

بررسی اثرات کوتاه مدت کم خاک‌ورزی بر پایداری ساختمان خاک‌های شمال خوزستان تحت تأثیر رطوبت و بافت خاک

الهه حبیبی^{۱*}، محمدامین آسودار^۱ و بیژن خلیل مقدم^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۸)

چکیده

خاک‌ورزی شدید باعث تخریب ساختمان خاک و کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌گردد. خاکدانه‌ها به مدیریت خاک‌ورزی واکنش سریع نشان می‌دهند. جهت بررسی اثر خاک‌ورزی و رطوبت بر پایداری ساختمان خاک، تعداد سه ماشین خاک‌ورزی (خاک‌ورز مرکب، چیزل پکر و دیسک) در سه سطح رطوبتی (۵/۰، ۷/۰ و ۹/۰ حد خمیری) با سه سرعت پیشروی (۶، ۸ و ۱۰ کیلومتر بر ساعت) بر پایداری خاکدانه‌های دو نوع خاک (لوم و لوم رسی سیلتی) مورد مطالعه قرار گرفت. این طرح در مزرعه‌های تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه‌ها (با روش الک تر - wet sieving) و ناهمواری‌های سطح خاک مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد چیزل پکر با داشتن میانگین وزنی قطر خاکدانه ۰/۷۴۴ میلی‌متر و میانگین هندسی قطر خاکدانه ۰/۶۱۳ میلی‌متر به علت عرض باریک تیغه و حداقل زاویه حمله، شکست خاک را کاهش داده و خاکدانه‌های بزرگ‌تر و پایدارتری بر جای گذاشت. چیزل پکر به علت ایجاد جوی و پشته‌های نامطلوب، از حیث ناهمواری‌های سطح خاک مناسب شناخته نشد. با توجه به کاهش این ناهمواری‌ها در کاربرد خاک‌ورز مرکب و عدم تفاوت معنی‌دار از لحاظ میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها، این خاک‌ورز به عنوان دستگاه مناسب برای خاک‌ورزی این مناطق در مقایسه با دیگر خاک‌ورزها شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: کم خاک‌ورزی، حد خمیری، الک تر، شاخص ناهمواری‌های خاک

۱. گروه مکانیزاسیون ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: habibi.3724@gmail.com

مقدمه

خاک از جمله منابع طبیعی دیر تجدیدشونده به‌شمار می‌رود. ساختمان خاک یک ویژگی متغیر و بسیار تأثیرپذیر است که فرآیندهای مختلف بر آن مؤثرند. ارزیابی وضعیت ساختمان خاک اغلب متکی بر سنجش پایداری واحدهای ساختمانی یعنی خاکدانه‌ها می‌باشد (۲). برای داشتن بستر بذر ایده‌آل پیشنهاد می‌شود اندازه خاکدانه‌ها از ۱-۵/۵ میلی‌متر کمتر و از ۶-۵ میلی‌متر بیشتر نباشد (۶). اثر خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک به طور قابل ملاحظه‌ای با رطوبت خاک در زمان عملیات، نوع خاک، وجود بقایا و هندسه تیغه خاک‌ورزهای مورد استفاده تغییر می‌کند (۱۰). نوع و پهنای تیغه ادوات، زاویه حمله، نوع فلز بکار رفته، وضعیت سطوح تماس و تیزی تیغه‌ها، نحوه اتصال و تنظیم صحیح ادوات، شکل و انحنای ساق‌ها، سرعت پیشروی، عرض و عمق شیار ایجاد شده همگی در چگونگی تأثیرپذیری خاک از ادوات خاک‌ورزی مؤثرند (۱). رطوبت بهینه برای خاک‌ورزی می‌تواند این‌گونه تعریف شود: میزان رطوبتی که در آن بیشترین نسبت خاکدانه‌های کوچک یا کمترین نسبت کلوخه ایجاد شود که اغلب حدود ۹/۰٪ حد خمیری به‌دست می‌آید (۴). خاک‌ورزی در رطوبت بالاتر از حد بهینه، خاک را وادار به تغییر شکل خمیری می‌کند که برای ساختمان خاک نامطلوب است. از دیگر عوامل مؤثر بر فرسایش آبی و بادی خاک، ناهمواری‌های سطح خاک می‌باشد. ناهمواری‌های سطح خاک شرایطی است که با یک ترکیب کاملاً تصادفی از کلوخه‌های خاک پدید می‌آید و نقش عظیمی در قابلیت نگهداری آب در خاک، سرعت نفوذ آب، جریان روان‌آب‌ها، تبخیر از سطح خاک و فرسایش بادی و آبی ایفا می‌کند (۱۴ و ۱۵).

