تغییر پذیری برخی از خصوصیات کیفی خاک سطحی در مقیاس زمین نما در اراضی مرتعی اطراف شهرستان سمیرم

حسین خادمی و حمیده خیر[1]

چکیده

بررسی خصوصیات کیفی و پدولوژیکی خاک بر روی اجزای متفاوت اراضی شیب‌دار مواج، موجبات بهره‌برداری بهتر از خاک در این‌گونه اراضی را فراهم می‌سازد. علی‌رغم اهمیت شناخت میزان تغییرپذیری خاک‌ها در مدیریت بهتر آنها، هیچ‌گونه مطالعه‌ای در زمینه مقدار تغییرات کیفیت خاک‌ها در سطح زمین‌نما در کشور ما انجام نشده و عمده بررسی‌ها خصوصیات پدولوژیکی را شامل گردیده است. این پژوهش با هدف بررسی دقیق میزان تغییرپذیری برخی از ویژگی‌های کیفیت خاک سطحی در مقیاس زمین نما در اراضی مرتعی اطراف شهرستان سمیرم انجام گرفت. برای نمونه‌برداری از این منطقه یک شبکه منظم مربعی ۱۲×۱۰ نقطه‌ای با فواصل نقاط ۳۰ متر پیاده و از محل گره‌های این شبکه ۱۲۰ نمونه خاک سطحی از عمق ۱۵-۰ cm برداشته شد و متغیرهای کربن آلی، فعالیت آنزیم فسفاتاز، تنفس میکروبی، pH و EC در آنها اندازه‌گیری شد. ضخامت افق A و درصد رطوبت حجمی خاک سطحی نیز در محل گره‌های شبکه در صحرا تعیین شد.

بررسی‌ها نشان داد که قسمت‌های پایین شیب شامل پایه و انتهای شیب حداکثر میزان فعالیت آنزیم فسفاتاز، تنفس میکروبی، ضخامت افق A ، کربن آلی و EC را داراست. در مقابل خاک‌های واقع بر شانه شیب حداقل ویژگی‌های فوق را دارا هستند و قله شیب و شیب پشتی تا حدودی تخریب شده و در درجه بعدی قرار می‌گیرند. pH نسبت به سایر پارامترها روند معکوس نشان داد. خاک‌های مورد بررسی اساساً مشکل شوری نداشته و به نظر می‌رسد حداکثر EC این خاک‌ها (۰/۷ dS/m) در قسمت‌های پایینی شیب برای فعالیت‌های میکروبی محدودکننده نمی‌باشد. علت تفاوت بسیار فاحش کیفیت خاک در موقعیت‌های متفاوت زمین نما بر اساس ویژگی‌های مورد بررسی را می‌توان به‌طور عمده به تفاوت در میزان رطوبت مؤثر دریافتی و سرعت فرسایش و رسوب در این موقعیت‌ها نسبت داد. هم‌چنین، تفاوت بسیار فاحش فوق نشان دهنده درجه تخریب بسیار شدید اراضی مورد بررسی می‌باشد. از آنجایی‌که انجام مدیریت متفاوت در موقعیت‌های متفاوت شیب عملاً میسر نیست، ضرورت دارد به‌منظور حفظ و بهبود کیفیت خاک، عملیات حفاظتی و اصلاحی بر اساس بخش با حداکثر تخریب کیفیت خاک تنظیم گردد.

واژه‌های کلیدی: ***زمین‌نما، قله شیب ، شانه شیب ، شیب پشتی ، پایه شیب ، انتهای شیب ، کیفیت خاک ، تخریب مراتع***

مقدمه

بدون شک می‌توان گفت که خاک، یکی از منابع طبیعی مهم و شاید مهم‌ترین زیربنای تمدن هر کشوری است. امروزه بررسی‌ها و تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بشر به شکل‌های مختلف، خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد که متأسفانه اکثراً با پیامدهای منفی همراه است. بنابراین با توجه به اهمیتی که خاک

۱. به ترتیب دانشیار و کارشناس ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]

در ارتباط با تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان ایفا می‌کند، شناخت کلیه خصوصیات خاک اعم از مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و مینرالوژیکی ضروری است. این بررسی‌ها باعث خواهند شد تا منابع موجود به گونه‌ای مورد استفاده قرار گیرند که ضمن تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، پایداری و پویایی خاک حفظ شود. تمدن‌های بزرگ بشری در مناطقی از جهان به رشد و شکوفایی رسیده‌اند که خاک آنها از کیفیت خوب و مناسبی برخوردار بوده است (۱۵).

