نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۱۶۵-۱۱۵۳

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 6, Jan.-Feb. 2014, p. 1153-1165

تأثیر کشت و کار مکانیزه طولانی مدت بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در تعدادی از کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان

فرزاد مرادی[۱]- بیژن خلیلی مقدم[۲*]- سیروس جعفری[۳]- شجاع قربانی دشتکی[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۲/۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۰/۱

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر کشت کار مکانیزه دراز مدت نیشکر بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در مزارع چند کشت و صنعت نیشکر استان خوزستان می‌باشد. بدین منظور پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳۸ نقطه در هر یک از کشت و صنعت‌های دعبل خزاعی، امیرکبیر، کارون و هفت‌تپه به ترتیب با ۵، ۱۵، ۴۰ و ۵۰ سال سابقه بهره‌برداری صورت گرفت. پارامترهای بافت خاک، قابلیت هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، ماده آلی، کربنات کلسیم معادل، واکنش خاک، چگالی ظاهری (BD)، مقاومت فروروی (PR) در دامنه رطوبتی ۱۷/۹۶-۱۶/۸۲ درصد جرمی از دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متری و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) از سطح خاک و عمق ۴۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش سال‌های بهره‌برداری، BD و PR افزایش یافت و همچنین میزان پایداری خاکدانه‌ها به دلیل بهبود سطح ماده آلی، روند صعودی پیدا کرد. مقدار PR با افزایش عمق خاک، افزایش پیدا کرد به طوری که در محدوده عمق ۵۵ تا ۸۰ سانتی‌متری به بیش‌ترین حد رسیده است. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر تعداد سال‌های بهره‌برداری بر پارامترهای BD، PR و MWD معنی دار شد. به طوری که افزایش BD، PR و MWD با افزایش تعداد سال‌های بهره‌برداری از ۵ به ۵۰ سال به ترتیب از ۱/۵۷ به ۱/۷ گرم بر سانتی مترمکعب، از ۰/۹۸ به ۱/۱۶ مگاپاسکال و از ۰/۹۸ به ۱/۷۶ میلی‌متر در عمق اول و از ۱/۵۸ به ۱/۷۹ گرم بر سانتی مترمکعب و از ۱/۲۹ به ۲/۱۵ مگاپاسکال در عمق دوم همراه بود. در حالی که تغییر معنی‌داری در MWD مرتبط با افزایش تعداد سال های بهره‌برداری در عمق دوم دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت فروروی، چگالی ظاهری، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، سابقه بهره‌برداری

مقدمه

کشت نیشکر به صورت مکانیزه در استان خوزستان در قالب کشت و صنعت‌های نیشکر تاریخچه‌ای طولانی دارد. تخریب خواص فیزیکی خاک از مهم‌ترین مشکلات این کشت و صنعت‌ها می‌باشد و هر ساله با وجود افزایش مصرف کودهای شیمیایی، عملکرد زراعی نیشکر روند نزولی پیدا کرده است. با این وجود تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک را می‌توان با عملیات مناسب زراعی و افزایش کربن آلی کاهش داد. آنتورپن و همکاران (۸) طی پژوهش‌های خود بیان کردند که زراعت مکانیزه نیشکر به طور معنی‌داری سبب کاهش سرعت نفوذپذیری و افزایش چگالی ظاهری و مقاومت فروروی خواهد شد به ویژه هنگامی که عملیات زراعی در رطوبت نامناسب صورت بگیرد. اتوو و همکاران (۳۰) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که رشد ریشه گیاه نیشکر تحت تأثیر مقاومت فروروی کمتر از ۰/۷۵ قرار نگرفت اما به طور قابل توجهی در مقاومت فروروی بین ۰/۷۵ تا ۲ مگاپاسکال به درجات مختلف کاهش پیدا کرد. این محققین بیان کردند که در مقاومت‌های فروروی بالاتر از ۲ مگاپاسکال رشد ریشه‌های گیاه نیشکر شدیداً کاهش یافت. برزگر و همکاران (۱۱) نشان دادند که تراکم خاک در زراعت نیشکر ممکن است در طی عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت و به ویژه عملیات برداشت شدت گیرد. ایشاک و همکاران (۱۹) نشان دادند که تراکم در بخش سطحی خاک بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک اثر می‌گذارد و باعث افزایش چگالی ظاهری و مقاومت فروروی و کاهش تخلخل می‌شود. پوپالا و همکاران (۳۲) نشان دادند که مقدار مقاومت فروروی در خاک‌های درشت بافت

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه خاکشناسی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Moghaddam623@yahoo.ie)
۴- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

نسبت به خاک‌های ریز بافت بیش‌تر است و همچنین در خاک‌هایی که بافت و مقدار رطوبت یکسان دارند عوامل سیمانی کننده مانند کربنات‌ها، سیلیکات‌ها و اکسیدهای آهن مقدار مقاومت فروروی را افزایش می‌دهند. مامان و اهیو (۲۵) بیان کردند که تراکم خاک و عملکرد ذرت اگرچه به نوع خاک و درصد رطوبت بستگی دارد ولی با افزایش ماده آلی، تراکم کاهش و رشد ذرت افزایش می‌یابد. لیپیک و همکاران (۲۳) کاهش در میزان تخلخل کل و حجم ماکروپورها، تخریب ساختمان خاک، تغییر در ترکیب گازهای خاک و افزایش مقاومت به نفوذ ریشه را از نتایج زیان‌بار تراکم خاک دانستند. نتایج پژوهش‌های اویدسون و کلر (۹) در جنوب سوئد نشان داد که وزن سنگین چرخ‌های ماشین‌آلات کشاورزی در طول برداشت محصول چغندرقند اغلب می‌تواند باعث افزایش تراکم و در نتیجه افزایش مقاومت فروروی و کاهش هدایت هیدرولیکی شود و تراکم طولانی مدت حاصله، یک تهدید اساسی در حاصلخیزی خاک به حساب می‌آید. نتایج پژوهش‌های وورهیز (۳۹) نشان داد که تراکم ناشی از عبور و مرور ماشین‌آلات در جهات افقی و عمودی ایجاد شده و بدین ترتیب چگالی ظاهری و مقاومت فروروی خاک را هم در زیر چرخ‌ها و هم در حاشیه آن‌ها افزایش داده و بنابراین گیاهان در این نواحی نسبت به گیاهان موجود در مناطق دیگر در خاک متراکم‌تری رشد کرده و عملکرد کاهش می‌یابد.

با توجه به پژوهش‌های انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر عبور و مرور ماشین‌آلات کشاورزی سنگین تخریب می‌شوند و افزودن مواد آلی به خاک باعث بهبود این ویژگی‌ها می‌گردد. از آن جایی که در کشت و کار مکانیزه نیشکر از ماشین‌های سنگین جهت عملیات زراعی استفاده می‌شود و از طرفی نیز به دلیل بیومس زیاد نیشکر، حجم زیادی از مواد آلی پس از برداشت نی به خاک اضافه می‌گردد، بنابراین آگاهی از اثرات متقابل عبور و مرور ماشین‌آلات و افزودن مواد آلی به بهبود ویژگی‌های فیزیکی در جهت افزایش عملکرد کمک می‌نماید. از این‌رو پژوهش حاضر جهت نیل به اهداف زیر انجام شده است:

۱- بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در محدوده عمق رشد ریشه نیشکر در چند کشت و صنعت نیشکر استان خوزستان

۲- بررسی تأثیرات دراز مدت کشت و کار مکانیزه بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در محدوده عمق رشد ریشه نیشکر

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در چهار کشت و صنعت دعبل خزاعی، امیرکبیر، کارون و هفت تپه در استان خوزستان انجام گردیده است که در آن‌ها کشت نیشکر به صورت تناوب زراعی با گندم، جو و ذرت همراه است. میانگین ارتفاع از سطح دریا ۴۲ تا ۸۲ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۳ میلی‌متر می‌باشد که بیشتر در ماه‌های آذر، دی و بهمن نازل می‌گردد. گرم‌ترین ماه سال تیر ماه با حداکثر مطلق ۵۴ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال بهمن ماه با حداقل ۳- درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی سالانه ۵۵/۵ درصد می‌باشد. خاک غالب منطقه در گروه بزرگ Calcic Haploustepts قرار دارد (۳۷). این خاک‌ها به دلیل تأثیر کم عوامل خاک‌زایی جوان بوده و غالباً فاقد افق‌های شناسایی و ژنتیکی می‌باشند و در اکثریت آن‌ها افق‌های سطحی نسبت به افق‌های زیرین تغییرات چندانی ندارد. در این اراضی بافت خاک عمدتاً سنگین و بادهای گرم و خشک در طول فصول بهار و تابستان جریان دارند.

