تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۸،شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶ (ص ۲۳۰-۲۱۷)

اثر جهت خاک‌ورزی و موقعیت شیب بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و پایداری خاکدانه‌ها

حسین اسدی[1*]، حسین خوشرنگ[2]، عیسی ابراهیمی[3]

۱. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. دانشجوی دکتری، علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۲/۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۵/۲۰)

چکیده

خاک‌ورزی یکی از عملیات مهم برای تولید محصولات کشاورزی است. زیر کشت بردن و انجام خاک‌ورزی موازی در اراضی شیب‌دار سبب افزایش هدررفت، کاهش پایداری خاکدانه‌ها و کاهش ماده آلی خاک می‌شود. در این پژوهش اثر جهت خاک‌ورزی، جهت و موقعیت شیب بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی خاک و نمایه‌های پایداری خاکدانه بررسی شد. به این منظور از منطقه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک و آب کوهین که تحت خاک‌ورزی عمود بر جهت شیب بود و همچنین از منطقه هم‌جوار خارج از ایستگاه که تحت خاک‌ورزی موازی با جهت شیب بود، نمونه‌برداری صورت گرفت. منطقه به‌صورت یک دره کم‌عمق با دونمای شمالی و جنوبی بود. نمونه‌برداری برای هر جهت از سه موقعیت بالا، میانه و پایین شیب در دو عمق و با سه تکرار انجام گرفت (۷۲ نمونه). تجزیه‌وتحلیل اطلاعات بر پایه-ی طرح آشیانه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌تر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده تأثیرپذیری بالایی از جهت خاک-ورزی داشته‌اند و خاک‌ورزی موازی سبب کاهش کیفیت خاک شده است. همچنین نتایج نشان داد که جهت و موقعیت شیب تنها بر شاخص پایداری خاکدانه اثر گذاشته است، درحالی‌که خاک‌ورزی روی هر چهار نمایه پایداری خاکدانه مورد بررسی اثر معنی‌داری گذاشته است. در خاک‌ورزی عمود بر شیب میزان ماده آلی دلیل عمده بیش‌تر شدن پایداری خاکدانه‌ها است. جهت و موقعیت شیب و مدیریت زراعی اثرات بسیار پیچیده‌ای بر ویژگی‌های خاک در عمق‌های مختلف دارند. نتایج نشان داد که کلیه منابع تغییرات شامل جهت، موقعیت شیب و عمق خاک بر روی شاخص پایداری خاکدانه تأثیر معنی‌داری دارند.

واژه‌های کلیدی: بعد فراکتال، ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، میانگین هندسی قطر

مقدمه

خاک‌ورزی یکی از مهم‌ترین عملیات کشاورزی است که طی آن محیط مناسبی برای رشد بذرها مهیا می‌شود (Gbadamosi,2013: Jabro *et al*., 2015). این عملیات یک فعالیت کارگری در کشاورزی با منابع محدود برای افراد دارای زمین‌های کوچک و یک فعالیت سرمایه‌ای و انرژی‌بر در کشاورزی مکانیزه در مقیاس بزرگ است. در صورت به‌کارگیری خردمندانه، خاک‌ورزی می‌تواند یک شیوه‌ی اصلی در برطرف کردن برخی محدودیت‌های خاک مانند فشردگی، سله بستن، نفوذپذیری پایین، زهکشی ضعیف، رطوبت خاک نامطلوب و رژیم‌های دمایی برای تولید گیاه باشد. در مقابل، خاک‌ورزی نامناسب می‌تواند منجر به تخریب ساختمان، کاهش نفوذپذیری، ایجاد رواناب و فرسایش تشدیدی، آلودگی آب و تخریب خاک و محیط‌زیست شود (Elder and Lal, 2008).

مطالعه Khurshid *et al*., (2006) نشان می‌دهد که خاک‌ورزی تأثیر بسیار مهمی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد. خاک‌ورزی محل سکونت جانداران بزرگ‌تر را به هم می‌زند و از تعداد آن‌ها می‌کاهد (Oades, 1993). قابلیت هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک به‌طورکلی در خاک‌های کشت‌شده دو تا سه برابر کم‌تر از خاک‌های دست‌نخورده است (Naidu *et al*., 1996). کاهش EC با افزایش حساسیت خاک‌های زراعی به پخشیدگی ارتباط دارد (Amezketa *et al*., 1996). Watts *et al*. (1996) دریافتند که میزان رس پخشیده در خاکدانه‌های نمونه‌برداری شده در طول خاک‌ورزی بیش‌تر از خاکدانه‌هایی است که بلافاصله قبل از خاک‌ورزی برداشته شده بودند. Radcliffe *et al*. (1988) طی یک مطالعه ده‌ساله بر روی سیستم‌های مختلف شخم گزارش نمودند که ذرات ریز خاک در سیستم شخم برگردان باعث

* نویسنده مسئول : ho.asadi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مسدود شدن منافذ ریز خاک شده و حجم خاک کاهش‌یافته در نتیجه جرم مخصوص ظاهری (BD) افزایش پیدا می‌کند. Slowinska (1994) اثر خاک‌ورزی‌های مختلف را روی ویژگی‌های فیزیکی خاک بررسی کرد و بیان نمود که استفاده از ابزارهای خاک‌ورزی سبب تغییر در ساختمان خاک از طریق خرد کردن خاکدانه‌ها، تغییر در ساختار و یا اندازه منافذ و نحوه قرارگیری ذرات خاک شده که تمام این تغییرات باعث اختلال و تغییر در دیگر ویژگی‌های خاک خواهند شد.

Asadi *et al.* (2011) اثر کاربری اراضی و توپوگرافی را روی ویژگی خاک‌های آهکی بررسی کردند، نتایج این پژوهشگران نشان داد که از بالا به سمت پایین شیب، BD خاک کاهش و ماده آلی (OM) خاک افزایش می‌یابد. Jabro *et al.* (2016) اثر سه نوع خاک‌ورزی حداقل، عمیق و سطحی را بر روی BD و هدایت هیدرولیکی خاک‌های لوم شنی در ایالات متحده بررسی کردند. این پژوهشگران بیان کردند که با افزایش عمق خاک BD افزایش خواهد یافت که این افزایش در روش خاک‌ورزی حداقل بیش‌تر بود و در عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک اثر هر سه روش یکسان خواهد شد. Rezaei *et al.* (2012) نیز اثرات تغییر کاربری بر روی ویژگی‌های خاک‌های در شمال ایران بررسی کردند و بیان کردند که با افزایش عمق خاک، OM کاهش و BD خاک افزایش می‌یابد. Jabro *et al.* (2009)، (2011) و (2015) بیان کردند که عمل خاک‌ورزی سبب کاهش BD و پایداری خاکدانه‌ها خواهد شد. همچنین Afzalinia and Zabihi (2014) بیان کردند که بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، BD کم‌تری خواهد داشت. Nazmi *et al.* (2011) تغییرات ویژگی‌های خاک را با موقعیت شیب بررسی و مشاهده کردند که میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها[1] (MWD) از بالا به سمت پایین شیب کاهش یافته و این ویژگی از خاک تحت تأثیر سیستم کشت نیز تغییر می‌کند.

Doran *et al.* (1996) بیان کردند که شخم باعث تغییر میزان OM خاک می‌شود و به دنبال آن نیز پایداری ساختمان خاک، فرسایش، قابلیت دسترسی عناصر غذایی و میزان آلودگی تغییر خواهند کرد. Lal (1993) بیان کرد که خاک‌ورزی نامناسب سبب کاهش OM می‌شود. همچنین Małecka *et al.* (2015) بیان کردند که خاک‌ورزی مرسوم سبب کاهش میزان OM، نیتروژن و فسفر خاک خواهد شد. در مقابل Badalikova and Bartlova (2014) با بررسی اثرات خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دریافتند که خاک‌ورزی مناسب سبب بهبود BD، نسبت کربن به ازت، نگهداشت رطوبت و تخلخل می‌گردد. در بررسی اثر خاک‌ورزی بر پایداری خاکدانه نیز مطالعاتی انجام گرفته است (Six *et al.*, 1998, 1999). نتایج مطالعات Shi-wei *et al.* (2006) نشان داد که در یک توالی گیاهی شامل زمین‌های تحت کشت، بدون پوشش، علفزار، بوته‌زار و جنگل، سهم خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر کاهش می‌یابد و خاکدانه‌های کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر رو به فزونی می‌گذارد. همچنین بعد فراکتالی (D) خاکدانه‌ها با این توالی کاهش می‌یابد و این نشان می‌دهد که D می‌تواند تغییرات در پایداری خاکدانه را در اثر توالی گیاهی به‌خوبی نشان دهد.

یکی از دلایل عمده فرسایش و درنتیجه کاهش حاصلخیزی خاک در ایران تبدیل اراضی با شیب‌های زیاد به دیم‌زارها به‌خصوص کشت گندم است. ازآنجاکه آماده کردن بستر بذر یا خاک‌ورزی در این مناطق اغلب به روش مرسوم انجام می‌گیرد، مشکلات زیادی ازجمله؛ تراکم و تخریب خاک، فرسایش‌های آبی و بادی و درنهایت کاهش تولید رخ داده است (Eskandari, 2008). Eynard *et al.* (2004) بیان کردند که شاخص‌های زیادی برای بررسی وضعیت پایداری خاکدانه‌ها وجود دارد که از این شاخص‌ها می‌توان به MWD و میانگین هندسی قطر[2] (GMD) اشاره کرد. در خصوص اینکه جهت خاک‌ورزی در جهت و موقعیت‌های مختلف شیب چه تأثیری بر ویژگی‌های خاک دارد، اطلاعات زیادی در دسترس نیست. لذا هدف از این مطالعه، بررسی اثرات دو نوع خاک‌ورزی (عمود و در جهت شیب) بر ویژگی‌های خاک و شاخص‌های پایداری خاکدانه در دو عمق و در دو دامنه با جهت شمالی و جنوبی و در موقعیت‌های مختلف شیب بوده است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و تعیین ویژگی‌های خاک

به‌منظور بررسی اثرات خاک‌ورزی بر روی ویژگی‌های خاک در جهت‌ها و موقعیت‌های مختلف شیب، نمونه‌برداری از منطقه کوهین از توابع استان قزوین انجام گرفت. به‌طورکلی، تعداد ۷۲ نمونه خاک در جهت و موقعیت‌های مختلف شیب و اعماق مختلف برداشته شد. نیمی از نمونه‌برداری در داخل ایستگاه تحقیقات حفاظت خاک و آب و کشت دیم دانشگاه تهران که در آن خاک‌ورزی (کشت و کار) در جهت خطوط تراز

1. Mean weight diameter

2. Geometric mean diameter

Archive of SID

www.SID.ir

و به‌صورت عمود بر جهت شیب انجام می‌شود صورت گرفت (۳۶ نمونه). نیم دیگر نمونه‌برداری از مزارع مجاور ایستگاه که خاک‌ورزی در آن به‌صورت سنتی در جهت شیب بود، برداشته شدند (۳۶ نمونه). منطقه به‌صورت یک دره کم‌عمق V شکل با دامنه شیب ۱۰-۲۰ درصد و به‌گونه‌ای بود که امکان مطالعه تأثیر جهت شیب را نیز به‌صورت شمالی و جنوبی فراهم می‌کرد. به‌منظور بررسی اثر موقعیت شیب، سه موقعیت بالایی، میانی و پایین شیب انتخاب و از هر موقعیت در سه نقطه به فواصل ۱۰ متر بر روی خطوط تراز سه نمونه سطحی و سه نمونه عمقی برداشت شد. نمونه‌برداری سطحی از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر و نمونه‌برداری عمقی از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر انجام شد.