با توجه به نقش خاک در اکوسیستم، ارتباطات مستقیم و غیر مستقیم بین خاک و سیستم‌هایی که به‌وسیله خاک حمایت می‌شوند و ارتباط متقابل بین کیفیت خاک و شاخص‌های سلامت خاک، بهره‌برداری از اراضی ، زمین‌نما(Landscape) و آب و هوا، تعریف زیر برای کیفیت خاک پیشنهاد شده است:

"کیفیت و سلامت خاک بیانگر توانایی دائم خاک به‌عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم، در حفظ کیفیت آب و هوا ، حفظ تولیدات گیاهی و حیوانی و کیفیت آن و در نهایت توانایی حفظ سلامت انسان است"(۹و۱۶).

در اراضی مواج(Hummocky terrain) شدت تغییرات ویژگی‌های کیفی و پدولوژیکی خاک بیشتر از اراضی مسطح است و طول، جهت و انحنای شیب، فاکتورهای مؤثر بر الگوی تغییرات می‌باشند. بنابراین تخمین خصوصیات خاک با توجه به موقعیت‌های متفاوت زمین نما می‌تواند علاوه بر حفظ محیط زیست در افزایش سود و حفظ کیفیت خاک در کشاورزی پایدار نیز موثر باشد. نمونه برداری از خاک، کاربرد کودها، کاربرد علف کش‌ها و آهک‌دهی از جمله مواردی هستند که می‌توانند به‌طور متفاوت در اجزای متفاوت زمین نما انجام شوند. علاوه بر موارد ذکر شده، در استفاده از واحدهای نقشه خاک، درک بعضی از فرایندهایی که در اجزای متفاوت یک زمین نما اتفاق می‌افتد و تغییرات خاک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد به استفاده کننده از نقشه در استفاده با کارایی بیشتر کمک می‌کند(۱۷و۲۸).

بررسی‌های فراوان نشان داده‌اند که تعداد زیادی از خصوصیات خاک به درجه شیب و هم‌چنین موقعیت خاص خاک روی شیب بستگی دارند. از بین اجزای شکل زمین (Landform) شامل قسمت مسطح شیب(Summit)، شانه شیب (Shoulder)، شیب پشتی(Backslope)، پایه شیب(Footslope) و انتهای شیب(Toeslope)، در بسیاری از موارد جزء با حداقل رطوبت شانه شیب با انحنای پروفیلی محدب و جزء با حداکثر رطوبت پایه شیب با انحنای پروفیلی مقعر و گاهی قله شیب می‌باشد. انتظار می‌رود دیگر اجزا دارای رطوبت حد واسط این دو باشند. به‌دلیل این‌که حرکت و تجمع آب بر روی اجزای متفاوت شیب متفاوت است، انتظار می‌رود خصوصیات خاک‌ها در قسمت‌های مختلف نیز متفاوت باشند (۱۳،۱۵،۱۷و۲۵). میزان و نوع تفاوت در خصوصیات خاک‌های واقع بر اجزای متفاوت شیب به عوامل دیگری به ویژه اقلیم منطقه بستگی دارد.

در مورد رابطه خاک و موقعیت زمین نما پژوهش‌های بسیار کمی انجام گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به رابطه خاک و سطوح ژئومورفولوژی و فرسایش در دامنه البرز مرکزی توسط رویانی و ساتارد(۳۰)، تشکیل خاک تحت تأثیر زمان و توپوگرافی در خاک‌های با مواد مادری شدیداً آهکی در شرایط نیمه خشک ایران توسط ابطحی (۴) و رابطه خاک و سطوح ژئومورفولوژی در منطقه گدارکبک چهار محال و بختیاری توسط فرپور (۲) اشاره کرد. در پژوهش‌های اندک انجام شده از جمله موارد فوق نیز به طور عمده رابطه ویژگی‌های پدولوژیکی خاک و موقعیت شیب بررسی شده است و میزان تغییرات کیفیت خاک‌ها با موقعیت زمین‌نما دقیقاً مورد بررسی قرار نگرفته است.