شیوه نمونه‌برداری

در پژوهش حاضر، چهار کشت و صنعت با ویژگی‌های همگون (فیزیوگرافی، زمین شناسی، خاکشناسی، شیوه آبیاری، شیوه کشت، زهکشی) ولی با مدت زمان‌های کشت و کار مکانیزه متفاوت انتخاب گردید. بدین منظور چهار کشت و صنعت دعبل خزاعی، امیرکبیر، کارون و هفت‌تپه در استان خوزستان با سابقه کشت نیشکر به ترتیب ۵، ۱۵، ۴۰ و ۵۰ سال انتخاب شد. تعداد ۳۸ نقطه از برخی از مزارع هر کشت و صنعت با توجه به مدت زمان کشت و کار مورد نظر به طور تصادفی نظارت شده انتخاب شدند. نمونه‌برداری از دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متری نیمرخ خاک با توجه به عمق توسعه ریشه انجام گردید. سیستم ریشه‌ای گیاه نیشکر به گونه‌ای است که قسمت اعظم آن در عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری و قسمت کمتری از آن در عمق ۸۰-۴۰ سانتی‌متری از سطح خاک گسترش یافته‌اند. بخشی از نمونه‌های جمع‌آوری شده بعد از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده، سپس کوبیده و از الک دو میلی متری عبور داده شدند.

اندازه‌گیری‌های صحرایی و آزمایشگاهی

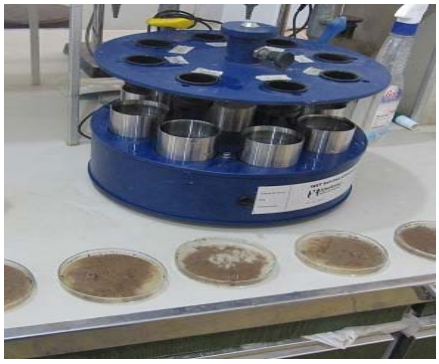
بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۷)، کربنات کلسیم معادل ($CaCO_3$) به روش حرارت دهی و تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک (۲۸)، چگالی ظاهری (BD) به روش سیلندری (۱۳)، نسبت جذب سدیم (SAR) به کمک روش‌های معمول آزمایشگاهی شامل اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم محلول با استفاده از عصاره اشباع خاک توسط روش کمپلکسومتری و از طریق تیتراسیون با ورسین در حضور معرف‌های اریوکروم بلک‌تی و موروکساید و سدیم محلول با استفاده از عصاره اشباع خاک و به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (۳۱) و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر (۳۸) بر روی نمونه‌های دست نخورده اندازه‌گیری شدند. ماده آلی (OM) نیز به روش اکسایش تر یا روش والکلی و بلک (۴۰) بر روی ذرات کوچکتر

از ۰/۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباعی خاک و واکنش خاک (pH) در گل اشباع نیز به ترتیب توسط دستگاه‌های EC متر و pH متر اندازه‌گیری شدند (۳۱).

برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها، از نمونه‌های خاک دست نخورده سطح خاک و عمق ۴۰ سانتی‌متری استفاده گردید. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) با استفاده از دستگاه الک تر (۳۸) اندازه‌گیری گردید (شکل ۱). این دستگاه دارای ۸ الک با اندازه های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۴۵ میلی‌متر می‌باشد که بر روی یک صفحه دایره‌ای شکل قرار گرفته است. در زیر هر الک یک ظرف مخصوص قرار دارد که با آب مقطر پر شد. از هر نمونه خاک ۴ گرم بر روی هر الک ریخته شد. جهت جلوگیری از اثرات حباب هوا، خاک روی الک به وسیله آبپاش، به آرامی مرطوب شد. دستگاه به مدت ۳ دقیقه در آب حرکت عمودی داشت. پس از آن خاکدانه های باقی مانده بر روی هر الک به داخل پتری شسته شد و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و سپس توزین و با استفاده از معادله ۱ میزان MWD محاسبه گردید.

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} X_i W_i \quad (۱)$$

که در آن MWD میانگین وزنی قطر ذرات خاک (mm)، X_i میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک (mm) و W_i وزن خشک خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل خاک می‌باشند.



شکل ۱- شمایی از دستگاه الک تر ساخت شرکت Eijkelkamp

مقاومت فروروی (PR) توسط فروسنج الکتریکی در ۸ تکرار برای هر نقطه اندازه‌گیری گردید. به دلیل اینکه رطوبت خاک از مهم‌ترین پارامترهای موثر بر مقاومت فروروی است، در زمان اندازه‌گیری مقاومت فروروی از خاک مورد نظر نیز نمونه‌برداری صورت گرفت و با روش درصد وزنی رطوبت خاک تعیین شد. در بین تمام نقاط نمونه‌برداری شده در هر کشت و صنعت، زیر مجموعه‌ای انتخاب شد که میانگین درصد رطوبت برابری داشته باشند (میانگین رطوبتی در حین نمونه‌برداری در دامنه ۱۵ تا ۲۰ درصد جرمی بود). همانطور که از جدول‌های ۲ تا ۵ نیز پیداست، میانگین مقادیر رطوبتی برای این زیر مجموعه در تمام کشت و صنعت‌ها مابین ۱۶/۸۲ تا ۱۷/۹۶ می‌باشد. با این کار امکان مقایسه میانگین مقاومت فروروی در کشت و صنعت‌های مختلف امکان‌پذیر خواهد بود. مشخصات دستگاه فوق در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فروسنج الکترونیکی کاربردی

زاویه مخروط	۶۰ درجه
قاعده مخروط	۱ سانتی‌متر مربع
سرعت نفوذ	۲ سانتی‌متر بر ثانیه
دمای مناسب عملیات	۵۰-۰ درجه سانتی‌گراد
حداکثرنیروی نفوذ	۱۰۰ نیوتن
حداکثر عمق نفوذ	۸۰ سانتی‌متر
وزن دستگاه همراه باتری	۱۵ کیلوگرم

تجزیه و تحلیل داده ها

در پژوهش حاضر چگونگی توزیع پارامترهای اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون نرمالیتی و به روش کولموگروف- اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های با توزیع نرمال جهت تجزیه و تحلیل‌های بعدی به کار گرفته شد. تجزیه واریانس داده‌ها به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و آزمون معنی‌دار بودن مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. محاسبات آماری نتایج به وسیله نرم‌افزارهای SAS/ver 9.1، SPSS/ver 16 و STATISTICA صورت گرفت. همچنین جهت رسم نمودارها از برنامه Excel نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

شرح کلی ویژگی خاک‌های کشت و صنعت دعبل خزاعی

جدول ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در قالب آماره‌های حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار برای مزارع نمونه‌برداری شده درکشت و صنعت دعبل خزاعی با ۵ سال سابقه کشت در دو عمق مورد بررسی آورده شده است.

میزان ماده آلی در عمق اول با میانگین ۱/۰۷ درصد و عمق دوم با میانگین ۰/۷۷ درصد به ترتیب مطابق با طبقه‌بندی ارائه شده توسط کهنگ (۷) کمی هوموسی و خیلی کم هوموسی می‌باشند. طبقه‌بندی کهنگ (۷) در جدول ۳ آورده شده است. کاهش ماده آلی با افزایش عمق به دلیل کاهش تراکم ریشه توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (۱۴).

جدول ۲- پارامترهای آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در کشت و صنعت دعبل خزاعی

	S	Si	C	OM	$CaCO_3$	BD	PR	MWD	ECe	pH	SAR	WC
			٪			(g/cm^3)	(MPa)	(mm)	(dS/m)	(-)	(-)	(w/w)%
۴۰-۰ سانتی‌متر												
حداقل	۴/۵	۱۸	۱۸	۰/۱۹	۳۷/۸	۱/۱۳	۰/۲۳	۰/۵۲	۲/۲۵	۷/۲۷	۴/۶۴	۱۲/۲۱
حداکثر	۶۴	۶۰	۵۲/۵	۱/۶۳	۴۲/۳	۱/۸	۱/۷۵	۱/۷۵	۱۷/۱۹	۸/۱۳	۲۰/۴۳	۲۲/۹۵
میانگین	۲۴/۳۱	۳۸/۷۸	۳۷/۰۱	۱/۰۷	۴۰/۶۱	۱/۵۷	۰/۹۸	۰/۹۸	۵/۴۷	۷/۷۶	۸/۳۱	۱۷/۹۶
انحراف معیار	۹/۲۳	۷/۴۲	۷/۹۵	۰/۵	۱/۱۱	۰/۱۰	۰/۴	۰/۲۶	۳/۳۱	۰/۲۰	۲/۶۶	۲/۳۱
۸۰-۴۰ سانتی‌متر												
حداقل	۱	۱۵/۵	۱۰	۰/۰۶	۳۴/۷	۱/۳۵	۰/۱۹	۰/۴۵	۱/۳۳	۷/۵۴	۰/۶۶	۱۴/۱۹
حداکثر	۶۴/۵	۶۲	۵۹	۱/۷۷	۴۲/۳۷	۱/۸۶	۲/۹۹	۰/۷۷	۱۲/۳۱	۸/۱۵	۱۴/۴۶	۲۴/۲۷
میانگین	۲۱/۳۳	۴۰/۰۷	۳۸/۶۰	۰/۷۷	۴۰/۶۹	۱/۵۸	۱/۲۹	۰/۶۷	۳/۲۴	۷/۷۶	۶/۷۷	۱۷/۷۸
انحراف معیار	۱۰/۲۲	۹/۱۲	۱۳/۲۳	۰/۴۱	۱/۵۹	۰/۱۰	۰/۶۵	۰/۰۹	۱/۹۱	۰/۱۳	۲/۶۵	۲/۶۴