بافت خاک به روش هیدرومتری و الک (Gee and Bauder, 1986)، OM خاک به روش Walkey and Black (1934)، BD به روش کلوخه (Blake and Harge, 1986)، EC خاک در سوسپانسیون ۱:۲ به روش Roades (1996)، اسیدیته خاک در سوسپانسیون ۱:۲/۵ (McLean, 1982) با استفاده از دستگاه pH متر مدل اوریون اندازه‌گیری شدند. همچنین کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Spark, 1996) تعیین شد. توزیع اندازه و پایداری خاکدانه با روش الک‌تر تعیین شد. برای محاسبه نمایه‌های MWD، GMD و D خاکدانه‌ها، ردیف‌های الک‌های مورداستفاده شامل؛ الک‌های ۰/۰۷۵، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ میلی‌متر بودند. ابتدا خاک دست‌نخورده از الک ۹/۵ میلی‌متر عبور داده و مقدار ۵۰ گرم از آن برداشت شد. نمونه بر روی کاغذ صافی، به مدت یک شب و در دمای اتاق به حال خود گذاشته شد تا به‌آرامی و به‌صورت موئینگی اشباع شود. سپس نمونه روی ردیف الک قرار گرفته و به مدت سه دقیقه الک شدند (Chan *et al.*, 1994). در تحقیق حاضر علاوه بر نمایه‌های معروف ذکرشده در بالا، برای بررسی توزیع اندازه و پایداری خاکدانه از نمایه پایداری خاکدانه[3] (ASI) که توسط Niewczas and Witkowska (2003) معرفی شده نیز استفاده شد. به‌منظور محاسبه ASI، شیوه تعیین توزیع اندازه و پایداری خاکدانه‌ها به روش الک‌تر متفاوت است. به این صورت که ابتدا مقدار ۱۰۰ گرم از نمونه‌ی خاک که از الک ۴/۷۵ سانتی‌متر گذشته بود، بر روی ردیف الک شامل الک‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۷۵ میلی‌متر قرار داده و به‌صورت خشک الک شد. خاک باقی‌مانده روی هر الک وزن شده و توزیع اندازه خشک خاکدانه‌ها به دست آمد. هر کلاس اندازه‌ای که در الک خشک به‌دست آمده است به مدت یک شب به‌آرامی اشباع شده و سپس به‌طور جداگانه با سری کامل الک‌ها، الک‌تر گردید. به این صورت که برای الک کردن کلاس ۴/۷۵-۲ از هر پنج الک، برای کلاس ۲-۰/۵ از چهار الک (الک دو میلی‌متر حذف می‌شود)، برای کلاس ۰/۵-۰/۲۵ از سه الک (الک ۰/۵ میلی‌متر حذف می‌شود) و... استفاده می‌شود. مقادیر باقی‌مانده روی هر الک در آون و دمای ۱۰۵ درجه خشک شده و توزین می‌شوند.

محاسبات و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

نمایه‌های MWD و GMD با روابط زیر محاسبه شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \overline{X_i} W_i \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$$GMD = \exp\left(\sum_{i=1}^{n} W_i \log \overline{X_i} \right) \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

در روابط بالا، $\overline{Xi}$ میانگین قطر خاکدانه‌هایی که بر روی هر الک باقی مانده است، w_i نسبت جرم خاکدانه‌ها در هر الک به جرم کل نمونه خاک است.

برای محاسبه D از توزیع اندازه خاکدانه‌های پایدار در آب با استفاده از معادله اندازه-تعداد Turcotte (1986) استفاده شد:

$$N_i = c\overline{X_i}^{-D} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن؛ N: تعداد تجمعی خاکدانه‌های باقی‌مانده روی الک‌ها از بالا (i=1) تا الک iام در ردیف الک‌ها، x_i: اندازه متوسط خاکدانه‌هایی که روی الک i ام باقی‌مانده و c: ضریب ثابت است. مقادیر برای x_i مساوی با $(\frac{x_i * x_{i-1}}{2})$ می‌باشد و x_i اندازه منفذ الک iام است. D یک صفت مشخصه مواد شکسته شده و یا تخریب شده است و می‌تواند از طریق رگرسیون بین لگاریتم N_i و لگاریتم x_i به دست آید. مقدار N از داده‌های توزیع اندازه خاکدانه‌های پایدار در آب به‌دست آمده بعد از الک‌تر به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$N_i = \sum_{i-1}^{k} n_i \qquad \text{(رابطه ۴)}$$

$$n_i = w_i \rho^{-1} \overline{x}^{-3} \qquad \text{(رابطه ۵)}$$

که در آن، n_i: تعداد خاکدانه‌های در کلاس iام، ρ: جرم مخصوص ظاهری خاکدانه‌های کلاس iام، x_i: همان تعریف بالا و w_i: جرم آون خشک خاکدانه‌ها روی الک iام می‌باشد. در این فرمول، شکل خاکدانه‌ها مکعبی فرض شده است (Turcotte, 1986). فرض شد که جرم مخصوص خاکدانه‌ها مستقل از اندازه می‌باشد و به‌طور متوسط برای این مطالعه برابر ($1/63 (g.cm^{-3})$ در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری‌های دیگر دلالت بر آن دارد که مقدار N_i به‌دست‌آمده از فرمول (۴) مطابقت بسیار خوبی با

3. Aggregate stability index

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیری که به‌صورت شمارش دستی به دست آمده‌اند دارد.

شیوه محاسبه ASI

برای محاسبه نمایه ASI، توزیع اولیه و توزیع ثانویه به‌صورت مناسب در جدول گذار جاگذاری می‌شود (Niewczas and Witkowska, 2003). ASI از مجموع حاصل‌ضرب عناصر هر قطر در ضرایب وزنی مربوط به هر قطر به دست می‌آید. دامنه‌ی تغییرات ASI بین ۱ تا ۳۲ است. مقدار بیش‌تر برای این نمایه نشان از پایداری بیش‌تر خاک موردمطالعه دارد.

داده‌های موردنیاز برای آنالیز پایداری، داده‌های مربوطه زیر است:

$P_{i.}$ = [P1. P2., …, Pk.]: توزیع ورودی فراوانی خاکدانه‌ها (قبل از انجام الک‌تر)، و

$P_{.j}$ = [P.1, P.2, …, P.k]: توزیع خروجی فراوانی خاکدانه‌ها (بعد از انجام الک‌تر) و

Pij = [Pij](i=1,2,…,k;j= I,i+1,…,k): توزیع دوبعدی فراوانی خاکدانه‌ها.

مقادیر Pij بیان‌گر نسبت وزنی نمونه‌های خاکی است که تحت تأثیر فاکتور مخرب (آب) در همان کلاس باقی‌مانده (i=j) و یا به کلاس‌های پایین‌تر تجزیه شده‌اند (i>j). بنابراین ASI با توجه به رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$ASI=d_0w_0+d_1w_1+\cdots+d_{(k-1)}\,w_{(k-1)} \qquad \text{(رابطه ۶)}$$

که در آن؛ d = مجموع توزیع فراوانی‌های هر قطر است که از طریق زیر به دست می‌آید:

$$d_i=\sum_{i=1}^{k-1} p_{j,i+j} \qquad (i=1,2,....,k-1) \qquad \text{(رابطه ۷)}$$

در این معادله؛ w = ضرایب اختصاص داده‌شده به هر قطر که برای شش کلاس به ترتیب این ضرایب مقادیر ۳۲ و ۱۶ و ۸ و ۴ و ۲ و ۱ را برای w_0، w_1، w_2، w_3، w_4 و w_5 را خواهند داشت (Niewczas and Witkowska, 2003).

به‌منظور بررسی اثر نوع خاک‌ورزی، جهت و موقعیت شیب و همچنین عمق خاک بر روی خواص خاک و پایداری خاکدانه از طرح آماری آشیانه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Microsoft 2010 Excel انجام شد.

