



ارتباط پایداری خاکدانه با مقدار کربن، نیتروژن، کربوهیدرات و کربنات کلسیم در خاک‌های هیستوسول

*آسیه عباسیان^۱، محمدمیر دلاور^۲، احمد گلچین^۳ و علی بهشتی آل‌آقا^۴

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه زنجان، ^۲استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه زنجان،

^۳استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه زنجان، ^۴استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۳۱

چکیده

خاک‌های هیستوسول به دلیل حضور مقادیر بالای ماده آلی دارای حاشیه مویبندی نازک هستند که سبب ایجاد ساختمان قوی در خاک می‌شود. ساختمان خاک در قالب درجه پایداری خاکدانه‌ها که یکی از ویژگی‌های مؤثر در تولید محصول است، بیان می‌گردد. هدف از این پژوهش بررسی توزیع کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات و کربنات کلسیم در اندازه‌های مختلف خاکدانه و بررسی نقش این ترکیبات بر پایداری خاکدانه در دو نوع خاک هیستوسول بود. برای این منظور در هر منطقه ۳ نیمرخ خاک حفر (صفر تا ۱۲۰ سانتی‌متر، با فواصل مساوی ۲۰ سانتی‌متری) و نمونه‌برداری انجام شد. نتایج نشان داد در دو نوع خاک هیستوسول در تمامی عمق‌ها، خاکدانه‌های بزرگ‌تر دارای کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات بیش‌تری نسبت به خاکدانه‌های کوچک‌تر بودند در حالی که خاکدانه‌های کوچک‌تر دارای کربنات کلسیم بیش‌تری بودند. مطالعه نقش مستقل ویژگی‌های مورد مطالعه بر پایداری خاکدانه در دو نوع خاک نشان‌دهنده نقش مثبت کربن آلی ($P=0/01$, $r=0/25$, $r^2=0/48$), نیتروژن کل ($P=0/01$, $r=0/44$, $r^2=0/62$) و کربوهیدرات ($P=0/01$, $r=0/51$, $r^2=0/23$; $P=0/05$, $r=-0/23$; $P=0/01$, $r=-0/79$) در پایداری ساختمان خاک بود. بررسی ضرایب همبستگی پیرسون در اندازه‌های مختلف خاکدانه نتایج متفاوتی در رابطه با نقش این ترکیبات

*مسئول مکاتبه: asiyebabasian@gmail.com

دربرداشت. اهمیت نسبی هر یک از ویژگی‌های مورد مطالعه در ارتباط با دیگر ویژگی‌ها بر پایداری ساختمان خاک نشان دهنده اثر مثبت نیتروژن کل در هر دو نوع خاک، اثر مثبت کربوهیدرات انحلال‌پذیر در اسید رقیق در خاک شهرکرد و اثر منفی دیگر ویژگی‌ها در دو نوع خاک بود.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاکدانه، ماده آلی خاک، کربوهیدرات، کربنات کلسیم، هیستوسول

مقدمه

پایداری خاکدانه یکی از ویژگی‌های تعیین کننده و اثرگذار بر پایداری خاک و تولید محصول است که بر گستره وسیعی از فرایندهای فیزیکی و بیوشیمیایی در محیط‌های طبیعی و کشاورزی تأثیر می‌گذارد (آمزکتا، ۱۹۹۹). دینامیک پیچیده فرآیند تشکیل خاکدانه نتیجه تقابل عوامل بسیاری شامل محیط، مدیریت خاک، اثرات پوشش گیاهی و خصوصیات خاک مانند ترکیبات معدنی، بافت خاک، مقدار کربن آلی خاک، فرایندهای پدوژنیک، فعالیت‌های میکروبی، یون‌های تبادل‌ی، ذخیره مواد غذایی و رطوبت در دسترس است (کای، ۱۹۹۸). پایداری خاکدانه به‌عنوان شاخصی برای ساختمان خاک استفاده می‌شود (سیکس و همکاران، ۲۰۰۰b). اگرچه ساختمان خاک به‌صورت مستقیم بر تولید محصول اثر نمی‌گذارد، با این وجود نقش مهمی در تأمین آب و هوا برای ریشه‌ها، افزایش طول ریشه‌ها، قابلیت دسترسی عناصر غذایی و فعالیت ریزجانداران ایفا می‌کند (ویگا و همکاران، ۲۰۰۹).

در میان عوامل مختلفی که بر پایداری خاکدانه و بهبود ساختمان خاک‌های مناطق نیمه خشک تأثیرگذار است، سطح ماده آلی خاک بسیار مهم می‌باشد (دیاز و همکاران، ۱۹۹۴)، با این حال نظرات مختلفی درباره مقدار مؤثر و واقعی ماده آلی مطرح است. مقدار کربن آلی موجود در خاک به‌عنوان یکی از عوامل اصلی کنترل کننده پایداری خاکدانه‌ها در خاک‌ها شناخته شده است (چنی و سویفت، ۱۹۸۴؛ الیوت، ۱۹۸۶). در سال‌های اخیر، به بخش کربوهیدرات ماده آلی خاک نیز توجه ویژه‌ای شده است زیرا اهمیت آن در خاک همانند اهمیت چسب در پیوسته نگه‌داشتن اجزای آن است (اودز، ۱۹۸۴). کربوهیدرات خاک، که حدود ۵ تا ۲۵ درصد از ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهد (انگروز و همکاران، ۱۹۸۸)، بخش مهمی از منبع متحرک ماده آلی خاک را تشکیل داده (گوگنبرگ و همکاران، ۱۹۹۹) و نقش بنیادی در حفظ کیفیت فیزیکی خاک ایفا می‌کند (تیسدال و اودز، ۱۹۸۲).

مطالعات بسیاری بر روی ارتباط ماده آلی و خاکدانه‌ای شدن خاک صورت گرفته است. پایداری خاکدانه از خصوصیات اساسی فیزیکی خاک است (ارشد و کوهن، ۱۹۹۲) به طوری که میزان حاصل خیزی و مقاومت آن در برابر فرسایش و تخریب را تعیین می‌کند (سیکس و همکاران، ۲۰۰۰a). پژوهش‌گران مختلفی رابطه بین ماده آلی خاک و پایداری خاکدانه‌های ریز و درشت را مورد پژوهش و بررسی قرار داده‌اند (چنی و سویفت، ۱۹۸۴؛ ام‌باگو و پیکولو، ۲۰۰۴). تغییر در محتوی ماده آلی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر افزایش یا کاهش پایداری خاکدانه داشته باشد (انگرس و مهو، ۱۹۸۹؛ دورمار، ۱۹۸۳). بنابراین، اطلاع از روند تغییرات و توزیع مواد آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه بسیار مهم است. خاکدانه‌های درشت مقدار کربن آلی بیشتری را نسبت به خاکدانه‌های ریز در خود نگه‌داری می‌کنند (دورمار، ۱۹۸۳) زیرا خاکدانه‌های درشت از به هم پیوستن خاکدانه‌های ریز توسط عوامل آلی گذرا و موقتی تشکیل شده‌اند (تیسدال و اودز، ۱۹۸۲). مطالعات مختلفی به محتوی بیش‌تر کربن آلی در خاکدانه‌های درشت نسبت به خاکدانه‌های ریز اشاره کرده‌اند (دورمار، ۱۹۸۳؛ الیوت، ۱۹۸۶؛ جان و همکاران، ۲۰۰۵؛ ام‌باگو و پیکولو، ۱۹۹۰). در مقابل، (بیر و همکاران، ۱۹۹۴) دریافتند که خاکدانه‌های ریز دارای کربن آلی بیش‌تری نسبت به خاکدانه‌های درشت هستند. مطالعات مشابهی نیز در زمینه بررسی محتوی نیتروژن و کربوهیدرات در اندازه‌های مختلف خاکدانه‌ها انجام شده که بیانگر مقادیر بیش‌تر این ترکیبات آلی در خاکدانه‌های درشت نسبت به خاکدانه‌های ریز است (آن و همکاران، ۲۰۱۰؛ هاینز و سویفت، ۱۹۹۰؛ ام‌باگو و پیکولو، ۱۹۹۰). در مقایسه با این یافته‌ها، (دورمار، ۱۹۸۷) و (پیکولو و ام‌باگو، ۱۹۹۰) به الگوی ثابتی برای محتوی کربن آلی و کربوهیدرات در ارتباط با اندازه‌های خاکدانه دست نیافتند.

ماده آلی از طریق پیوند ذرات معدنی خاک، کاهش رطوبت خاکدانه و تأثیر بر استحکام مکانیکی خاکدانه‌های خاک، که یکی از معیارهای به هم پیوستگی نیروهای بین ذره‌ای است، بر روی ساختمان خاک و پایداری آن اثر می‌گذارد (اونورمادو و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به تجمع بالای کربن آلی در خاک‌های هیستوسول (وگاس و یلاروبیا و همکاران، ۲۰۱۰)، رابطه بین پایداری خاکدانه و مواد آلی تشکیل دهنده در خاک‌های هیستوسول در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به ویژه در ارتباط با یکدیگر به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین بررسی تأثیر این نوع خاک‌ها و چگونگی توزیع مواد آلی در آن‌ها بر پایداری خاکدانه اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. هدف از این پژوهش بررسی توزیع کربن،

نیترژن، کربوهیدرات و کربنات کلسیم در اندازه‌های متفاوت خاکدانه، بررسی رابطه و اهمیت نسبی این خصوصیات بر پایداری خاکدانه و مطالعه تأثیر عمق خاک و اندازه خاکدانه به صورت مستقل و اثرات متقابل آن‌ها بر پایداری خاکدانه برای دو نوع خاک هیستوسول در دو منطقه مطالعاتی واقع در استان کرمان و استان چهارمحال و بختیاری بود.

