پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۱۰۵، زمستان ۱۳۹۳
(پژوهش و سازندگی)

شاخص‌های ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها و مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر آن: مطالعه موردی کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان

• **فرزاد مرادی**
دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
• **بیژن خلیل مقدم**
استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (نویسنده مسئول)
• **سیروس جعفری**
دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
• **شجاع قربانی دشتکی**
استادیار خاکشناسی دانشگاه شهرکرد
تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۹۲
Email: Moghaddam623@yahoo.ie

چکیده

شـــرح و کمی‌سازی ساختمان خاک به دلیل ارتباط بسیاری از فرآیندهای زیســـت محیطی و کشاورزی با آرایش واحدهای ثانویه خاک (خاکدانه‌ها) و پایداری آن‌ها، بســـیار مهم می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی شـــاخص‌هایی جهت توصیف پایداری ســـاختمان خاک براساس داده‌های کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان می‌باشد. بر همین اساس، ۱۵۵ نمونه خاک از عمق ۴۰-۰ ســـانتی‌متری جهت ایجاد معادلات رگرسیونی برآوردکننده شاخص‌های میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها، دلینهیر و دبوت (DDI)، نســـبت پراکنش میدلتون (DR) و رس قابل پراکنـــش در آب (WDC) و معرفی مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر این شـــاخص‌ها، جمع‌آوری گردید. به علاوه امکان استفاده از میانگین هندسی (dg) و انحراف معیار هندسی (σg) قطر ذرات خاک به جای توزیع اندازه ذرات در استخراج توابع رگرسیونی نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که نسبت جذب سطحی سدیم و کربن آلیبه ترتیب با درجه تأثیر ۸۱/۸ و ۲۷/۸ برای MWD و ۶۱/۳ و ۱۵/۲ برای DDI، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر شـــاخص‌های MWD و DDI بودند. همچنین در بین ویژگی‌های مؤثر بر DR، بیش‌ترین نقش مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم بود در حالی کهمیزان رس، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل در درجه بعدی اهمیت قرار داشتند. هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل، نسبت جذب سطحی سدیم، کربن آلی و میزان شن سهم تقریباً برابری در برآورد WDC داشتند. بالاترین همبستگی(R=۰/۹۷) بین دو شاخص MWD و DDI وجود داشـــت. به علاوه نتایج نشـــان داد که dg و σg به عنوان توصیف کننده‌های اندازه ذرات، نتوانستند دقت برآورد شاخص‌ها را بهبود بخشند.

کلمات کلیدی: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، شاخص دلینهیر و دبوت، نسبت پراکنش، رس قابل پراکنش در آب

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 105 pp:43-53

Aggragates Stability Evaluation Indices and The Most Effective Soil Characteristics: Case Study in Sugarcane Agro-Industry of Khozestan

By: F. Moradi, MSc student., Department of Soil Science, Khozestan-Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran. *B. Khalilmoghadam,* Assistant Prof., Department of Soil Science, Khozestan-Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran *(Corresponding Author). H.A. Nadian,* Assistant Prof., Department of Soil Science, Khozestan-Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran, *S. Ghorbani dashtaki,* Prof., Department of Soil Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

The description and quantification of soil structure is very important because of the many agronomic and environmental processes related to the arrangement of secondary soil units (aggregates) and their stability. The purpose of this study is to evaluate indices used to characterize soil structural stability based on Khozestan sugarcane Agro-Industries data. According to this, 155 soil samples from 0-40 cm were collected to establish regression equations predicting mean weight diameter (MWD), De Leenheer and Deboodt (DDI), Middleton's dispersion ratio (DR) and water dispersed clay (WDC) indices and to introduce most important factors influence these indices. Further, the possibility of using the geometric mean (dg) and geometric standard deviation (σg) of soil particle diameters instead of soil particle size distribution to derive regression equations was investigated. These results indicate that sodium adsorption ratio and organic carbon were the most important factors that influence the MWDand DDI indices,respectively, with a grade of 81.8 and 27.8 for MWD and 61.3 and 15.2 for DDI. Also, among the features that influence the DR, greatest role was related to sodium adsorption ratio, whereas, clay content, organic carbon and calcium carbonateprovided later ranking of evaluation. Electerical conductivity, calcium carbonate, sodium adsorption ratio, organic carbon and sand content, almost, have the same portion in predicted WDC. Maximum correlation(R=0.97) found between MWD and DDI. Also, results showed that the descriptors of the particle size distribution (dg and σg) did not improve the accuracy of indices prediction.

Keywords: Mean weight diameter, De Leenheer and Deboodt index, Middleton'sdispersion ratio, Water dispersed clay

مقدمه

کشت و کار مکانیزه نیشکر در استان خوزستان با شرایط آب و هوایی و خاک ویژه با قدمتی بیش از ۵۰ سال در حال انجام است. با وجود اهمیتی که این گیاه در کشور دارد، کشت و زرع آن با معضلاتی روبروست که از آن جمله می‌توان به تراکم و تخریب ساختمان خاک اشاره کرد. ذرات خاک به ندرت به صورت منفرد و مجزا از هم یافت می‌شوند. خاکدانه‌ها از نوآرایی، هم‌آرایی و سیمانی شدن ذرات توسط واسطه‌هایی از جمله کربن آلی، ارگانیسم‌ها، پل‌های یونی، رس و کربنات‌ها شکل می‌گیرند (Bronick و Lal، 2005). اهمیت خاکدانه‌سازی که به خوبی با دوره‌های ده ساله کشاورزی و تحقیقاتی مراتع شناخته شده است، نشان می‌دهد که خاک‌هایخاکدانه‌سازی شده، نه تنها بهتر در برابر فرسایش بادی و آبی مقاومت می‌کنند، بلکه شرایط مفیدی را برای نفوذ، زهکشی، نگهداری رطوبت، تهویه، فعالیت بیولوژیکی، چرخه غذایی و پایداری بقا و استقرار گیاه مهیا می‌نماید (Corpenter و Chong، 2010). بنابراین پایداری خاکدانه‌های خاک یک شاخص از خصوصیت و کیفیت فیزیکی خاک می‌باشد (عمادالدین و همکاران، ۲۰۰۹).