S: شن، Si: سیلت، C: رس، OM: موادآلی، $CaCO_3$: کربنات کلسیم معادل، BD: چگالی ظاهری، PR: مقاومت فروروی، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ECe: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، pH: واکنش خاک، SAR: نسبت جذب سدیم،WC: رطوبت در زمان نمونه برداری

جدول ۳- رده‌بندی خاک‌های معدنی بر حسب میزان ماده آلی

ماده آلی (٪)	صفت به کار رفته
۱-۰	خیلی کم هوموسی
۲-۱	کمی هوموسی
۴-۲	نسبتاً هوموسی
۸-۴	خیلی هوموسی
۲۰-۸	خیلی زیاد هوموسی

در اراضی مورد مطالعه با وجود میزان زیاد تجمع آهک در عمق خاک، بخش‌های بالایی نیز دارای مقدار زیادی آهک می‌باشند. بخشی از علت این پدیده ممکن است به میزان زیاد آهک در مواد مادری خاک مربوط گردد. در این اراضی همچنین بخشی از تجمع مواد آهکی در اثر طوفان‌های گرد و غبار که به سطح خاک اضافه شده، رخ می‌دهد. این پدیده علی‌رغم آبشویی آهک از افق سطحی، نقش مهمی در افزایش آهک به افق‌های سطحی و جایگزینی آهک شسته شده دارد (۳). نظر به مقادیر میانگین برای هدایت الکتریکی عصاره اشباع (۵/۴۷ و ۳/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متری) خاک‌های مورد مطالعه در کشت و صنعت دعبل خزاعی به ترتیب دو عمق مورد بررسی در گروه شوری متوسط و کمی شور قرار می گیرند (۳۵). لیکن مقادیر SAR در اکثر نقاط کمتر از ۱۳ می‌باشد که بیانگر عدم خطر سدیمی بودن در مناطق مورد بررسی است. مقادیر pH نیز به وضوح مورد فوق را تأیید می‌کند. لازم به ذکر است که این خاک‌ها از نوع خاک‌های شور و سدیمی بوده‌اند که شوری و SAR آن‌ها به ترتیب گاهاً از مرز ۱۶۰ دسی زیمنس بر متر و ۱۵۰ هم بیشتر بوده است که پس از نصب زهکش و آبشویی، جهت کشت نیشکر آماده شده‌اند (۱). البته به سبب طوفان‌های گرد و غبار که در سال‌های اخیر در استان خوزستان رخ داده است، احتمال دارد که مقدار زیادی نمک همراه با ذرات معلق به سطح خاک افزوده شده باشد که می‌تواند در افزایش شوری در کل اراضی استان تأثیرگذار باشد (۳).

اگرچه مقادیر بدست آمده برای چگالی ظاهری در هر دو عمق مورد بررسی مشابه می‌باشند (۱/۵۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) لیکن با توجه بافت غالب خاک (لوم رسی) میزان کمی را از تراکم نشان می‌دهد. ریونشیلد و باشوک (۳۴) محدوده نرمال چگالی ظاهری در خاک‌هایی با بافت رسی را ۱ تا ۱/۶ و برای خاک‌هایی با بافت شنی را ۱/۲ تا ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب ذکر کرده‌اند. این محققین همچنین اظهار می‌دارند که محدودیت رشد ریشه‌ها در خاک‌هایی با بافت رسی و شنی به ترتیب در چگالی ظاهری بزرگ‌تر از ۱/۴ و بزرگ‌تر از ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب اتفاق خواهد افتاد. علی‌رغم میزان پایین مقاومت فروروی در عمق اول (۰/۹۸ مگاپاسکال) لیکن پارامتر فوق مقدار نسبتاً زیادی را در عمق دوم (۱/۲۹ مگاپاسکال) نشان می‌دهد. ظاهراً مقادیر بالاتر ماده آلی و نرم و خرد شدن خاک طی عملیات خاک‌ورزی در عمق اول، مقاومت فروروی را نسبت به عمق دوم کاهش داده است. اگر چه به طور کلی حد بحرانی مقاومت

فروروی را ۲ مگاپاسکال در نظر می‌گیرند لیکن مقدار فوق برای گیاهان مختلف متفاوت خواهد بود. به علاوه حد بحرانی مقاومت فروروی بسته به بافت خاک نیز متفاوت خواهد بود (۳۶). اتوو و همکاران (۳۰) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که رشد ریشه گیاه نیشکر تحت تأثیر مقاومت فروروی کمتر از ۰/۷۵ قرار نگرفت اما به طور قابل توجهی در مقاومت فروروی بین ۰/۷۵ تا ۲ مگاپاسکال به درجات مختلف کاهش پیدا کرد. این محققین بیان کردند که در مقاومت‌های فروروی بالاتر از ۲ مگاپاسکال رشد ریشه‌های گیاه نیشکر شدیداً کاهش خواهد یافت. نتایج تحقیقات لرزاده و همکاران (۶) نیز نشان داد که تراکم خاک تا مقاومت فروروی ۱/۲۵ مگاپاسکال هیچ‌گونه اثر معنی‌داری برعملکرد کمی و کیفی نیشکر ندارد. مترچرا و همکاران (۲۶) نشان دادند که مقاومت فروروی بالاتر از ۳/۶ مگاپاسکال به طور کامل رشد ریشه را متوقف می‌کند.

مقایسه ارقام بدست آمده برای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (میانگین ۰/۹۸ و ۰/۶۷ میلی‌متر به ترتیب در عمق اول و دوم) با طبقه‌بندی لال (به نقل از منبع شماره ۱۸) بیانگر محدودیت شدید در پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد. پایداری کم خاکدانه‌ها علی‌رغم مقادیر زیاد رس، آهک و مقدار پایین SAR را می‌توان ناشی از میزان نامناسب ماده آلی و عبور و مرور بیش از حد ادوات کشاورزی سنگین و به خصوص در رطوبت نامناسب، دانست. پایداری خاکدانه‌ها در ارزیابی خاک اهمیت فراوانی دارد زیرا اگر خاکدانه‌ها در اثر جذب آب یا برخورد با ادوات کشاورزی متلاشی نشوند، گویای این واقعیت خواهد بود که آبیاری، بارندگی، زهکشی و عملیات زراعی تأثیر سوئی در ساختمان خاک نداشته و خاک از یک پایداری نسبی و مطلوبی برخوردار است. طبق طبقه‌بندی لال (۱۸)، خاک‌هایی با MWD بین ۰/۵ تا ۱ محدودیت شدید و بین ۱ تا ۲ محدودیت متوسط دارند.

شرح کلی ویژگی خاک‌های کشت و صنعت امیرکبیر

جدول ۴ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در قالب آماره‌های حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار برای مزارع نمونه‌برداری شده درکشت و صنعت امیرکبیر با ۱۵ سال سابقه بهره‌برداری در دو عمق مورد بررسی آورده شده است.

میزان ماده آلی در عمق اول و دوم به ترتیب با میانگین ۱ و ۰/۶۹ درصد مطابق با طبقه‌بندی کهنگ (۷) خیلی کم هوموسی می‌باشند. لذا، اگرچه برخی از محققین کاهش ماده آلی را با ازدیاد عملیات شخم و شیار مرتبط دانستند (۲۱) ولی تقریباً تغییری در میزان ماده آلی بین مزارع دو کشت و صنعت فوق الذکر با ۵ و ۱۵ سال سابقه کشت مشاهده نشده است. نظر به مقادیر میانگین برای هدایت الکتریکی عصاره اشباع (۳/۹۱ و ۲/۴۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متر) خاک‌های مورد مطالعه در کشت و صنعت امیرکبیر در گروه کمی شور قرار دارند (۳۵). مقادیر پایین‌تر هدایت الکتریکی در مزارع کشت و صنعت فوق نسبت به مزارع کشت و صنعت دعبل خزاعی، انحلال نمک‌های محلول را با آبیاری‌های متناوب در طول سالیان متمادی کشت، نشان می‌دهد. به طوری که تجمع نمک‌های آبشویی شده در عمق دوم نیز دیده نمی‌شود.