نتایج و بحث

همبستگی بین ویژگی‌های خاک

نتایج بررسی همبستگی بین متغیرها در جدول (۱) آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود از میان نمایه‌های پایداری، D دارای همبستگی منفی با درصد رس و OM و همبستگی مثبت با EC بود. همان‌گونه که در جدول (۱) مشخص است بین EC و MWD رابطه معنی‌داری وجود دارد. مقادیر EC کم سبب تورم و پراکنش رس‌ها و تخریب ساختمان خاک می‌گردند. کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم با جانشینی سدیم سبب کاهش ضخامت لایه دوگانه پخشیده، هم‌آوری رس‌ها و افزایش پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند (Amezketa,1999). نمایه‌های MWD و GMD نیز هر دو با OM و درصد رس همبستگی مثبت و با EC همبستگی منفی داشتند. Rasiahand Kay (1994) بیان کردند که رس نقش بسیار مهمی در پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و تشکیل خاکدانه‌ها دارد. رس می‌تواند خاکدانه‌های کوچک به‌هم‌پیوسته و خاکدانه‌های ریز را تشکیل دهند و درنهایت با کمک هیف‌های قارچی، خاکدانه‌های درشت را به وجود آورند (Bossuyt*et al.*, 2001). برخلاف MWD و GMD، مقدار کم‌تر D، نشان‌دهنده ساختمان بهتر و خاکدانه‌های پایدارتر است. ماده آلی با دو روش افزایش خاصیت آب‌گریزی و افزایش چسبندگی بین ذرات سبب افزایش شاخص‌های مرتبط پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (Chenu *et al.*, 2000). Rasiah and Kay (1994) بیان کردند که پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر، با افزایش مقدار رس خاک افزایش می‌یابد. آن‌ها نشان دادند که رس به‌عنوان عامل مهمی در پیوند دادن ذرات اولیه خاک به همدیگر و تشکیل خاکدانه‌ها عمل می‌کند. Comegna *et al.* (1998) بیان کردند که بین D و میزان رس همبستگی قوی وجود دارد که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش هم‌راستا است. این بدان معنی است که با افزایش رس و OM در خاک، D کاهش می‌یابد. در همین راستا Gulser (2006) نیز گزارش داد که کاهش مقدار OM خاک با افزایش D همراه است. در خصوص اثر منفی EC عصاره خاک بر پایداری خاکدانه، بدون اطلاع از ترکیب یون‌های خاک نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد، اما وجود همبستگی مثبت EC با BD خاک نیز مؤید این موضوع است. از سوی دیگر نمایه دیگر مورداستفاده در این تحقیق، ASI با OM همبستگی معنی‌داری نشان نداد و برخلاف انتظار با رس همبستگی منفی و با شن همبستگی مثبتی داشت. همچنین ASI با CCE همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داده است. در همین راستا Shainberg *et al.* (1981) مقادیر مختلفی از کربنات کلسیم را به خاک اضافه کردند و نشان دادند که با افزایش میزان کربنات کلسیم پایداری ساختمان خاک افزایش خواهد یافت. کربنات کلسیم مانند ملاتی بین ذرات خاک می‌تواند رسوب کند و باعث اتصال ذرات

Archive of SID

www.SID.ir

اولیه خاک گردد. همچنین این پژوهشگران بیان کردند که کربنات کلسیم به‌صورت غیرمستقیم و به‌صورت اثر بر فعالیت‌های زیستی خاک نیز موجب افزایش پایداری خاکدانه‌ها خواهد شد. نمایه ASI از نظر شیوه اندازه‌گیری و محاسبات کاملاً متفاوت از سه نمایه دیگر است و بنابراین این نتایج نشان می‌دهد که ASI ممکن است ویژگی‌های دیگری از توزیع اندازه و پایداری خاکدانه را نشان دهد که نیازمند بررسی بیش‌تری است.

جدول ۱- همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

	CCE	BD	OM	Ph	EC	Clay	Sand	ASI	D	MWD	GMD
CCE	۱										
BD	۰/۳۲۵**	۱									
OM	-۰/۴۰۵**	-۰/۲۲۸*	۱								
Ph	۰/۱۹۳	۰/۲۸۷**	-۰/۱۶۰	۱							
EC	-۰/۱۸۴	۰/۴۴۱**	۰/۱۸۴	-۰/۳۴۹**	۱						
Clay	۰/۰۰۶	۰/۳۰۶**	-۰/۲۶۲*	۰/۲۸۷**	-۰/۶۰۹**	۱					
Sand	-۰/۳۵۱**	-۰/۱۵۱	۰/۴۸۳**	-۰/۰۹۹	۰/۲۴۳	-۰/۴۰۶**	۱				
ASI	۰/۲۸۶**	-۰/۰۷۷	۰/۰۷۹	-۰/۱۳۷	۰/۱۰۱	-۰/۲۳۹*	۰/۲۶۷*	۱			
D	۰/۱۳۹	-۰/۰۶۲	۰/۳۰۰**	۰/۰۳۱	۰/۴۸۸**	-۰/۲۴۶*	-۰/۱۶۲	-۰/۰۶۳	۱		
MWD	-۰/۰۹۹	۰/۲۰۴*	۰/۲۱۲*	۰/۰۶۲	-۰/۶۰۳**	۰/۳۶۲**	۰/۰۲۹	-۰/۰۸۰	-۰/۸۵۰**	۱	
GMD	-۰/۰۸۴	۰/۱۳۷	۰/۲۱۴*	۰/۰۴۷	-۰/۵۴۳**	۰/۳۳۷**	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	-۰/۸۴۳**	۰/۹۶۳**	۱

*و ** سطوح معنی داری به ترتیب ۵ و ۱ درصد

اثر جهت شخم و توپوگرافی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

خلاصه نتایج آنالیز واریانس ویژگی‌های خاک تحت تأثیر خاک‌ورزی، جهت و موقعیت شیب و عمق خاک در جدول (۲) نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشخص است جهت شیب روی بیش‌تر پارامترهای اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری داشته است، اما در مورد pH، D، MWD و GMD، جهت شیب اثر معنی‌داری نداشته و تغییرات آن‌ها کم‌ترین تأثیر را از این مؤلفه گرفته‌اند؛ اما این چهار ویژگی به مقدار زیاد و در سطح یک درصد از جهت خاک‌ورزی تأثیرپذیر بوده‌اند. به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که اثر متقابل جهت شیب، موقعیت شیب و خاک‌ورزی، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های خاک دارد. Mahmoodabadi and Ahmadbeygi (2011)نیز نشان دادند که عمق خاک اثر معنی‌داری بر pH و EC خاک دارد که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت دارد.

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس اثر نوع خاک‌ورزی، موقعیت و جهت شیب بر روی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک

منبع تغییرات	df	MS										
		CCE (%)	BD (g. cm^{-3})	OM (%)	pH	EC (dS.m^{-1})	Clay (%)	Sand (%)	ASI	D	MWD	GMD
جهت شیب	۱	۵۲/۶***	۰/۰۴**	۰/۲**	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۲***	۱۰۸/۷***	۳/۷ ns	۵/۲*	۰/۰۲ ns	۰/۰۹ ns	۱/۴$^{-۵}$ ns
خاک‌ورزی (جهت)	۲	۴/۲*	۰/۰۰۳ ns	۰/۳***	۰/۰۳**	۰/۰۰۰۷**	۱۹/۷*	۱۶/۰***	۲/۷**	۰/۱***	۱/۷***	۳/۴$^{-۵}$ ***
موقعیت (جهت×خاک‌ورزی)	۸	۳۷/۷***	۰/۰۱**	۰/۱***	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۱***	۵۸/۰***	۲۰/۰***	۸/۳***	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۶ ns	۳$^{-۶}$ ns
عمق (جهت×خاک‌ورزی×موقعیت)	۱۲	۱/۴ns	۰/۰۱**	۰/۰۳*	۰/۰۹**	۰/۰۰۹***	۵۰/۳***	۲/۲*	۲/۵***	۰/۰۶***	۰/۶***	۱/۱$^{-۵}$**
خطای آزمایش	۴۸	۰/۹	۰/۰۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۵/۹	۰/۹	۰/۵	۰/۰۰۹	۰/۰۸	۱/۹$^{-۶}$
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۲	۴/۱	۱۲/۱	۰/۷	۵/۳	۷/۷	۶/۳	۳/۲	۳/۱	۲۱/۵	۸/۹۸

*،**،***به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد

با مشاهده جدول (۲) مشخص می‌شود که جهت و موقعیت شیب، خاک‌ورزی و عمق همه بر درصد رس در خاک تأثیر معنی‌داری گذاشتند. در مقایسه دو جهت، میزان رس در جهت شمالی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از جهت جنوبی است (جدول ۳). در شیب شمالی بین دو خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری در میزان رس وجود دارد و میزان رس در خاک‌ورزی موازی بیش‌تر بوده است ولی در شیب جنوبی این اختلاف معنی‌دار نبود. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود، بین موقعیت‌های مختلف شیب میزان رس تفاوت معنی‌داری نداشته است. در همین جهت و خاک‌ورزی موازی، بین موقعیت بالا با دو موقعیت دیگر تفاوت معنی‌داری از نظر میزان رس وجود دارد (جدول ۳). در مقایسه دو خاک‌ورزی نیز تنها موقعیت بالای دو خاک‌ورزی دارای اختلاف معنی‌داری بوده است. وجود اختلاف معنی‌داری بین خاک‌ورزی موازی و عمود در جهت شمالی شاید

Archive of SID
www.SID.ir

به دلیل به سطح آمدن خاک عمقی با درصد رس بیش‌تر درنتیجه این نوع خاک‌ورزی باشد. همچنین وجود تفاوت معنی‌داری در وسط شیب بین دو خاک‌ورزی در جهت جنوبی مؤید حرکت بیش‌تر خاک از بالای شیب به سمت پایین در خاک‌ورزی موازی باشد. Piersion and Mulla (1990) در پژوهش خود به درصد بیش‌تری از رس در موقعیت بالای شیب اشاره کردند. در پژوهش‌های آن‌ها میزان رس در دو موقعیت پایینی تقریباً برابر بود، ولی با بالای شیب اختلاف معنی‌داری نشان داد. Perfect and Blevins (1997) محتوای رسی بیش‌تری را در خاک‌هایی شخم عمیق و دیسک خورده بودند نسبت به خاکی که شخم نخورده نبودند، گزارش کردند.