مواد و روش‌ها

الف- تشریح مناطق مورد مطالعه: این پژوهش در دو منطقه دشت لاله‌زار واقع در استان کرمان، با مختصات جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۲/۳ ثانیه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۴۶ دقیقه و ۵۵ ثانیه طول شرقی، در ۷۵ کیلومتری جنوب شرق شهر بردسیر و ارتفاع حدود ۲۶۸۰ متر از سطح دریا دارای اقلیم معتدل کوهستانی، و منطقه واقع در استان چهارمحال و بختیاری در چهار کیلومتری جنوب غربی شهرکرد مجاور فرودگاه با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و ارتفاع حدود ۲۰۷۰ متر از سطح دریا دارای اقلیم نیمه خشک انجام شد. در هر منطقه سه نیمرخ خاک حفر و از شش عمق با فواصل مساوی ۲۰ سانتی متری و از هر عمق شش نمونه جمع‌آوری شد. خاک‌های منطقه دشت لاله‌زار کرمان دارای رژیم حرارتی مزیک و رژیم رطوبتی زیریک و خاک‌های منطقه پشت فرودگاه شهرکرد دارای رژیم حرارتی مزیک و رژیم رطوبتی آکوئیک بوده و هر دو به‌عنوان خاک‌های هیستوسول طبقه‌بندی شدند (فائو/یونسکو، ۲۰۱۲). برخی خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک‌های هیستوسول مورد مطالعه.

TN (%)		OC (%)		EC (dS/m)		CEC (cmol (+)/kg)		pH		BD (gr/cm ³)		عمق (cm)
۱/۲۵	۱/۳۲	۱/۲۷	۲۰/۷۱	۱/۷۲	۱/۶۷	۱۰/۱۳۰	۷۸/۳۰	۷/۱۵	۵/۶۱	۰/۶۵	۰/۵۸	
۱/۰۴	۰/۸۲	۱۷/۵۰	۱۳/۵۵	۱/۶۵	۱/۶۳	۹۹/۲۰	۷۲/۵۰	۷/۵۴	۶/۳۴	۰/۶۶	۰/۷۶	۲۰-۴۰
۰/۸۸	۰/۶۵	۱۶/۹۷	۱۱/۴۳	۱/۵۴	۲/۷۲	۹۷/۵۰	۷۰/۸۲	۷/۶۳	۳/۷۸	۰/۶۷	۰/۸۶	۴۰-۶۰
۰/۴۷	۰/۵۳	۱۴/۳۷	۱۰/۸۸	۱/۳۷	۳/۶۷	۸۶/۶۵	۶۸/۹۱	۸/۱۶	۲/۷۶	۰/۷۰	۰/۹۰	۶۰-۸۰
۰/۲۸	۰/۴۴	۱۰/۲۷	۹/۰۳	۱/۲۴	۰/۸۲	۷۶/۳۴	۶۷/۸۴	۸/۶۸	۵/۷۹	۰/۸۹	۱/۰۲	۸۰-۱۰۰
۰/۲۷	۰/۳۳	۸/۹۱	۷/۲۸	۱/۱۸	۰/۷۹	۷۵/۷۸	۶۶/۵۳	۸/۷۰	۵/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۴	۱۰۰-۱۲۰

BD: جرم مخصوص ظاهری خاک، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی، EC: هدایت الکتریکی، OC: کربن آلی، TN: نیترژن کل.

ب- جداسازی خاکدانه‌های پایدار در آب و اندازه‌گیری پایداری خاکدانه: مقدار ۵۰ گرم خاکدانه از هر یک از عمق‌های نیمرخ‌های مورد مطالعه پس از جدا کردن ذرات سنگریزه و ریشه‌های موجود، جهت تعیین پایداری آن‌ها به روش الک تر برداشته شد و روی سری الک‌های با قطر ۶، ۴، ۲، ۱، ۰/۶ و ۰/۲۵ میلی‌متر قرار داده شد. خاکدانه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر قرار داده شد. سپس در آب با فرکانس یک بار در ثانیه به مدت ۱۰ دقیقه نوسان داده شد. پس از اتمام کار دستگاه، الک‌ها از آب بیرون کشیده شدند و خاکدانه‌های باقی‌مانده روی هر سری الک جداگانه در آون ۵۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. سپس خاکدانه‌های باقی‌مانده روی الک‌ها برای تعیین وزن شن و سنگریزه، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. پایداری خاکدانه‌ها براساس میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD) از رابطه زیر به دست آمد:

$$MWD_{wet} = \sum_{i=1}^n W_i \bar{X}_i \quad (1)$$

که در این رابطه: \bar{X}_i میانگین قطر خاکدانه‌های روی هر الک بر حسب میلی‌متر، W_i نسبت وزن خاکدانه‌های روی هر الک به وزن کل خاکدانه‌های خاک و n تعداد الک می‌باشد (کمپر و چپیل، ۱۹۶۵).

ج- تجزیه‌های شیمیایی: کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با دی‌کرومات پتاسیم (والکی و بلک، ۱۹۳۴)، نیتروژن کل به روش کج‌دال (برمنر، ۱۹۶۵)، pH به روش گل اشباع و EC در عصاره اشباع به روش شرح داده شده توسط کارتر و گرگوریچ (۲۰۰۸) و CEC خاک با استفاده از روش باور (باور و همکاران، ۱۹۵۲) اندازه‌گیری شد.

د- کربوهیدرات: کربوهیدرات‌های قابل عصاره‌گیری در نمونه‌ها با دو روش عصاره‌گیری با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (دوبایز و همکاران، ۱۹۵۶). در روش عصاره‌گیری با اسیدسولفوریک رقیق، به یک گرم از خاک ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۰/۲۵ مولار افزوده شد. نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در داخل دستگاه شیکر با دور آرام قرار گرفتند. در روش آب داغ، به یک گرم از خاک ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ۸۵ درجه سانتی‌گراد (نسبت خاک به آب ۱:۱۰) افزوده شد و به مدت ۲/۵ ساعت درون حمام بخار قرار داده شد. سپس هر کدام از سوسپانسیون‌ها با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. در مرحله بعد، جهت ایجاد رنگ زرد متمایل به نارنجی، به ۲ میلی‌لیتر از هر عصاره ۰/۰۵ میلی‌لیتر محلول فنل ۵۰ درصد (وزنی-وزنی) و ۵

میلی لیتر اسیدسولفوریک غلیظ اضافه گردید. مقدار جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر قرائت شد. برای تهیه منحنی استاندارد از محلول گلوکز ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر استفاده گردید.

ه- **آنالیز داده‌ها:** داده‌های به دست آمده در این پژوهش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای هر یک از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه در خاکدانه‌ها، تحلیل واریانس سه طرفه (ANOVA) به منظور تعیین اثرات معنی‌دار فاکتورهای اصلی نوع خاک (شهرکرد، کرمان)، اندازه خاکدانه (>6 ، $4-6$ ، $2-4$ ، $1-2$ ، $1-0.6$ و $0.6-0$ میلی متر) و عمق خاک (صفر تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۸۰، ۸۰ تا ۱۰۰، ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتی متر) و اثرات متقابل آن‌ها انجام شد و ضرایب همبستگی جزئی مجذور اتا برای بررسی اندازه اثرات محاسبه شد. در هر نوع خاک، اثرات تغییر عمق خاک و اندازه خاکدانه با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) آنالیز شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید. ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های مورد مطالعه با اندازه‌های مختلف خاکدانه محاسبه شد. به منظور بررسی رابطه بین پایداری خاکدانه با برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکدانه، آنالیز رگرسیون تک متغیره خطی ساده و چند متغیره خطی گام به گام مورد استفاده قرار گرفت. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و SPSS نسخه ۱۶/۰ انجام شد.

نتایج و بحث

خاک‌های منطقه دشت لاله‌زار استان کرمان تمامی خصوصیات هیستوسول را دارند. این خاک‌ها برای حداقل ۳۰ روز تجمعی در سال از آب اشباع بوده و به دلیل وجود افق هیستیک در سطح خاک که مواد آلی آن با درجه پوسیدگی متوسط است در تحت رده همیست قرار می‌گیرند. در این خاک‌ها در دو افق ۴۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۸۰ سانتی متری از سطح خاک کاهش ناگهانی و بیش از اندازه واکنش خاک مشاهده گردید. تجمعات زرد رنگ کانی جاروسایت در زمینه خاک مشاهده شد. کانی جاروسایت در طی فرآیند سولفیدی شدن کانی پريت تشکیل می‌گردد. در طی سال‌های اخیر با کاهش رطوبت و برقراری شرایط اکسایش موضعی که در عمق این خاک‌ها فراهم شده، کانی پريت اکسایش یافته و باعث کاهش واکنش خاک از طریق تولید اسیدسولفوریک در این خاک‌ها شده است. براین اساس خاک‌های این منطقه در گروه بزرگ سولفی همیست و به دلیل وجود لایه‌ای با مشخصات بالا که دارای

۳۰ سانتی متر ضخامت بوده و در بخش مقطع کنترل قرار دارد در تحت گروه تریکسولفی همیست رده‌بندی شدند. ساختمان خاک به صورت دانه‌ای درشت با درجه متوسط بوده که به راحتی به خاکدانه‌های دانه‌ای ریز شکسته می‌شود. ریشه‌ها در سرتاسر افق‌های بالایی به صورت ریز با فراوانی متوسط یافت می‌شوند. رنگ حالت‌های خشک و مرطوب نمونه‌های خاک به ترتیب به صورت 5YR4/3 و 5YR3/1 مشاهده شد.

در خاک‌های منطقه پشت فرودگاه شهرکرد به دلیل شرایط احیایی حاکم در گذشته، اکسیژن کمی برای اکسیداسیون و تجزیه مواد آلی حاصل از گیاهان با ریشه‌های متراکم وجود داشته، که این شرایط منجر به انباشته شدن مواد آلی در سطح این خاک‌ها و تشکیل افق آلی ضخیم شده است. این افق‌های آلی به دلیل درجه تخریب کم، دارای مواد فیبریکی هستند. به دلیل وجود پی‌پدون هیستیک با درجه تجزیه و تخریب کم (فیبر خیلی زیاد) و تمامی خصوصیات هیستوسول، خاک‌های این قسمت از اراضی در رده هیستوسول و تحت رده فیبریست رده‌بندی شدند. ساختمان خاک در لایه‌های سطحی خاک دانه‌ای درشت با درجه متوسط بوده که به خاکدانه‌های دانه‌ای ریز شکسته می‌شوند. در لایه‌های عمقی، ساختمان خاک از نوع مکعبی گوشه‌دار متوسط و درجه وضوح متوسط تا ضعیف مشخص گردید. ریشه‌ها در سرتاسر افق‌های بالایی به صورت درشت و خیلی درشت، فراوان یافت شدند. رنگ خاک در نمونه‌های خشک و مرطوب به ترتیب 5YR4/2 (خاکستری مایل به قرمز تیره) و 5YR2.5/1 (خاکستری خیلی تیره مایل به سیاه) مشاهده شد. به دلیل عدم وجود رژیم حرارتی کرائیک و نیز مواد خزه‌های اسفانگوم در بیش از ۷۵ درصد حجم افق، در گروه بزرگ هاپلوفیبریست رده‌بندی و تحت گروه تپیک هاپلوفیبریست قرار گرفته است.