جدول ٤- پارامترهای آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در کشت و صنعت امیرکبیر

	S	Si	C	OM	$CaCO_3$	BD	PR	MWD	ECe	pH	SAR	WC
			٪			(g/cm^3)	(MPa)	(mm)	(dS/m)	(-)	(-)	(w/w)%
۴۰-۰ سانتی‌متر												
حداقل	۸	۱۷	۱۴/۵	۰/۳۳	۳۶/۱۲	۱/۲۲	۰/۳۴	۰/۵	۱/۶۱	۷/۶	۴/۱۵	۶/۵۹
حداکثر	۶۸	۵۱/۵	۵۵	۱/۷۸	۴۲	۱/۹۹	۲/۳۸	۱/۷۹	۷/۵۷	۸/۱۹	۱۴/۶۵	۲۹/۱۶
میانگین	۳۰/۲۶	۳۰/۸۹	۳۸/۹	۱	۳۹/۹۶	۱/۶	۰/۹۷	۱/۰۵	۳/۹۱	۷/۸۳	۸/۳۵	۱۷/۳۱
انحراف معیار	۱۸/۹۹	۸/۵۹	۱۳/۳۵	۰/۳۶	۱/۵۸	۰/۱۴	۰/۴۱	۰/۲۳	۶/۸۷	۰/۱۲	۲/۶۲	۴/۲۱
۸۰-۴۰ سانتی متر												
حداقل	۴/۵	۱۵	۱۸/۵	۰/۱۸	۳۷/۳۴	۱/۳۸	۰/۹۴	۰/۴۲	۱/۵۷	۷/۷۸	۴/۰۵	۶/۲۲
حداکثر	۶۳/۵	۶۰	۵۹	۱/۵۵	۴۲/۱۵	۲	۳/۰۱	۰/۷۸	۴/۵۶	۸/۱	۲۰/۵	۳۷/۱۷
میانگین	۲۳/۶۸	۳۲/۷۱	۴۳/۶۱	۰/۶۹	۴۰/۳	۱/۶۴	۱/۶۶	۰/۷	۲/۴۲	۷/۹	۷/۹۲	۱۶/۸۲
انحراف معیار	۱۵/۱۸	۸/۵۶	۱۰/۴۰	۰/۳۲	۱/۵۴	۰/۱۵	۰/۵۲	۰/۰۹	۰/۷۷	۰/۱۱	۳/۰۶	۶/۰۹

S: شن، Si: سیلت، C: رس، OM: موادآلی، $CaCO_3$: کربنات کلسیم معادل، BD: چگالی ظاهری، PR: مقاومت فروروی، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ECe: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، pH: واکنش خاک، SAR: نسبت جذب سدیم،WC: رطوبت در زمان نمونه برداری

مقادیر بدست آمده برای چگالی ظاهری (۱/۶ و ۱/۶۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب به ترتیب در دو عمق مورد بررسی) با توجه بافت غالب خاک (لوم رسی) براساس پژوهش‌های ریونشیلد و باشوک (۳۴) میزان زیادی از تراکم را نشان می‌دهد که افزایش اندکی نسبت به کشت و صنعت دعبل خزاعی داشته است. مقدار بالای مقاومت فروروی در عمق دوم (۱/۶۶ مگاپاسکال) براساس نتایج اتو و همکاران (۳۰) و لرزاده و همکاران (۶) سبب کاهش رشد ریشه‌ها و عملکرد کمی و کیفی نیشکر خواهد شد. به نظر می‌رسد عملیات شخم و شیار تأثیر ترافیک ادوات بر افزایش مقاومت فروروی در عمق اول را کاهش داده است. مقایسه ارقام بدست آمده برای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (میانگین ۱/۰۷ و ۰/۷ میلی‌متر به ترتیب در عمق اول و دوم) با طبقه‌بندی لال (به نقل از منبع شماره ۱۸) بیانگر محدودیت متوسط و شدید در پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد.

شرح کلی ویژگی خاک‌های کشت و صنعت کارون

در جدول ۵ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مزارع نمونه برداری شده در کشت و صنعت کارون با ۴۰ سال سابقه بهره‌برداری را نشان می‌دهد.

مزارع مورد مطالعه از نظر ماده آلی با میانگین ۱/۱۳ و ۰/۶۵ درصد به ترتیب برای عمق‌های اول و دوم در گروه کمی هوموسی و خیلی کم هوموسی قرار می‌گیرند (۷). لیکن افزایش هر چند اندک ماده آلی در عمق اول نسبت به دو کشت و صنعت دعبل خزاعی و امیرکبیر مرتبط با افزایش سال‌های بهره‌برداری مهم می‌باشد. هدایت الکتریکی در مزارع نمونه‌برداری در اکثر نقاط در هر دو عمق مورد مطالعه مقادیری کم‌تر از ۲ دسی زیمنس بر متر دارند لذا در گروه غیرشور قرار می‌گیرند (۳۵). نسبت جذب سدیم نیز در مزارع فوق کاهش قابل توجهی نسبت به مزارع کشت و صنعت دعبل خزاعی و امیرکبیر داشته است. مقادیر پایین‌تر هدایت الکتریکی و همچنین نسبت جذب سدیم در مزارع کشت و صنعت فوق نسبت به مزارع کشت و صنعت دعبل خزاعی و امیرکبیر بیانگر کاهش اثرات شوری و سدیمی در طول دوره بهره‌برداری می‌باشد. طبق اظهارات جعفری و همکاران (۲) اراضی کشت و صنعت کارون که در سال‌های قبل از بهره‌برداری دچار محدودیت‌های شور و سدیمی بوده‌اند، در طی سالیان متمادی از طول دوره بهره‌برداری، مقادیر هدایت الکتریکی زه آب‌های این اراضی به حد تعادلی رسیده است به طوری که هدایت الکتریکی این زه آب‌ها از ۴/۶ دسی زیمنس بر متر در سال ۱۳۵۷ به حدود ۲ دسی زیمنس بر متر در سال ۱۳۸۶ رسیده است.

علی‌رغم افزایش اندک چگالی ظاهری در مزارع کشت و صنعت کارون نسبت به دو کشت و صنعت پیشین، مقاومت فروروی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها افزایش قابل توجهی داشته‌اند. با توجه به بافت غالب خاک (لوم رسی) و مقادیر به دست آمده برای چگالی ظاهری، به وضوح میزان زیاد تراکم قابل مشاهده است. به علاوه سطوح بالای تراکم را می‌توان از مقادیر زیاد مقاومت فروروی نیز استنباط کرد (۱/۱۵ و ۱/۹۸ مگاپاسکال به ترتیب در دو عمق مورد بررسی). محدودیت متوسط پایداری خاکدانه‌ها مطابق با طبقه‌بندی لال (به نقل از منبع شماره ۱۸) با وجود افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نسبت به دو کشت و صنعت پیشین، همچنان نگرانی‌های مرتبط با اثرات سوء پایداری کم ذرات ثانویه را خاطر نشان می‌کند.

جدول ۵- پارامترهای آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در کشت و صنعت کارون

	S	Si	C	OM	$CaCO_3$	BD	PR	MWD	ECe	pH	SAR	WC
	٪					(g/cm^3)	(MPa)	(mm)	(dS/m)	(-)	(-)	(w/w)%
۴۰-۰ سانتی‌متر												
حداقل	۱۳	۳۸	۲۴/۵	۰/۴۴	۳۶/۴۴	۱/۴۳	۰/۳۵	۰/۶۱	۰/۹۷	۷/۷۶	۰/۶۶	۸/۶۴
حداکثر	۲۸/۵	۴۹/۵	۴۱/۵	۱/۸۰	۴۱/۷۵	۱/۸۴	۲/۴۲	۱/۹۷	۳/۷۴	۸/۰۷	۸/۴۸	۲۱/۶۶
میانگین	۱۹/۸	۴۵/۲۶	۳۴/۹۴	۱/۱۳	۳۶/۷۴	۱/۶۱	۱/۱۵	۱/۲۸	۱/۹۹	۷/۸۶	۴	۱۷/۵۹
انحراف معیار	۴/۰۵	۲/۵۴	۳/۷۵	۰/۳۶	۱/۴۷	۰/۰۸	۰/۶۳	۰/۳۳	۰/۸۵	۰/۱۱	۱/۹۱	۲/۳۷
۸۰-۴۰ سانتی‌متر												
حداقل	۹	۳۸	۲۷/۵	۰/۱۲	۳۶/۶۲	۱/۵۷	۱/۳۸	۰/۵۲	۰/۶۸	۷/۵۹	۰/۰۸	۱۷/۰۶
حداکثر	۲۵	۴۹/۵	۵۰/۵	۲/۱۴	۴۲/۲	۱/۸۷	۳/۷۹	۰/۸۳	۳/۲۲	۸/۱۴	۳/۵	۲۱/۲۳
میانگین	۱۸	۴۳/۷۱	۳۸/۲۹	۰/۶۵	۳۹/۰۸	۱/۶۵	۱/۹۸	۰/۷۳	۱/۳۹	۷/۸۸	۱/۵	۱۷/۵۴
انحراف معیار	۴/۶۲	۳/۲۸	۶/۴۶	۰/۴۱	۱/۴۵	۰/۰۷	۰/۴۶	۰/۱	۰/۷۷	۰/۱۳	۱/۳۷	۱

S: شن، Si: سیلت، C: رس، OM: موادآلی، $CaCO_3$: کربنات کلسیم معادل، BD: چگالی ظاهری، PR: مقاومت فروروی، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ECe: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، pH: واکنش خاک، SAR: نسبت جذب سدیم،WC: رطوبت در زمان نمونه برداری

جدول ٦- پارامترهای آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در کشت و صنعت هفت‌تپه