به‌علت توجه ویژه تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در سطح جهان به استفاده از ماشین‌های خاک‌ورزی حفاظتی و به دلیل داشتن مزایای فراوان نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، همچنین با توجه به این‌که در ایران به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، که خاک‌ورزی به‌صورت فشرده مرسوم

است، لازم است که این عملیات به شکل حفاظتی تغییر کند، بنابراین، تأثیر روش‌ها و ادوات نوین خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک‌ها و انتخاب ماشین خاک‌ورزی مناسب و شرایط بهینه کار با آنها با توجه به شرایط منطقه نیاز به بررسی دارد. اهداف این پژوهش بررسی تأثیر ادوات خاک‌ورزی کاهش یافته، سرعت پیشروی آنها و میزان رطوبت خاک بر پایداری خاکدانه‌ها و ناهمواری‌های سطح خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو قطعه نیم هکتاری از مزارع دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. جدول ۱ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع مورد آزمایش را نشان می‌دهد. طرح آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل رطوبت خاک در زمان خاک‌ورزی با سه سطح ۵/۰، ۷/۰ و ۹/۰٪ حد خمیری، فاکتور فرعی ادوات خاک‌ورزی با سه سطح خاک‌ورز مرکب، چیزل پکر و دیسک و فاکتور فرعی فرعی سرعت پیشروی با سه سطح ۶، ۸ و ۱۰ کیلومتر بر ساعت می‌باشد. مشخصات فنی این ماشین‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

طرح آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل رطوبت خاک در زمان خاک‌ورزی با سه سطح ۵/۰، ۷/۰ و ۹/۰٪ حد خمیری، فاکتور فرعی ادوات خاک‌ورزی با سه سطح خاک‌ورز مرکب، چیزل پکر و دیسک (جدول ۲) و فاکتور فرعی فرعی سرعت پیشروی با سه سطح ۶، ۸ و ۱۰ کیلومتر بر ساعت است.

چهار روز پس از آبیاری مزارع، رطوبت خاک توسط دستگاه رطوبت‌سنج خاک مدل PMS-714 (تصویر ۱) دوبار در

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

| لوم | لوم رسی سیلتی | مشخصات خاک |
|-----|---------------|--|
| ۲۵ | ۱۰ | شن (درصد) |
| ۴۶ | ۵۳ | سیلت (درصد) |
| ۲۹ | ۳۷ | رس (درصد) |
| ۰/۸ | ۰/۹ | مواد آلی (درصد) |
| ۲۱ | ۲۲ | حد خمیری (درصد) |
| ۰/۹ | ۱/۰۱ | میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با روش الک تر (میلی‌متر) |

جدول ۲. مشخصات فنی ادوات خاک‌ورزی مورد استفاده

| مشخصات | خاک‌ورز مرکب | چیزل پکر | دیسک |
|---|--------------|----------|------|
| عرض کار (سانتی‌متر) | ۲۰۰ | ۱۲۰ | ۲۵۰ |
| عمق مؤثر (سانتی‌متر) | ۲۵ | ۳۰ | ۱۵ |
| تعداد شاخه‌های چیزل | ۷ | ۵ | - |
| تعداد دیسک | ۶ | - | ۲۴ |
| قطر دیسک (سانتی‌متر) | ۴۲ | - | ۵۶ |
| میزان همپوشانی تیغه‌های چیزل (سانتی‌متر) | ۱۵ | - | - |
| نوع تیغه چیزل | بال‌دار | قلمی | - |
| نوع غلتک | سببی | ستاره‌ای | - |
| فاصله مؤثر بین تیغه‌های هم‌ردیف (سانتی‌متر) | ۶۵ | ۲۵ | - |
| فاصله دو دیسک مجاور (سانتی‌متر) | - | - | ۲۵ |
| پهنای تیغه (سانتی‌متر) | ۶ | ۶ | - |
| پهنای بال (سانتی‌متر) | ۷ | - | - |
| زاویه حمله | ۳۰ | ۲۵ | - |