تأثیر نوع خاک، عمق، اندازه خاکدانه و اثرات متقابل آن‌ها بر روی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه معنی‌دار گردید (جدول ۲). در ضمن ضریب همبستگی جزیی η^2 (مجذور اتا) که بیانگر جزیی از تغییراتی است که اثرات اصلی و تقابلی بر خصوصیت مربوطه اعمال می‌کند، در داخل پرانتز در این جدول آورده شده است. η^2 شدت اثر فاکتور مورد آزمون را اندازه‌گیری می‌کند. اثرات معنی‌دار نوع خاک، اندازه خاکدانه، عمق و اثرات متقابل آن‌ها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به این معنی است که مقدار کربن آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم، کربوهیدرات و میانگین وزنی قطر خاکدانه به نوع خاک، اندازه خاکدانه و به همین صورت به عمق خاک مورد مطالعه وابسته است.

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد (۴)، شماره (۱) ۱۳۹۳

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس سه طرفه برای برخی ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه (مقادیر نشان داده شده کم‌ترین مربعات و مقادیر داخل پرانتز ضریب همبستگی جزئی η^2).

MWD (mm)	DAE (mg/kg)	HWE (mg/kg)	CaCO ₃ (%)	TN (%)	OC (%)	منابع تغییر
۴/۸۱۹**	۳۳۴۴/۴۰۴**	۱۵۸/۰۱۱**	۷۲۰۳۴/۴۹۶**	۰/۲۲۳**	۷۴/۱۵۷**	نوع خاک (S)
(۰/۸۹)	(۰/۹۷)	(۰/۸۶)	(۰/۹۹)	(۰/۹۴)	(۰/۹۰)	
۰/۵۴۴**	۲۶۱۲/۶۶۰**	۳۹۷۲/۰۲۰**	۲۵۳۸/۱۶۲**	۵/۴۸۸**	۱۸۸۳/۱۱۸**	عمق (D)
(۰/۸۲)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	
۵۷/۰۵۲**	۱۱۹۴/۰۷۲**	۵۴۱/۲۱۹**	۱۸۳/۹۰۱**	۱/۶۶۱**	۲۰۱/۳۹۶**	اندازه خاکدانه (A)
(۰/۹۹)	(۰/۹۸)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	
۰/۲۴۰**	۳۸۶/۹۴۴**	۷۹۰/۳۱۸**	۲۲۵۵/۵۰۰**	۰/۰۶۰**	۲۷/۲۶۸**	S×D
(۰/۶۷)	(۰/۹۵)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۶)	(۰/۹۴)	
۱/۶۸۳**	۲/۳۵۰*	۰/۷۹۸**	۴۲/۱۸۷**	۰/۰۱۷**	۶۳/۴۶**	S×A
(۰/۹۳)	(۰/۱۰)	(۰/۱۴)	(۰/۹۹)	(۰/۸۶)	(۰/۷۹)	
۰/۵۷۸**	۲۲/۸۰۳**	۳۳/۵۸۵**	۶/۴۵۷**	۰/۰۷۹**	۱۲/۱۸۸**	D×A
(۰/۹۶)	(۰/۸۴)	(۰/۹۷)	(۰/۹۹)	(۰/۹۹)	(۰/۹۷)	
۰/۱۳۶**	۵/۸۴۵**	۲۴/۵۱۳**	۵/۷۷۲**	۰/۰۲۰**	۱/۰۴۷**	S×D×A
(۰/۸۵)	(۰/۵۷)	(۰/۹۶)	(۰/۹۹)	(۰/۹۷)	(۰/۷۵)	
۰/۰۰۴	۰/۷۸۰	۰/۱۷۳	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۵۹	خطا

OC: کربن آلی، TN: نیتروژن کل، CaCO₃: کربنات کلسیم، HWE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ، DAE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسید رقیق، MWD: میانگین وزنی قطر.

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد.

الف- محتوی کربن، نیتروژن و کربوهیدرات در خاکدانه‌ها: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دو نوع خاک مورد مطالعه در شش اندازه مختلف خاکدانه در جدول ۳ و در شش عمق مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. بررسی توزیع مواد آلی در ارتباط با اندازه خاکدانه‌ها در دو نوع خاک نشان داد که با افزایش اندازه خاکدانه‌ها افزایش معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) در محتوی کربن آلی، نیتروژن و کربوهیدرات خاک مشاهده شد در حالی که محتوی کربنات کلسیم همراه با افزایش اندازه خاکدانه‌ها به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۳). با وجود تشابه در توزیع کربنات کلسیم در دو نوع خاک، محتوی آن در خاک شهرکرد در سطح بسیار بالایی قرار دارد زیرا با توجه به شرایط نیمه خشک در منطقه مورد مطالعه واقع در شهرکرد، تجمع ثانویه کربنات کلسیم و تشکیل افق کلسیک وجود دارد. یافته‌های این پژوهش تأیید کننده مفهوم سلسله مراتبی خاکدانه است که براساس آن خاکدانه‌های ریز

توسط عوامل اتصال‌دهنده گذرا و ناپایدار (یعنی پلی‌ساکاریدهای گیاهی و میکروبی) و عوامل اتصال‌دهنده موقتی (ریشه‌ها و هیف‌های قارچی) به هم پیوند خورده و خاکدانه‌های درشت را تشکیل می‌دهند (سیکس و همکاران، ۲۰۰۸؛ تیس‌دال و اودز، ۱۹۸۲). این ساختار سلسله‌مراتبی به‌طور طبیعی سبب می‌شود که همراه با افزایش اندازه خاکدانه، محتوی کربن، نیتروژن کل و کربوهیدرات نیز افزایش یابد، زیرا خاکدانه‌های با اندازه بزرگ‌تر از خاکدانه‌های با اندازه کوچک‌تر به‌طور مجتمع با عوامل پیوند‌دهنده تشکیل می‌شوند (الیوت، ۱۹۸۶). در مقایسه یافته‌های این پژوهش با مطالعات دیگر پژوهش‌گران، هاینز و سویفت (۱۹۹۰) در مطالعه‌ای بر روی این‌سپتی‌سول‌ها، اودز و واترز (۱۹۹۱) در بررسی‌های خود بر روی نمونه‌های مالی‌سول و آلفی‌سول، کوشواها و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه خود بر روی زمین‌های خشک گرمسیری، و آدسودون و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای بر روی خاک‌های اولتی‌سول مناطق گرمسیری جنوب نیجریه روند مشابهی را برای محتوی کربن آلی، کربوهیدرات و نیتروژن گزارش کردند. در مقابل، پژوهش‌گران دیگری مشاهده کردند که توزیع کربن و کربوهیدرات از الگوی ثابتی با اندازه خاکدانه پیروی نمی‌کند (دورمار، ۱۹۸۷؛ بیکولو و ام‌باگو، ۱۹۹۰). رایت و اینگلت (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای بر روی خاک‌های هیستوسول ناحیه کشاورزی اورگلیدز (EAA) توزیع مواد آلی در خاکدانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که بیش‌تر محتوی ماده آلی (کربن و نیتروژن) در خاکدانه‌های درشت بزرگ‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر توزیع شده است. این یافته‌ها با نتایج به‌دست آمده از مطالعات آن و همکاران (۲۰۱۰) بر روی زمین‌های جنگلی و بوته‌ای (shrub) برای توزیع نیتروژن آلی خاک هم‌راستا است. در مقابل آشگری و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که در خاک‌های کشاورزی با کاهش اندازه خاکدانه، مقدار کربن آلی و نیتروژن افزایش می‌یابد. اسپاسینی و همکاران (۲۰۰۴) نیز مشاهده نمودند که مقدار کربوهیدرات‌ها در خاکدانه‌های ریز بیش‌تر از خاکدانه‌های درشت است.

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد (۴)، شماره (۱) ۱۳۹۳

جدول ۳- توزیع کربن آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم و کربوهیدرات در اندازه‌های مختلف خاکدانه در دو نوع خاک (mean ± SE).