علاوه بر ارزیابی‌های کیفی، شاخص‌های متعددی جهت ارزیابی کمی پایداری و یا ناپایداری ساختمان خاک پیشنهاد شده است. شیوه‌های فوق عمدتاً بر مبنای شکستگی و پراکنش خاکدانه‌ها تحت استرس‌های مکانیکی می‌باشند (Diaz-Zorita، 2002). طبق اظهارات Lal و Elliot (1994) شاخص واحدی جهت ارزیابی رفتار ساختمانی خاک‌ها تحت مدیریت‌های مختلف زراعی وجود ندارد و بنابراین شاخص‌های متعددی ممکن است جهت توصیف کامل وضعیت ساختمانی خاک‌ها، لازم باشد. De Leenheer و De Boodt (1959) و De Boodt و همکاران (1961) تفاوت بین پایداری خاکدانه‌ها در حالت خشک و تر (ΔMWD) را شاخصی کاراتر از میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت مرطوب (MWDwet) معرفی کرده و بعد از بررسی شاخص‌های متعدد ارزیابی پایداری ساختمان خاک، تنها ΔMWD را مرتبط با عملکرد زراعی دانستند. نیکپور و همکاران (۱۳۹۰) نیز شاخص دلینهیر و دبوت را شاخصی کاراتر در ارزیابی ساختمان خاک نسبت به میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به شیوه الک تر در اراضی استان همدان دانستند. Vanelslande و همکاران (۱۹۸۷) نیز با بهسازی و تغییرات در

روش دلینهیر و دبوت، پایداری ساختمان را با این شاخص ارزیابی کردند.

پراکنش ذرات رس نماینده ناپایداری ساختمان خاک است و تکنیک‌های کدورت سنجی متعددی نیز جهت تعیین رس قابل پراکنش بعد از استرس‌های مکانیکی وجود دارد (Diaz-Zorita 2002). در پژوهشی که توسط Igwe و Udegbunam (2008) صورت گرفت، مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر رس و سیلت قابل پراکنش کربن آلی، نسبت جذب سطحی سدیم، کلسیم قابل تبادل، اسیدیته و میزان سیلت و رس خاک تشخیص داده شدند. این محققین افزایش ماده آلی خاک با اصلاح شیوه‌های مدیریتی را در کاهش پراکندگی ذرات سیلت و رس را بسیار مهم دانستند. نتایج مشابهی نیز در ارتباط ماده آلی با پراکنش ذرات رس توسط تاجیک (۱۳۸۳) بدست آمد. Panayiotopoulos و همکاران (2004) از نسبت جذب سطحی سدیم به عنوان مهم‌ترین پارامتر مؤثر بر افزایش پراکنش ذرات رس نام بردند.

در حال حاضر، تخریب ساختمان خاک و ایجاد سله‌های سطحی از جمله معضلاتی است که کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان با آن روبرو هستند. از طرفی مقدار کمی و تفسیر پایداری خاکدانه‌ها علاوه بر ویژگی‌های ذاتی خاک به عوامل خارجی همچون روش اندازه‌گیری نیز وابسته می‌باشد (Zhangو Horn، 2001) بنابراین پژوهش حاضر جهت نیل به اهداف زیر انجام شده است:

۱. بررسی چهار شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، دلینهیر و دبوت، نسبت پراکنش میدلتون و رس قابل پراکنش در ارزیابی ساختمان خاک‌های چند کشت و صنعت نیشکر استان خوزستان

۲. معرفی مهم‌ترین پارامترهای مؤثر و ایجاد معادلات رگرسیونیدر برآورد شاخص‌های فوق‌الذکر

۳. بررسی امکان استفاده از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک در بهبود برآوردهای رگرسیونی شاخص‌های فوق‌الذکر

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

مناطق مورد مطالعه این پژوهش، چهار کشت و صنعت دعبل خزاعی، امیرکبیر، کارون و هفت تپه در استان خوزستان می‌باشد. استان خوزستان بر روی یک واحد فیزیوگرافی دشت سیلابی قدیمی(بازمانده جلگه بین‌النهرین) و دلتاهای حاصل از رودخانه‌های دز و شاوور واقع شده 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 نم نسبی سالانه ۵۵/۵ درصد می‌باشد. تاریخچه کشت نیشکر در مناطق مورد بررسی بین ۵ تا ۵۰ سال قرار دارد که به صورت تناوب زراعی با گندم، جو و ذرت همراه است. خاک‌های مورد مطالعه در گروه بزرگ Calcic Haploustepts قرار دارند (Soil survey staff, 2010). 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.

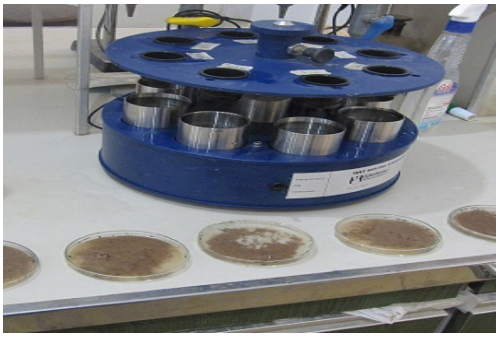
روش تحقیق

آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی

تعداد ۱۵۵ نمونه خاک از عمق ۴۰-۰ سانتی‌متریپروفیل، که به طور تصادفی نظارت شده انتخاب شده بودند، جمع‌آوری شد و بعد از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده، سپس کوبیده و از الک دو میلی‌متر عبور داده شدند. درصد رطوبت اشباع به روش وزن سنجی، بافت خاک (PSD) به روش هیدرومتری (Gee و Bauder، 1986)، کربنات کلسیم معادل (CaCO3) به روش حرارت دهی و تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک (Nelson، 1982)، چگالی ظاهری (BD) به روش سیلندری (Blakeو Hartge، 1986)، نسبت سدیم جذب سطحی شده (SAR) به کمک روش‌های معمول آزمایشگاهی شامل اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم محلول با استفاده از عصاره اشباع خاک توسط روش کمپلکسومتری و سدیم محلول با استفاده از عصاره اشباع خاک و به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر(Page و همکاران،1982)، حدود خمیری (PL) و روانی (LL) به ترتیب توسط روش‌های فتیله و کاساگراند (Bowels، 1986) و مقاومت نفوذی (PR) توسط نفوذسنج نوک مخروطی اندازه‌گیری شدند. ماده آلی (OC) نیز به روش اکسایش‌تر یا روش Walkly و Black(1947) 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 (Page و همکاران، 1982).میانگین هندسی قطر ذرات(dg) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات (σg)با استفاده از روابط پیشنهادی توسط Shirazi و Boersma(1984) محاسبه شد. میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر براساس معادله (۱) (Van Bavel، 1949) اندازه‌گیری گردید (شکل ۱).

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

که در آن MWD میانگین وزنی قطر ذرات خاک (mm)، میانگین قطر خاکدانه‌های باقیمانده بر روی هر الک (mm) و وزن خشک خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل خاک می‌باشند. سری الک‌های طراحی شده در دستگاه فوق ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳، ۰/۰۵۳ و ۰/۰۴۵ میلی‌متر هستند. جهت جلوگیری از تخریب ناگهانی خاکدانه‌ها تحت تأثیر هوای محبوس، به منظور اندازه‌گیری MWD نمونه‌ها ابتدا با آب فشان مرطوب شدند.