تصویر ۲. دستگاه الک تر مدل ۸/۱۳



تصویر ۱. دستگاه رطوبت سنج مدل PMS-714

X_i : قطر متوسط خاکدانه‌های پایدار باقی مانده بر روی هر الک

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

W_i : نسبت وزن خاکدانه‌های پایدار هر الک به وزن کل نمونه

$\sum Y_i$: کل خاک مورد استفاده (۴ گرم)

$$GMD = \text{Exp} \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{\sum_{i=1}^n Y_i}$$

$$X_i = \frac{D_i + D_{i+1}}{2} \quad X_i \text{ نیز از رابطه مقابل به دست آمد:}$$

D_i : قطر الکی که خاک روی آن قرار دارد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پژوهش با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) صورت گرفت. داده‌ها به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در مکان (بافت خاک) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و از طریق تجزیه مرکب چهارگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در صورت معنی‌دار بودن اثر هر عامل (نوع خاک‌ورز، سرعت پیشروی، رطوبت و بافت خاک و بر هم کنش آنها) میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

۱. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی، سرعت پیشروی، رطوبت و بافت خاک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر رطوبت و خاک‌ورزی در سطح ۰/۰۱ و اثر متقابل رطوبت و خاک‌ورزی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود اما سرعت پیشروی بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. هم‌چنین اثر مکان و اثر متقابل مکان و رطوبت در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار شد. شکل ۱ اثر متقابل خاک‌ورزی و رطوبت را بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) نشان می‌دهد. در تیمار خاک‌ورز مرکب و چیزل پکر، خاک‌ورزی در رطوبت‌های ۰/۷ و ۰/۹ حد خمیری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اما با کاهش رطوبت

روز اندازه‌گیری شد و پس از رسیدن خاک به رطوبت مورد نظر تیمارهای خاک‌ورزی اعمال گردید. ابزاری که برای اندازه‌گیری ناهمواری‌های سطح خاک استفاده شد، شامل یک نخ به طول یک متر بود که در فواصل یک میلی‌متر به وسیله علامت‌گذاری از هم جدا شده بودند و توسط دو تیرک آهنی در ارتفاع مشخصی از سطح خاک به صورت تراز قرار گرفتند. سپس به وسیله یک خط‌کش فاصله عمودی نخ تا ناهمواری‌های سطح خاک قرائت گردید. در نهایت، انحراف معیار اعداد به دست آمده از هر کرت که تعدادشان ۱۰۰ عدد بود از رابطه زیر به دست آمده و به عنوان شاخص ناهمواری‌های سطح خاک (Soil Surface Roughness) در نظر گرفته شد (۱۳). این شاخص را SSR نامیدیم.

$X_i =$ فاصله عمودی نخ تا سطح خاک (سانتی‌متر)

$$SSR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

\bar{x} = میانگین داده‌ها

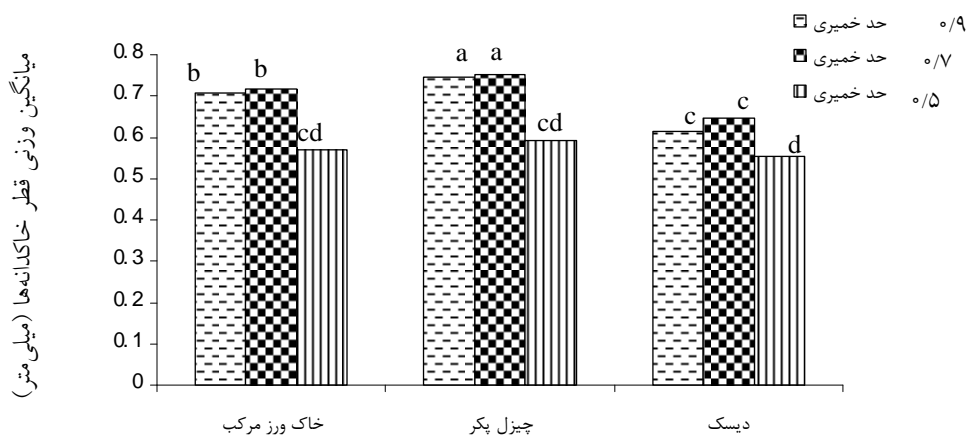
$n =$ تعداد نمونه (۱۰۰)