کربوهیدرات (mg/kg)		CaCO ₃ (%)	TN (%)	OC (%)	اندازه خاکدانه (mm)
DAE	HWE				
کرمان					
۳۱/۳۸۷ ^a (±۳/۰۵)	۱۹/۷۱۲ ^a (±۱/۸۸)	۳/۸۲۵ ^f (±۰/۱۸)	۱/۰۸۷ ^a (±۰/۱۱)	۱۵/۵۰۴ ^a (±۲/۰۲)	>۶
۲۸/۴۹۶ ^b (±۳/۰۰)	۱۷/۶۰۱ ^b (±۱/۸۷)	۴/۷۷۸ ^e (±۰/۱۳)	۰/۸۳۴ ^b (±۰/۰۹)	۱۳/۸۷۸ ^b (±۱/۷۵)	۴-۶
۲۴/۵۸۷ ^c (±۲/۵۹)	۱۵/۶۳۹ ^c (±۱/۷۹)	۵/۴۲۳ ^d (±۰/۱۳)	۰/۷۴۱ ^c (±۰/۰۸)	۱۲/۲۴۶ ^c (±۱/۶۲)	۲-۴
۲۱/۴۱۴ ^d (±۲/۴۶)	۱۳/۳۳۷ ^d (±۱/۷۲)	۵/۹۹۸ ^c (±۰/۱۶)	۰/۶۵۸ ^d (±۰/۰۸)	۱۱/۱۲۲ ^d (±۱/۵۶)	۱-۲
۱۹/۳۶۰ ^e (±۲/۳۲)	۱۱/۱۰۵ ^e (±۱/۵۱)	۶/۶۴۱ ^b (±۰/۱۵)	۰/۵۸۴ ^e (±۰/۰۷)	۹/۲۸۱ ^e (±۱/۲۹)	۰/۶-۱
۱۶/۷۶۶ ^f (±۲/۱۵)	۹/۳۵۲ ^f (±۱/۴۵)	۷/۴۷۴ ^a (±۰/۱۵)	۰/۴۹۵ ^f (±۰/۰۶)	۸/۱۳۳ ^f (±۱/۱۳)	۰/۲۵-۰/۶
شهرکرد					
۲۳/۸۰۰ ^a (±۱/۷۷)	۱۷/۴۷۷ ^a (±۴/۰۶)	۳۶/۲۸۱ ^f (±۴/۱۷)	۰/۹۹۹ ^a (±۰/۱۴)	۱۵/۷۱۴ ^a (±۲/۰۸)	>۶
۲۱/۱۵۵ ^b (±۱/۵۹)	۱۵/۹۸۲ ^b (±۴/۰۴)	۴۰/۴۹۷ ^e (±۳/۶۴)	۰/۸۳۰ ^b (±۰/۱۲)	۱۴/۴۳۲ ^b (±۱/۸۷)	۴-۶
۱۷/۱۴۷ ^c (±۱/۴۹)	۱۴/۱۸۶ ^c (±۳/۶۹)	۴۳/۲۱۶ ^d (±۳/۲۵)	۰/۶۷۷ ^c (±۰/۱۰)	۱۲/۹۶۶ ^c (±۱/۶۹)	۲-۴
۱۳/۳۱۴ ^d (±۱/۰۶)	۱۱/۶۷۵ ^d (±۳/۰۰)	۴۳/۹۳۷ ^c (±۳/۴۴)	۰/۶۳۶ ^d (±۰/۰۷)	۱۲/۳۲۵ ^d (±۱/۶۱)	۱-۲
۱۰/۶۷۱ ^e (±۰/۹۰)	۹/۶۶۱ ^e (±۲/۴۶)	۴۴/۵۹۹ ^b (±۳/۶۱)	۰/۴۶۶ ^e (±۰/۰۷)	۱۱/۳۹۳ ^e (±۱/۴۶)	۰/۶-۱
۸۷/۰۴ ^f (±۰/۹۱)	۷/۵۰۱ ^f (±۱/۹۲)	۴۴/۷۴۹ ^a (±۳/۶۳)	۰/۴۰۶ ^f (±۰/۰۶)	۱۰/۳۶۷ ^f (±۱/۳۵)	۰/۲۵-۰/۶

OC: کربن آلی، TN: نیتروژن کل، CaCO₃: کربنات کلسیم، HWE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ، DAE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسید رقیق.

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

به‌طور کلی، در هر دو نوع خاک مقادیر کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد کم‌تر از کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق بود (جدول‌های ۳ و ۴). دلیل این تفاوت این است که روش دوم نه تنها کربوهیدرات‌های محلول، بلکه کربوهیدرات‌های با منشأ همی‌سلولزی را نیز استخراج می‌کند. در دو منطقه مطالعاتی، توزیع کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات با افزایش عمق روند کاهشی داشت در حالی که محتوی کربنات کلسیم با افزایش عمق افزایش یافت (جدول ۴). آن و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود بر روی کاربری‌های متعدد دریافتند که در افق‌های سطحی (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر، ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) محتوی کربن آلی و نیتروژن کل با کاهش اندازه خاکدانه، کاهش می‌یابد. اونورمادو و همکاران (۲۰۰۷) نیز توزیع کربن آلی خاک را در فولوی‌سول‌های دشت‌های سیلابی جنوب نیجریه در عمق‌های مختلف مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به‌دست آمده توسط آنان با روند ارایه شده در این پژوهش برای کربن آلی در عمق‌های مختلف هر دو نوع خاک مشابهت دارد.

آسیب عباسیان و همکاران

جدول ۴- توزیع کربن آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم، کربوهیدرات و میانگین وزنی قطر خاکدانه در عمق‌های مختلف در دو نوع خاک (mean ± SE).

MWD (mm)	کربوهیدرات (mg/kg)		CaCO ₃ (%)	TN (%)	OC (%)	عمق (cm)
	DAE	HWE				
						کرمان
(±۰/۳۴)	(±۱/۸۳)	(±۰/۹۸)	(±۰/۳۰)	(±۰/۰۸)	(±۰/۹۶)	۰-۲۰
۰/۹۵۳ ^d	۳۷/۲۱۰ ^a	۲۲/۴۶۰ ^a	۴/۳۶۷ ^f	۱/۱۸۷ ^a	۲۲/۰۷۹ ^a	
(±۰/۲۷)	(±۱/۶۸)	(±۰/۹۳)	(±۰/۳۰)	(±۰/۰۵)	(±۰/۹۳)	۲۰-۴۰
۰/۷۱۶ ^b	۳۴/۸۳۷ ^b	۲۱/۲۸۰ ^b	۵/۶۶۱ ^e	۱/۰۲۶ ^b	۱۶/۲۰۶ ^b	
(±۰/۲۵)	(±۱/۰۷)	(±۱/۰۱)	(±۰/۳۰)	(±۰/۰۵)	(±۰/۷۸)	۴۰-۶۰
۰/۶۳۸ ^c	۲۸/۵۴۵ ^c	۱۷/۵۲۶ ^c	۵/۸۳۳ ^d	۰/۹۱۹ ^c	۱۴/۳۹۰ ^c	
(±۰/۲۲)	(±۱/۰۴)	(±۱/۰۶)	(±۰/۲۹)	(±۰/۰۵)	(±۰/۶۸)	۶۰-۸۰
۰/۵۷۷ ^d	۱۹/۳۴۳ ^d	۱۴/۶۲۸ ^d	۵/۹۵۸ ^c	۰/۶۱۰ ^d	۷/۸۹۱ ^d	
(±۰/۱۸)	(±۱/۰۳)	(±۰/۸۴)	(±۰/۲۸)	(±۰/۰۳)	(±۰/۲۲)	۸۰-۱۰۰
۰/۴۹۱ ^e	۱۳/۴۰۶ ^e	۷/۶۰۷ ^e	۶/۰۹۸ ^b	۰/۳۵۳ ^e	۵/۱۴۶ ^e	
(±۰/۱۲)	(±۰/۸۵)	(±۰/۴۵)	(±۰/۲۸)	(±۰/۰۳)	(±۰/۱۶)	۱۰۰-۱۲۰
۰/۳۶۳ ^f	۸/۶۷۱ ^f	۳/۲۴۶ ^f	۶/۲۲۲ ^a	۰/۳۰۴ ^f	۴/۵۵۳ ^f	
						شهرکرد
(±۰/۳۳)	(±۱/۶۸)	(±۱/۸۳)	(±۱/۴۰)	(±۰/۱۰)	(±۰/۶۱)	۰-۲۰
۰/۹۵۹ ^a	۲۳/۵۵۰ ^a	۳۳/۸۵۶ ^a	۲۵/۹۵۳ ^f	۱/۱۹۸ ^a	۲۱/۴۵۲ ^a	
(±۰/۳۹)	(±۲/۰۳)	(±۲/۲۰)	(±۱/۰۴)	(±۰/۰۷)	(±۰/۷۸)	۲۰-۴۰
۰/۹۵۵ ^a	۲۰/۷۷۰ ^b	۲۸/۱۰۱ ^b	۲۸/۹۴۶ ^e	۱/۰۱۶ ^b	۱۹/۲۰۷ ^b	
(±۰/۳۸)	(±۱/۵۳)	(±۰/۷۷)	(±۰/۵۳)	(±۰/۰۶)	(±۰/۶۷)	۴۰-۶۰
۰/۹۴۹ ^a	۱۵/۱۸۰ ^c	۷/۱۴۲ ^c	۳۲/۲۶۸ ^d	۰/۸۹۵ ^c	۱۸/۰۲۰ ^c	
(±۰/۳۳)	(±۰/۹۶)	(±۰/۱۴)	(±۰/۳۱)	(±۰/۰۳)	(±۰/۳۱)	۶۰-۸۰
۰/۹۴۵ ^a	۱۴/۷۶۱ ^c	۲/۵۸۱ ^d	۴۲/۰۳۶ ^c	۰/۳۹۴ ^d	۸/۷۸۷ ^d	
(±۰/۳۱)	(±۰/۸۹)	(±۰/۱۴)	(±۰/۶۱)	(±۰/۰۲)	(±۰/۱۴)	۸۰-۱۰۰
۰/۸۹۳ ^{ab}	۱۱/۸۲۹ ^d	۲/۴۶۳ ^d	۶۰/۶۶۴ ^b	۰/۲۷۳ ^e	۵/۲۳۲ ^e	
(±۰/۲۴)	(±۱/۰۵)	(±۰/۱۴)	(±۰/۶۲)	(±۰/۰۲)	(±۰/۱۳)	۱۰۰-۱۲۰
۰/۸۳۰ ^b	۸/۷۰۳ ^e	۲/۳۳۹ ^d	۶۳/۴۱۴ ^a	۰/۲۳۷ ^f	۴/۴۹۸ ^f	

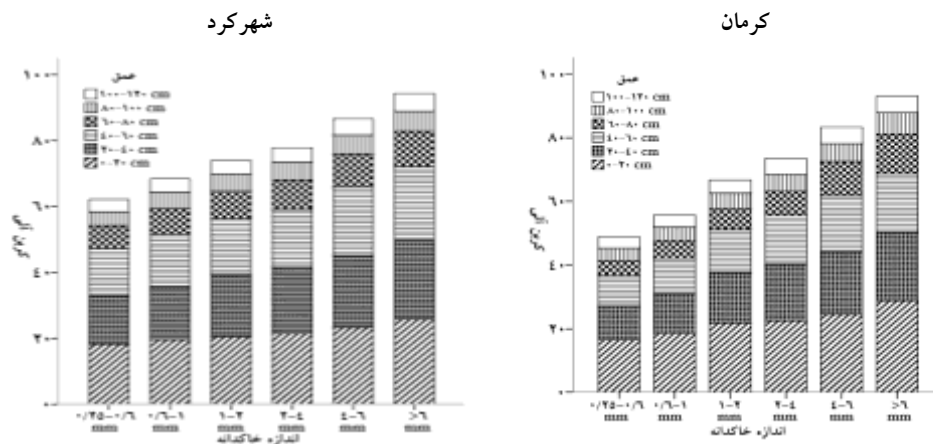
OC: کربن آلی، TN: نیتروژن کل، CaCO₃: کربنات کلسیم، HWE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ، DAE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسید رقیق، MWD: میانگین وزنی قطر. میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