بر اساس بررسی‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی سمیرم، حدود ۳۷/۶ درصد از کل اراضی این منطقه را اراضی مواج یا همان فلات‌ها(Plateau) یا دشت‌های بریده بریده (Dissected plain)) می‌پوشاند (۱). این‌گونه اراضی در سایر نقاط زاگرس نیز فراوانی بالایی دارند. از طرفی در ارتباط با میزان تغییر پذیری ویژگی‌های خاک در چنین زمین نماهایی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]

علی‌رغم اهمیت آن بررسی‌های دقیقی انجام نشده است. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی دقیق میزان تغییرپذیری برخی از ویژگی‌های کیفیت خاک در مقیاس زمین نما و شناسایی درجه تخریب در موقعیت‌های متفاوت شیب در اراضی شیب‌دار مواج اطراف سمیرم که نمونه‌ای از اراضی شیب‌دار مواج زاگرس می‌باشد، انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در حوالی روستای مهرگرد سمیرم و در فاصله حدود ۱۵ کیلومتری شهر سمیرم واقع شده است. نمونه برداری از یک شبکه منظم مربعی ۱۲ × ۱۰ انجام شد. بدین منظور نخست محل شبکه تعیین و با استفاده از دوربین T_{16} محل گره‌های شبکه با فواصل ۳۰ متر تعیین گردید. سپس ارتفاع گره‌های شبکه با دوربین نیوو مشخص و مدل سه بعدی آن تهیه شد (شکل ۱). موقعیت هریک از نقاط در شبکه روی زمین نما در صحرا حین نمونه‌برداری تعیین گردید. به منظور انجام آزمایش‌های کیفیت خاک مجموعاً ۱۲۰ نمونه از محل گره‌های شبکه و از افق سطحی (cm ۱۵ – ۰) برداشته شد. ۱۲۰ نمونه دیگر نیز از همان عمق ولی در شرایط استریل به منظور آزمایش‌های بیولوژیکی برداشته و فوراً به یخچال برده شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و تجزیه‌های زیر روی نمونه‌ها انجام گرفت:

الف) اندازه‌گیری درصد مواد آلی به روش اکسیداسیون تر (والکی بلاک(Walky – Black))(۲۷) .

ب) اندازه‌گیری تنفس میکروبی با استفاده از ظروف سر بسته و به روش تیتراسیون برگشتی با سود باقی‌مانده (۲۹).

ج) اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فسفاتاز به روش طباطبایی و برمنر (۳۴). این روش بر اساس تخمین کلریمتریک پارانیتروفنل فسفات آزاد شده به‌وسیله آنزیم فسفاتاز طی فرایند انکوباسیون خاک با محلول سدیم پارانیتروفنل فسفات بافر شده و تولوئن می‌باشد.

د) اندازه‌گیری pH گل اشباع توسط دستگاه pH متر مدل متر اهم – ۶۲ (۲۱).

و) اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع به‌وسیله دستگاه هدایت سنج مدل متر اهم ـ۴۴ (۳).

هـ) آزمایش‌های صحرایی: دو فاکتور رطوبت خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری به وسیله دستگاه TDR (Time – Domain Reflectometry) (۸) و ضخامت افق A با حفر پروفیل‌های کم عمق در محل گره‌های شبکه در ۱۲۰ نقطه تعیین شد.

تحلیل داده‌ها از قبیل بررسی وضعیت توزیع داده‌ها، مقایسه میانگین و رسم نمودارهای باکس پلات با نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. رسم تصویر سه بعدی منطقه نیز با استفاده از نرم‌افزار سورفر(Surfer) انجام شد.

نتایج و بحث

به منظور مقایسه پارامترهای کیفیت خاک در اجزای متفاوت زمین نما به دلیل فراهم نبودن پیش فرض‌های آزمون‌های پارامتری از جمله غیر نرمال بودن توزیع داده‌ها و نابرابری واریانس جوامع آماری (جداول ۱ تا ۴) از آزمون‌های آماری غیرپارامتری من ـ ویتنی(Mann-Whitney) و کروسکال ـ ولیس (Kruskal- Wallis) و برای نمایش پارامترها در هر یک از اجرای شیب و مقایسهٔ آنها از نمودارهای جعبه‌ای (Box & Wisker Diagram or Box plot) استفاده شد. این نمودارها نحوهٔ توزیع داده‌ها را در اطراف میانه، چارک‌های اول و سوم و نیز تعداد داده‌های پرت را نمایش می‌دهد. به منظور آشنایی بیشتر با این نمودارها، اجزای مختلف یک نمودار جعبه‌ای در شکل ۲ نمایش داده شده است.