جهت تخمین پایداری خاکدانه‌ها، نمونه‌های جمع‌آوری شده از هر مزرعه ابتدا از الک ۳/۳۵ میلی‌متر عبور داده شدند. آزمایش با استفاده از دستگاه الک تر به روش کمپر و روزانیو (۱۱) انجام شد (تصویر ۲). این دستگاه دارای ۸ الک با اندازه‌های ۰/۰۴۵، ۰/۰۵۳، ۰/۰۶۳، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌متر می‌باشد که روی یک صفحه دایره‌ای شکل قرار دارند. در زیر هر الک یک ظرف مخصوص قرار دارد که با آب مقطر پر شد. سپس از هر نمونه خاک ۴ گرم روی هر الک ریخته شد. جهت جلوگیری از ایجاد حباب هوا، خاک روی الک به وسیله آب پاش مرطوب شد. دستگاه به مدت ۳ دقیقه در آب حرکت عمودی داشت. پس از آن خاکدانه‌های باقی مانده روی هر الک به داخل پتری شسته شد و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و سپس توزین گردید (۳). میانگین وزنی (MWD) و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD) از روابط زیر محاسبه شد (۹):

جدول ۳. تجزیه واریانس میانگین وزنی و هندسی و ناهمواری‌های سطح خاک تحت تأثیر خاک‌ورزی، سرعت پیشروی، رطوبت و بافت خاک

| MS (SSR) | MS (GMD) | MS (MWD) | df | منابع تغییرات |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------|----|----------------------|
| ۰/۳ ^{n.s.} | ۰/۲ ^{n.s.} | ۰/۳* | ۱ | بافت خاک (F) |
| ۰/۰۳ ^{n.s.} | ۰/۱ ^{n.s.} | ۰/۰۲ ^{n.s.} | ۴ | اشتباه اثر بافت خاک |
| ۰/۵* | ۰/۳** | ۰/۳** | ۲ | رطوبت (M) |
| ۰/۲ ^{n.s.} | ۰/۰۱* | ۰/۰۴* | ۲ | اثر متقابل (F M) |
| ۰/۲ ^{n.s.} | ۰/۰۰۲ ^{n.s.} | ۰/۰۱ ^{n.s.} | ۸ | اشتباه (F M) |
| ۲۱/۱** | ۰/۰۱** | ۰/۱** | ۲ | خاک‌ورزی (T) |
| ۰/۰۶ ^{n.s.} | ۰/۰۰۱ ^{n.s.} | ۰/۰۰۱ ^{n.s.} | ۲ | اثر متقابل (F T) |
| ۰/۵ ^{n.s.} | ۰/۰۰۱ ^{n.s.} | ۰/۰۱* | ۴ | اثر متقابل (M T) |
| ۰/۰۰۴ ^{n.s.} | ۰/۰۰۳ ^{n.s.} | ۰/۰۱ ^{n.s.} | ۴ | اثر متقابل (F M T) |
| ۰/۲ ^{n.s.} | ۰/۰۰۱ ^{n.s.} | ۰/۰۰۶ ^{n.s.} | ۲۴ | اشتباه (F M T) |
| ۰/۰۱ ^{n.s.} | ۰/۰۰۳ ^{n.s.} | ۰/۰۰۳ ^{n.s.} | ۲ | سرعت پیشروی (V) |
| ۰/۰۲ ^{n.s.} | ۰/۰۰۰۰۲ ^{n.s.} | ۰/۰۰۲ ^{n.s.} | ۲ | اثر متقابل (F V) |
| ۰/۵ ^{n.s.} | ۰/۰۰۳ ^{n.s.} | ۰/۰۰۵ ^{n.s.} | ۴ | اثر متقابل (M V) |
| ۰/۰۴ ^{n.s.} | ۰/۰۱۷۱۰۰۲ ^{n.s.} | ۰/۰۰۵ ^{n.s.} | ۴ | اثر متقابل (T V) |
| ۰/۰۴ ^{n.s.} | ۰/۰۰۰۰۵ ^{n.s.} | ۰/۰۰۲ ^{n.s.} | ۴ | اثر متقابل (F M V) |
| ۰/۰۳ ^{n.s.} | ۰/۰۰۰۰۴ ^{n.s.} | ۰/۰۰۳ ^{n.s.} | ۴ | اثر متقابل (F T V) |
| ۰/۳ ^{n.s.} | ۰/۰۰۲ ^{n.s.} | ۰/۰۰۲ ^{n.s.} | ۸ | اثر متقابل (M T V) |
| ۰/۰۳ ^{n.s.} | ۰/۰۰۱ ^{n.s.} | ۰/۰۰۳ ^{n.s.} | ۸ | اثر متقابل (F M T V) |
| ۰/۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۵ | ۷۲ | باقیمانده (اشتباه) |
| ۵ | ۵/۶ | ۱۰/۶ | | ضریب تغییرات (CV) |

، ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۵، ۰/۱ و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۱. اثر متقابل خاک‌ورزی و رطوبت خاک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

خاک به ۰/۵ حد خمیری تردی و شکنندگی خاک افزایش یافته و اندازه و پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافت. بیشترین مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها مربوط به خاک‌ورزی در رطوبت ۰/۷ حد خمیری و کمترین آن به رطوبت ۰/۵ حد خمیری اختصاص داشت.

تیغه چیزل بال دار مورد استفاده در خاک‌ورز مرکب در مقایسه با چیزل قلمی به کار برده شده در چیزل پکر پهن‌تر بوده، که این مسئله باعث افزایش جبهه فشاری ایجاد شده در جلوی تیغه و در نتیجه افزایش خرد شدن خاک شد. همچنین به علت بیشتر بودن زاویه حمله تیغه خاک‌ورز مرکب (۳۰°) نسبت به تیغه چیزل پکر (۲۵°) ناحیه فشار رو به بالا افزایش یافته و همین امر باعث افزایش درگیری تیغه با خاک و در نتیجه افزایش خرد شدن کلوخه‌ها گردید. طبق گفته‌های بسیاری از محققان از جمله آرویدسون و بولنیوس (۶) تردی و شکنندگی خاک در رطوبت‌های بالاتر و پائین‌تر از حد بهینه افزایش می‌یابد. در تحقیق حاضر نیز دیده شد که شکنندگی خاک در رطوبت ۰/۵ حد خمیری نسبت به رطوبت ۰/۷ و ۰/۹ خمیری افزایش یافت.

در شکل (۲) اثر متقابل رطوبت و بافت خاک نشان داده شده است. بافت خاک نیز به طور معنی‌داری بر توزیع اندازه خاکدانه‌ها مؤثر بود. پایداری خاکدانه‌ها در خاک لوم رسی سیلتی به علت بالاتر بودن مقادیر رس، بیشتر از خاک لوم بود. رس به عنوان عامل مهمی در پیوند ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌ها عمل می‌کند (۵).

۲. میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها

نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی، سرعت پیشروی، رطوبت و بافت خاک بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها نشان داد که تیمارهای خاک‌ورزی و رطوبت، هر دو، بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها در سطح ۰/۱٪ و اثر متقابل مکان و رطوبت در سطح ۰/۵٪ معنی‌دار شدند، ولی سایر فاکتورها تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). با بررسی مقایسه میانگین مشخص شد که در بین

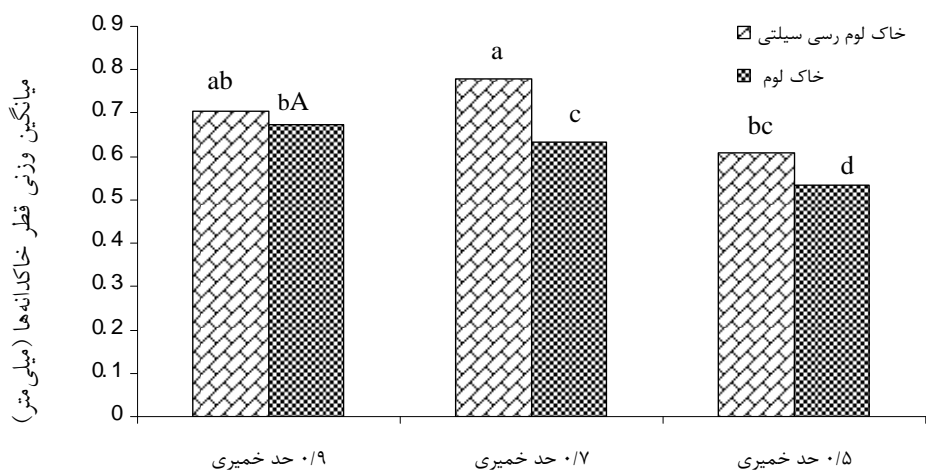
تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بیشترین میانگین هندسی قطر خاکدانه مربوط به تیمار چیزل پکر با میانگین ۰/۶۰۱ میلی‌متر و کمترین آن به تیمار دیسک با میانگین ۰/۵۹۲ میلی‌متر اختصاص داشت (شکل ۳). بین تیمار خاک‌ورز مرکب و چیزل پکر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل بافت خاک و رطوبت نشان داد که در خاک لوم رسی سیلتی رطوبت ۰/۷ خمیری با میانگین ۰/۶۲۸ بیشترین و رطوبت ۰/۵ خمیری با میانگین ۰/۵۷۲ کمترین میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها را داشت. در خاک لوم، بیشترین میانگین هندسی قطر خاکدانه در رطوبت ۰/۹ خمیری و کمترین آن در رطوبت ۰/۵ خمیری اتفاق افتاد (شکل ۴). در خاک خشک (رطوبت ۰/۵ حد خمیری) شکنندگی و تردی خاک در حین خاک‌ورزی به علت افزایش سایش کلوخه‌ها با سطح تیغه ادوات افزایش می‌یابد (۷).