رایت و اینگلت (۲۰۰۹) در بررسی خاک‌های هیستوسول مشاهده کردند که محتوی نیتروژن آلی خاک و نیز MWD خاکدانه‌ها از روندی صعودی با افزایش عمق پیروی می‌کند که با نتایج نشان داده

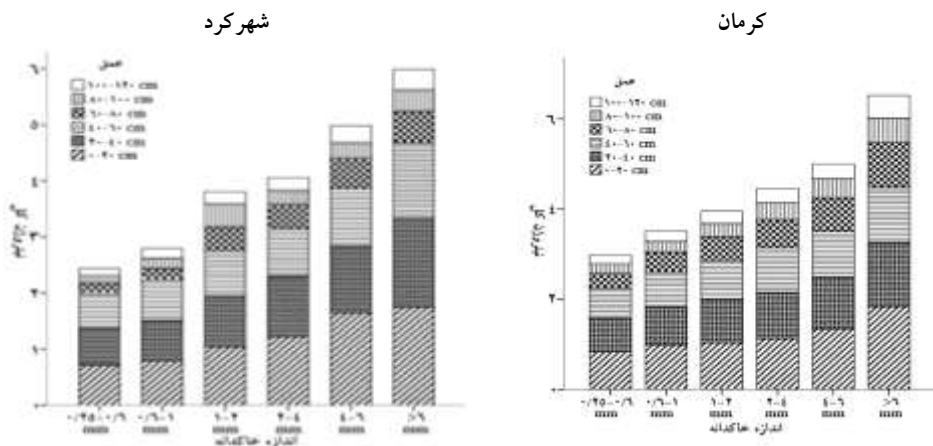
شده در این پژوهش در تقابل است. با این وجود، مشابه با نتایج به دست آمده در این پژوهش، جیمنز و همکاران (۲۰۱۱) در تمامی اکوسیستم‌های مورد مطالعه روند نزولی معنی‌داری برای محتوی نیتروژن با افزایش عمق مشاهده کردند. جان و همکاران (۲۰۰۵) نتایجی مشابه با نتایج به دست آمده در این پژوهش برای توزیع پایداری خاکدانه ارایه کردند، به طوری که خاکدانه‌ای شدن در خاک‌های سطحی نسبت به خاک‌های زیرین در کاربری‌های مختلف بیش‌تر است. بررسی مقادیر میانگین وزنی قطر خاکدانه در دو منطقه نشان داد که خاک‌های منطقه مطالعاتی واقع در شهرکرد پایدارتر از خاک‌های منطقه مطالعاتی واقع در کرمان، به‌ویژه در لایه‌های زیرسطحی بودند (جدول ۴).

در دو منطقه مطالعاتی، با افزایش عمق در تمامی اندازه‌های مختلف خاکدانه کاهش محتوی کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده به روش اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد (شکل ۱، ۲، ۳ و ۴). اونورمادو و همکاران (۲۰۱۰) برای کربن آلی در سه ناحیه جنگلی مورد مطالعه خود، با کاهش اندازه خاکدانه در کلیه عمق‌ها به نتایج مشابهی رسیدند، به طوری که کربن آلی در کلیه عمق‌ها با کاهش اندازه خاکدانه، کاهش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های رایت و اینگلت (۲۰۰۹) در تضاد است. آن‌ها گزارش کردند که کربن و نیتروژن هم در خاکدانه‌های درشت و هم در خاکدانه‌های ریز با افزایش عمق، افزایش می‌یابد. با این حال، پژوهش‌گران بسیاری گزارش کرده‌اند که توزیع محتوی نیتروژن از الگوی توزیع مشابه با کربن آلی پیروی می‌کند (آدسودون و همکاران، ۲۰۰۵؛ آن و همکاران، ۲۰۱۰؛ رایت و اینگلت، ۲۰۰۹). در مطالعه بر روی خاک‌های هر دو منطقه همبستگی بالا و معنی‌داری بین کربن آلی و نیتروژن کل مشاهده شد. همان‌گونه که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است، توزیع مشابهی برای کربن آلی و نیتروژن کل در اندازه‌های مختلف خاکدانه و عمق‌های متفاوت و البته در دو نوع خاک متفاوت مشاهده شد. این مشاهدات بیانگر این است که رابطه نزدیکی در دینامیک این دو نوع ترکیب شیمیایی حاکم است. ام‌هاگو و پیکولو (۱۹۹۰) و آدسودون و همکاران (۲۰۰۵) نیز روندی مشابه در توزیع و رابطه بین این دو ترکیب آلی گزارش نمودند. در دو منطقه مطالعاتی، کربوهیدرات خاک (عصاره‌گیری شده با روش اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) به‌طور نسبی از روندی مشابه با کربن آلی و نیتروژن کل پیروی کرد (شکل ۳ و ۴). اطلاعات زیادی در رابطه با نحوه توزیع عمودی کربوهیدرات در اندازه‌های مختلف خاکدانه در خاک‌های هیستوسول موجود نیست و مقایسه با پژوهش‌های دیگر

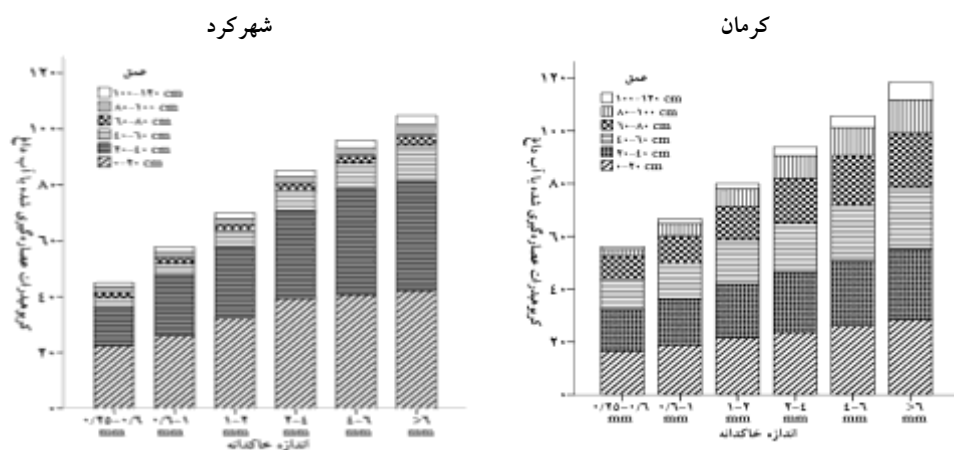
به اطلاعات کمی محدود شده است. کربوهیدرات‌ها جزو مواد آلی هستند که به راحتی تجزیه می‌شوند و با توجه به این که مواد آلی تازه و سهل‌التجزیه در سطح خاک بیش‌تر است، به‌همین دلیل کربوهیدرات‌ها در افق‌های سطحی بیش‌تر از افق‌های زیرین یافت می‌شوند.



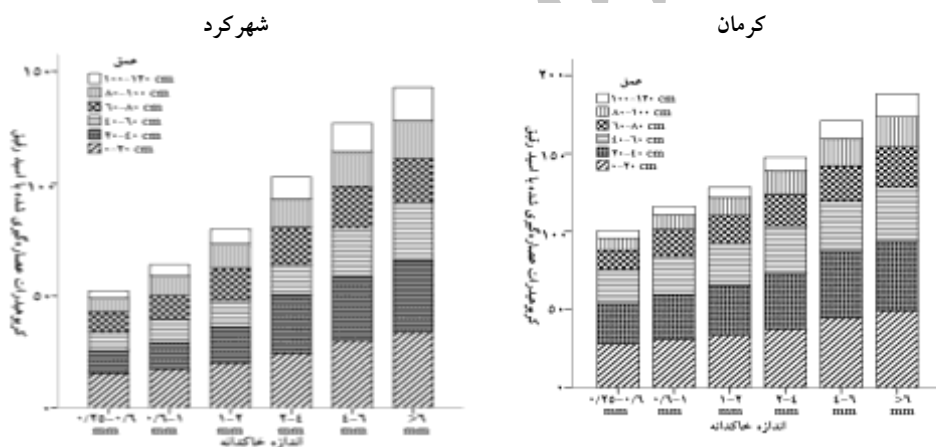
شکل ۱- توزیع کربن آلی در اندازه‌های مختلف خاکدانه و عمق‌های متفاوت در دو نوع خاک مورد مطالعه.



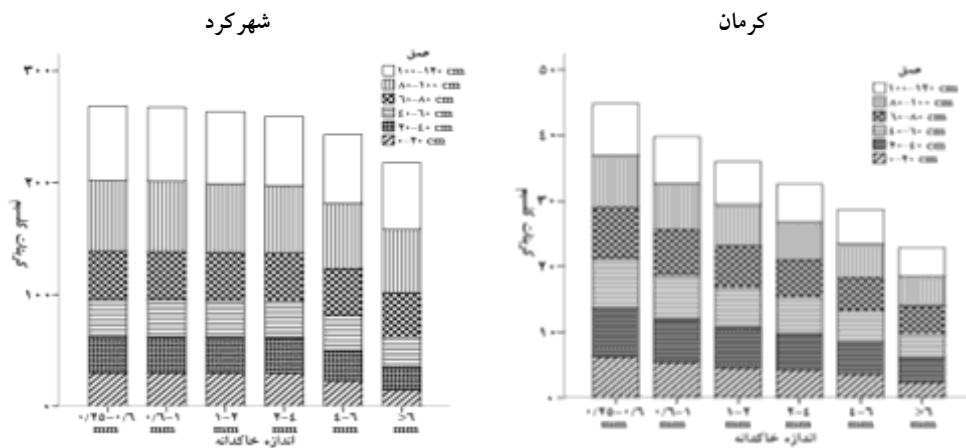
شکل ۲- توزیع نیتروژن کل در اندازه‌های مختلف خاکدانه و عمق‌های متفاوت در دو نوع خاک مورد مطالعه.