	S	Si	C	OM	$CaCO_3$	BD	PR	MWD	ECe	pH	SAR	WC
	٪					(g/cm^3)	(MPa)	(mm)	(dS/m)	(-)	(-)	(w/w)%
۰-٤۰ سانتی‌متر												
حداقل	۱۳/۵	۳۲	۳۱/۵	۰/۶۳	۳۲/۲	۱/۳۳	۰/۲۸	۱/۳۲	۰/۴۹	۷/۶۶	۰/۰۷	۱۴/۸۵
حداکثر	۳۰/۵	۴۲/۲۵	۴۷	۲/۱	۴۵/۵	۱/۸۳	۱/۶۲	۱/۸۸	۱/۰۶	۸/۱۵	۱۸/۱۲	۲۲/۹۷
میانگین	۲۲/۴۲	۳۸/۱۴	۳۹/۴۴	۱/۴۴	۳۸/۰۹	۱/۷	۱/۱۶	۱/۳۸	۰/۶۷	۷/۹	۱/۴۶	۱۷/۷۶
انحراف معیار	۳/۱۸	۲/۵۴	۳/۱۳	۰/۳۵	۱/۸۵	۰/۱۰	۰/۴۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۰	۲/۸۳	۱/۸۳
٤۰-۸۰ سانتی‌متر												
حداقل	۵/۵	۲۳	۲۷/۵	۰/۵۵	۳۲/۷۲	۱/۴۲	۰/۳	۰/۴۸	۰/۴۷	۷/۷	۰/۰۹	۱۴/۴۵
حداکثر	۳۹	۴۲/۵	۵۴/۵	۲/۸۳	۴۰/۵۴	۱/۸۱	۴/۱۶	۰/۷۱	۱/۳۱	۸/۲	۱۸/۵۷	۲۳/۷۱
میانگین	۲۳/۳۹	۳۶/۲۹	۴۰/۳۲	۱/۱۵	۳۸/۲	۱/۷۹	۲/۱۵	۰/۷۲	۰/۶	۷/۸۲	۱/۵۶	۱۶/۹۷
انحراف معیار	۵/۶	۳/۵۳	۴/۹۷	۰/۴۲	۱/۸۹	۰/۰۷	۰/۸۶	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۰	۳/۱۹	۱/۸۱

S: شن، Si: سیلت، C: رس، OM: موادآلی، $CaCO_3$: کربنات کلسیم معادل، BD: چگالی ظاهری، PR: مقاومت فروروی، MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ECe: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، pH: واکنش خاک، SAR: نسبت جذب سدیم،WC: رطوبت در زمان نمونه برداری

شرح کلی ویژگی خاک‌های کشت و صنعت هفت‌تپه

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مزارع نمونه برداری شده در کشت و صنعت هفت‌تپه با ۵۰ سال سابقه بهره‌برداری در جدول ۶ آورده شده است.

مزارع مورد مطالعه از نظر ماده آلی با میانگین ۱/۴۴ و ۱/۱۵ درصد به ترتیب برای عمق‌های اول و دوم مطابق با طبقه‌بندی کهنگ (۷) در گروه کمی هوموسی قرار می‌گیرند. همان طور که در جداول ۲، ۴، ۵ و ۶ آورده شده است، ماده آلی در دو عمق مورد بررسی با افزایش سال‌های بهره‌برداری افزایش یافته به طوری که در کشت و صنعت هفت‌تپه به حداکثر مقدار خود رسیده است. لیکن همچنان ماده آلی میزان کمی را نشان می‌دهد. هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم نیز در بین چهار کشت و صنعت مورد بررسی به حداقل مقدار خود رسیده است که سطحی مناسب در زراعت اکثر محصولات زراعی می‌باشد. هدایت الکتریکی در مزارع نمونه‌برداری در اکثر نقاط در هر دو عمق مورد مطالعه مقادیری کم‌تر از یک دسی زیمنس بر متر دارند، لذا در گروه خاک‌های غیر شور قرار می‌گیرند (۳۵). میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نیز با مقدار ۱/۲۸ میلی‌متر، سطحی بیش‌تر نسبت به سه کشت و صنعت پیشین نشان می‌دهد، اگر چه همچنان براساس طبقه‌بندی لال (به نقل از منبع شماره ۱۸) در گروه خاک‌هایی با محدودیت متوسط قرار می‌گیرند. دو پارامتر اساسی در تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها نقش دارند. این دو پارامتر، وجود عوامل چسباننده ذرات به یکدیگر و زمان لازم برای تأثیر عوامل یاد شده می‌باشد. هر چه میدان فعالیت دو عامل مذکور محدودتر باشد و یا اعمالی سبب کاهش نقش آن‌ها شود، خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمان خاک نیز کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد با توجه به زمان کافی جهت تأثیر عوامل چسباننده و نیز افزایش ماده آلی در نتیجه‌ی سال‌های زیاد کشت و کار، خاکدانه‌های حاصله از پایداری پایینی برخوردارند. باید خاطر نشان کرد که سطح ماده آلی موجود هم چنان پایین می‌باشد به علاوه ترافیک ادوات در رطوبت‌های نامناسب نیز سبب پایداری کم خاکدانه‌های حاصله شده است.

با توجه به داده‌های جداول ۲، ۴، ۵ و ۶ برای مقاومت فروروی و چگالی ظاهری، روند صعودی پارامترهای فوق با افزایش سال‌های بهره‌برداری قابل مشاهده است که در کشت و صنعت هفت‌تپه به حداکثر مقدار خود رسیده‌اند. مقاومت فروروی با میانگین ۱/۱۶ و ۲/۱۵ به ترتیب در هر دو عمق مورد بررسی بیانگر سطوح نامناسبی از تراکم می‌باشند. لازم به ذکر است که عملیات شخم و شیار و زیرشکن زنی تأثیر ترافیک ادوات را بر تراکم خاک و افزایش مقاومت فروروی کاهش داده است در حالی که با وجود موضوع فوق همچنان تراکم در مزارع فوق حدی بحرانی را به خصوص در عمق دوم نشان می‌دهد.

بررسی تأثیر دراز مدت کشت و کار مکانیزه بر تراکم خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۷ آمده است. این جدول نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در پارامترهای چگالی ظاهری، مقاومت فروروی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در مدت زمان‌های متفاوت بهره‌برداری وجود دارد ($P <$ ۰/۰۵). همچنین اختلاف معنی‌داری نیز بین دو عمق مورد بررسی در پارامترهای چگالی ظاهری ($P <$ ۰/۰۵)، مقاومت فروروی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ($P <$ ۰/۰۱) وجود دارد. با توجه به شکل ۲ (ج، و) مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین چگالی ظاهری مناطقی با ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه (بهره‌برداری) و مناطق دیگر با ۴۰، ۱۵ و ۵ سال سابقه زراعت مکانیزه در عمق اول وجود دارد. به علاوه اختلاف معنی‌داری

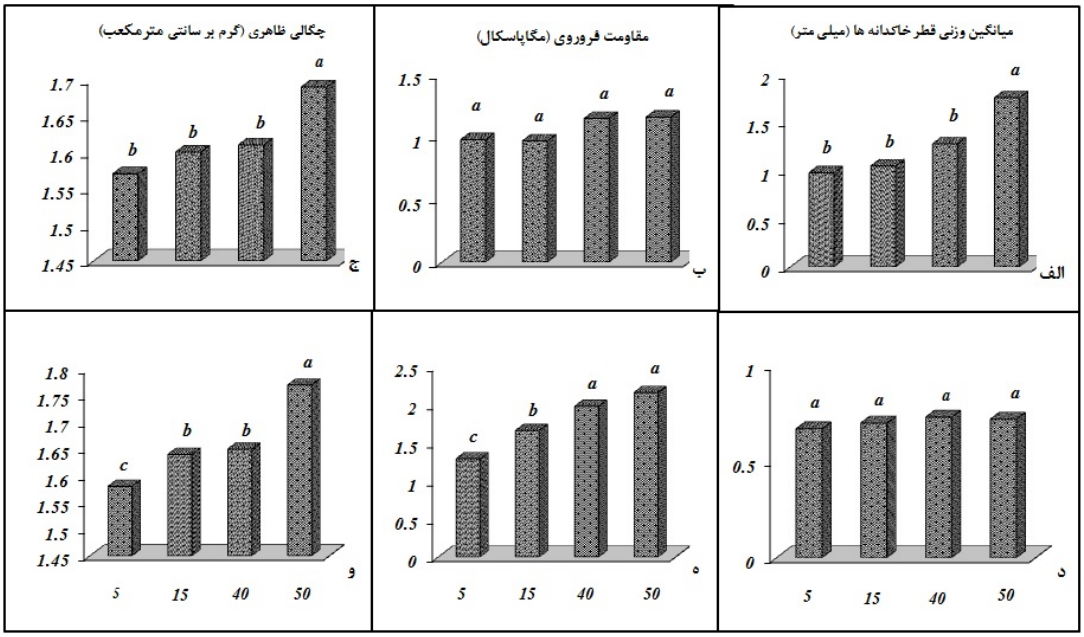
نیز بین مناطقی با ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه با سایر مناطق مورد بررسی و همچنین مابین مناطقی با ۴۰ و ۱۵ سال سابقه زراعت و مناطقی با ۵ سال سابقه در عمق دوم وجود دارد.