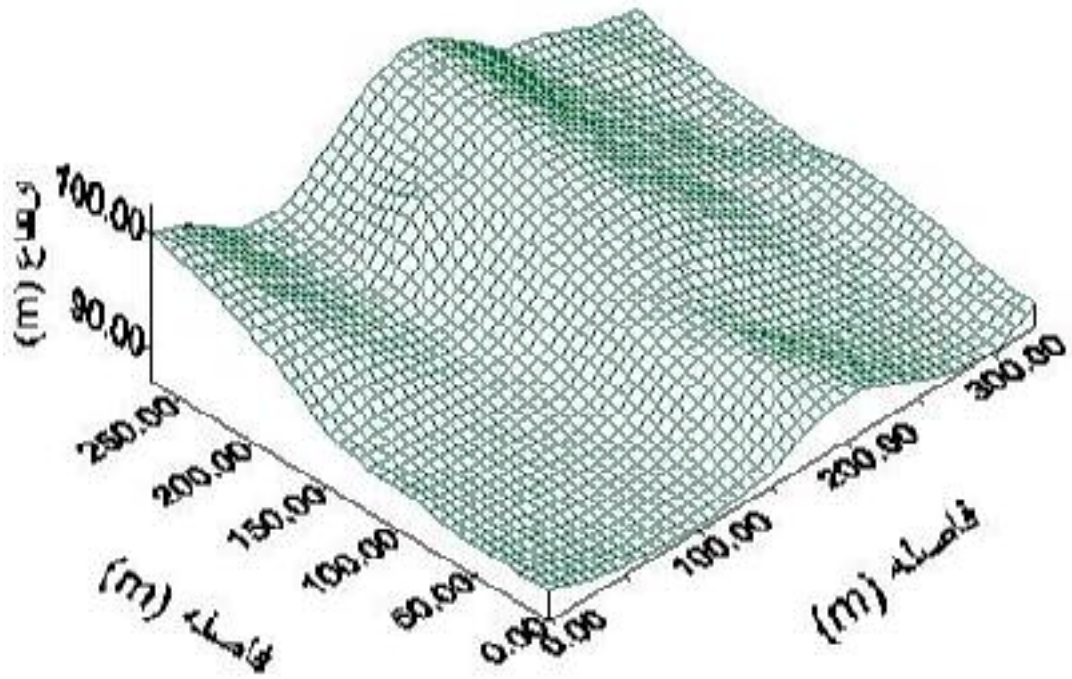
پارامترهای بیولوژیکی کیفیت خاک

الف) تنفس میکروبی

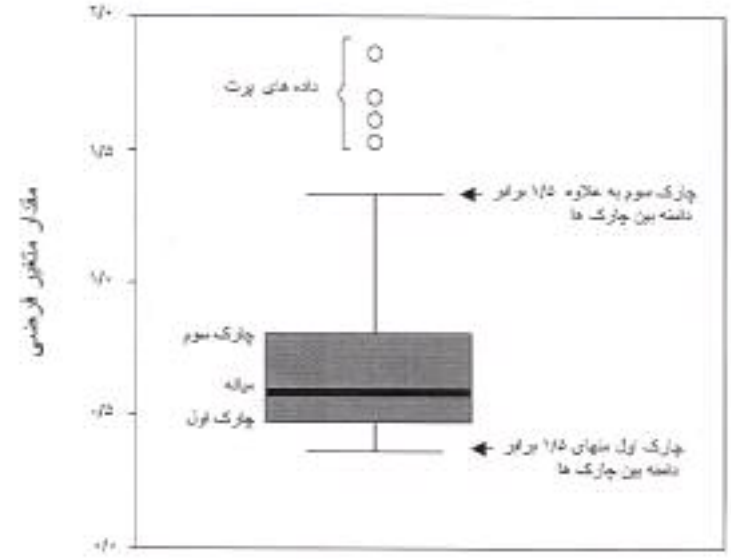
نتایج به‌دست آمده نشان داد که میانگین تنفس میکروبی در تمام موقعیت‌های شیب به استثنای پایه و انتهای شیب دارای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل ۱. مدل سه بعدی (DEM) منطقه نمونه برداری شده (حداکثر اختلاف ارتفاع ۱۶ متر)