شکل ۱- شمایی از دستگاه الک تر ساخت شرکت Eijkelkamp

شاخص دلینهیر و دبوت (DDI) یکی از شاخص‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک بر پایه تفاوت MWD خاکدانه‌ها در دو حالت الک خشک و الک تر می‌باشد. در این پژوهش این شاخص به صورت زیر محاسبه شد:

(۲)

DDI=1/MWDdry-MWDwet

که در آن MWDdry و MWDwet به ترتیب میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در روش‌های الک خشک و تر به شیوه De Leenheer و De Boodt(1959) می‌باشند. مقاومت خاکدانه‌ها به شکستگی و پراکندگی به کمک شاخص پراکنش میدلتون (۱۹۳۰) بدست آمد. شاخص فوق بیانگر پایداری خاکدانه‌ها تحت استرس رطوبتی می‌باشد:

DR=(%silt+%clay)w/(%silt+%clay)c (۳)

که w و c بیانگر پراکندگی در آب مقطر و کالگون می‌باشند. اندازه‌گیری رس قابل پراکنش در آب (WDC) در خاکدانه‌های ۲-۱ میلی‌متر براساس کدورت‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر مطابق دستورالعمل ارائه شده توسط Pojasok و Kay (1990) صورت گرفت

.

تجزیه و تحلیل آماری

هنگام کاربرد رگرسیون، غیر نرمال بودن داده‌ها آزمون‌های فرض را غیر معتبر می‌سازد. بر همین اساس قبل از توسعه مدل‌های رگرسیونی ابتدا چگونگی داده‌ها با استفاده از آزمون نرمالیتی و به کمک نرم‌افزار آماری STATISTICA و آزمون کولموگروف- اسمیرونف مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون توزیع تمام پارمترهای مورد بررسی را نرمال نشان داد. ایجاد معادله‌های رگرسیونی خطی چندگانه جهت برآورد شاخص‌های ارزیابی پایداری و ناپایداری ساختمان خاک به و سیله نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گردید. ورود هر پارامتر به معادله‌های رگرسیونی فوق در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار بود.

دو گروه از توابع رگرسیونی براساس نوع ورودی‌ها استخراج شد. در توابع گروه اول توزیع اندازه ذرات به صورت درصدهای شن، سیلت و رس بیان شد در حالی که توابع گروه دوم شامل توزیع اندازه ذرات به صورت میانگین و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک بودند. بعد از استخراج توابع رگرسیونی دقت برآوردهای دو گروه فوق توسط آماره‌های ضریب همبستگی پیرسون (MPearson) و میانگین مربعات خطای نرمال شده (NMSE) با هم مقایسه شد.بیان ریاضی این آماره‌ها در زیر آمده است:

$$R=\left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(V_i^o-\overline{V}^o)(V_i^p-\overline{V}^p)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(V_i^o-\overline{V}^o)^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(V_i^p-\overline{V}^p)^2}}\right] \quad (۴)$$

$$NMSE=\frac{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}(V_i^o-V_i^p)^2)}{\mathrm{var}(V^o)} \quad (۵)$$

در معادلات فوق V_i^p مقادیر برآورد شده، V_i^o مقادیر اندازه‌گیری شده، n تعداد نمونه‌ها، $\mathrm{var}(V^o)$ واریانس مقادیر اندازه‌گیری شده و حروف سرکش‌دار مقادیر میانگین را نشان می‌دهند.

نتایج و بحث

ویژگی خاک‌های مورد بررسی

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در قالب آماره‌های حداقل، حداکثر ،میانگین و انحراف‌معیار در جدول ۱ آورده شده است. خاک‌های مورد مطالعه آهکی، حاصل از رسوبات تبخیری با دامنه بافتی از لوم شنی تا رسی بودند.

با مراجعه به مقادیر زیادچگالی ظاهری (دامنه‌ای از ۱/۳۳ تا ۱/۹۹ با میانگین ۱/۶۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، به وضوح مقادیر بیش از حد 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) مشاهده می‌گردد. Rivenshield و Bassuk (2007) 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 سانتی‌مترمکعب می‌دانند. طبق طبقه‌بندی کهنگ (۱۹۸۶) و با توجه به میزان ماده آلی موجود در خاک‌های مورد بررسی (دامنه‌ای از ۰/۱۹ تا ۱/۹۸ با میانگین ۱/۱۷) می‌توان آن را در گروه خیلی کم هوموسی تا کمی هوموسی قرار داد. طبق طبقه‌بندی کهنگ (۱۹۸۶) خاک‌هایی با ماده آلی بین ۰ تا ۱ در گروه خیلی کم هوموسی و بین ۱ تا ۲ در گروه کمی هوموسی قرار می‌گیرند. در خاک‌های مورد بررسی، افزایش میزان ماده آلی با افزایش تعداد سال‌های کشت همراه بوده است.

جدول ۲- متغیرهای آماری شاخص‌های اندازه‌گیری شده توصیف کننده پایداری خاکدانه‌ها

	S	Si	C	OC	CaCO3	BD	PL	PR*	SAR	EC	pH
	٪					(gr/cm^3)	(gr/gr)	(MPa)	(2/meq/lit1)	(ds/m)	(-)
حداقل	۴/۵	۱۷	۱۴/۵	۰/۱۹	۳۲/۲	۱/۳۳	۹/۷۶	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۴۸	۷/۲۷
حداکثر	۶۴	۶۰	۵۵	۱/۹۸	۴۵/۵	۱/۹۹	۲۷/۵۶	۲/۴۲	۲۰/۴۳	۱۷/۹	۸/۱۹
میانگین	۲۴/۳۳	۳۸/۰۴	۳۷/۶۶	۱/۱۷	۳۹/۴	۱/۶۴	۲۰/۷۱	۱/۰۷	۵/۶۳	۳/۰۲	۷/۸۴
انحراف معیار	۱۱/۶۳	۷/۸۴	۸/۳۸	۰/۴۲	۱/۸۵	۰/۱۱	۲/۸۲	۰/۴۸	۰/۴	۰/۷	۰/۱۵