شکل ۳- توزیع کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد در اندازه‌های مختلف خاکدانه و عمق‌های متفاوت در دو نوع خاک مورد مطالعه.



شکل ۴- توزیع کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق در اندازه‌های مختلف خاکدانه و عمق‌های متفاوت در دو نوع خاک مورد مطالعه.



شکل ۵- توزیع کربنات کلسیم در اندازه‌های مختلف خاکدانه و عمق‌های متفاوت در دو نوع خاک مورد مطالعه.

ب- مواد آلی و پایداری خاکدانه: ضرایب همبستگی پیرسون بین کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) و کربنات کلسیم با اندازه‌های مختلف خاکدانه برای دو نوع خاک مطالعه شده در جدول‌های ۵ و ۶ آورده شده است. در خاک کرمان، در اندازه خاکدانه ۱ تا ۲ میلی‌متر برای کربن آلی و کربنات کلسیم همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد، اما برای ازت کل و کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) همبستگی منفی و معنی‌دار برقرار بود. در سایر اندازه‌های خاکدانه برای کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) همبستگی مثبت و معنی‌دار و برای کربنات کلسیم همبستگی منفی و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۵). در خاک شهرکرد، در اندازه‌های خاکدانه ۴ تا ۶ میلی‌متر و ۰/۲۵ تا ۰/۶ میلی‌متر همبستگی معنی‌دار برای کربن آلی، ازت کل، کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) و کربنات کلسیم مشاهده نشد. برای کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ در اندازه خاکدانه ۲ تا ۴ میلی‌متر خاک شهرکرد، همبستگی معنی‌داری برقرار نبود. در این اندازه خاکدانه برای کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق، همبستگی منفی و معنی‌داری به‌دست آمد در حالی‌که برای کربنات کلسیم همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. با این حال، در اندازه‌های خاکدانه بزرگ‌تر از ۶، ۱ تا

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد (۴)، شماره (۱) ۱۳۹۳

۲ و ۰/۶ تا ۱ میلی متر برای کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات (عصاره گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی گراد) همبستگی مثبت و معنی دار و برای کربنات کلسیم همبستگی منفی و معنی دار وجود داشت (جدول ۶).

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین کربن آلی، ازت کل، کربوهیدرات و کربنات کلسیم با اندازه های متفاوت خاکدانه کرمان.

خصوصیت	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	کربوهیدرات عصاره گیری شده (میلی گرم بر کیلوگرم)		کربنات کلسیم (درصد)
			اسیدسولفوریک	آب داغ ۸۵ درجه سانتی گراد	
> ۶ mm	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	-۰/۹۱**
۴-۶ mm	۰/۸۵**	۰/۸۲**	۰/۸۲**	۰/۸۳**	-۰/۹۹**
۲-۴ mm	۰/۸۴**	۰/۷۰**	۰/۷۲**	۰/۶۶**	-۰/۹۸**
۱-۲ mm	-۰/۴۲ ^{ns}	-۰/۴۸*	-۰/۵۸*	-۰/۶۵**	۰/۳۵ ^{ns}
۰/۶-۱ mm	۰/۹۳**	۰/۸۲**	۰/۷۸**	۰/۸۰**	-۰/۹۹**
۰/۲۵-۰/۶ mm	۰/۹۴**	۰/۷۹**	۰/۷۹**	۰/۷۶**	-۰/۹۹**

** معنی دار در سطح یک درصد، * معنی دار در سطح پنج درصد، ^{ns} غیر معنی دار.

جدول ۶- ضرایب همبستگی پیرسون بین کربن آلی، ازت کل، کربوهیدرات و کربنات کلسیم با اندازه های متفاوت خاکدانه شهرکرد.

خصوصیت	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	کربوهیدرات عصاره گیری شده (میلی گرم بر کیلوگرم)		کربنات کلسیم (درصد)
			اسیدسولفوریک	آب داغ ۸۵ درجه سانتی گراد	
> ۶ mm	۰/۷۲**	۰/۶۷**	۰/۶۷**	۰/۴۹*	-۰/۷۲**
۴-۶ mm	-۰/۳۸ ^{ns}	-۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۲۵ ^{ns}	-۰/۱۸ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}
۲-۴ mm	-۰/۷۸**	-۰/۷۱**	-۰/۵۸*	-۰/۴۴ ^{ns}	۰/۸۳**
۱-۲ mm	۰/۷۵**	۰/۷۷**	۰/۸۲**	۰/۸۷**	-۰/۷۰**
۰/۶-۱ mm	۰/۶۸**	۰/۶۲**	۰/۸۱**	۰/۸۷**	-۰/۵۷*
۰/۲۵-۰/۶ mm	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	-۰/۱۸ ^{ns}

** معنی دار در سطح یک درصد، * معنی دار در سطح پنج درصد، ^{ns} غیر معنی دار.

برای بررسی تأثیر هر یک از خصوصیات شیمیایی مورد مطالعه در دو نوع خاک بر شاخص پایداری خاکدانه از رگرسیون خطی تک متغیره استفاده گردید. در هر دو نوع خاک هیستوسول، کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) و کربنات کلسیم بر میانگین وزنی قطر خاکدانه به‌عنوان شاخص پایداری خاکدانه نقش مؤثری دارند. در خاک مورد مطالعه در شهرکرد، کربن آلی، کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد و کربنات کلسیم تأثیر کم‌تری نسبت به سایر ویژگی‌های مورد مطالعه در این نوع خاک داشتند. در خاک‌های مورد مطالعه واقع در استان کرمان، کربنات کلسیم اثر منفی بیش‌تری نسبت به سایر ویژگی‌های مورد مطالعه در این خاک‌ها داشت (جدول ۷). وجود این ارتباطات با میانگین وزنی قطر بیان می‌دارد که کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات از عوامل مثبت و تأثیرگذار در خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمان خاک هستند، در حالی که کربنات کلسیم اثر منفی در پایداری ساختمان خاک در این دو نوع خاک داشته است.

جدول ۷- رابطه همبستگی ساده خطی تک متغیره بین کربن آلی، ازت، کربوهیدرات و کربنات کلسیم با پایداری خاکدانه.

ضریب همبستگی	کرمان	ضریب همبستگی	شهرکرد	
$r = 0.48^{**}$	$MWD = -0.1967 + 0.0701 (OC)$	$r = 0.25^{**}$	$MWD = 0.2983 + 0.0485 (OC)$	OC
$r = 0.62^{**}$	$MWD = -0.0500 + 1.7601 (TN)$	$r = 0.44^{**}$	$MWD = 0.0209 + 1.3471 (TN)$	TN
$r = 0.51^{**}$	$MWD = -0.3308 + 0.0660 (HWE)$	$r = 0.23^*$	$MWD = 0.6398 + 0.0221 (HWE)$	HWE
$r = 0.52^{**}$	$MWD = -0.4295 + 0.0445 (DAE)$	$r = 0.63^{**}$	$MWD = -0.8514 + 0.1122 (DAE)$	DAE
$r = -0.79^{**}$	$MWD = 4.0225 - 0.0975 (CC)$	$r = -0.23^*$	$MWD = 1.7893 - 0.0206 (CC)$	CC

OC: کربن آلی، TN: نیتروژن کل، HWE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ، DAE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسید رقیق، CC: کربنات کلسیم، MWD: میانگین وزنی قطر.
* معنی‌دار در سطح ۵ درصد آماری، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد آماری.

بررسی‌های بیش‌تر بر روی نتایج به‌دست آمده بیانگر رابطه ضعیف بین کربن آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه در هر دو نوع خاک است. در این رابطه پژوهش‌گران مختلفی به این نکته اشاره کرده‌اند که همبستگی ضعیف بین کربن آلی و MWD به عوامل اتصال‌دهنده گذرا و ناپایدار به‌ویژه

پلی ساکاریدها (که با سرعت بالایی توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند) مربوط است (تیسدال و اودز، ۱۹۸۲). هاینز و سویفت (۱۹۹۰) گزارش کردند که این کربوهیدرات‌ها نمی‌توانند در پایداری بلندمدت خاکدانه‌ها شرکت داشته باشند. با توجه به این مطلب انتظار می‌رفت که عوامل اتصال دهنده دیگری در پایداری خاکدانه‌ها نقش داشته باشند.

انگروز و مهو (۱۹۸۹) همبستگی مثبت و بالا بین MWD خاکدانه‌های پایدار در آب و محتوی کربوهیدرات مشاهده کردند. آدسودون و همکاران (۲۰۰۴ و ۲۰۰۱)، آدسودون و همکاران (۲۰۰۱)، هاینز و فرانسیس (۱۹۹۳) و هاینز و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که کربوهیدرات‌ها یا پلی ساکاریدها در پایداری و تشکیل خاکدانه‌ها نقش دارند. اسپاسینی و همکاران (۲۰۰۴)، هاینز و فرانسیس (۱۹۹۳) و هاینز و سویفت (۱۹۹۰) در مطالعات خود همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کربوهیدرات‌ها و پایداری خاکدانه مشاهده کردند. با این حال، در بسیاری از موارد، این همبستگی در مقایسه با مواد آلی دیگر چندان قابل توجه نبوده است (تیسدال و اودز، ۱۹۸۲). اسپاسینی و همکاران (۲۰۰۴) بین پایداری خاکدانه‌ها و کربن آلی یا کربوهیدرات‌ها رابطه معنی‌داری مشاهده نکردند. به کربوهیدرات‌ها به‌عنوان عوامل پیوند دهنده‌ای که دارای اثر اتصال‌دهندگی قوی برای خاکدانه‌ها هستند، توجه ویژه‌ای شده است (هاینز و بیر، ۱۹۹۶). البته برخی از پژوهش‌گران نیز اعتقاد دارند که به‌دلیل تجزیه سریع پلی ساکاریدها از طریق فعالیت میکروبی، نمی‌توان آن‌ها را همواره به‌عنوان فاکتورهای دائمی پایداری ساختمان خاک در نظر گرفت (اسپاسینی و همکاران، ۲۰۰۴؛ پی کولو و ام‌باگو، ۱۹۹۹).

یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش بر روی هر دو نوع خاک نشان داد که کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق نسبت به کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد همبستگی بالاتری با پایداری خاکدانه، به‌ویژه در خاک‌های مورد مطالعه واقع در شهرکرد دارد. با این وجود برخی پژوهش‌گران برای انواع مختلفی از خاک‌ها مشاهده کرده‌اند که کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با آب داغ رابطه نزدیک‌تری نسبت به کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با اسید رقیق یا کربن آلی کل با پایداری خاکدانه دارند (هاینز و فرانسیس، ۱۹۹۳؛ هاینز و سویفت، ۱۹۹۰؛ هاینز و همکاران، ۱۹۹۱). در مقابل، دجنز و همکاران (۱۹۹۴) همبستگی معنی‌داری بین کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با آب داغ و پایداری خاکدانه‌ها مشاهده نکردند. کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با آب داغ که دارای منشأ میکروبی هستند، توسط هاینز و سویفت (۱۹۹۰) و جیسمن و توماس (۱۹۹۵)

به‌عنوان موادی که در پایداری خاکدانه مشارکت دارند معرفی شده‌اند. گلچین و همکاران (۱۹۹۴) و پاکت و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند که پایداری ساختمان خاک بیش‌تر از این‌که به مقدار کل مواد آلی خاک وابسته باشد، به مواد آلی تازه و فعال وابسته است.

پژوهش‌گران مختلفی به بررسی رابطه بین کربنات کلسیم و پایداری خاکدانه‌ها پرداخته‌اند. چان و هینان (۱۹۹۹) مشاهده کردند که آهک اثر مثبتی بر پایداری خاکدانه دارد. هریس و همکاران (۱۹۶۶) گزارش کردند که به‌دلیل تأثیر کربنات کلسیم بر افزایش فعالیت میکروبی خاک که منجر به ایجاد مواد پیوند دهنده آلی می‌شود، مقدار کربنات کلسیم خاک می‌تواند اثرات مثبتی بر پایداری و تشکیل خاکدانه‌ها داشته باشد. مونیر و اودز (۱۹۸۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند که نشان می‌داد کربنات کلسیم سبب افزایش پایداری خاکدانه می‌شود. از طرف دیگر، نتایج به‌دست آمده توسط روث و پاوان (۱۹۹۱) نشان‌دهنده اثرات منفی کربنات کلسیم بر پایداری خاکدانه بود.

بررسی ضرایب همبستگی هر یک از ویژگی‌های شیمیایی خاکدانه‌ها در خاک‌های مورد مطالعه به تنهایی اطلاعات مهمی درباره نقش و تأثیر این ترکیبات بر پایداری ساختمان خاک به ما ارائه داد، با این حال با توجه به این حقیقت که یک ویژگی وقتی به تنهایی مورد بررسی قرار گیرد، ممکن است رفتار متفاوتی نسبت به حالتی که در ارتباط با دیگر ویژگی‌های مورد بررسی قرار گیرد داشته باشد که، ضرورت بررسی تأثیر کلی هر یک از ویژگی‌ها در ارتباط با ویژگی‌های دیگر را بر ما آشکار می‌کند. به‌همین منظور، رگرسیون خطی چند متغیره گام به گام برای نیل به این هدف و تعیین مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار بر میزان پایداری خاک در هر دو نوع خاک مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۸ رابطه رگرسیونی حاصل از شرکت دادن هر پنج ویژگی شیمیایی مورد مطالعه در دو نوع خاک به‌همراه ضرایب همبستگی هر متغیر در رابطه مربوطه نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در خاک مورد مطالعه واقع در شهرکرد کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد، و در خاک مورد مطالعه واقع در استان کرمان کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد و کربنات کلسیم در پایداری خاک نقش دارند. اهمیت نسبی هر یک از ویژگی‌های مورد مطالعه بر پایداری ساختمان خاک را می‌توان با استفاده از ضرایب همبستگی مربوط به هر ویژگی در معادله رگرسیونی چندمتغیره تعیین کرد. براساس مقادیر همبستگی نشان داده شده در جدول ۸، به‌ترتیب در خاک مورد مطالعه واقع در شهرکرد

کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق (اثر مثبت)، کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد (اثر منفی)، کربن آلی (اثر منفی) و نیتروژن کل (اثر مثبت)، و در خاک مورد مطالعه واقع در استان کرمان کربنات کلسیم (اثر منفی)، نیتروژن کل (اثر مثبت)، کربن آلی (اثر منفی) و کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد (اثر منفی) بیش‌ترین نقش را در افزایش یا کاهش پایداری خاکدانه ایفا می‌کنند. ام‌باگو (۲۰۰۳) عنوان داشت در خاک‌های نیجریه کربنات کلسیم نسبت به مواد آلی خاک بیش‌ترین نقش را در پایداری ساختمان خاک دارد.

جدول ۸- آنالیز رگرسیون چندمتغیره خطی بین MWD و کلیه خصوصیات مورد مطالعه به تفکیک نوع خاک مورد مطالعه.

رابطه رگرسیونی	ضریب همبستگی	نوع خاک
MWD = -۰/۱۸۴ (OC) + ۳/۵۲۲ (TN) -۰/۰۶۵ (HWE) + ۰/۱۵۹ (DAE) -۰/۷۴۰	$r_{total} = ۰/۸۲^{**}$ $r_{OC} = -۰/۴۳^{**}$ $r_{TN} = ۰/۴۰^{**}$ $r_{HWE} = -۰/۴۹^{**}$ $r_{DAE} = ۰/۵۶^{**}$	شهرکرد
MWD = -۰/۲۰۰ (OC) + ۵/۷۴۲ (TN) -۰/۱۰۲ (HWE) -۰/۴۹۸ (CC) + ۳/۰۶۴	$r_{total} = ۰/۹۱^{**}$ $r_{OC} = -۰/۶۵^{**}$ $r_{TN} = ۰/۷۱^{**}$ $r_{HWE} = -۰/۴۹^{**}$ $r_{CC} = -۰/۷۲^{**}$	کرمان

OC: کربن آلی، TN: نیتروژن کل، HWE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ، DAE: کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسید رقیق، CC: کربنات کلسیم، MWD: میانگین وزنی قطر.
** معنی‌دار در سطح ۱ درصد آماری.

نتیجه‌گیری

خاک‌های مورد مطالعه، دو نوع هیستوسول در تحت رده متفاوت هستند. نتایج نشان می‌دهد که خاکدانه‌های بزرگ‌تر دارای کربن، نیتروژن و کربوهیدرات بیش‌تری نسبت به خاکدانه‌های کوچک‌تر بودند. این مطلب نشان دهنده اصل ساختار سلسله مراتبی در این نوع خاک است به‌طوری‌که خاکدانه‌های بزرگ‌تر دارای ماده آلی بیش‌تری بودند. به‌طور کلی محتوی کربوهیدرات‌های عصاره‌گیری شده با اسید رقیق بیش‌تر از کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ بود. مطالعه نقش

هر یک از ویژگی‌های مورد مطالعه بر پایداری خاکدانه به صورت مستقل در هر دو نوع خاک نشان داد که کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات (عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق و آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد) نقش مثبت در پایداری خاکدانه داشتند که نشان دهنده اثر این اجزا بر پایداری ساختمان خاکدانه‌ها است. همبستگی‌های مثبت این ترکیبات با پایداری خاکدانه نشان می‌دهد که این مواد آلی در فرآیند خاکدانه‌ای شدن و پایداری خاکدانه دارای اهمیت زیادی هستند. هم‌چنین در هر دو نوع خاک کربنات کلسیم نقش منفی در پایداری ساختمان خاک داشت. ضرایب همبستگی پیرسون در اندازه‌های مختلف خاکدانه و دو نوع خاک مختلف نتایج متفاوتی در رابطه با نقش ویژگی‌های شیمیایی مورد مطالعه نشان داد به طوری که در برخی اندازه‌های خاکدانه مشاهده کردیم که نقش کربن آلی، نیتروژن کل و کربوهیدرات در خاکدانه‌سازی منفی، نقش کربنات کلسیم مثبت و در برخی موارد نیز غیرمعنی دار بود. بررسی اهمیت نسبی هر یک از ویژگی‌های مورد مطالعه در ارتباط با دیگر ویژگی‌ها بر پایداری ساختمان خاک با استفاده از رگرسیون خطی چندمتغیره گام به گام نشان داد که در هر دو نوع خاک، نیتروژن کل همواره اثر مثبتی بر پایداری خاکدانه‌ها از خود نشان داد. نتایج نشان داد که در رگرسیون خطی چند متغیره، برای خاک مورد مطالعه واقع در شهرکرد کربنات کلسیم در پایداری خاکدانه بی‌تأثیر بود. در این نوع خاک کربن آلی و کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ نقش منفی در پایداری خاکدانه داشتند، در حالی که کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق نقش مثبتی در پایداری خاکدانه داشت. در خاک‌های مورد مطالعه واقع در کرمان رگرسیون خطی چند متغیره گام به گام نشان داد که کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با اسیدسولفوریک رقیق در پایداری خاکدانه بی‌تأثیر است. در این نوع خاک کربن آلی، کربوهیدرات عصاره‌گیری شده با آب داغ ۸۵ درجه سانتی‌گراد و کربنات کلسیم اثر منفی در پایداری خاکدانه داشتند.

منابع

1. Adesodun, J.K., Mbagwu, J.S.C., and Oti, N. 2001. Structural stability and carbohydrate contents of an Ultisol under different management systems. *Soil and Tillage Research*, 60: 135-142.
2. Adesodun, J.K., Mbagwu, J.S.C., and Oti, N. 2004. Distribution of carbohydrate pools within water-stable aggregates of an Ultisol in Southern Nigeria. *International Agrophysics*, 18: 103-110.

