-407.
- Smith, M. (1993), Cropwat. A computer program for irrigation planning and management. Irrigation and Drainage. Paper. No. 46. FAO. Rome.
- Tisdall, J. M and H. H. Adem. (1986), Effect of water

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۱۴

Effects of compaction in the cultivated soils on permeability and water use efficiency in Pakdasht region

B. Azadegan¹

Abstract

Soil compaction is a major concern of farmers in Pakdasht region. Extreme soil compaction causes increase in soil penetration resistance and bulk density, also it degrades soil physical properties and reduced permeability. Moreover, water and nutrient absorption have been reduced to minimum which result to a decrease in distribution of roots, plant growth and reduction yield. The aim of this research was to study the effects of compaction in the cultivated soils at 12 farms at 10 to 35 cm of wheat cultivation; each of farms was as a treatment. The experiment has been conducted on based of randomized complete blocks design. In this research compaction is measured by digital Penetrologger in 10 different points of each farm. The results have showed that bulk density, soil penetration resistance and permeability have been changed from 1.34 to 1.79 Mg.m⁻³, 0.32 to 4.54 MPa and 70 to 12 mm.h⁻¹ in comparison between non compacted and severely compacted soils, respectively. Extreme soil compaction causes, permeability has been reduced to 81.4%, this causes a 34 % decrease in available water which subsequently resulted in 40% yield reduction. Therefore water use efficiency decreased by 39.3%. Reduction of soil compaction could lead to soil quality improvement, in increase water use efficiency, and yield.

Keywords: Soil compaction, Bulk density, Water use efficiency, Yield, Permeability

¹ - Assistant professor of Irrigation and Drainage Department, Aboureihan Campus & the University of Tehran
Email: bazad@ut.ac.ir