اگر چه در سیستم زراعت نیشکر فضا به دو قسمت تقسیم می‌شود، یکی جهت حداقل خاک‌ورزی (به عنوان محیط رشد ریشه) و دیگری جهت ترافیک ادوات کاربردی، لیکن تراکم ناشی از عبور و مرور ممکن است بر هر دو قسمت تأثیر بگذارد. مطابق با پژوهش‌های وورهیز (۳۹) تراکم ناشی از عبور و مرور ادوات در جهات افقی و عمودی انتشار یافته و بدین ترتیب چگالی ظاهری خاک را هم در زیر چرخ‌ها و هم در حاشیه آن‌ها افزایش داده، بنابراین سبب کاهش عملکرد محصول خواهد شد. آسولین و همکاران (۱۰) افزایش چگالی ظاهری با افزایش تنش‌های وارده را به صورت یک رابطه نمایی توصیف کردند که به نوعی نگرانی های حاصله از تراکم را تحت زراعت مکانیزه تشدید می‌کند. اگر چه محققین دیگری نشان دادند که سطوح متوسط تراکم ممکن است عملکرد محصول به ویژه در فصول خشک را بالا ببرد (۲۰ و ۲۲). این محققین دلیل موضوع فوق را تماس بهتر بذر و ریشه‌ها با خاک و افزایش صعود مویینگی رطوبت دانستند. این در حالی است که براساس شکل ۳ به جزء در مناطقی با ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه، اختلاف معنی‌داری بین چگالی ظاهری در دو عمق مورد بررسی وجود ندارد. اگرچه لوگزدان و همکاران (۲۴) محدوده عمقی تغییرات چگالی ظاهری تحت تأثیر انواع تکنیک‌های خاک‌ورزی را ۳۰-۰ سانتی‌متری می‌دانند لیکن در مناطق مورد بررسی با توجه به حساسیت بالا به تراکم و کاربرد ادوات سنگین و به علاوه مقادیر به دست آمده برای چگالی ظاهری و مقاومت فروروی (شکل ۳)، افزایش تراکم در لایه‌های زیرین نسبت به لایه‌های رویین قابل مشاهده است.

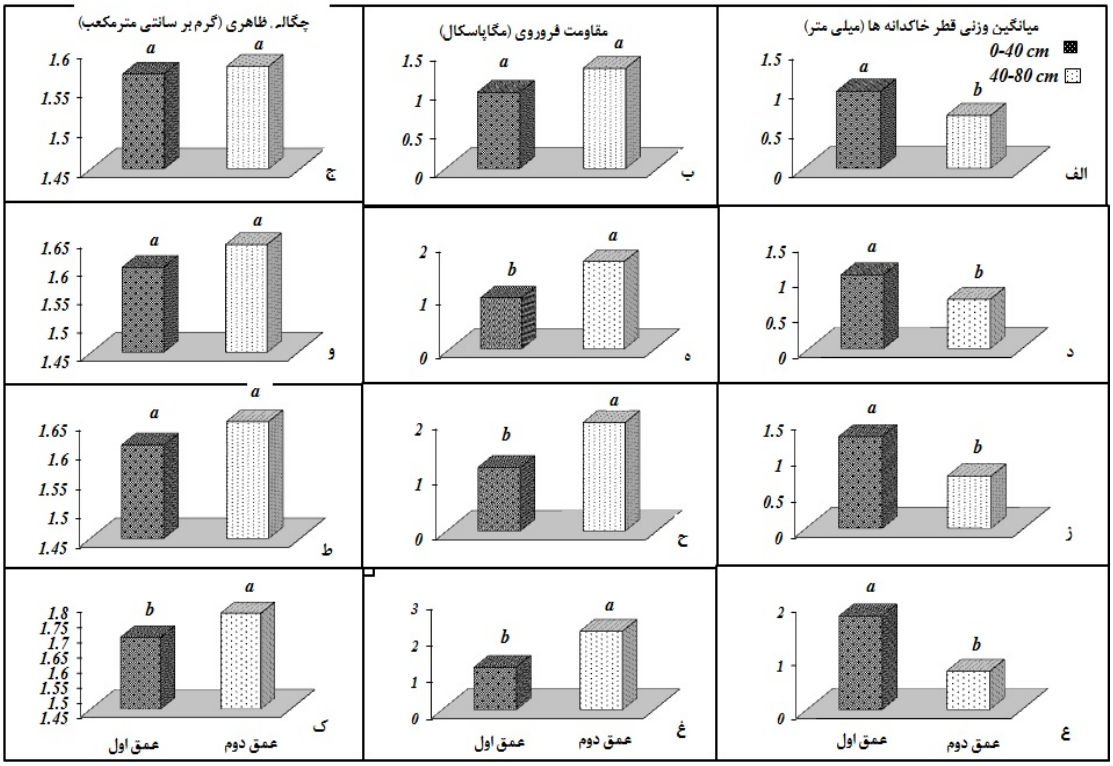
جدول ۷ - نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عامل‌های مورد مطالعه

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	چگالی ظاهری	مقاومت فروروی	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها
بلوک	۲	۸/۳۶**	۱۰/۰۹**	۱/۸۵*
مدت زمان بهره‌برداری	۳	۰/۱۵*	۸/۵۴*	۲/۳۴*
عمق	۱	۰/۱۸*	۵/۳۳**	۴/۱۳**
خطا	۱۰	۰/۰۳	۰/۳۹	۰/۲۴
ضریب تغییرات (%CV)		۱۴/۶۲	۱۶/۰۴	۱۳/۲۵
ضریب تبیین		۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۹۰

**- معنی‌دار در سطح ۱٪ *- معنی‌دار در سطح ۵٪



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های چگالی ظاهری، مقاومت فروروی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بعد از ۵، ۱۵، ۴۰ و ۵۰ سال زراعت مکانیزه در دو عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری (الف، ب و ج) و ۸۰-۴۰ سانتی متری (د، ه، و) با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد



شکل ۳ - مقایسه میانگین‌های چگالی ظاهری، مقاومت فروروی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بین دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متری الف، ب، ج) ۵ سال؛ د، ه، و) ۱۵ سال؛ ز، ح، ط) ۴۰ سال؛ ع، غ، ک) ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد

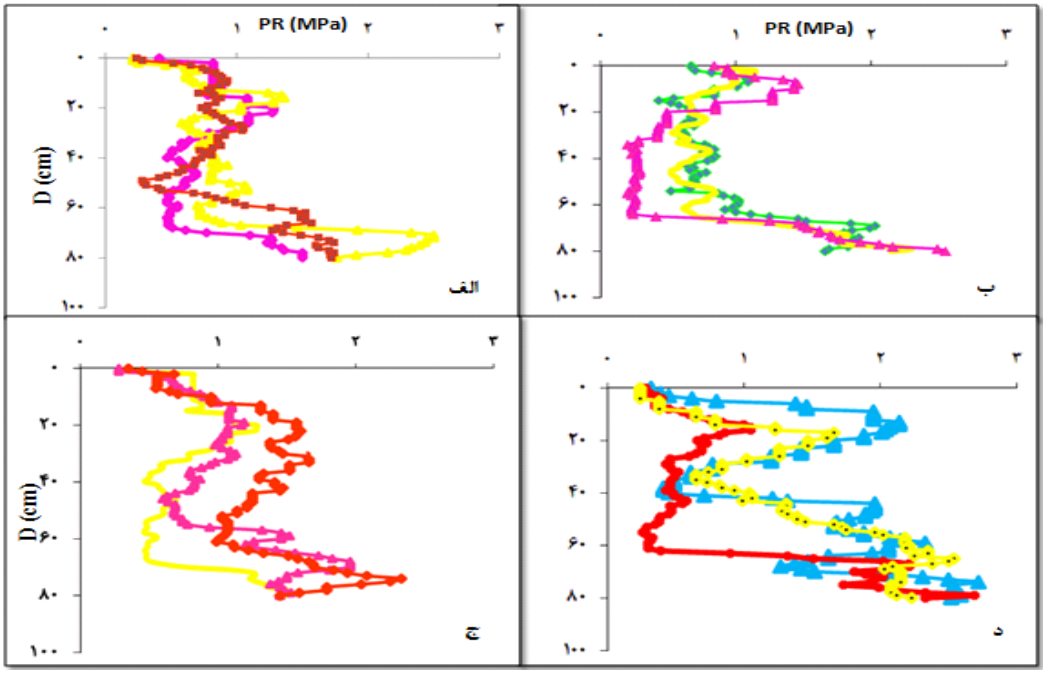
به نظر می‌رسد عملیات شخم و شیار و زیرشکن زنی تأثیر ترافیک ادوات بر افزایش چگالی ظاهری را کاهش داده است. به علاوه تغییر ایجاد شده در چگالی ظاهری ناشی از عملیات آماده‌سازی بستر کشت، با آبیاری اول و احتمالاً در اثر فرونشست دوباره خاک از بین رفته است (۵). با این حال با وجود دلایل فوق تأثیرات مدت زمان زیاد زراعت مکانیزه (۵۰ سال) بر افزایش چگالی ظاهری لایه‌های عمیق‌تر به وضوح مشخص است.