3. Adesodun, J., Mbagwu, J., and Oti, N. 2005. Distribution of carbon, nitrogen and phosphorus in water-stable aggregates of an organic waste amended Ultisol in southern Nigeria. *Bioresource Technology*, 96: 509-516.
4. Amézketa, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *J. Sustainable Agriculture*, 14: 83-151.
5. An, S., Mentler, A., Mayer, H., and Blum, W.E.H. 2010. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. *Catena*, 81: 226-233.
6. Angers, D.A., and Mehuys, G.R. 1989. Effects of cropping on carbohydrate content and water-stable aggregation of a clay soil. *Canadian J. Soil Science*, 69: 373-380.
7. Angers, D.A., Nadeau, P., and Mehuys, G.R. 1988. Determination of carbohydrate composition of soil hydrolysates by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatography*, 454: 444-449.
8. Arshad, M.A., and Cohen, G.M. 1992. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American J. Alternative Agriculture*, 7: 25-32.
9. Ashagrie, Y., Zech, W., Guggenberger, G., and Mamo, T. 2007. Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, 94: 101-108.
10. Beare, M.H., Hendrix, P.F., and Coleman, D.C. 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional-and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 777-786.
11. Bower, C.A., Reitemeier, R.F., and Fireman, M. 1952. Exchangeable Cation Analysis of Saline and Alkali Soils. *Soil Science*, 73: 251-262.
12. Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. P1149-1178, In: Black, C.A., Evans, D.D., and Dinauer, R.C. (eds.), *Methods of soil analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Monograph No. 9. Madison, Wisconsin.
13. Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2008. *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd ed, Canadian Society of Soil Science, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL., 1224p.
14. Chan, K.Y., and Heenan, D.P. 1999. Lime-induced loss of soil organic carbon and effect on aggregate stability. *Soil Science Society of America J.*, 63: 1841-1844.
15. Chaney, K., and Swift, R. 1984. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *J. Soil Science*, 35: 223-230.
16. Degens, B.P., Sparling, G.P., and Abbott, L.K. 1994. The contribution from hyphae, roots and organic carbon constituents to the aggregation of a sandy loam under long-term clover-based and grass pastures. *European J. Soil Science*, 45: 459-468.

17. Diaz, E., Roldan, A., Lax, A., and Albaladejo, J. 1994. Formation of stable aggregates in degraded soil by amendment with urban refuse and peat. *Geoderma* 63: 277-288.
18. Dormaar, J.F. 1983. Chemical properties of soil and water-stable aggregates after sixty-seven years of cropping to spring wheat. *Plant and Soil*, 75: 51-61.
19. Dormaar, J.F. 1987. Quality and value of wind-movable aggregates in Chernozemic Ap horizons. *Canadian J. Soil Science*, 67: 601-607.
20. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
21. Elliott, E. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America J.*, 50: 627-633.
22. FAO/UNESCO. 2012. Soil map of the world: revised legend.
23. Gijsman, A.J., and Thomas, R.J. 1995. Aggregate size distribution and stability of an oxisol under legume-based and pure grass pastures in the Eastern Colombian savannas. *Australian J. Soil Research*, 33: 153-165.
24. Golchin, A., Oades, J.M., Skjemstad, J.O., and Clarke, P. 1994. Soil structure and carbon cycling. *Australian J. Soil Research*, 32: 1043-1068.
25. Guggenberger, G., Frey, S.D., Six, J., Paustian, K., and Elliott, E.T. 1999. Bacterial and Fungal Cell-wall Residues In Conventional and No-tillage Agroecosystems. *Soil Science Society of America J.*, 63: 1188-1198.
26. Harris, R.F., Chesters, G., and Allen, O.N. 1966. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, 18: 107-169.
27. Haynes, R.J., and Francis, G.S. 1993. Changes in microbial biomass C, soil carbohydrate composition and aggregate stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. *J. Soil Science*, 44: 665-675.
28. Haynes, R.J., and Beare, M.H. 1996. Aggregation and organic matter storage in mesothermal, humid soils. P213-262, In: Carter, M.R., and Stewart, B.A. (eds.), *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. CRC Press, Boca Raton, FL.
29. Haynes, R.J., and Swift, R.S. 1990. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *J. Soil Science*, 41: 73-83.
30. Haynes, R.J., Swift, R.S., and Stephen, R.C. 1991. Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter content, water stable aggregation and clod porosity in a group of soils. *Soil and Tillage Research*, 19: 77-87.
31. Jiménez, J.J., Lorenz, K., and Lal, R. 2011. Organic carbon and nitrogen in soil particle-size aggregates under dry tropical forests from Guanacaste, Costa Rica- Implications for within-site soil organic carbon stabilization. *Catena*, 86: 178-191.
32. John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., and Flessa, H. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128: 63-79.

33. Kay, B.D. 1998. Soil structure and organic carbon: a review. P169–197, In: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. (eds.), *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, FL.
34. Kemper, W.D., and Chepil, W.S. 1965. Size distribution of aggregates. P499-510, In: Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., and Clark, F.E. (eds.), *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*, Madison, American Society of Agronomy, Monograph No. 9.
35. Kushwaha, C.P., Tripathi, S.K., and Singh, K.P. 2001. Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dryland agroecosystem. *Applied Soil Ecology*, 16: 229–241.
36. Mbagwu, J.S.C. 2003. *Aggregate Stability and Soil Degradation in the Tropics*. Geoderma, 3-21.
37. Mbagwu, J.S.C., and Piccolo, A. 1990. Carbon, nitrogen and phosphorus concentrations in aggregates of organic waste-amended soils. *Biological Wastes*, 31: 97-111.
38. Mbagwu, J.S.C., and Piccolo, A. 2004. Reduction in organic matter fractions and structural stability following cultivation of tropical forests in Ethiopia and Nigeria. *International Agrophysics*, 18: 23-30.
39. Muneer, M., and Oades, J.M. 1989. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. III. Mechanisms and models. *Australian J. Soil Research*, 27: 411-423.
40. Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, 76: 319-337.
41. Oades, J.M., and Waters, A.G. 1991. Aggregate hierarchy in soils. *Australian J. Soil Research*, 29: 815-828.
42. Onweremadu, E., Onyia, V., and Anikwe, M. 2007. Carbon and nitrogen distribution in water-stable aggregates under two tillage techniques in Fluvisols of Owerri area, southeastern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 97: 195-206.
43. Onweremadu, E., Osuji, G., Esheit, T., Unamba–Opara, I., and Onwuliri, C. 2010. Soil carbon sequestration in Aggregate size of a forested Isohyperthermic Arenic Kandiudult. *Thai J. Agricultural Science*, 43: 9-15.
44. Piccolo, A., and Mbagwu, J.S.C. 1990. Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances. *Plant and Soil*, 123: 27-37.
45. Piccolo, A., and Mbagwu, J.S.C. 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter on soil aggregate stability. *Soil Science Society of America J.*, 63: 1801–1810.
46. Puget, P., Chenu, C., and Balesdent, J. 1995. Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. *European J. Soil Science*, 46: 449-459.

47. Roth, C.H., and Pavan, M.A. 1991. Effects of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. *Geoderma*, 48: 351-361.
48. Six, J., Elliott, E.T., and Paustian, K. 2000a. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C. sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol. and Biochem.* 32: 2099-2103.
49. Six, J., Elliott, E.T., and Paustian, K. 2000b. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Sci. Soci. of Ameri. J.* 64: 1042–1049.
50. Spaccini, R., Mbagwu, J.S.C., Igwe, C.A., Conte, P., and Piccolo, A. 2004. Carbohydrates and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic inputs. *Soil and Tillage Research*, 75: 161–172.
51. Tisdall, J.M., and Oades, J. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33: 141-163.
52. Vegas-Vilarrúbia, T., Baritto, F., López, P., Meleán, G., Ponce, M.E., Mora, L., and Gómez, O. 2010. Tropical Histosols of the lower Orinoco Delta, features and preliminary quantification of their carbon storage. *Geoderma*, 155: 280-288.
53. Veiga, M., Reinert, D.J., and Reichert, J.M. 2009. Aggregate stability as affected by short and long-term tillage systems and nutrient sources of a hapludox in southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 767-777.
54. Walkley, 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 Science*, 37: 29-38.
55. Wright, A.L., and Inglett, P.W. 2009. Soil Organic Carbon and Nitrogen and Distribution of Carbon-13 and Nitrogen-15 in Aggregates of Everglades Histosols. *Soil Sci. Soci. of Ameri. J.*, 73: 427-433.



Aggregate stability in relation to carbon, nitrogen, carbohydrate and calcium carbonate content in Histosols

***A. Abasian¹, M.A. Delavar², A. Golchin³ and A. Beheshti Alagha⁴**

¹M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Zanzan University, ²Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Zanzan University, ³Professor, Dept. of Soil Science, Zanzan University,

⁴Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Razi University

Received: 1/14/2013 ; Accepted: 05/21/2013

Abstract

Because of high organic matter content of Histosols, they have a thin capillary fringe that would lead to strong soil structure. Soil structure is referred to as aggregate stability which affects crop production. The objective of this study was to determine the distribution of organic carbon, total nitrogen, carbohydrates and calcium carbonate in different-sized aggregates and to investigate the role of these compounds on aggregate stability in two soil types of Histosol. In each region 3 soil profiles were studied (0-120 cm, at each 20 cm interval) and sampling was carried out. Results showed that in both types of Histosols in all depths, larger aggregates contained more organic carbon, total nitrogen and carbohydrate content than the smaller aggregates, while the smaller aggregates contained more calcium carbonate. Studying the independent role of the studying properties on aggregate stability in two soil types implies on positive role of organic carbon ($r = 0.48$, $r = 0.25$; $P = 0.01$), total nitrogen ($r = 0.62$, $r = 0.44$; $P = 0.01$) and carbohydrate ($r = 0.51$, $P = 0.01$; $r = 0.23$, $P = 0.05$ hot-water soluble; $r = 0.52$, $r = 0.63$; $P = 0.01$ acid soluble) and negative role of calcium carbonate ($r = -0.79$, $P = 0.01$; $r = -0.23$, $P = 0.05$) on soil structural stability. Investigating the Pearson correlation coefficients in different-sized aggregates resulted in different outcomes on the role of these elements. The relative importance of each of the studying properties in conjunction with other properties on the soil structural stability revealed the positive influence of total nitrogen in two soil types, positive effect of acid soluble carbohydrate in soils of Shahrekord and negative effect of other properties in two soil types.

Keywords: Aggregate stability, Soil organic matter, Carbohydrate, Calcium Carbonate, Histosol

* Corresponding Authors; Email: asiyeabasian@gmail.com