*اندازه‌گیری شده در مکش ۳۳ کیلوپاسکال

جدول ۳- معادله های خطی بدست آمده از تحلیل رگرسیون به روش گام به گام

	معادله‌های خطی بدست آمده	R^2_{adj}
توابع گروه اول	*MWD=004/0-049/1sand + 266/0 OC – 041/0 SAR*	۰/۵۱
	DDI = 011/0+557/2clay + 431/0 OC – 039/0 CaCO08/0 – 3 SAR	۰/۵۵
	DR = 00022/0 – 00007/0 caly – 044/0 OC + 0077/0CaCO0099/0 + 3SAR	۰/۴۸
	WDC = 0002/0+0377/0-sand0058/0-OC0014/0+CaCO0009/0+3SAR0015/0+EC	۰/۵۴
توابع گروه دوم	*MWD = 689/1 - 043/1Dg + 263/0OC - 041/0SAR*	۰/۵۱
	DDI = 459/3 – 227/3Dg + 44/0OC – 045/0 CaCO074/0 – 3SAR	۰/۵۵
	DR = 61/0 + 1173/0-Dg – 047/0OC + 0084/0 CaCO0088/0 + 3SAR	۰/۴۸
	WDC = 0659/0 + 036/0- Dg – 0058/0 OC + 0015/0 CaCO0009/0 + 3 SAR + 0015/0 EC	۰/۵۴

میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها و شاخص دلینهیر و دبوت (DDI) در توابع گروه اول و دوم

شاخص‌های MWD و DDI دو شاخص مهم در ارزیابی پایداری ساختمان خاک هستند. در حالی که شاخص MWD پایداری خاکدانه‌ها را تنها در شرایط مرطوب می‌سنجد، شاخص DDI تفاوت پایداری خاکدانه‌ها را در دو حالت الک خشک و تر بیان می‌کند. مقایسه ارقام بدست آمده در جدول ۲ برای MWD با طبقه‌بندی لال (حاج‌عباسی، ۱۹۹۹) بیانگر محدودیت شدید تا متوسط در پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد. طبق طبقه‌بندی لال (حاج‌عباسی، ۱۹۹۹)، خاک‌هایی با MWD بین ۰/۵ تا ۱ محدودیت شدید و بین ۱ تا ۲ محدودیت متوسط دارند.پایداری کم خاکدانه‌ها علی‌رغم مقادیر زیاد رس و 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. جدول ۳ معادله‌های رگرسیونی حاصله جهت برآورد شاخص‌های ارزیابی مورد بررسی را نشان می‌دهد. ورود هر متغیر به این توابع در سطح ۰/۱ درصد معنی دار بوده و ضریب تبیین تصحیح شده( ) هر کدام از آنها بیان کننده‌ی درصدی از تغییرات متغیر وابسته است که توسط متغیرهای مستقل وارد شده توصیف می‌شود.براساس معادلات رگرسیونی فوقپارامترهایSAR و درصد شن همبستگی منفی و OC همبستگی مثبت و معنی‌داری با MWD در سطح یک درصد داشته‌اند.همچنین پارامترهای SAR و CaCO3 همبستگی منفی و OC و درصد رس همبستگی مثبت و

معنی‌داری در سطح ۱ درصد با DDI داشتند. پژوهشگران بسیاریمقدار بالای رس را مهم‌ترین عامل در پایداری مناسب خاکدانه‌ها می‌دانند (Kay، 1998؛ Kristiansen و همکاران، 2006) اگرچه نقش ذرات رس، بیشتر در خاک‌های رویین و هنگامی متجلی می‌شود که به خوبی با مواد آلی اختلاط حاصل نمایند (Six و همکاران، 2002). به نظر می‌رسد وارد شدن عامل رس با علامت مثبت در معادله رگرسیونی برآورد کننده DDI، بیانگر نقش مهم رس در پایداری بالای خاکدانه‌ها تحت الک خشک باشد. این در حالی است که عامل رس در معادله رگرسیونی برآورد کننده MWD وارد نشده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خاکدانه‌های حاصله در شرایط مرطوب پایداری کمی داشته‌اند. مهم‌ترین دلیل مطلب فوق را می‌توان عملیات خاکورزی در رطوبت‌هایبالا دانست. عبور و مرور ادوات سنگین کشاورزی به خصوص در رطوبت نامناسب در خاک‌های سنگین بافت مزارع نیشکر به تفصیل توسط Nasri و همکاران (2007) مورد بحث قرار گرفته است. نتایج پژوهش‌های Cresswell و همکاران (1991) نشان داد که شخم در رطوبت‌های زیاد در خاک‌هایی با بافت لوم سیلتی تا لوم رسی سیلتی، زبری سطح خاک را افزایش داده اما کلوخه‌ها و خاکدانه‌های حاصله، پایداری پایینی در برابر استرس رطوبتی نسبت به کلوخه‌ها و خاکدانه‌هایی که در رطوبت‌های نزدیک به حد خمیری (PL) به وجود آمده‌اند، داشتند. علاوه بر مطالب گفته شده، ضریب تبیین تصحیح شده بالاتر شاخص DDI نسبت به MWD، نشان‌دهنده توجیه بهتر اثر ویژگی‌های خاک بر پایداری ساختمان خاک توسط روش دلینهیر و دبوت دارد. نیکپور و همکاران (۱۳۹۰) نیز شاخص DDI را شاخصی کاراتر در ارزیابی خاکدانه‌ها در اراضی استان همدان دانستند. محققین نامبرده مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر شاخص DDI را به ترتیب درجه اهمیت، ماده آلی، رس، رس ریز و کربنات کلسیم می‌دانند. Vanelslande و همکاران (1987) با بررسی تعدادی از شاخص‌های ارزیابی پایداری و ناپایداری ساختمان خاک مرتبط با فرسایش‌پذیری، شاخص DDI را مناسب‌تر از دیگر شاخص‌های مورد کاربرد دانستند.

به منظور تعیین مهم‌ترین پارامتر (های) ورودی در توابع رگرسیونی مرتبط با خروجی‌های مربوطه، از رابطه زیر استفاده شد (جدول ۴):

$$\frac{R^2_{adj}(1) - R^2_{adj}(2)}{R^2_{adj}(2)} \qquad (۶)$$

که در آن، $R^2_{adj}(1)$ ضریب تبیین تصحیح شده مدل‌های رگرسیونی آورده شده در جدول ۳ و ضریب تبیین تصحیح شده مدل‌های رگرسیونی بعد از حذف هریک از ورودی‌های مربوطه می‌باشد.

با توجه به جدول ۴، مؤثرترین متغییر وارده در هر دو گروه از معادله‌های رگرسیونی برآورد کننده MWD و DDI نسبت جذب سطحی سدیم می‌باشد. نتایج مشابهی نیز توسط کریمی و همکاران (۱۳۸۶) در ارزیابی پایداری خاک‌های لوم و لوم رسی شنی استان فارس بدست آمد.