شکل ۲. معرفی اجزای یک نمودار جعبه‌ای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]

جدول۱. خصوصیات آماری فعالیت آنزیم فسفاتاز و تنفس میکروبی در موقعیت‌های متفاوت شیب و کل منطقه

شاخص کیفیت خاک	فعالیت آنزیم فسفاتاز $\left(\mu molp-NP/g.hr\right)$						تنفس میکروبی $(mg\ CO_2/gr.day)$					
موقعیت / آماره	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه
تعداد نمونه	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰
میانگین	۱/۸	۱/۲	۱/۵	۲/۳	۲/۶	۲	۰/۸	۰/۳	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۶
میانه	۱/۷	۱	۱/۴	۲/۴	۲/۶	۲/۲	۰/۸	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۴
انحراف معیار	۱/۹	۲/۱	۱/۵	۲/۲	۲/۹	۲/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۵
چولگی	۰/۹	۰/۷	۱/۰	−۱/۶	−۱/۸	−۱/۲	−۰/۸	۱/۵	۱/۸	۱/۲	۱/۹	۱/۵
ضریب پراکندگی(٪)	۱۰۷/۵	۱۷۳/۳	۹۷/۹	۹۵/۳	۱۱۴/۱	۱۱۰/۱	۲۶/۳	۹۳/۳	۱۰۰	۷۶/۶	۷۷/۱	۷۸/۳

جدول۲. خصوصیات آماری متغیرهای ضخامت افق A و درصد رطوبت حجمی در موقعیت‌های متفاوت شیب و کل منطقه

شاخص کیفیت خاک	ضخامت افق A (cm)						درصد رطوبت حجمی					
موقعیت / آماره	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه
تعداد نمونه	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰
میانگین	۱۶/۱	۱۳	۲۰/۳	۲۴	۲۵	۲۱/۳	۱۵/۴	۱۴/۴	۱۶/۹	۱۷/۳	۱۸/۱	۱۶/۹
میانه	۱۲	۱۱	۱۶/۳	۲۲	۱۹/۷	۱۹/۲	۱۰/۴	۱۳/۵	۱۵/۳	۱۹/۰	۱۸/۷	۱۶/۴
انحراف معیار	۸/۱	۶/۶	۹/۶	۶/۷	۱۱/۳	۹/۴	۹/۵	۱۰/۶	۱۱/۶	۹/۲	۹/۱	۱۰/۹
چولگی	۰/۹	۰/۹	۱/۳	۱/۱	۱/۰	۱/۱	۱/۰	۰/۹	۱/۶	−۱/۰	−۱/۴	۱/۳
ضریب پراکندگی(٪)	۵۰/۱	۵۰/۴	۴۷/۳	۲۸/۱	۴۵/۲	۴۳/۹	۶۱/۹	۷۳/۶	۶۸/۹	۵۳/۲	۵۰/۳	۶۴/۵

جدول ۳. خصوصیات آماری فاکتورهای کربن آلی و pH در موقعیت‌های متفاوت شیب و کل منطقه

شاخص کیفیت خاک	کربن آلی (درصد)						PH					
موقعیت / آماره	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه
تعداد نمونه	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰
میانگین	۱/۰	۰/۶	۰/۸	۱/۰	۱/۲	۰/۹	۷/۶	۷/۷	۷/۶	۷/۴	۷/۳	۷/۵
میانه	۱/۰	۰/۶	۰/۷	۰/۹	۱/۳	۰/۹	۷/۳	۷/۷	۷/۶	۷/۴	۷/۳	۷/۵
انحراف معیار	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۳
چولگی	−۰/۸	۰/۷	۱/۲	۱/۲	−۱/۷	۱/۲	−۰/۷	۱/۱	۱/۳	−۱/۱	۰/۵	۰/۵
ضریب پراکندگی(٪)	۲۰/۳	۳۳/۳	۴۲/۵	۳۷	۳۱/۶	۴۲/۲	۴/۲	۸/۰	۵/۳	۲/۷	۲/۶	۳/۶