۳. شاخص ناهمواری‌های ناشی از کاربرد ماشین‌های

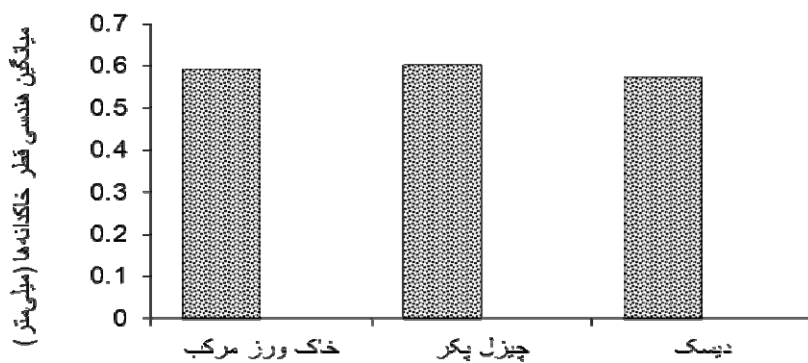
خاک‌ورزی

نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی، سرعت پیشروی، رطوبت و بافت خاک بر ناهمواری‌های سطح خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر رطوبت و خاک‌ورزی در سطح ۰/۰۱٪ معنی‌دار اما اثر بافت خاک بر ناهمواری‌های سطح خاک معنی‌دار نبود.

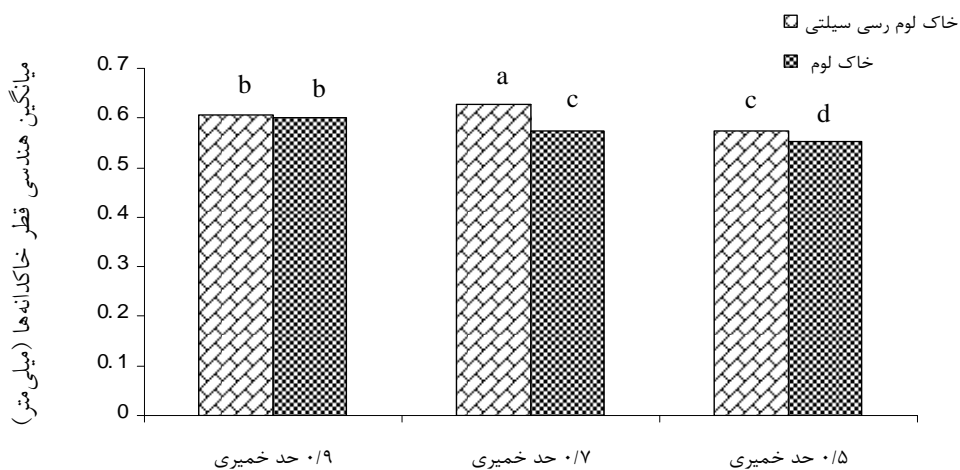
با بررسی مقایسه میانگین حاصل از تجزیه واریانس، مشخص گردید که در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بیشترین ناهمواری‌های سطح خاک مربوط به چیزل پکر با میانگین ۳/۲۶۹ و کمترین آن به دیسک با میانگین ۲/۳۷۸ اختصاص داشت (شکل ۵). چیزل پکر هنگام عبور، ایجاد یک‌سری برآمدگی و تورفتگی‌هایی می‌کند که علت افزایش انحراف معیار داده‌های مربوط به این تیمار نیز وجود همین برآمدگی‌هاست (۸ و ۱۲). هر چند سرعت پیشروی بر ناهمواری‌های ایجاد شده بر سطح خاک معنی‌دار نبود اما افزایش جوی و پشته‌ای شدن سطح خاک پس از عبور چیزل