با توجه به شکل ۲ اختلاف معنی‌داری در میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بین مزارعی با ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه و دیگر مزارع مورد بررسی با ۴۰، ۱۵ و ۵ سال سابقه در عمق اول وجود دارد. به علاوه با توجه به شکل ۳ اختلاف معنی‌داری نیز بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در دو عمق مورد بررسی در تمام مزارع با سوابق بهره‌برداری متفاوت وجود دارد. همان‌گونه که اشکال فوق نشان می‌دهند، در خاک‌های مورد بررسی، افزایش میزان ماده آلی با افزایش تعداد سال‌های کشت همراه بوده است که سبب بهبود وضعیت ساختمان‌سازی و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شده است. اگرچه محققین بسیاری کاهش ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها را با افزایش عملیات خاک‌ورزی مرتبط دانستند (۴ و ۲۱) اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در زراعت نیشکر حجم زیاد بقایا پس از برداشت در طولانی مدت سبب افزایش ماده آلی و نتیجتاً افزایش پایداری خاکدانه‌ها خواهد شد. لازم به ذکر است که نتایج فوق در حالی به دست آمده است که قسمت عمده بقایای نیشکر بعد از برداشت سوزانده می‌شوند. محققین بسیاری نیز همچون کارپنتر و چانگ (۱۶) و اونورمادو و همکاران (۲۹) ماده آلی را عامل اصلی پایداری خاکدانه‌ها می‌دانند. چنین روند مشابهی در وضعیت خاکدانه‌سازی بین مناطق نیشکر سوخته و سبز که توسط جعفری و همکاران (۱)، بلیر (۱۲) و رازافیمبلو و همکاران (۳۳) مورد بررسی قرار گرفته است، نشان می‌دهد که اختلاف در خاکدانه‌سازی مربوط به مقادیر بیش‌تر ورودی کربن آلی تحت سیستم کشت و کار نیشکر سبز بوده است. کشت نیشکر با مالچ بقایا در مقایسه با زمانی که بقایا سوزانده می‌شود، مقادیر بیش‌تری کربن آلی به خاک برمی‌گرداند.

با توجه به شکل ۲ (ب، ه) مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین مقاومت فروروی مناطقی با ۵۰ و ۴۰ سال سابقه زراعت مکانیزه و دیگر مناطق با ۱۵ و ۵ سال و همچنین بین مناطقی با ۵ و ۱۵ سابقه زراعت مکانیزه در عمق دوم وجود دارد. براساس شکل ۳ نیز اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مقاومت فروروی در دو عمق مورد بررسی در کشت و صنعت‌هایی با ۵۰، ۴۰ و ۱۵ سال سابقه بهره‌برداری وجود دارد. میزان زیادتر مقاومت فروروی در اعماق پایین‌تر (۸۰-۴۰

سانتی‌متری) را می‌توان به مقادیر کمتر ماده آلی و زیادتر چگالی ظاهری در این عمق نسبت داد. خاک‌های رسی در اکثر مواقع سال در حالت خمیری باقی می‌مانند که آن‌ها را تراکم‌پذیرتر می‌سازد (۲۷). نتایج پژوهش‌های اروپدسون و کلر (۹) در جنوب سوئد نیز نشان داد که وزن سنگین چرخ‌های ماشین‌آلات کشاورزی در طول برداشت محصول چغندرقند اغلب می‌تواند باعث افزایش تراکم و در نتیجه افزایش مقاومت فروروی و کاهش هدایت هیدرولیکی شود و تراکم طولانی مدت حاصله، یک تهدید اساسی در حاصلخیزی خاک به حساب می‌آید. این در حالی است که در عمق اول اختلاف معنی‌داری بین مقاومت فروروی در مزارعی با سوابق متفاوت زراعت مکانیزه یافت نشد (شکل ۲ ب). بولوک و همکاران (۱۵) با انجام آزمایش‌های تراکمی در خاک‌هایی با بافت لوم رسی سیلتی توسط لاستیک‌های تراکتور دریافتند که تجدید طبیعی تخلخل در لایه سطحی بعد از تراکم در مدت زمان ۱۸ ماه انجام می‌گیرد در حالی که خاک زیرین در مدت زمان طولانی‌تری متراکم باقی می‌ماند. مشاهده نمودارهای مقاومت فروروی تعدادی از نقاط نمونه برداری (نقاط شاهد) که در شکل ۴ آورده شده‌اند، نشان دهنده روند افزایشی مقاومت از حدود ۰/۲ تا ۱/۵ مگاپاسکال در قسمت سطحی خاک (عمق حدوداً ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری) می‌باشد. علت افزایش مقاومت فروروی در این عمق از خاک کمبود مواد آلی، عملیات سنگین خاک‌ورزی و مدیریت نادرست می‌باشد. عملیات خاک‌ورزی بیش از حد جهت نرم کردن خاک، آن را مستعد فشردگی می‌کند. شخم در خاک متراکم سبب تشکیل کلوخه‌های بزرگی می‌شود که خرد کردن آن تنها با عملیات مداوم خاکورزی امکان پذیر است که خود عامل پودر شدن و سله بستن خاک پس از اولین آبیاری یا بارندگی خواهد شد. همچنین در محدوده ۵۵-۱۵ سانتی‌متری از عمق خاک نمودارهای مقاومت فروروی روند کاهشی را از ۱/۵ تا ۰/۲ مگاپاسکال نشان می‌دهند و در نهایت مجدداً روند افزایشی را تا حدود ۲/۵ تا ۳ در محدوده عمق ۵۵ تا ۸۰ سانتی‌متری را می‌توان مشاهده کرد. بنابراین با توجه به نمودارهای مقاومت فروروی در این مزارع، وجود مناطقی با مقاومت نفوذی بیش از حد بحرانی ۱/۲۵ مگا پاسکال (۶) به وضوح قابل تشخیص است. از این‌رو، مشکلاتی همچون آب ماندگی، کاهش رشد ریشه و کاهش محصول در مزارع نیشکر اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

همان طوری که در شکل ۲ مشخص است، میزان مقاومت فروروی سطح خاک به دلیل افزودن بقایای نیشکر، تحت تاثیر سابقه زراعت قرار نگرفت. ولی با افزایش عمق خاک و کاهش مواد آلی به شدت مقاومت فروروی زیاد گردید. که در واقع نشان دهنده اثر متقابل موادآلی و سابقه زراعت مکانیزه بر مقاومت فروروی می‌باشد و بیان کننده این مطلب است که افزودن ماده آلی در مدیریت تراکمی خاک موثر می باشد.



شکل ٤- نمودارهای مقاومت فروروی (مگاپاسکال) در برابر عمق (سانتی‌متر) در کشت و صنعت‌هایی با الف) ۵ ب) ۱۵ ج) ٤٠ د) ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تأثیر کشت و کار مکانیزه و طولانی مدت نیشکر بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک در تعدادی از اراضی تحت کشت نیشکر با سابقه بهره‌برداری متفاوت و در دو عمق ۴۰-۰ و ۸۰-۴۰ سانتی‌متری خاک بررسی شد. با مراجعه به مقادیر بالای مقاومت فروروی و چگالی ظاهری به خصوص در عمق ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری، به وضوح نگرانی‌های مربوط به تراکم خاک و تغییر شرایط بهینه رشد گیاه ناشی از عبور و مرور ادوات کشاورزی سنگین (تراکتور، پخش کننده‌های کود، دروگرها و کامیون‌های حمل نی) با افزایش تعداد سال‌های بهره‌برداری مشاهده می‌گردد. هر چند که در زراعت مکانیزه، تراکم خاک عملکرد محصول را کاهش می‌دهد، لزوم ایجاد یک سیستم کشت با حداقل تراکم خاک احساس می‌شود. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با افزایش تعداد سال‌های بهره‌برداری افزایش یافته به طوری که کم‌ترین و بیش‌ترین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در عمق اول به ترتیب ۰/۹۸ میلی‌متر در مزارعی با ۵ سال سابقه زراعت مکانیزه و ۱/۷۶ میلی‌متر در مزارعی با ۵۰ سال سابقه زراعت مکانیزه بودند. میزان ماده آلی نیز روند افزایشی داشت. لیکن در مجموع به علت میزان کم ماده آلی تحت تأثیر سوزندان بقایای گیاهی به عنوان یک شیوه مرسوم، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های پایدار در آب در هیچ کدام از مناطق مورد بررسی مناسب نبود. بنابراین پیشنهاد می‌شود با برگرداندن بقایای گیاهی بعد از برداشت، بتوان به میزان قابل توجهی مشکلات مربوط به تراکم، پایداری خاکدانه‌ها و پی‌آمدهای زیانبار مرتبط با این عوامل را بهبود بخشید.

منابع

۱- جعفری س.، باقرنژاد م. و چرم م. ۱۳۸۴. ارزیابی برخی از تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی اراضی زراعی (تحت کشت نیشکر و تناوبی) و بکر منطقه هفت‌تپه خوزستان. مجله علمی کشاورزی. دانشگاه چمران اهواز ۲۲: ۱۸۱-۱۶۵.