در شیب جنوبی و خاک‌ورزی عمود، در موقعیت پایین، بین خاک سطحی و عمقی تفاوت وجود داشت. در همین جهت و خاک‌ورزی موازی، تنها در موقعیت بالا خاک سطحی و عمقی تفاوت معنی‌داری نشان دادند. همچنین Brubaker *et al.* (1993) کاهش در مقدار رس را به سمت پایین شیب گزارش کردند. در هر دو جهت شمالی و جنوبی بین دو خاک‌ورزی از نظر میزان جزء شن تفاوت معنی‌داری وجود داشت و درصد شن در خاک‌ورزی عمود بر شیب بیش‌تر بود (جدول ۳). در خاک‌ورزی عمود، بین دو جهت شمالی و جنوبی تفاوتی وجود نداشت اما درصد شن در خاک‌ورزی موازی در دو جهت شمالی و جنوبی دارای تفاوت معنی‌داری بود و مقدار آن در جهت شمالی بیش‌تر بود. در جهت جنوبی و خاک‌ورزی عمود، هر سه موقعیت دارای اختلاف معنی‌داری از نظر میزان شن بودند. در صد شن از بالا به پایین شیب روند افزایشی داشت. Ovalles and Collins (1986) در مطالعه خود کاهش در شن کل را به سمت پایین شیب گزارش کردند، درحالی‌که Brubaker*et al.* (1993) افزایش در جزء شن را به سمت پایین شیب گزارش کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که این افزایش در درصد شن احتمالاً ناشی از فرسایش باشد. Peixoto *et al.* (2006) بیان کردند که توزیع اندازه ذرات در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کشت متفاوت خواهد بود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک تحت تأثیر جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی و عمق خاک

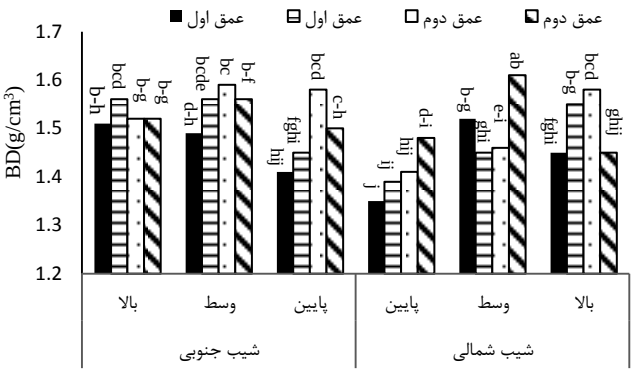
	شمالی						جنوبی					
	۰-۱۵cm											
	عمودی			موازی			عمودی			موازی		
	بالا	وسط	پایین	بالا	وسط	پایین	بالا	وسط	پایین	بالا	وسط	پایین
رس	۳۰^{ijk}	۲۹^{i-m}	۲۶^{lm}	۳۴^{d-h}	۳۰^{hijk}	۳۰^{ijk}	۳۵^{de}	۲۸^{jklm}	۲۵^{m}	۳۰^{ijkl}	$۳۱e^{f-j}$	۲۷^{klm}
شن	۱۶^{efgh}	۱۸^{bc}	۱۷^{cdef}	۱۲^{l}	۱۷^{cdef}	۱۷^{bcde}	۱۵^{ghij}	۱۹^{ab}	۱۷^{cdef}	۱۴^{hijk}	۱۶^{ghi}	۱۵^{fghi}
	۱۵-۳۰cm											
رس	۳۱^{ghij}	۳۷^{bcd}	۳۹^{bc}	۴۱^{ab}	۳۵^{defg}	۳۵^{def}	۳۶^{cd}	۳۱^{f-j}	۲۹^{ijkl}	۳۵^{de}	۳۲^{e-i}	۲۷^{jklm}
شن	۱۵^{fghi}	۱۸^{bc}	۱۴^{jkl}	۱۳^{kl}	۱۶^{defg}	۱۷^{bcd}	۱۳^{ijk}	۱۷^{bcd}	۱۶^{d-h}	۱۳^{jkl}	۱۵^{ghij}	۱۵^{ghij}

حروف لاتین در جدول نتایج مقایسه میانگین را نشان می‌دهند. در هر پارامتر حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین شرایط مختلف است.

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، جهت شیب، موقعیت شیب و عمق بر روی BD تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند، اما در این میان خاک‌ورزی بی‌تأثیر بود. در شکل (۱) تغییرات BD را با تغییر جهت و عمق و موقعیت شیب آمده است. جهت شیب اثر معنی‌داری روی BD خاک گذاشت. به‌گونه‌ای که در شیب شمالی BD کم‌تری مشاهده شد. این موضوع احتمالاً به دلیل پوشش بهتر و ساختمان مناسب‌تر در جهت شمالی و درنتیجه فشردگی کم‌تر خاک است که موجب کاهش BD خاک می‌شود. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود بر جهت شیب، موقعیت وسط با پایین شیب اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند و BD پایین شیب کم‌تر از دو موقعیت بالاتر بود. همچنین Asadi *et al.* (2011) نیز نتایج مشابهی به‌دست آوردند و بیان کردند که از بالای شیب به سمت پایین آن میزان BD کاهش خواهد یافت. Khormali *et al.* (2009) تفاوت معنی‌داری بین BD خاک سطحی و عمقی در کاربری جنگل تخریب‌شده پیدا نکردند. Moges and Holden (2008) گزارش دادند که کشت و کار باعث کم شدن BD شده است اما این اثر تا عمق شخم بوده است. همچنین در مطالعه آن‌ها میزان BD در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک سطحی ۱۵-۰ سانتی‌متری بود.

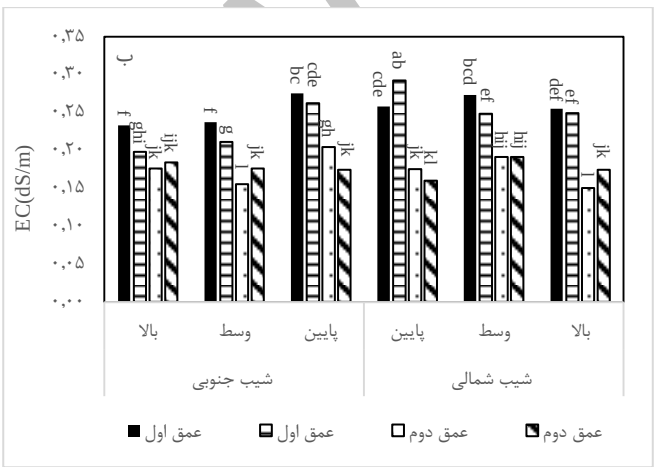
Archive of SID

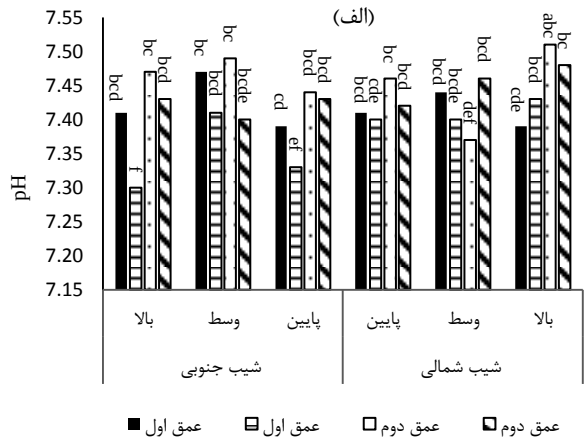
www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه میانگین BD تحت تأثیر جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی

جهت و موقعیت شیب بر میزان pH بدون تأثیر بودند (جدول ۲) ولی نوع خاک‌ورزی و عمق تأثیر معنی‌داری بر pH در سطح یک درصد گذاشته‌اند. در شیب شمالی، خاک‌ورزی‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر pH نداشتند. اما در شرایط شیب جنوبی، میزان pH دو نوع خاک‌ورزی با هم تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۲ الف). شاید وجود مقدار بیش‌تری از کربنات کلسیم معادل در جهت جنوبی دلیلی برای این اختلاف باشد. در مقایسه دو خاک‌ورزی، در شیب شمالی، موقعیت‌های مختلف دو خاک‌ورزی نسبت به هم تفاوتی نداشتند اما در جهت جنوبی، موقعیت‌های بالا و وسط دو خاک‌ورزی نسبت به هم دارای اختلاف معنی‌داری بودند و pH در خاک‌ورزی عمود کم‌تر بود و تنها در موقعیت پایین اختلاف معنی‌داری دیده نشد. Rezaei *et al.* (2012) بیان کردند که میزان pH با افزایش عمق در اراضی تحت کشت چای افزایش می‌یابد. با توجه به جدول (۲)، جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی و عمق خاک همه بر EC خاک اثر معنی‌داری گذاشته‌اند. این اثر برای خاک‌ورزی در سطح یک درصد و در سایر موارد در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار شده است. اثر جهت شیب بر EC معنی‌داری گردید. در جهت شمالی میزان EC بیش‌تر است (شکل ۲ ب). وجود شرایط بهتر از نظر عناصر غذایی و مواد محلول دلیل بر میزان EC بیش‌تر در جهت شمالی است. در شیب شمالی، اختلاف معنی‌داری بین میزان EC دو خاک‌ورزی مشاهده نشد اما در شیب جنوبی این اختلاف معنی‌داری است. همچنین Nazmi *et al.* (2011) نیز مشاهده کردند که روند تغییرات EC از بالای شیب به سمت پایین منظم نیست و دچار تغییرات زیادی می‌شود. Asadi *et al.* (2011) بیان کردند که در قسمت‌های پایینی شیب مقدار EC بیش‌تر از سایر قسمت‌های شیب است و علت این موضوع را نیز حرکت املاح از بالا به پایین شیب نسبت دادند. در مقایسه دو خاک‌ورزی، در این جهت نیز میزان EC دو خاک‌ورزی در بالا و پایین شیب دارای اختلاف معنی‌داری است درحالی‌که در موقعیت وسط شیب بین دو خاک‌ورزی تفاوتی دیده نمی‌شود. وجود EC بیش‌تر در خاک سطحی احتمالاً ناشی از شرایط بهتر عناصر محلول در این عمق است. Brubaker *et al.* (1993) کاهش EC از سطح به عمق را در مطالعات خود گزارش کردند. آن‌ها اشاره کردند که میزان بیش‌تر EC خاک سطحی ناشی از مصرف کود و بالا رفتن میزان نمک‌های محلول در این عمق است. نتایج مشابهی نیز در چین توسط Fu *et al.* (2004) و Wang *et al.* (2001) گزارش شده است.