بعلاوه با توجه به جدول ۴، کربن آلی بعد از SAR در معادله‌های رگرسیونی برآورد کننده MWD و DDI سهم ویژه‌ای دارد. به نظر می‌رسد خاک‌هایی با ماده آلی کم در برابر تنش‌های ناشی از مرطوب شدن سریع ناپایدارند. کمبود ماده آلی در خاک‌های خشک و نیمه خشک ایران یکی از تنگناهای اصلی در کشاورزی است. An و همکاران (۲۰۱۰) ماده آلی خاک را مهم‌ترین فاکتور در پایداری خاکدانه‌ها و بهبود ساختمان خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک دانستند.

جدول ۳- معادله های خطی بدست آمده از تحلیل رگرسیون به روش گام به گام

		MWD	DDI	DR	WDC
توابع گروه اول	Sand	۴/۵	-	-	۴/۲
	Clay	-	۵/۳	۱۳/۵	-
	OC	۲۷/۸	۱۵/۲	۹/۱	۶/۳
	SAR	۸۱/۸	۶۱/۳	۵۵/۲	۸/۴
	CaCO3	-	۱/۸	۴/۹	۸/۴
	EC	-	-	-	۸/۹
توابع گروه دوم	Dg	۱۰/۹	۵/۷	۱۳/۵	۴/۳
	OC	۳۲/۴	۱۵/۵	۱۱/۷	۶/۱
	SAR	۹۱/۴	۴۴/۵	۳۸/۷	۷/۹
	CaCO3	-	۱/۶	۶/۲	۸/۴
	EC	-	-	-	۸/۲

پژوهشگران بسیاری نیز اثر ماده آلی را بر پایداریخاکدانه‌ها در زمان الک کردن بسیار حائز اهمیت دانستند (Goldberg و همکاران، 1990؛ Angers، 1992). نتایج مشابهی نیز توسط نیکپور و همکاران (1390) و Six و همکاران (2004) بدست آمده است. مهم‌ترین علت میزان کم ماده آلی در مناطق مورد بررسی، سوزاندن بقایای نیشکر پس از برداشت می‌باشد که سبب نابودی موجودات خاکزی و کاهش مقادیر شاخص‌های ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. چنین روند مشابهی در وضعیت خاکدانه‌سازی بین مناطق نیشکر سوخته و سبز که توسط جعفری و همکاران (۱۳۸۴) و Blair (2000) 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.

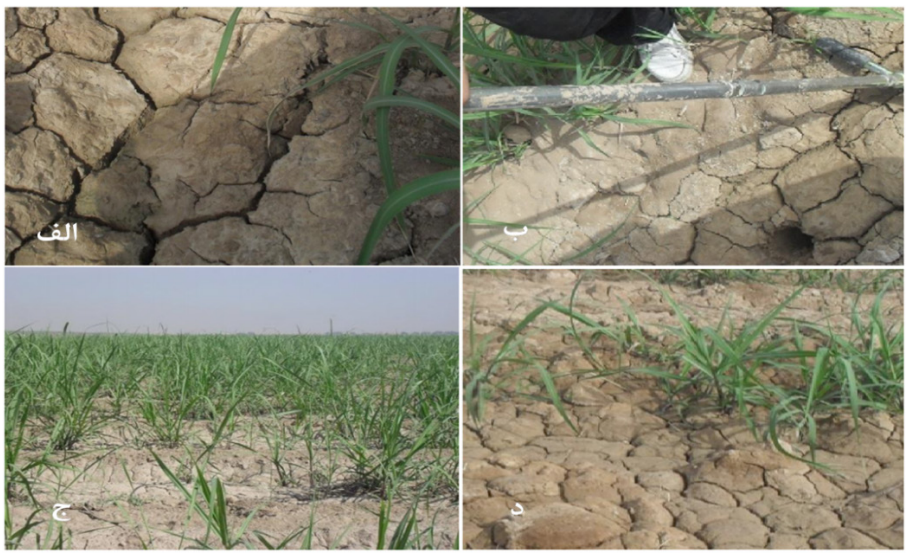
همانطور که در توابع گروه دوم مشخص است، با افزایش میانگین هندسی قطر ذرات خاک، پایداری خاکدانه‌ها کاهش می‌یابد (جدول ۳). همبستگی منفی ذرات درشت‌تر از رس با پایداری خاکدانه‌ها به دلیل چسبندگی پایین ذرات فوق توسط محققین بسیاری تأکید شده است (Kristiansen و همکاران، 2006؛ Richert و همکاران، 2009). با توجه به جداول ۳ و۴، اگرچه استفاده از میانگین هندسی قطر ذرات نتوانسته ضریب تبیین تصحیح شده مدل را افزایش دهد لیکن نقش توزیع اندازه ذرات در برآورد MWD و DDI افزایش پیدا کرده است.

نسبت پراکنش میدلتون (DR) و رس قابل پراکنش در آب (WDC)