۲- جعفری س.، ناصری ع.ع.، حاجیشاه م.، و شریفی‌پور م. ۱۳۸۷. پیش‌بینی کیفیت زه آب‌های ناشی از بهره‌برداری و اصلاح اراضی شور و سدیمی خوزستان. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- جعفری س.، و نادیان ح. ۱۳۹۰. مطالعه تکامل خاک‌ها در یک ردیف پستی و بلندی (Toposequence) در استان خوزستان. گزارش نهایی طرح شماره ۱۷-۸۵. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

۴- حاج‌عباسی م.ع.، میرلوحی آ.ف.، و صدرارحامی م. ۱۳۷۸. اثر روش‌های خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در مزرعه لورک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۳: ۲۴-۱۳.

۵- دهقان ا.، و الماسی م. ۱۳۸۸. مقایسه برخی شاخص‌های فنی در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳: ۶۹۰-۶۷۹.

۶- لرزاده ش.، نادیان ح.، بخشنده ع.، نورمحمدی ق. و درویش ف. ۱۳۸۱. اثر سطوح مختلف تراکم بر روی عملکرد، اجزاء عملکرد و میزان قند نیشکر واریته ۱۰۳-48CP در استان خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. دانشگاه شهید چمران اهواز ۴: ۴۷-۳۶.

۷- کهنک ه. ۱۹۸۶. فیزیک خاک. مترجم: محمد جواد رفیع. دانشگاه تهران. ۲۹۶ ص.

8- Antwerpen R., Van Lyne P.W.L., Meyer E., and Browers M. 2008. Effect of surface applied pressure by vehicle fitted with pneumatic tires on properties of a virgin soil. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass, 81: 408-417.

9- Arvidson J., and Keller T. 2004. Soil precompression stress. I. A survey of Swedish arable soils. Soil and Tillage Research, 77: 85-95.

10- Assouline S., Tavares-Filho J., and Tessier D. 1997. Effect of soil compaction on soil physical and hydraulic properties, experimental results and modeling. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 61: 390-398.

11- Barzegar A.R., Asoodar M.A., and Ansari M. 2000. Effectiveness of sugarcane residues incorporation at different water contents atxl the Proctor compaction loads in reducing soil compatibility. Soil Tillage Res, 57: 167-172.

12- Blair N. 2000. Impact of cultivation and sugarcane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. Soil Till. Res, 55: 183-191.

13- Blake G.R. and Hartge K.H. 1986. Bulk density. p. 363-375. In Klute A. (ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison. WI.

14- Blanco-Canqui H., and Lal R. 2007. Soil structure and organic carbon relashionships following 10 years of wheat straw management in no-till. Soil and Tillage Research, 95: 240-254.

15- Bullock P., Newman A.C.D., and Thomasson A.J. 1985. Porosity aspects of the regeneration of soil structure after compaction, Soil and Tillage Research, 5: 325-341.

16- Carpenter D.R., and Chong G.W. 2010. Patterns in the aggregate stability of Mancos shale derived soils. Catena,

80: 65–73.
17- Gee G.W., and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. p. 383-411. In Methods of soil analysis. 2nd ed. Klute, A. (ed.). Agron. Monogr. 9. ASA. Madision. WI.
18- Hajabbasi M.A. 1999. Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil Water Resources in the Tropics. Ferdowsi University of Mashhad Publication, 221-222.
19- Ishaq M., Hassan A., Saeed M., Ibrahim M., and Lal R. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: Soil physical properties and crop yield. Soil and Tillage Research, 1570: 1-9.
20- Johnson J.F., Voorhees W.B., Nelson W.W., and Randall G.W. 1990. Soybean growth and yield as affected by surface and subsurface compaction. Agron, J. 82: 973-979.
21- Layon T.L., Buckman O.H., and Brady N.C. 1999. The natural and properties of soil. 12Th ed, Mac Milan Co, New York.
22- Lipiec J., and Simota C. 1994. Role of soil and climate factors influencing crop responses to soil compaction in central and Eastern Europe. p. 365-390. In Soane, B. D and Van Ouwerkerk (ed.) Soil compaction in crop production. Elsevier Sci., Amsterdam.
23- Lipiec J., Hakansson I., Tarkiewicz S., and Kossowski J. 2000. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. Soil and Tillage Research, 19: 307-317.
24- Logsdam S.D., Allmaras R.R., Wu L., Swan J.B., and Randall G.W. 1990. Macroporosity and its relation to saturated hydraulic conductivity under different tillage practices. Soil Sci. Soc. Am. J, 54: 1096-1101.
25- Mamman E., and Ohu J.O. 1997. Millet yield as affected by tractortraffic in a sandy loam soil in Borno state, Nigeria. Soil and Tillage Research, 42: 133-140.
26- Materechera S.A., Dexter A.R., and Alston A.M. 1991.Penetration of very strong soils by seedling roots of different plant-species. Plant Soil, 135: 31-41.
27- Naseri A.A., Jafari S., and Alimohammadi M. 2007. Soil compaction due to sugarcane (*Saccharum officinarum*) mechanical harvesting and the effects of subsoiling on the improvement of soil physical properties. Journal of Applied Sciences, 7: 3639-3638.
28- Nelson R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-199. In A.L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis, part 2. ASA, Madison, WI.
29- Onweremadu E., Izuogu O., and Akamigbo F. 2010. Aggregation and pedogenesis of Seasonally Inundated soils of a tropical watershed. Chiang Mai J. Sci, 37: 74-84.
30- Otto R., Silva A.P., Franco H.C.J., and Oliveira E.C.A. 2011. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. Soil. And Till. Res, 1-10.
31- Page A.L., Miller R.H., and Keeeney D.R. (eds.), 1982. Methods of soil analysis. Part2-Chemical and Microbiological methods. Seconds edition, Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA.
32- Puppala A.J., Acer Y.B., and Tumay M.T. 1995. Cone penetration in very weakly cemented sand. J. Geotech. Eng, 121: 589-600.
33- Razafimbelo T., Barthez B., Larre-Larrouy M.C., De Luca E.F., Laurent J.Y., Cerri C.C., and Feller C. 2006. Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 115: 285-289.
34- Rivenshield A. and Bassuk N.L. 2007. Using Organic Amendments to Decrease Bulk Density and Increase Macroporosity in Compacted Soils. Scientific Journal of the International Society of Arboriculture, 33: 140-146.
35- Soil Survey Division Stuff, 1993. Soil Survey Manual. USDA Handbook. No. 18. US Govt. Printer, Washington DC.
36- Taylor H.M. and Brar G.S. 1991. Effect of soil compaction on root development. Soil Tillage Res, 19: 111-119.
37- USDA, "Soil Survey Staff, Key to Soil Taxonomy", 11nd ed, 2010.
38- Van Bavel C.H.M. 1949. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 14: 20-23.
39- Voorhees W.B. 1992. Wheel- induced soil physical limitations to root growth. Adv. Soil Sci, 19:73-95.
40- Walkly A., and Black I.A. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration. Soil Sci. 37: 29-38.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 6, Jan.-Feb. 2014, p. 1153-1165

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۱۶۵-۱۱۵۳

Long-Term Effects of Mechanized Cultivation on Some Soil Physical Properties in Some Khozestan Sugarcane Agro-Industries

F. Moradi[1]- B. Khalili Moghadam[2*]- S. Jafari[3]- S. Ghorbani Dashtaki[4]

Received:23-02-2013
Accepted:22-12-2013

Abstract

The objective of this study was to evaluate the long-term effects of mechanized sugarcan cultivation on some soil physical properties in several lands of Khozestan Sugarcane Agro-Industries. According to this, the experiment was carried out statistically as a randomized complete block design at 38 points in each of Deabal-Khazaei, Amir-Kabir, Karoon and Haft-Tapeh Agro-Industries with 5, 15, 40 and 50 years service. Measured soil variables included soil texture, electrical conductivity, sodium adsorption ratio, organic matter, equivalent calcium carbonate, acidity, bulk density (BD), resistance of soil penetration (PR) at 16.82-17.96 moisture interval at two depths 0-40 and 40-80 cm and mean weight diameter (MWD) at soil surface and 40 cm depth. The results showed that BD and PR increased with numbers of years service and also, MWD increased caused by improvement soil organic matter content. The PR values increased with depth, which achieved to the greatest value at 55 to 80 depth interval. Also, results showned that the significant effect of number of years service on BD, PR and MWD, so that BD, PR and MWD with increasing the number of years service from 5 to 50 years were increased from 1.57 to 1.7 gr/cm^3, 0.98 to 1.16 MPa and 0.98 to 1.76 mm at first depth and 1.58 to 1.79 gr/cm^3 and 1.29 to 2.15 MPa at second depth, respectively. Whereas, non-significant change was found in MWD related to increase the number of years service at first depth.

Keywords: Resistance of penetration, Bulk density, Mean weight diameter, Years service

1,2,3- MSc Student and Assistant Professors, Department of Soil Science, Khozestan-Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: Moghaddam623@yahoo.ie)
4- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Shahrekord University, Shahrekord, Iran