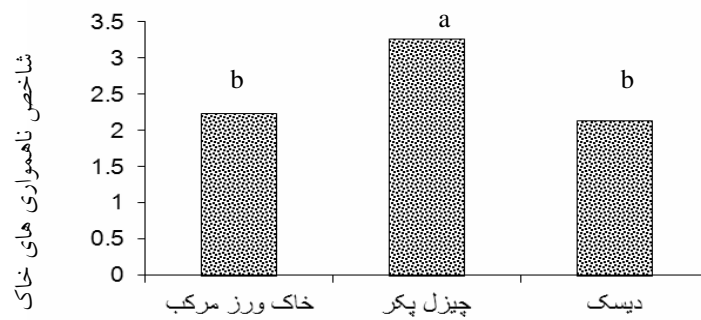
شکل ۲. اثر متقابل رطوبت و بافت خاک بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها



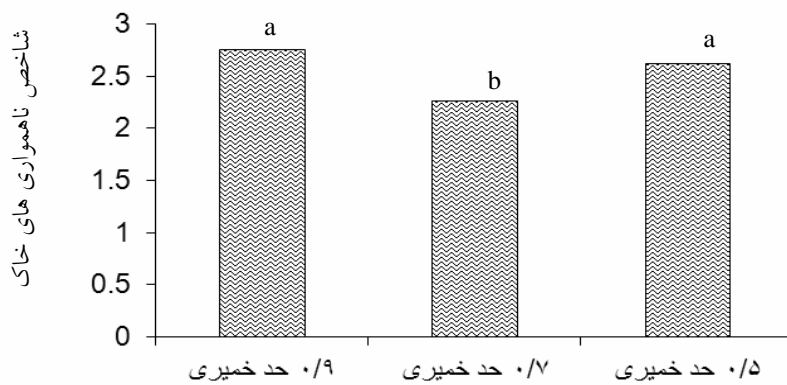
شکل ۳. اثر خاک‌ورزی بر میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها



شکل ۴. اثر متقابل رطوبت و بافت خاک بر میانگین هندسی خاکدانه‌ها



شکل ۵. تأثیر ماشین های خاک ورزی بر ناهمواری های سطح خاک



شکل ۶. اثر رطوبت بر شاخص ناهمواری های خاک

حاصل از مطالعه اثر تیمارهای مختلف بر این دو شاخص و طبق یافته های بسیاری از محققان، میانگین هندسی تغییرات توزیع خاکدانه ها را خیلی دقیق تر از میانگین وزنی قطر خاکدانه ها نشان می دهد و بسیاری از جنبه های توزیع خاکدانه ها را پوشش می دهد. رطوبت بهینه در خاک لوم رسی سیلتی جهت خاک ورزی با هر سه تیمار خاک ورزی رطوبت ۰/۷ حد خمیری شناخته شد. در خاک لوم رطوبت بهینه جهت خاک ورزی با چیزل پکر و خاک ورز مرکب رطوبت ۰/۹ حد خمیری و در دیسک رطوبت ۰/۷ حد خمیری شناخته شد. با توجه به این که چیزل پکر به دلیل ایجاد جوی و پشته های نامطلوب از حیث شاخص ناهمواری های سطح خاک مطلوب شناخته نشد و خاک ورز مرکب از این نظر نسبت به چیزل پکر برتری داشت و هم چنین با توجه به عدم معنی داری شاخص

پکر با افزایش سرعت پیشروی قابل مشاهده بود. در بین تیمارهای مختلف رطوبتی بیشترین ناهمواری های سطح خاک مربوط به رطوبت ۰/۹ خمیری و کمترین آن به رطوبت ۰/۷ خمیری اختصاص داشت (شکل ۶). خاک ورزی در رطوبت بالا (۰/۹ حد خمیری) و رطوبت پایین (۰/۵ حد خمیری) ناهمواری های سطح خاک را افزایش داده است. دلیل آن ایجاد کلوخه هایی است که در اثر خاک ورزی در خاک مرطوب یا خشک ایجاد می شود که پایداری و ناپایداری آنها نیاز به بررسی دارد (۵).