شکل ۲- مقایسه میانگین الف) pH و ب) EC تحت تأثیر جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی

همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول ۲)، جهت شیب، نوع خاک‌ورزی و موقعیت شیب اثرات معنی‌داری بر درصد CCE خاک داشتند. در شکل (۳ الف) مقایسه میانگین‌ها برای نوع خاک‌ورزی و موقعیت شیب در دو جهت شمالی و جنوبی آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود جهت جنوبی درصد CCE بیش‌تری را نسبت به جهت شمالی نشان می‌دهد. در جهت

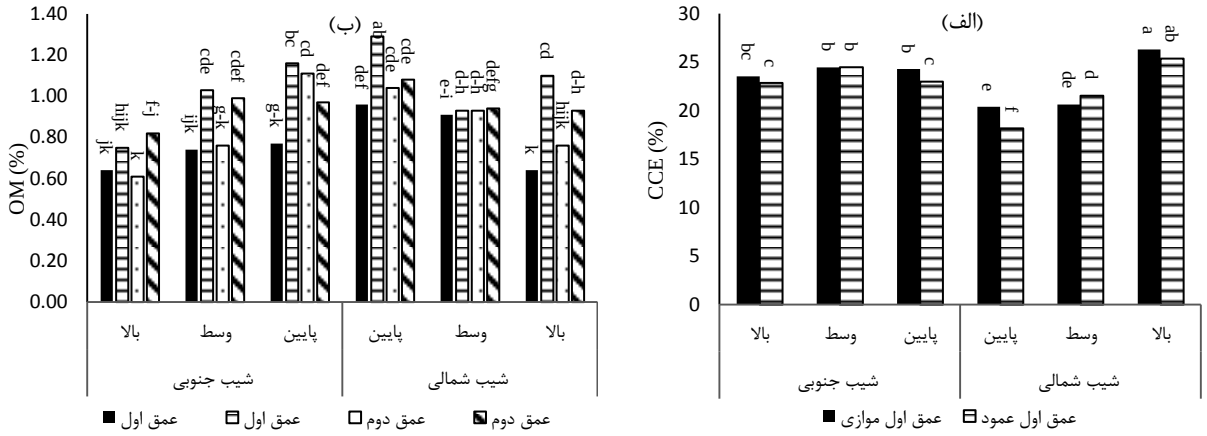
Archive of SID
www.SID.ir

شمالی و خاک‌ورزی عمود بر جهت شیب، از نظر میزان آهک هر سه موقعیت اختلاف معنی‌داری نسبت به هم داشتند. ازآنجاکه در جهت رو به شمال میزان رطوبت در خاک بیش‌تر است، احتمال شسته شدن آهک در این جهت نیز به‌خصوص در موقعیت‌های پایین بیش‌تر بوده و در خاک‌ورزی عمود بر جهت شیب این نکته کاملاً مشاهده می‌شود. در مقایسه خاک‌ورزی‌ها، در شیب شمالی تنها موقعیت پایین دو خاک‌ورزی دارای اختلاف معنی‌دار بودند. از طرفی در شیب جنوبی نیز همین روند مشاهده شد که مؤید فرسایش و حرکت رو به پایین مواد خاک به سبب شخم نادرست است. Nazmi *et al.* (2011) و Mehdizade *et al.* (2013) نشان دادند که میزان CCE در قسمت‌های بالای شیب بیش‌تر از قسمت‌های پایینی شیب است، نتایج این پژوهشگران با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت دارد. در برخی موارد دلیل این‌که میزان کربنات‌ها در بالای شیب بیش‌تر است ناشی از این واقعیت است که در این موقعیت‌ها به علت شدت فرسایش، لایه سطحی خاک شسته شده و لایه‌های زیرین با درصد بالاتر کربنات به سطح آمده و یا با شخم با لایه سطحی مخلوط می‌شوند. Khormali *et al.* (2009) دریافتند که فقدان یک افق مالی‌سول در موقعیت‌های شانه شیب، شیب پشتی و پای شیب و همچنین وجود لایه‌ای آهکی نزدیک سطح و نبود افق آرجلیک، می‌تواند نشانه‌ای از رخداد فرسایش شدید بعد از تخریب جنگل باشد. آن‌ها در اغلب موقعیت‌های شیب به‌جز پای شیب تفاوت معنی‌داری را در میزان CCE دو کاربری جنگل و تخریب بعد از آن پیدا کردند. CCE در کاربری جنگل به‌طور معنی‌داری کم‌تر از کاربری جنگل تخریب‌شده بود. پایداری زمین‌نمای جنگل اجازه حرکت رو به پایین را به CCE می‌دهد.

ماده آلی خاک (OM) تحت تأثیر هر چهار فاکتور جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی و عمق خاک قرار گرفت (جدول ۲). این اختلاف برای جهت شیب در سطح یک درصد برای خاک‌ورزی و موقعیت شیب در سطح ۰/۱ درصد و برای عمق خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. تغییرات OM با تغییرات شیب در شکل (۳ ب) نمایش داده شده است. در هر دو جهت شمالی و جنوبی، میزان OM در دو خاک‌ورزی عمود و موازی اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نشان دادند. درصد OM خاک در جهت شمالی بیش‌تر از جهت جنوبی بود. پوشش گیاهی بهتر و درصد بقایای بیش‌تر همچنین در سایه بودن جهت شمالی، دلایل کافی برای وجود OM بیش‌تر در جهت شمالی است. همچنین ازآنجاکه خاک‌ورزی شدیدتر باعث شکستن خاکدانه‌ها و در معرض قرار دادن سطح آن‌ها به تجزیه می‌شود، انتظار OM کم‌تر در خاک‌ورزی موازی امری طبیعی است. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود درصد OM در بالا و وسط شیب اختلاف معنی‌داری نداشت، اما هر دو موقعیت ذکرشده با پایین شیب دارای اختلاف معنی‌داری بودند و موقعیت پایین سهم بیش‌تری از OM را با خود داشت. همچنین Asadi *et al.* (2011) نیز بیان کردند که در قسمت پایین شیب بیش‌ترین مقدار OM وجود دارد که با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش در یک راستا هستند. در جهت شیب شمالی و خاک‌ورزی موازی نیز موقعیت بالای شیب دارای اختلاف معنی‌داری با دو موقعیت دیگر بود، اما موقعیت وسط و پایین بدون اختلاف بودند. Franzmeier *et al.* (1969) در مطالعه خود به میزان بیش‌تری از OM در شیب شمالی اشاره کردند. دلیل آن‌ها اکسیده شدن بیش‌تر OM در اثر دمای بیش‌تر در جهت جنوبی بود. Khormali *et al.* (2009) میزان کربن آلی بیش‌تری را در موقعیت‌های پایین شیب نسبت به موقعیت‌های بالایی گزارش کردند. ازآنجاکه هر گونه عمل شخم موجب کاهش OM می‌شود و همچنین OM را در پروفیل خاک پخش می‌کند، بنابراین نباید انتظار داشت که OM خاک سطحی تفاوت معنی‌داری با خاک عمقی داشته باشد. Liu*et al.* (2006) بیان کردند که بیش‌ترین تأثیر فعالیت‌های خاک‌ورزی بر مقدار ماده الی خاک در ۸ سانتی‌متر سطحی رخ خواهد داد و در عمق ۱۵ سانتی‌متری تغییرات کم‌تر خواهد بود و در عمق بیش از ۱۵ سانتی‌متر بدون تغییر معنی‌دار است. همچنین Leifeld and Kogel-Knabner (2005) بیش‌ترین تغییرات را در ۳ سانتی-متری سطح خاک مشاهده کردند. وجود تفاوت معنی‌دار در موقعیت پایین هم به دلیل شرایط بهتر خاک در این موقعیت است. Rezaei *et al.* (2012) بیان کردند که با افزایش عمق خاک میزان OM کاهش خواهد یافت. Wang *et al.* (2001) کاهش ناشی از تغییر کاربری در کربن آلی را در منطقه‌ای در چین با فرسایش ارتباط دادند. در تحقیقات Piersion and Mulla (1990) میزان کربن آلی در موقعیت بالای شیب کم‌ترین و در پای شیب به بیش‌ترین حد خود رسید. Gong *et al.* (2007) اشاره کردند که میزان OM تحت تأثیر جهت شیب بوده و در هر دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متر شیب شمالی دارای OM بیش‌تری نسبت به شیب جنوبی می‌باشد. Tebrugge and During (1999) و Shukla (2003) بیان کردند که خاک‌ورزی مرسوم سبب کاهش OM در لایه سطحی خاک می‌شود و به دنبال آن نیز BD خاک افزایش خواهد یافت.

Archive of SID

www.SID.ir



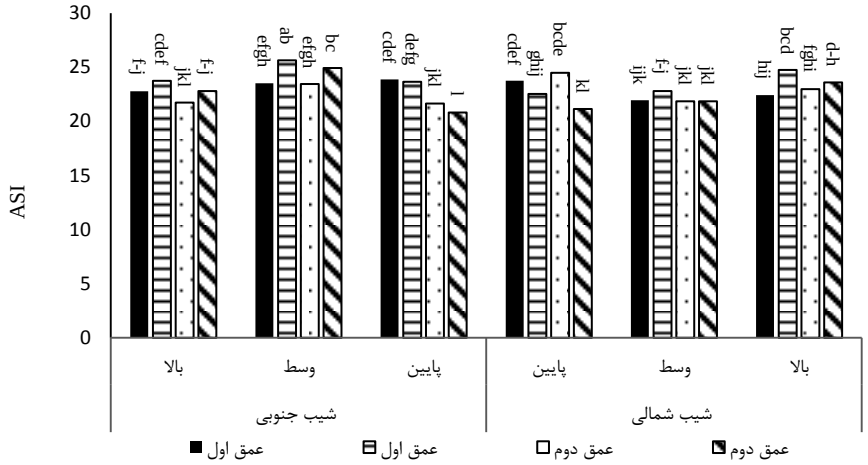
شکل ۳- مقایسه میانگین الف) CCE و ب) OM تحت تأثیر جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی