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]

جدول ۴. خصوصیات آماری متغیر هدایت الکتریکی در موقعیت‌های متفاوت شیب و کل منطقه

شاخص کیفیت خاک	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)					
موقعیت / آماره	قله شیب	شانه شیب	شیب پشتی	پایه شیب	انتهای شیب	کل منطقه
تعداد نمونه	۷	۱۴	۳۷	۴۱	۲۱	۱۲۰
میانگین	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۶
میانه	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۶
انحراف معیار	۰/۳	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲
چولگی	−۱/۱	۱/۵	۱/۳	−۱/۹	−۱/۳	۱/۴
ضریب پراکندگی(٪)	۴۹/۱	۸۶	۳۶/۶	۲۶/۲	۲۰/۶	۲۵

تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد (α =۰/۰۵) است. تأثیر موقعیت‌های متفاوت شیب بر تنفس میکروبی به‌صورت نمودار جعبه‌ای در شکل ۳ نشان داده شده است. مقدار این پارامتر از شانه شیب به سمت پایه و انتهای شیب افزایش نشان می‌دهد. حداکثر مقدار تنفس میکروبی در خاک‌های قله شیب حاکی از شرایط مناسب‌تر خاک‌های این موقعیت شیب می‌باشد.

خاک، در برگیرندهٔ انواع گوناگونی از ارگانیسم‌هاست که پی بردن به فعالیت بیولوژیکی آنها می‌تواند معیاری برای سلامت و کیفیت خاک باشد. در تفسیر نتایج آزمایشگاهی غالباً تنفس میکروبی بیشتر را معرف خاک با کیفیت بالا می‌دانند، زیرا هر چقدر تنفس میکروبی بیشتر باشد فعالیت بالقوه میکروبی بیشتر خواهد بود(۲۰ و۳۱). جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در شرایط مختلف محیطی تغییرات زیادی دارد (٦). نتایج نشان داد که خاک‌های جمع شده در قسمت‌های پایین زمین نما مقادیر بالاتری از سوبسترا (کربن آلی) را نسبت به خاک‌های موجود در قسمت‌های بالاتر شیب دارا می‌باشند. از آنجایی که تنفس میکروبی شاخصی از معدنی شدن کربن آلی است، بنابراین در مکان‌هایی بیشترین مقدار را دارد که کربن آلی حداکثر است. بیشترین مقدار این ویژگی در قسمت انتهای شیب و قله شیب با حداکثر کربن آلی و کمترین مقدار در شانه شیب با حداقل مقدار کربن آلی وجود دارد (شکل ۳). استرس رطوبتی از عوامل دیگری است که جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بالا بودن استرس رطوبتی در قسمت‌های شانه شیب، فعالیت‌های گوناگون جمعیت میکروبی خاک را نسبت به خاک‌های پایین شیب محدود می‌کند (۳۳). خشک شدن خاک باعث از بین رفتن مقادیر زیادی از بیوماس میکروبی می‌شود (۱۰).