نتیجه گیری

با بررسی دو پارامتر میانگین وزنی و هندسی قطر خاکدانه ها همبستگی مثبت این دو شاخص مشخص شد. با بررسی نتایج

سیاسگزاری

در پایان لازم است از زحمات دکتر علیرضا ابدالی، مهندس علی فروغی و تمامی پرسنل زحمت‌کش کارگاه ماشین‌های کشاورزی و آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان تشکر و قدردانی نمایم.

میانگین هندسی در دو تیمار خاک‌ورز مرکب و چیزل پکر، بنابراین خاک‌ورز مرکب به عنوان دستگاه مناسب جهت انجام عملیات خاک‌ورزی در این منطقه شناخته شد اما دیسک به دلیل کاهش بیش از حد اندازه و پایداری خاکدانه‌ها برای خاک‌ورزی در خاک این مناطق توصیه نمی‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. رشادصدقی، ع. و م. لغوی. ۱۳۸۸. تأثیر رطوبت خاک در خاک‌ورزی اولیه و سرعت پیشروی در عملیات دیسک‌زنی بر عملکرد هرس بشقابی به عنوان خاک‌ورز ثانویه. مجله مهندسی بیوسیستم ایران ۲: ۱۳۱-۱۳۸.
۲. نیشابوری، م. ر.، ن. صفر علیزاده، ش. اوستان و م. تورچی. ۱۳۸۷. مقایسه شاخص پایداری و تأثیر پذیری آنها از خصوصیات خاک. مجله دانش کشاورزی ۱۸(۳): ۹۹-۱۱۲.
3. Alvaro Fuentes, J., J. L. Arrue, C. Cantero Martinez and M. V. Lopez. 2008. Aggregate breakdown during tillage in a Mediterranean loamy soil. *Soil & Tillage Res.* 101: 62-68.
4. Arvidsson, J. and E. Bolenius. 2006. Effects of soil water content during primary tillage - laser measurements of soil surface changes. *Soil & Tillage Res.* 90: 222-229.
5. Barzegar, A. R., A. M. Hashemi, S. J. Herbert and M. A. Asoodar. 2004. Interactive effects of tillage system and soil water content on aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols in southwest Iran. *Soil & Tillage Res.* 78: 45-52.
6. Braunack, M. V. and A. R. Dexter. 1989. Soil aggregation in the seedbed: A review, effect of aggregate sizes on plant growth. *Soil & Tillage Res.* 14: 281-298.
7. Cresswell, H. P., D. J. Painter and K. C. Cameron. 1991. Tillage and water content effects on surface soil physical properties. *Soil & Tillage Res.* 21: 67-83.
8. Guzha, A. C. 2004. Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage. *Soil & Tillage Res.* 76: 105-114.
9. Hu, Z., L. Yi-zhong, Y. Zhi-chen and L. Bao-guo. 2007. Influence of conservation tillage on soil aggregates features in north China plain. *Agric. Sci. in China* 6(9):1099-1106.
10. Hughes, K. A. and C. J. Baker. 1977. The effects of tillage and zero-tillage systems on soil aggregates in a silt loam. *Agric. Eng. Res.* 22: 291-301.
11. Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. methods of soil analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. No.9, Agronomy, Madison, WI, USA.
12. Lampurlanes, J. and C. Cantero-Martinez. 2006. Hydraulic conductivity, residue cover and soil surface roughness under different tillage systems in semiarid conditions. *Soil & Tillage Res.* 85: 13-26.
13. Moreno, R. G., M. C. D. Alvarez, A. T. Alonso, S. Barrington and A.S. Requenjo. 2008. Tillage and soil type effects on soil surface roughness at semiarid climatic conditions. *Soil & Tillage Res.* 98: 35-44.
14. Stevens, C. J., J. N. Quintan, A. P. Baile, C. Deasy, M. Silgram and D. R. Jackson. 2009. The effects of minimal tillage, contour cultivation and in-field vegetative barriers on soil erosion and phosphorus loss. *Soil & Tillage Res.* 106: 145-151.
15. Vidal Vazquez, E., J. G. V. Miranda, M. C Alves. and A. Paz Gonzalez. 2006. Effect of tillage on fractal indices describing soil surface microrelief of a Brazilian Alfisol. *Geoderma* 134: 428-439.