اثر جهت شخم و توپوگرافی بر نمایه‌های پایداری خاکدانه

جهت و موقعیت شیب، خاک‌ورزی و عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر نمایه ASI داشتند (جدول ۲). این تأثیر برای جهت شیب در سطح ۵ درصد، نوع خاک‌ورزی در سطح یک درصد و برای موقعیت شیب و عمق خاک در سطح ۰/۱ درصد معنی‌داری بوده است. جهت شیب بر روی نمایه پایداری خاکدانه تأثیر معنی‌داری دارد و میزان این نمایه در شیب شمالی کم‌تر می‌باشد (شکل ۴). در شیب شمالی تفاوت معنی‌داری بین دو خاک‌ورزی وجود نداشت اما تفاوت در نمایه ASI در شیب جنوبی بین دو خاک‌ورزی وجود داشت. میزان بیش‌تر این نمایه در شیب جنوبی احتمالاً به دلیل همبستگی مثبت با درصد کربنات کلسیم خاک است که در ادامه بحث خواهد شد. Niewczas and Witkowska (2003) نیز در سه خاک موردمطالعه خود، دریافتند که در نمونه‌های باوجود محتوای کربن آلی مشابه، نمونه دارای آهک بیش‌تر در دو روش اندازه‌گیری نمایه ASI به‌وسیله باران مصنوعی و همچنین یک‌بار چرخه تر و خشک شدن، مقدار بزرگ‌تری از این نمایه را به نمایش گذاشته است و در سایر روش‌ها (۳ تا ۱۰ بار چرخه تر و خشک شدن و الک‌تر) نیز مقادیر بالایی از نمایه ASI را ارائه داده است. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود، موقعیت‌های وسط و پایین تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما هر دو با موقعیت بالا دارای تفاوت معنی‌داری بودند. وجود آهک بیش‌تر می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد. در همین جهت در خاک‌ورزی موازی تفاوت معنی‌داری فقط بین موقعیت پایین با دو موقعیت دیگر مشاهده شد. در این جهت موقعیت‌های بالا و پایین دو خاک‌ورزی دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به هم بودند اما این تفاوت در موقعیت وسط دو خاک‌ورزی مشاهده نشد. در شیب جنوبی و خاک‌ورزی عمود، بین هر سه موقعیت تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در همین جهت و خاک‌ورزی موازی تفاوت بین موقعیت بالا و وسط وجود داشت ولی هیچ‌کدام با موقعیت پایین تفاوت معنی‌داری نداشتند. در این جهت موقعیت‌های بالا و وسط در دو خاک‌ورزی دارای تفاوت معنی‌داری بودند اما در موقعیت پایین تفاوتی نداشتند. در شیب جنوبی و در هر دو خاک‌ورزی، در موقعیت پایین تفاوت بین خاک سطحی و عمقی معنی‌داری هستند. Balesdent *et al.* (2000) و Six *et al.* (2004) بیان کردند که سیستم خاک‌ورزی بدون شخم سبب افزایش پایداری خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۲۵۰µm خواهد شد. همان‌گونه که در جدول همبستگی (۱) نشان داده شد بین ASI و OM همبستگی وجود داشت. پایداری خاکدانه‌ها تحت تأثیر ویژگی‌های مختلفی مانند مقدار رس، اکسیدهای آهن، کربنات کلسیم و ماده آلی است (Barthes *et al.*, 2008). در همین راستا Lynch and Bragg (1985) بیان کردند که OM خاک هم در تشکیل و هم در پایداری خاکدانه‌ها تأثیر مثبت دارند، به‌طوری‌که با افزایش مقدار OM خاک پایداری خاکدانه‌ها افزایش خواهد یافت. Monnier (1965) و Quirk and Murray (1991) نشان دادند که OM با ایجاد یک پوشش آب‌گریز در اطراف خاکدانه‌ها باعث کاهش سرعت نفوذ آب به داخل خاکدانه‌ها و افزایش مقاومت خاکدانه در برابر تنش ناشی از مرطوب شدن سریع می‌شود. همچنین Angers (1998)بیان کرد که در اثر تجزیه ماده آلی، برخی از اسیدهای آلی تولیدشده سبب چسبندگی ذرات و انحلال نمک‌های حاوی کلسیم می‌شوند و درنهایت پایداری خاکدانه افزایش خواهد یافت. Niewczas and Witkowska (2005) برای سه نوع خاک تحت تیمارهای مختلف شاخص ASI را در دامنه ۱۷/۳ تا ۳۰/۲ به دست آوردند. این پژوهشگران بیان کردند که ممکن است تغییرات در شاخص ASI بسیار بالا باشد. دامنه تغییرات ASI در

Archive of SID
www.SID.ir

این تحقیق بین ۲۰ تا ۲۵ می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به توالی مراحل الک تر و خشک در تعیین ASI، در مناطق خشک و نیمه‌خشک که اساساً مقدار ماده آلی ناچیز و ساختمان خاک شکننده است این شاخص نتواند پایداری خاکدانه‌ها را در مناطق نیمه خشک تفکیک نماید.



شکل ۴- مقایسه میانگین ASI تحت تأثیر جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی

خاک‌ورزی و عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر روی نمایه MWD گذاشته‌اند ولی موقعیت و جهت شیب در این میان بی‌تأثیر. تأثیر خاک‌ورزی و عمق در سطح ۰/۱ معنی‌دار شده است (جدول ۲). در جهت شمالی، بین دو خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری از نظر نمایه MWD دیده می‌شود. این گفته در مورد شیب جنوبی نیز صدق می‌کند (جدول ۴). مقدار نمایه MWD در هر دو حالت در خاک‌ورزی عمود بیش‌تر از خاک‌ورزی موازی است. اما در هر دو خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری بین دو جهت شمالی و جنوبی از نظر میزان نمایه MWD مشاهده نشد. بااین‌حال میزان این نمایه در شیب شمالی بیش‌تر از شیب جنوبی برای هر دو خاک‌ورزی بود. وجود شرایط مناسب‌تر ازجمله OM بیش‌تر می‌تواند دلیلی بر این اختلاف باشد. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود در هر سه موقعیت بالا، وسط و پایین بین خاک سطحی و عمقی اختلاف معنی‌داری دیده شد. در همین جهت و خاک‌ورزی موازی نیز اوضاع به همین ترتیب بود و تنها در پایین شیب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. Asadi *et al.* (2011) بیان کردند که رابطه معنی‌داری بین MWD با موقعیت شیب وجود دارد. در تمام این موارد میزان MWD خاک عمقی بیش‌تر از خاک سطحی بود. در شیب جنوبی و خاک‌ورزی عمود هرچند در بالای شیب اختلاف معنی‌داری را برای MWD خاک سطحی و عمقی نشان نداد اما در دو موقعیت دیگر این اختلاف مشاهده می‌شود. در موقعیت بالایی مقدار MWD خاک سطحی اندکی بیش‌تر از خاک عمقی بود. در شیب جنوبی و خاک‌ورزی موازی نیز اختلاف معنی‌دار تنها در موقعیت بالای شیب بین خاک سطحی و عمقی برای نمایه MWD مشاهده شد. این نمایه در خاک سطحی کم‌تر از خاک عمقی است. Foy (2003) بیان کرد که خاک‌ورزی مرسوم باعث افزایش فرایندهای زیستی شده و در نتیجه ساختمان خاک ناپایدارتر شده و به قطعات کوچک‌تری تبدیل خواهند شد. Nazmi *et al.* (2012) بیان کردند که مقدار MWD تحت تأثیر نوع سیستم کشت است، به‌این صورت که در اراضی مرتعی میزان MWD بیش‌تر از اراضی است که تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند.

نمایه GMD نیز تحت تأثیر جهت شیب، خاک‌ورزی و عمق بوده است اما موقعیت شیب تأثیر معنی‌داری بر این نمایه نداشته است (جدول ۲). سطح معنی‌داری جهت شیب، خاک‌ورزی و عمق به ترتیب ۰/۱، ۰/۱ و ۰/۱ درصد بوده است. مقدار نمایه GMD در جهت شمالی بیش‌تر از جهت جنوبی است. برخلاف MWD، در جهت شمالی اختلاف معنی‌داری بین دو خاک‌ورزی از نظر نمایه GMD دیده شده است (جدول ۴). این گفته در مورد شیب جنوبی نیز صدق می‌کند و مقدار نمایه GMD در خاک‌ورزی عمود بیش‌تر از خاک‌ورزی موازی است، اما در مقایسه یک خاک‌ورزی در دو جهت شمالی و جنوبی، خاک‌ورزی موازی میزان نمایه GMD متفاوتی در دو جهت شمالی و جنوبی داشت و این اختلاف کاملاً معنی‌داراست. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود در هر سه موقعیت بالایی، وسط و پایینی بین خاک سطحی و عمقی از نظر نمایه GMD تفاوت معنی‌دار وجود دارد. این نمایه در خاک عمقی از مقدار بیش‌تری برخوردار است. در همین شیب (شمالی) و خاک‌ورزی موازی، موقعیت بالایی و میانی خاک سطحی و عمقی تفاوت

Archive of SID
www.SID.ir

معنی‌داری از نظر نمایه GMD نشان دادند. میزان این نمایه در خاک عمقی بیش‌تر بود. اما در موقعیت پایین اختلاف معنی‌داری نیست. در شیب جنوبی و خاک‌ورزی عمود هیچ‌یک از موقعیت‌ها اختلاف معنی‌داری را از نظر نمایه GMD بین خاک سطحی و عمقی نشان ندادند. در همین جهت و خاک‌ورزی موازی نیز تنها موقعیت بالای شیب این اختلاف را نشان داد. Gardner (1956) بیان کرده است که GMD گاهی اوقات بهتر از MWD پایداری خاکدانه‌ها را نشان می‌دهد. به‌طورکلی این پژوهشگر بیان کرد در صورت که توزیع اندازه خاکدانه‌ها نرمال باشد بهتر است از MWD و هنگامی‌که این توزیع به‌صورت نیمه لگاریتمی (لوگ-نرمال) است از GMD استفاده گردد.

جدول ۴- مقایسه میانگین سه شاخص‌های پایداری خاکدانه تحت تأثیر جهت و موقعیت شیب، نوع خاک‌ورزی و عمق خاک

	شمالی						جنوبی					
	۰-۱۵ cm											
	عمودی			موازی			عمودی			موازی		
	بالا	وسط	پایین	بالا	وسط	پایین	بالا	وسط	پایین	بالا	وسط	پایین
MWD	۱/۰۲$^{g-l}$	۱/۱$^{f-l}$	۱/۱۶$^{f-l}$	۰/۹۵$^{h-l}$	۰/۸۴^{kl}	۰/۹۱^{jkl}	۱/۴۹^{def}	۱/۴۰$^{e-i}$	۱/۱۱$^{f-l}$	۰/۷۴^{l}	۰/۸۳^{kl}	۰/۹۴^{ijkl}
GMD	۰/۰۱۴$^{e-k}$	۰/۰۱۴$^{e-k}$	۰/۰۱۶$^{c-h}$	۰/۰۱۴$^{f-k}$	۰/۰۱۳^{k}	۰/۰۱۴$^{g-k}$	۰/۰۱۶$^{d-h}$	۰/۰۱۶$^{c-g}$	۰/۰۱۵$^{e-k}$	۰/۰۱۳^{jk}	۰/۰۱^{ijk}	۰/۰۱۴$^{h-k}$
D	۳/۱۳^{cdef}	۳/۱۲^{cdef}	۳/۰۴^{efgh}	۳/۲۴^{bcd}	۳/۲۵^{bc}	۳/۰۹^{defg}	۳/۰۱^{efghi}	۳^{efghi}	۳/۰۴$^{e-h}$	۳/۳۵^{ab}	۳/۳۲^{b}	۳/۱۱$^{c-g}$
	۱۵-۳۰cm											
MWD	۱/۸۷^{bcde}	۱/۹^{bcd}	۲/۲۲^{ab}	۱/۵^{defg}	۱/۵۴^{cde}	۱/۳۴$^{f-j}$	۱/۴۱^{efgh}	۲/۰۰^{bc}	۱/۸۲^{cd}	۱/۳$^{f-k}$	۱/۲$^{f-k}$	۱/۲۵$^{f-k}$
GMD	۰/۰۲۷^{cd}	۰/۰۲^{bc}	۰/۰۲۷^{a}	۰/۰۱۷^{cde}	۰/۰۱۶^{cd}	۰/۰۱۶$^{c-g}$	۰/۰۱۵$^{e-i}$	۰/۰۱۸^{c}	۰/۰۱۶^{def}	۰/۰۱۵^{defg}	۰/۰۱۵$^{e-j}$	۰/۰۱۴$^{h-k}$
D	۲/۹۲^{h}	۲/۹۱^{hi}	۲/۸۷^{i}	۹۶,۲^{gh}	۲/۹۸^{fghi}	۳/۰۴$^{e-h}$	۳/۰۳^{efgh}	۲/۹۰^{hi}	۲/۹۴^{hi}	۳/۰^{efgh}	۳/۰۴$^{e-h}$	۳/۱۴^{cde}

حروف لاتین در جدول نتایج مقایسه میانگین را نشان می‌دهند. در هر پارامتر حداقل یک حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین شرایط مختلف است.