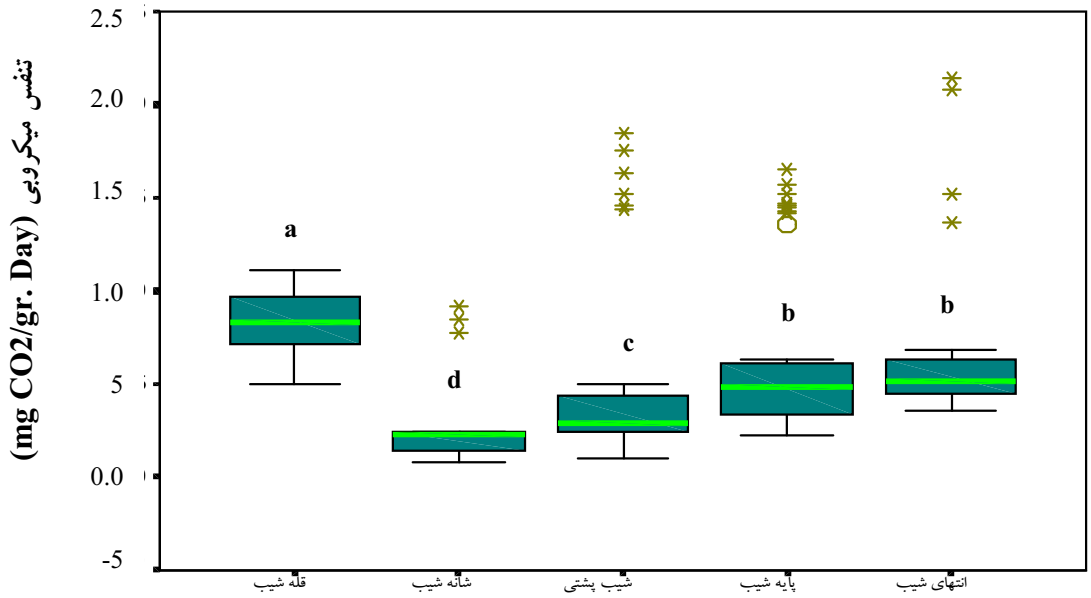
تنفس میکروبی باعث آزادسازی عناصر غذایی از مواد آلی می‌شود که برای رشد گیاه ضروری است. مواد آلی کلید بقای حاصلخیزی خاک است و آثار مهمی بر خصوصیات بیولوژیکی خاک دارد. عناصر اصلی غذایی در مواد آلی خاک غالب هستند. تمام مواد آلی خواه تازه یا بخشی تجزیه شده، عاقبت تحت تأثیر جامعه میکروبی قرار می‌گیرند. بنابراین هرگونه کوششی در ارزیابی جریان عناصر غذایی و انرژی در سیستم خاک با توجه به نقش جامعه میکروبی خاک انجام می‌گیرد (۷).

ب) فعالیت آنزیم فسفاتاز

در مورد فعالیت آنزیم فسفاتاز نتایج نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین تمام موقعیت‌های شیب به استثنای پایه و انتهای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل۳. نمودار جعبه‌ای تنفس میکروبی در موقعیت‌های متفاوت شیب. ○ و* نشانگر داده های پرت هستند. ○ مقادیر ۱/۵ تا ۳ برابر فاصله بین چارک‌ها بیش ازچارک سوم و کمتر از چارک اول را نشان می‌دهد و * مقادیر ۳ برابر و بیشتر فاصله بین چارک‌ها بیشتر از چارک سوم و کمتر از چارک اول را نمایش می‌دهد.

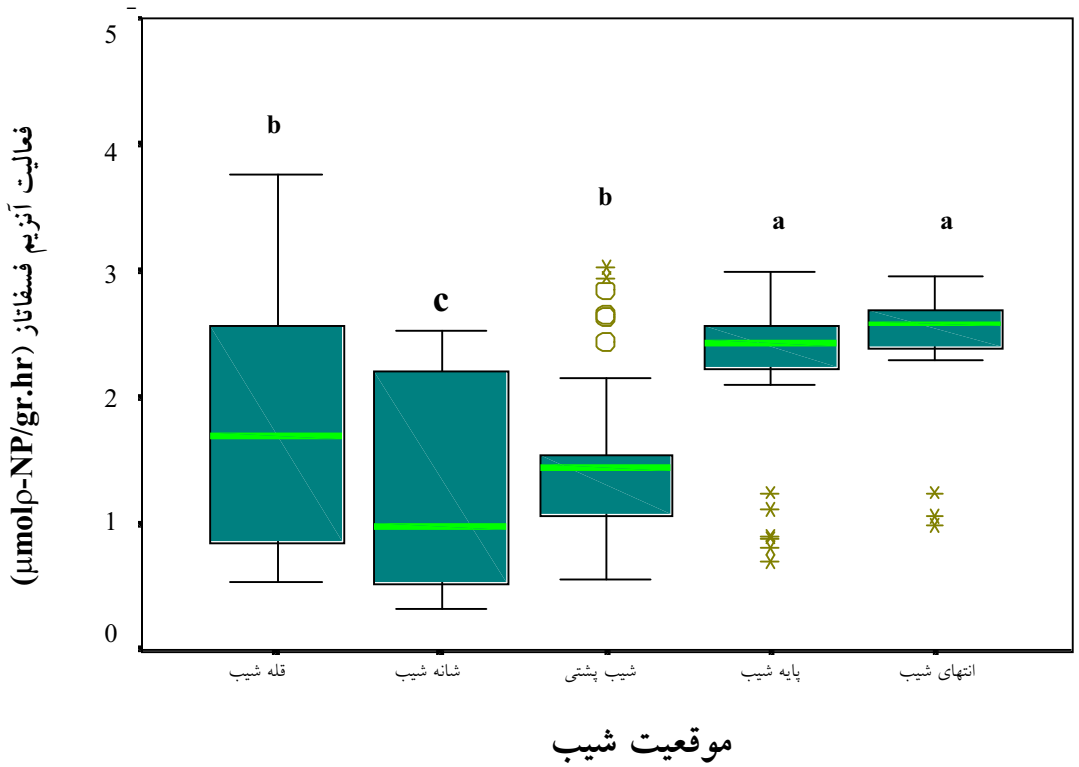
شیب در سطح ۵ درصد وجود دارد. فعالیت این آنزیم از سمت شانه شیب به سمت پایه و انتهای شیب افزایش نشان می‌دهد. قله شیب از این نظر همانند شیب پشتی است (شکل ۴).