مقادیر اندازه‌گیری شده DR و WDC به عنوان دو شاخص ارزیابی ناپایداری خاکدانه‌ها در جدول ۲ آورده شده است. دو شاخص نامبرده بیانگر سهولت پراکنش ذرات رس و سیلت می‌باشند. مقادیر کم‌تر DR و WDC بیانگر پایداری بیش‌تر خاکدانه‌ها می‌باشد. Balci (1996) خاک‌هایی با DR بزرگ‌تر از ۰/۱۵ را محتوی خاکدانه‌های ناپایدار و مستعد به فرسایش می‌داند. بنابراین با توجه به مقادیر بدست آمده برای DR در مناطق مورد بررسی(جدول ۲) پایداری پایین خاکدانه‌ها قابل مشاهده است. تشکیل سله و تراکم دو علامت مشخصه‌ی تخریب ساختمان خاک است. علاوه بر مقدار بالایDR با مراجعه به مقادیر بالای چگالی ظاهری (جدول ۱) و سله‌های سطحی مشاهده شده (شکل ۲) می‌توان به وضوح پی‌آمدهای ناشی تخریب ساختمان خاک را به گونه‌ای دیگر مشاهده کرد.Ghidey و Alberts (۱۹۹۷) نشان دادند که با افزایش شاخص DR و نتیجتاً پایداری پایین خاکدانه‌ها، حساسیت خاک‌ها به فرسایش افزایش می‌یابد. مطابق با معادلات رگرسیونی ارائه شده در جدول ۳، همبستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح یک درصد) مابین شاخص‌های ارزیابی ناپایداری ساختمان خاک و SAR بدست آمد. Ghadiri و همکاران (۲۰۰۴) نیز مقادیر زیاد شاخص DR و نتیجتاً پراکنش بیش‌تر ذرات رس و شکستگی خاکدانه‌ها را مرتبط با میزان کم نسبت EC/SAR دانستند. مطابق با جدول ۴ علی‌رغم این‌که SAR بالاترین تأثیر را در شاخص DR دارد لیکن نقش آن در شاخص WDC کاهش یافته است. به نظر می‌رسد نقش SAR در خاک‌های مورد بررسی در پراکنش ذرات درشت‌تر سیلت به دلیل چسبندگی پایین ذرات فوق، مهم‌تر از پراکنش ذرات ریز رس با چسبندگی بالا می‌باشد. مطابق با جدول ۴، EC و درصد کربنات کلسیم معادل تأثیرگذارترین پارامترهای مورد بررسی بر WDC می‌باشند. محدوده تغییرات EC بین ۰/۴۸ تا ۱۷/۹ و با مقدار میانگین ۳/۰۲ دسی‌زیمنس بر متر قرار دارد. زیاد بودن شوری خاک سبب تغییرات حجمی در توده خاک می‌شود و با توجه به کم بودن ماده آلی خاک پراکندگی ذرات تحت استرس رطوبتی و در نتیجه پایداری خاکدانه‌ها کاهش می‌یابد. براساس یافته‌هایConton و همکاران (۲۰۰۳) در خاک‌های شور در طول فرایند تر و خشک شدن، چرخه متناوب کریستاله شدن و انحلال نمک، ساختمان خاک را تحت تأثیر قرار داده و باعث تشدید فرسایش در این خاک‌ها می‌شود. مطابق با پژوهش‌های فلاح‌زاده و حاج‌عباسی (۱۳۹۰)، تبدیل زمین‌های شور به اراضی کشاورزی، پایداری خاکدانه‌ها را به دلیل بهبود شرایط خاک جهت تولید زیست توده گیاهی، به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. وجود همبستگی مثبت شاخص‌های بیان کننده پراکندگی ذرات رس (DR و WDC) و کربن آلی، بیانگر نقش ماده آلی خاک در چسبندگی ذرات رس می‌باشد. نتایج مشابهی نیز توسط اصغری (۱۳۹۰) بدست آمده است. Nelson و همکاران (۱۹۹۹) نیز نوع و میزان ماده آلی را یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر پراکنش ذرات رس بیان کردند.

با توجه به معادلات رگرسیونی ارائه شده در جدول ۳ همبستگی مثبت و معنی‌داریمابین شاخص‌های ارزیابی ناپایداری ساختمان خاک و میزان آهک وجود دارد. اگر چه محققین بسیاری همبستگی مثبت مابین پایداری خاکدانه‌ها و میزان آهک را گزارش کرده‌اند (Levy و همکاران، 2003؛ Kerenو Ben-Hur، 2003). باید توجه داشت که تأثیر ساختمان خاک از میزان آهک وابسته به نوع ومنشأ آن قرار می‌گیرد. آهک‌های اولیه که در جزء شن خاک وارد می‌شوند، می‌توانند همچون ذرات شن پایداری خاکدانه‌ها را کاهش داده و پراکندگی ذرات رس را نیز بیش‌تر کنند. این در حالی است که آهک ثانویه که در بعد رس و سیلت خاک وارد می‌شوند، همچون سیمانی ذرات خاک را پیوند داده و سبب کاهش پراکندگی ذرات رس خواهند شد. نتایج مشابهی نیز توسط Bronic و Lal (2005) بدست امده است.

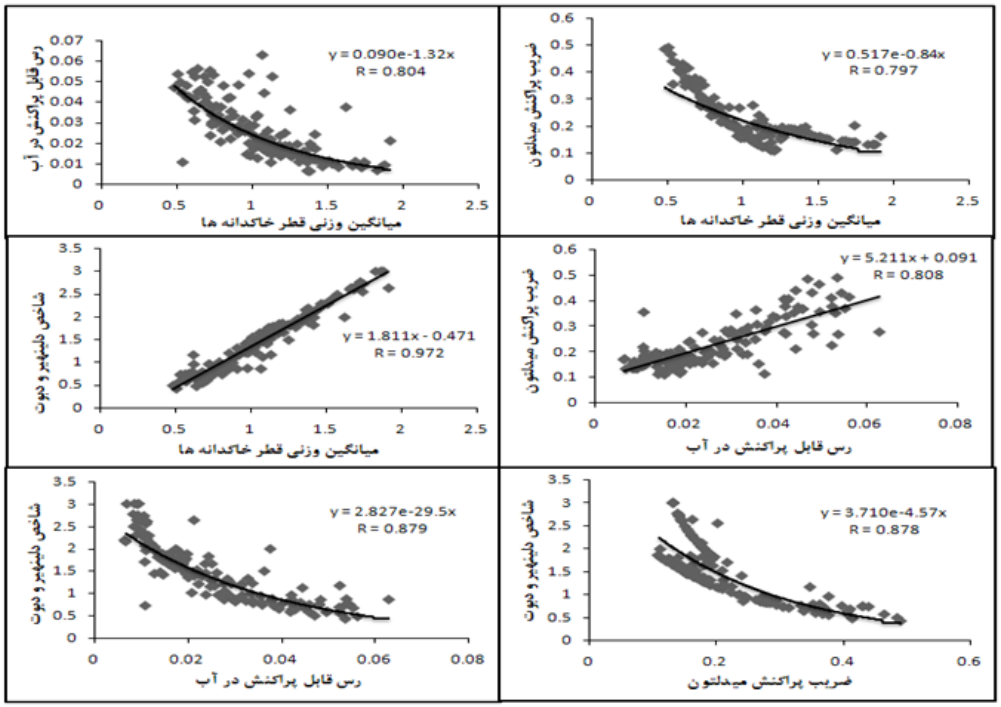
علی‌رغم اینکه محققین زیادی کاهش معنی‌دار پراکندگی ذرات رس را با افزایش درصد رس مرتبط دانستند (Korkanc و همکاران، 2008؛ Igweو Udegbunam، 2008) لیکن پارامتر فوق در معادله رگرسیونیگروه اول برآورد کننده WDC وارد نشده است. ظاهراً تأثیر اندک مواد سیمانی کننده (همچون ماده آلی پایین، وجود کربنات‌های اولیه و مقدار بالای SAR در بعضی از نقاط) به علاوه خاکورزی در رطوبت نامناسب، معنی‌داری رابطه فوق را تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۲- سله‌های سطحی تشکیل شده در کشت و صنعت‌های الف) دعبل خزاعی ب) امیرکبیر ج) کارون د) هفت‌تپه

ضرایب همبستگی بین شاخص‌های ارزیابی پایداری و ناپایداری ساختمان خاک

ضرایب همبستگی و روابط برازشی مابین دو گروه از شاخص‌های مورد ارزیابی در شکل ۳ آورده شده است. نکته قابل تأمل در شکل ۳، وجود روابط برازشی نمایی مابین دو گروه از شاخص‌های ارزیابی پایداری و ناپایداری خاکدانه‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر با کاهش عددی شاخص‌های ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها (MWD و DDI)، مقدار شاخص‌های ارزیابی ناپایداری (DR و WDC) به صورت نمایی افزایش می‌یابد. موضوع فوق می‌تواند تأیید کننده پایداری پایین ساختمان خاک‌های مورد بررسی باشد. بالاترین ضریب همبستگی بین شاخص‌های MWD و DDI وجود دارد (R=۰/۹۷). همچنین ضرایب همبستگی شاخص‌های ارزیابی ناپایداری خاکدانه‌ها (DR و WDC) با DDI نسبت به MWD زیادتر بود. به عبارت دیگر، DDI به صورت مؤثرتری نسبت به MWD می‌تواند پراکنش ذرات رس و نتیجتاً مقاومت ساختمان خاک را تحت استرس رطوبتی توصیف کند.