هرچند جهت و موقعیت شیب بر روی D بی‌تأثیر بوده‌اند، اما خاک‌ورزی و عمق خاک اثر معنی‌داری بر آن داشته و هر دو در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). باوجود معنی‌دار نشدن اثر کلی جهت شیب بر D، این نمایه به‌طورکلی در جهت شمالی کم‌تر از جهت جنوبی بود و در خاک‌ورزی موازی (در جهت شیب) تفاوت دو جهت معنی‌دار بود (جدول ۴). تفاوت بین دو خاک‌ورزی از نظر D در جهت جنوبی معنی‌دار بود. وجود تفاوت معنی‌دار در شیب جنوبی بین دو خاک‌ورزی مؤید این نکته است که در شرایط محیطی سخت‌تر (در اینجا شیب جنوبی) خاک‌ورزی عمود برتری خود را نسبت به خاک‌ورزی موازی نشان داده است. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود، تفاوت معنی‌داری بین موقعیت‌های مختلف شیب مشاهده نشد. در جهت شمالی و خاک‌ورزی موازی نیز وضعیت به همین ترتیب بود. ولی کاهش در میزان D در پایین شیب در هر دو خاک‌ورزی مشهود بود. همبستگی منفی بین D و درصد OM خاک می‌تواند دلیلی برای کاهش مقدار این نمایه در پایین شیب باشد. در مقایسه بین دو خاک‌ورزی در شیب شمالی موقعیت‌های مختلف دو خاک‌ورزی نسبت به هم دارای اختلاف نبودند. ولی در شیب جنوبی هر سه موقعیت در دو خاک‌ورزی نسبت به هم دارای اختلاف معنی‌دار بودند. در شیب شمالی و خاک‌ورزی عمود، بین خاک سطحی و عمقی در هر سه موقعیت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. میزان D در خاک عمقی کمتر بود (جدول ۴). در همین جهت و خاک‌ورزی موازی نیز اختلاف در موقعیت‌های بالا و وسط بین خاک سطحی و عمقی معنی‌دار بود ولی در موقعیت پایین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. سست بودن خاکدانه‌ها و حساس بودن نسبت به عمل مکانیکی ناشی از بالا و پایین رفتن در آب توسط عمل الک‌تر می‌تواند دلیلی قابل‌توجه برای بیشتر بودن D در خاک سطحی باشد. در شیب جنوبی و خاک‌ورزی عمود، بین خاک سطحی و عمقی تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از موقعیت‌ها دیده نشد. در همین جهت و خاک‌ورزی موازی، در دو موقعیت بالا و وسط، خاک سطحی و عمقی دارای اختلاف معنی‌داری بودند. ولی در موقعیت پایین اختلاف معنی‌داری دیده نشد. Czyz and Dexter (2008, 2009)بیان کردند که فعالیت‌های خاک‌ورزی سبب کاهش در اندازه خاکدانه‌ها خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که جهت شیب تأثیر معنی‌داری بر همه ویژگی‌های موردمطالعه به‌جز درصد شن و اسیدیته خاک داشته است. BD کم‌تر در جهت شمالی بیانگر وضعیت ساختمانی بهتر خاک در این جهت است. در سایه بودن و OM بیش‌تر، احتمالاً جمعیت میکروبی و درصد بقایای گیاهی بیش‌تر، فشردگی کم‌تر خاک از عوامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های خاک در این جهت است. ظرفیت نگهداشت رطوبتی بهتر در

Archive of SID
www.SID.ir

جهت شمالی نیز از مشخصه‌های مهم در این جهت است. میزان بیش‌تر EC در این جهت بیان‌گر وضعیت مناسب‌تر عناصر غذایی موردنیاز گیاه زراعی است. در مورد CCE احتمالاً وجود درصد بیش‌تری از رطوبت در شیب شمالی که باعث انتقال آهک به عمق می‌شود علتی بر حضور بیش‌تر آهک در شیب جنوبی است. از نظر نمایه‌های پایداری تنها GMD و ASI بین دو جهت تفاوت نشان دادند. احتمالاً همبستگی مثبت به‌دست‌آمده بین نمایه ASI و درصد CCE خاک و همچنین همبستگی مثبت نمایه GMD و درصد OM خاک دلایلی برای میزان ASI بیش-تر در شیب جنوبی و میزان GMD بیش‌تر در شیب شمالی است. خاک‌ورزی بر اغلب ویژگی‌های خاک تأثیر معنی‌داری داشته است. خاک‌ورزی موازی یا در جهت شیب موجب فرسایش بیشتر لایه سطحی و مخلوط شدن خاک سطحی با خاک عمقی (با کربنات بیش‌تر) و بالا رفتن درصد کربنات کلسیم خاک شد. در نتیجه pH در این خاک‌ورزی مقادیر بیش-تری را شامل می‌شد. از نمایه‌های پایداری، GMD، MWD و D وضعیت بهتری از ساختمان خاک را در خاک‌ورزی عمود ارائه دادند. درحالی‌که نمایه ASI این‌طور نبوده است. هرچند موقعیت شیب بر روی بسیاری از ویژگی‌های خاک تأثیر معنی‌داری داشت اما روی نمایه‌های پایداری به‌جز نمایه ASI تأثیر معنی‌داری نداشته است. از میان نمایه‌های پایداری، MWD، GMD و بعد فراکتالی همسو با هم عمل کردند. به نظر می‌رسد هر سه نمایه می‌توانند به خوبی وضعیت خاکدانه‌ها را تشریح کنند. نمایه ASI با دیگر نمایه‌ها تفاوت نشان داد. چراکه در آن ابتدا توزیع اندازه خاکدانه‌ها با الک خشک به‌دست می‌آید و سپس هر کلاس اندازه‌ای جداگانه به‌صورت تر الک می‌شود، لذا به نظر می‌رسد ASI نتواند خاک‌های مناطق خشک و نیمه-خشک را که اساساً مقدار ماده آلی ناچیز و ساختمان خاک شکننده‌ای دارند، تفکیک نماید. احتمالاً نوع محاسبه این نمایه و جدا کردن کلاس‌های خاکدانه‌ای علاوه بر همبستگی این شاخص با CCE موجب این تفاوت‌ها شده است. به‌صورت کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که جهت و موقعیت شیب و مدیریت زراعی اثرات بسیار پیچیده‌ای بر ویژگی‌های خاک در عمق‌های مختلف دارند.

REFERENCES

Afzalinia, S. and Zabihi, J. (2014). Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage. *Soil Tillage Res.* 137, 1–6.

Amezketa, E., Arguos, R., Carranza, R. and Urgel, B. (2003). Macro and micro aggregate stability of soils determined by a combination of wet seving and laser-ray differection. *Spanish Journal of Agriculture Research*, 4(1), 83-94.

Amezketa, E., Singer, M.J., Gunapala, N., Scow, K., Friedman, D. and Lundquist,E. (1996). Soil aggregate stability in conventional, low-input and organic farming systems. (Unpublished data).

Amezketa, E. (1999). Soil aggregate stability: A review. *Sustain. Agric.* 14, 83–151.

Angers, A.D. (1998). Water stable aggregation of Quebec silty clay soils: some factors controlling its dynamics. *Soil Tillage Res.* 47: 91-96.

Asadi, H., Raeisvandi,A., Rabiei, B., and Ghadiri,H. (2011). Effect of land use and topography on soil properties and agronomic productivity on calcareous soils of semiarid region, Iran. *Land Degrad. Develop.* 23, 496–504. DOI: 10.1002/ldr.1081.

Badalikova, B., and Bartlova, J. (2014). Effect of soil tillage and digestate application on some soil properties. *Columella J. Agri. Environ. Sci.* 1, 7-11

Balesdent, J., Chenu, C. and Balabane, M. (2000). Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Tillage Res.* 53, 215-230.

Barthes, B.G., Kouoa Kouoa, E., Larre-Larrouy. M.C., Razafimbelo, T.M., de Luca, E.F., Azontonde, A., Neves, C.S., de Freitas, P.L. and Feller, C.L. (2008). Texture and sesquioxide effects on water stable aggregates and organic matter in some tropical soils. *Geoderma*, 143, 14-25.

Blake, G. R. and Hartge, K. H. (1986). Bulk density. Klute, A. (Ed), Methods of soil analysis Part 1. Physical and Mineralogical method, 2nd ed. Agronomy. 9, 363-382.

Bossuyt, H., Denef, K., Six, J., Frey, S.D., Merckx, R. and Paustian, K. (2001). Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. *Appl. Soil Eco.* 16, 195-208.

Brubaker, S. C., Jones, A. J., Lewis, D. T., and Frank,K. (1993). Soil properties associated with landscape position. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 235-239.

Chan, K.Y., Heenan, D.P. and Ashley, R. (1994). Seasonal changes in surface aggregate stability under different tillage and crops. *Soil Tillage Res.* 28, 301-314.

Chenu, C., Y. Le, B. and Arrouays, D. (2000). Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1479–1486.

Comegna,V., Damiani, P. and Sommella, A. (1998). Use of a fractal model for determining soil water retention curves. *Geoderma*, 85, 307–323

Czyz, E.A. and Dexter, A. R. (2008). Soil physical properties under winter wheat grown with different tillage systems at selected locations. *Int. Agrophysics* 22, 191-200.