شکل ۳- ضرایب همبستگی و روابط برازشی مابین دو گروه از شاخص‌های مورد ارزیابی

مقایسه دو گروه توابع استخراج شده

توابع رگرسیونی استخراج شده در جدول ۳ آورده شده است. توزیع اندازه ذرات در توابع گروه اول به صورت درصدهای شن، سیلت و رس آورده شده در حالی که توابع گروه دوم شامل میانگین و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک بودند. مقایسه آماری اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده در دو گروه از توابع رگرسیونی استخراج شده توسط شاخص‌های ضریب همبستگی پیرسون و NMSE صورت گرفت (جدول ۵). مقایسه شاخص‌های همبستگی پیرسون و NMSE در دو گروه از توابع فوق نشان می‌دهد که توابع گروه اول در برآورد MWD، DDI، DR و WDC چندان تفاوتی با توابع نوع اول ندارند. مقایسه ضرایب تبیین تصحیح شده (جدول ۳) نیز نشان از مشابهت تقریبی مقادیر برآورد شده‌ی MWD، DDI، DR و WDC در دو گروه از توابع رگرسیونی استخراج شده دارد.

جدول ۵- مقایسه آماری اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده در دو گروه از توابع رگرسیونی استخراج شده

		MWD	DDI	DR	WDC
توابع گروه اول	MPearson	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۶۷	۰/۷۵
	NMSE	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۵۹	۰/۵۳
توابع گروه دوم	MPearson	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۲	۰/۷۵
	NMSE	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۵۱

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر چهار شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، دلینهیر و دبوت، نسبت پراکنش میدلتون و رس قابل پراکنش در آب در ارزیابی وضعیت ساختمانی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر شاخص‌های ارزیابی وضعیت ساختمانی خاک‌ها متفاوت بوده و لذا شناسایی اولیه این پارامترها در هر منطقه، سهم بسزایی در کاربرد آن‌ها دارد. نتایج نشان داد که کربن آلی و نسبت جذب سطحی سدیم، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر شاخص‌های میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و دلینهیر و دبوت بودند. همچنین در بین ویژگی‌های مؤثر بر نسبت پراکنش میدلتون، بیش‌ترین نقش مربوط به ماده آلی بود در حالی که، میزان رس، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل در درجه بعدی اهمیت قرار داشتند. هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل، نسبت جذب سطحی سدیم، کربن آلی و میزان شن سهم تقریباً برابری در برآورد رس قابل پراکنش در آبداشتند. بالاترین ضریب همبستگی مابین دو شاخص میانگین وزنی قطر و دلینهیر و دبوت مشاهده شد. به علاوه نتایج نشان داد که استفاده از دو پارامتر میانگین و انحراف معیار هندسی قطر به عنوان توصیف کننده‌های اندازه ذرات، نتوانست دقت برآورد شاخص‌ها را بهبود بخشد. در نهایت با توجه به حدود تعیین شده در شاخص‌های میانگین وزنی قطر و دلینهیر و دبوت به ترتیب توسط لال (حاج‌عباسی، 1999) و Balci (1996)، ساختمان خاک‌های مورد بررسی، ضعیف معرفی شد.

منابع مورد استفاده

۱. اصغری، ش. ا. ۱۳۹۰. اثرات لجن فاضلاب پتروشیمی تبریز بر کربن آلی، شاخص‌های پایداری خاکدانه و حدود پایایی یک خاک منطقه نیمه خشک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵: ۵۳۹-۵۳۰.

۲. تاجیک، ف. ۱۳۸۳. ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها در برخی مناطق ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸: ۱۲۲-۱۰۷.

۳. جعفری س. باقر نژاد 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.

۴. فلاح‌زاده، ج.، و حاج‌عباسی، م. ع. ۱۳۹۰. تغییر شاخص‌های کیفیت خاک در اثر احیای زمین‌های شور دشت ابرکوه در ایران مرکزی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۵۵: ۱۵۰-۱۳۹.

۵. کریمی، ح.، صوفی، م.، حق‌نیا، ق.، و خراسانی، ر. ۱۳۸۶. بررسی پایداری خاکدانه‌ها و پتانسیل فرسایش خاک در خاک‌های لومی و لوم رسی شنی: مطالعه موردی دشت لامرد- استان فارس. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴: ۳۵۹-۳۴۸.

۶. کهنک، ه. ۱۹۸۶. فیزیک خاک. مترجم: محمد جواد رفیع. دانشگاه تهران. ۲۹۶ ص.

۷. نیکپور، م.، محبوبی، ع. ا.، مصدقی، م. ر.، و صفادوست، ا. ۱۳۹۰. بررسی اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر پایداری ساختمان برخی از خاک‌های استان همدان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۵۸: ۹۶-۸۵.

8. An, S., Mentler, A., Mayer, H., and Blumc, W. E. H. (2010). Soil aggragation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions

and soil aggregate stability (case study near Albersdorf, northern-Germany). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. Vol, 4. pp: 53-48.
22. Gee, G. W., and Bauder , J. W. (1986). Particle size analysis. pp. 411-383. In: Methods of soil analysis. 2nd ed. Klute, A. (eds). Agron. Monogr. 9. ASA. Madision. WI.
23. Ghadiri, H., Hussein, J., Dordipour, E., and Rose, C. (2004). The effect of soil salinity and sodicity on soil erodibility, sediment transport and downstream water quality. 13Th International Soil Conservation Organisation Conference. Brisbane. No, 631.pp: 6-1.
24. Ghidey, F., and Alberts, E. E. (1997). Plant root effects on soil erodibility, splash detachment, soil strength and aggregate stability. American Society of Agricultural Engineers. Vol, 40. pp: 135-129.
25. Goldberg, S., B. S. Kapoor., and J. D. Rhoades. (1990). Effect of aluminum and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils. Soil Science. Vol, 150. pp: 593-588.
26. Hajabbasi, M. A. (1999). Methods and Guidelines For Assessing Sustainable Use of Soil Water Resources in the Tropics. Ferdowsi University of Mashhad Publication. pp. 222-221.
27. Igwe, C. A., and Udegbunam, O. N. (2008). Soil properties influencing water dispersible clay and silt in an Ultisoi in southern Nigeria. International Agrophysics. Vol, 22. pp: 325-319.
28. Kay B. D. (1998): Soil structure and organic carbon: a review. In: Lal R., Kimble J. M., Follett R. F., Stewart B. A. (eds): Soil Processes and the Carbon Cycle. CRC Press, Boca Raton. pp: 197–169.
29. Keren, R., and Ben-Hur, M. (2003). Interaction effects of clay swelling and dispersion and CaCO3 content on saturated hydraulic conductivity. Australian Journalof Soil Research. Vol, 41.pp : 989-979.
30. Korkanc, S. Y., Ozyuvaci, N., and Hizal, A. (2008). Impacts of land use conversion on soil properties and soil erodibility. Journal of Environmental Biology. Vol, 29. pp: 370-363.
31. Kristiansen, S. M., Schjonning, P., Thomsen, I. K., Olsen, J. K., Kristensen, K., and Christensen, B. (2006). Similarity of differently sized macro-aggregates in arable soils of different texture. Geoderma. Vol, 137. pp: 154-147.
under forest and shrub vegatiotion on the Loess Plateau, China. Catena. Vol, 81. pp:233-226.
9. Angers D. A. (1992). Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. Soil Science Society of America Journal. Vol, 56. pp: 1249–1244.
10. Balci, A. N. 1998. Soil conservation. I. U. Forestry Faculty Publication Number: 439, Istanbul University Press, Istanbul.
11. 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 and Tillage Research. Vol, 55. pp: -183 191.
12. Blake G.R., And Hartge K.H. (1986). Bulk density. pp. 375-363. In Klute A. (ed.). Methods of soil analysis. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison. WI.
13. Bowels, G. E. (1986). Engineering properties of soils and their measurement. McGraw Hill Book Company, New York. p. 187.
14. Bronick, C. J., and Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. Geoderma. Vol, 124. pp: 22-3.
15. Carpenter, D. R., and Chong, G. W. 2010. Patterns in the aggregate stability of Mancos shale derived soils. Catena 73–65 :80.
16. Conton, Y., Sole-Benet, A., and Lazaro, R. (2003). Soil-geomorphology relations in gypsiferous materials of the Tabernas desert. Geoderma. Vol, 115. pp: -193 222.
17. Cresswell, H. P., Painter, D. J., and Cameron, K. C. (1991). Tillage and Water content Effects on surface soil physical properties. Soil and Tillage Research. Vol, 21. pp: 83-67.
18. De Boodt, M., De Leenheer, L., Kirkham, D. (1961). Soil aggregate stability indexes and crop yields. Soil Science. Vol, 91. pp: 146-138.
19. De Leenheer, L., De Boodt, M. (1959). Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. In: Proceedings of the International Symposium on Soil Structure, Ghent, Belgium. pp: 300-290.
20. Diaz-Zorita, M., Perfect, E., and Grove, J. H. (2002). Disruptive methods fore assessing soil structure. Soil and Tillage Research. Vol, 64. pp: 22-3.
21. Emadodin, I., Reiss, S., and Bork, R. (2009). A study of the relationship between land management

32. Lal, R., and Elliot, W. (1994). Erodibility and erosivity. In: Lal, R. (ed.), Soil Erosion Research Methods. St. Lucie Press, Delary Beach, pp. 208-181.
33. Levy, G. J., Mamedov, A. I., and Goldstein, D. (2003). Sodicity and water quality effects on slaking of aggregates from semiarid soils. Soil Science. Vol,168. pp: 562-552.
34. Middleton, H. E. (1930). Properties of soil which influence soil erosion. USDA Tech. Bull. Vol, 178. pp: 6-1.
35. 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.Vol, 7. pp: 3638-3639.
36. Nelson, P. N., Baldock, A., Clarke, P., Oades, J. M., and Churechman, G. J. (1999). Dispersed clay and organic matter in soil: their nature and associations. Australian Journal of Soil Reesearch. Vol, 37. pp: -289 319.
37. Nelson, R. E. (1982). Carbonate and gypsum. pp. 199-181. In: A.L. Page (eds). Methods of Soil Analysis, part 2. American Society of Agronomy, Madison. WI.
38. Page, A. L., Miller, R. H., and Keeeney, D. R.(1982). Methods of soil analysis. Part-2Chemical and Microbiological methods. Seconds edition, Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. USA.
39. Panayiotopoulos, K. P., Barbayiannis, N., and Papatolios, K. (2004). Inffluence of electrolyte concentration, sodium adsorption ratio and mechanical disturbance and diwpersal clay particle size and critical flocculation concentration in Alfisols. Commun. Soil Sci. Plant Anal. Vol, 35. pp: 1434-1415.
40. Pojasok, T., and Kay, B. D. (1990). Assessment of a combination of wet sieving and turbidometry to characterize the wtructural stability of moist aggregates. Can. J. Soil Sci. Vol, 70. pp: 42-33.
41. Reichert, J. M., Brandt, A. A., Horn, R., Reinert, D. J., and Gubiani, P. I. (2009). Mechanical properties and air and water permeability of three subtropical soils under different soil uses. ISTRO 18 th Triennial Conference Proceedings, Izmir, Turkey. Vol, 4. pp: 8-1.
42. 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. Vol, 33. pp: 146-140.
43. Shirazi, M. A., and Boersma, L. (1984). A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Science Societyof American Journal. Vol, 48. pp: 147-142.
44. Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K. (2004): A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research.Vol, 79. pp: 31–7.
45. Six J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S.M. (2002): Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils–Effect of no-tillage. Agronomie.Vol, 22. pp: 775–755.
46. USDA, "Soil Survey Staff, Key to Soil Taxonomy", 11nd ed, 2010.
47. Van Bavel C.H.M. (1949). Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Soil Sci. Soc. Am. Proc.Vol,14. pp: 23-20.
48. Vanelslande, A., Lal, R., and Gabriels, D. (1987). The erodibility of some Nigerian soils: A comparision of rainfall simulator results with estimates obtained from the Wishmeier nomogram. Hydrol. Proc. Vol, 1. pp: 265-255.
49. 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. 38-29 :37.
50. Zhang, B., and Horn, R. (2001). Mechanisms of aggregate stability in Ultisols from subtropical China. Geoderma. Vol, 99. pp: 145-123.