Czyz, E. A. and Dexter, A.R. (2009). Soil physical properties as affected by traditional, reduced and

Archive of SID

www.SID.ir

no-tillage for winter wheat. *Int. Agrophysics* 23, 319-326.

Doran, J. W., Sarrantino, M. and Liebig, M. A. (1996). Soil health and sustainability. *Adv. Agronomy* 56, 1-54.

Elder, J.W. and Lal, R. (2008). Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio. *Soil Tillage Res.* 98(2), 208–210.

Eskandari, A. (2008). Design and evaluation of a low soil by mixing in seedbed preparation. Water, soil, machine. 6-No 51.

Eynard A., Schumacher, T.E., Lindstrom, M.J. and Malo, D.D. (2004). Aggregate sizes and stability in cultivated South Dakota Prairie Ustolls and Usterts. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 1360-1365.

Foy, N. (2003). Effet des systems de cultura sur levolution de la structure dun sol limoneux. PhD Thesis. Ecole Nationale Dingenieur des Travaux Agricoles de Bordeaux.

Franzmeier, D. P., Pedersen, E. J., Longwell, T. J., Byrne, J. G. and Losches, C. K. (1969). Properties of some soils in the Cumberland plateau as related to slope aspect and position. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 33, 755-791.

Fu, B., Liu, S., Chen, L., Lu, Y. and Qiu, J. (2004). Soil quality regime in relation to land cover and slope position across a highly modified slope landscape. *Ecol. Res.* 19, 111-118.

Gardner, W. R. (1956). Representation of soil aggregate size distribution by a logarithmic-normal distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 20, 151-153.

Gbadamosi, J. (2013). Impact of different tillage practies on soil moistures content, soil bulk density and soil penetreation resistance in OYO metropolis, OYO state, Nigeria.Trans. J. Sci. Tech. 3(9), 50-57.

Gee, G. W. and Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. pp. 383-409. In Klute, A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and Soil Sci. Am. J.Madison, WI.

Gong, J., Chen, L. D., Fu, B. J. and Wei, W. (2007). Integrated effects of slope aspect and land use on soil nutrient in a small catchment in a hilly loess area, China. *Intern. J. Sustain. Develop. World Ecol.* 14, 307-316.

Gulser, C. (2006). Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. *Geoderma*, 131, 33-44.

Jabro, J. D., Stevens, W. B., Evans, R. G. and Iversen, W.M. (2009). Tillage effects on physical properties in two soils of the Northern Great Plains. *Appl. Eng. Agric.* 25, 377–382.

Jabro, J. D., Stevens, W. B., Iversen, W. M. and Evans, R. G.(2011). Bulk density and hydraulic properties of a sandy loam soil following conventional or strip tillage. *Appl. Eng. Agric.* 27, 765–768.

Jabro, J. D., Iversen, W. M., Stevens, W. B., Evans, R. G., Mikha, M.M. and Allen, B. L.(2015). Effect of three tillage depths on sugarbeet response and soil penetrability resistance. *Agron. J.* 107, 1481–1488.

Jabro, J.D., Iversen, W.M., Stevens, W.B., Evans, R.G., Mikha, M.M. and Allen, B.L. (2016). Physical and hydraulic properties of a sandy loam soil under zero, shallow and deep tillage practices. *Soil Tillage Res.* 159: 67–72

Kemper, W.R. and Koch, E.J. (1966). Aggregate stability of soils from western USA, and Canada. USDA. Technol. Bull. No. 1355.

Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, Ch. and Wani, S.P. (2009). Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loss derived soils in colestan province. *Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment.* 134, 178-189.

Khurshid, K., Iqbal, M., Arif, M.S. and Nawaz, N. (2006). Effect of tillage and mulch on soil physical and properties and growth of maize. *International Journal of Biology.* 5, 593-596.

Leifeld, J. and Kogel-Knabner, I. (2005). Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land use. *Geoderma*, 124, 143-155.

Liu, X., Herbert, S.J., Hashemi, A.M., Zhang, X. and Ding, G. (2006). Effect of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation. A review. *Plant Soil Environ.* 52(12), 531-543.

Litvin, D. (1998). Dirtpoor. Economist, 3-16.

Lynch, J.M., and Bragg, E. (1985). Microorganisms and soil aggregate stability. *Adv. Soil Sci.* 2, 133-171.

Mahmoodabadi, M., and Ahmadbeygi, B. (2011). Effect of soil physical and chemical properties on aggregate stability in some cultivation systems. *J. of Soil Management and Sustainable Production*, Vol. 1(2), 61-79.

Małecka, I., Blecharczyk, A., Sawinska, Z., Swedrzynska, D. and Piechota, T. (2015). Winter wheat yield and soil properties response to longterm non-inversion tillage. *J. Agr. Sci. Tech.* 17, 1571-1584.

McLean, E.Q. (1982). Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L. Miller, R.H. Keeney, D.R (Eds). Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbilogycal Properties, 2nd Ed Agronomy. 9: 199-224

Mehdizade, B., Asadi, H., Shabanpour, M. and Ghadiri, H. (2013). The impact of erosion and tillage on the productivity and quality of selected semiarid soils of Iran. *Intern. Agrophysics.* 27, 291-297.

Moges, A. and Holden, N.M. (2008). Soil fertility in relation to slope position and agricultural land use: a case study of umbulo. Catchment on southern Ethiopia. *Environ. Manage.* 42,753-763.

Monnier, G. (1965). Action des matieres organiques sur la stabilite structurale des sols. *Ann. Agron.* 16: 327-400.

Naidu, R., McClure, S., McKenzie, N.J. and

Archive of SID

www.SID.ir

Fitzpatrick, R.W. (1996). Soil solution composition and aggregate stability changes caused by long-term farming at four contrasting sites in South Australia. *Aust. Soil Res. J.* 34, 511-527.

Nazmi, L., Asadi, H. and Manukyan, R. (2011). Changes in soil properties and productivity as affected by land use and slope position in the northwest of Iran. *J. Food, Agric. Environ.* 9(3&4), 864 -870.

Nazmi, L., Asadi, H., Manukyan, R. and Naderi, H. (2012). Influence of tillage displaced soil on the productivity and yield components of barley in northwest Iran. *Can. Soil Sci. J.* 92(4), 665–672.DOI: 10.4141/cjss2011-096.

Niewczas, J. and Witkowska-Walczak, B. (2003). Index of aggregates stability as linear function value of transition matrix elements. *Soil Tillage Res.*70 (2), 121-130.

Niewczas, J. and Witkowska-Walczak, B. (2005). The soil aggregates stability index (ASI) and its extreme values. *Soil Tillage Res.*80: 69–78.

Oades, J.M. (1993). The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma.* 56, 377-400.

Ovalles, M. and Collins, M. E. (1986). Soil landscape relationship and soil variability in north central Florida. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 401-408.

Peixoto, R.S., Coutinho, H.L.C., Madari, B., Machado, P.L., Rumjanek, N.G., Van Elsas, J.D., Seldin, L. and Rosado, A.S. (2006). Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian Cerrados. *Soil Tillage Res.* 90, 16-28.

Perfect, E. and Blevins, R. L. (1997). Fractal characterization of soil aggregation and fragmentation as influenced by tillage treatment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 896-900.

Piersion, F.B. Mulla, D. J. (1990). Aggregate stability in the Palouse region of Washington: effect of landscape position. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 1407-1412.

Pojasok, T. and Kay, B. D. (1990). Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the stability of moist aggregates. *Can. J. Soil Sci.* 70, 33- 42.

Quirk, J.P. and Murray, R.S.(1991). Towards a model for soil structure behavior. *Aust. J. Soil Res.* 29, 828-867.

Radcliffe, D.E., Tollner, E.W., Hargrove, W. L., Clark, R.L. and Golabi, M.H. (1988). Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a typic hapludult soil after ten years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 798-804.

Rasiah, V. and Kay, B.D. (1994). Characterizing changes in aggregate stability subsequent to introduction of forages. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 935-942.

Rezaei, N., Roozitalab, M. H. and Ramezanpour, H. (2012). Effect of land use change on soil properties and clay mineralogy of forest soils developed in the Caspian sea region of Iran. *Agr. Sci. Tech. J.* 14, 1617-1624.

Roades, J.D. (1996) Salinity: electrical conductivity and and total dissolved solids. Method of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Madison. Wisconsin, USA. 417-436.

Shainberg, I., Rhoades, J.D., and Prather, R.J. (1981). Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 273-277.

Shi-wei, Z., Su, J., Yang, Y. H., Liu, N. N. and Shanggum, Z. P. (2006). A fractal method of estimating soil structure changes under different vegetations on Ziwuling Mountains of the loess plateau, china. *Agricultural Science in China.* 5, 530-538.

Shukla, M. K. (2003). Tillage effect on physical and hydrological properties of a typic argiaquoll in central Ohio. *Soil Science.* 168, 802-811.

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. (2004). A history of research on the link between (Micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79, 7-31.

Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K. and Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62, 1367-1377.

Six, J., Schultz, P.A., Jastrow, J. D. and Merckx, R. (1999). Recycling of sodium polytungstate used in soil organic matter studies. *Soil Biology Biochemistry.* 31, 1193-1196.

Slowinska-Jurkiewicz, A. (1994). Changes in structure and physical properties of soilduring spring tillage operations. *Soil Tillage Res.* 29, 397-407.

Spark, D. (1996). Method of Soil Analysis, Part 3. Chemical Method. Soil Science Society of America Book Series NO 5. Soil Sci. Am. J. Madison. WI.

Stocking, M. A. (1984). Erosion and soil productivity: a review consultants working papar1. Land and water development division, food and agriculture research center. Washington state university NO.XB. 0949.Pp15

Tebrugge, F. and During, R.A. (1999). Reducing tillage intensity a review of results from a long term study in Germany. *Soil Tillage Res.* 53, 15-28.

Turoctte, D. L. (1986). Fractals and fragmentation. *Geophys. Res. J.* 91(82), 1921-1926.

Walkey, A. and Black, I.A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.

Wang, J., Fu, B. and Qiu, Y. (2001). Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi -arid small catchment on the losses plateau in china. *J. Arid Environ.* 48, 537-550.

Watts, C.W., Dexter, A.R. and Longstaff, D.J. (1996). An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilization during tillage. Part II. Field trials. *Soil Tillage Res.* 37, 175-190.

Archive of SID

www.SID.ir