آنزیم‌های خاک که از ارگانیسم‌های زنده و یا سلول‌های مرده منشأ می‌گیرند در تسهیل بسیاری از واکنش‌های خاک مانند تجزیه مواد آلی و گردش عناصر غذایی نقش حیاتی دارند. هم‌چنین تأثیر این آنزیم‌ها بر خصوصیات فیزیکی خاک‌ها شناخته شده است (۱۵و۲۰). آنزیم فسفاتاز از جمله آنزیم‌هایی است که به‌عنوان شاخص فعالی از کیفیت خاک استفاده می‌شود. ارزیابی ارتباط بین فعالیت‌های آنزیم‌های معدنی کننده مواد غذایی مثل فسفاتاز، اوره آز و سولفاتاز با مقدار مواد آلی تجمع یافته می‌تواند در ارزیابی درجه کنترل بیولوژیکی عناصر غذایی و پایداری سیکل عناصر در سیستم مؤثر باشد. تعادل در سیکل عناصر غذایی کلیدی (N، C، S و P) شاخص مهمی است که نشان‌دهنده تنزل یا ترفیع کیفیت سیستم‌های خاک است (۲۶).

فعالیت آنزیم فسفاتاز در خاک به تعدادی از محدودیت‌های محیطی از جمله مقدار مواد آلی، آب گرفتگی، تراکم، افزودن کود، شخم، ورود فلزات سنگین و حشره‌کش‌ها حساس است(۸،۵ و۲۳). بالاترین هم‌بستگی فعالیت این آنزیم با مواد آلی و درصد رطوبت حجمی (ضریب هم‌بستگی به‌ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۷۳) مشاهده شد. حداکثر فعالیت این آنزیم در مکان‌هایی با حداکثر مواد آلی (پایه و انتهای شیب و تا حدی در قله شیب) و حداقل آن در بخش‌های فرسایش یافته شیب با حداقل مواد آلی دیده شد. به‌طور کلی فعالیت‌های آنزیمی خاک با مقدار ماده آلی خاک رابطه مستقیم دارند. فرسایش و خاک ورزی بی‌رویه که منجر به کاهش ضخامت افق سطحی و کاهش تمرکز مواد آلی در لایه شخم می‌شوند، فعالیت آنزیمی را به شدت کاهش می‌دهند. هم‌چنین پراکنش مکانی آن دسته از میکروارگانیسم‌ها که تولید این آنزیم خارج سلولی را کنترل می‌کنند در پراکندگی مکانی فعالیت این آنزیم مؤثرند. بنابراین،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل۴. نمودار جعبه‌ای فعالیت آنزیم فسفاتاز در موقعیت‌های متفاوت شیب

تغییرات فاصله‌ای فعالیت آنزیم فسفاتاز در مقیاس زمین نما ناشی از شدت‌ها و واکنش‌های متقابل پروسه‌های خاک است که به‌نوبه خود به‌وسیله فرایندهای پدولوژیکی و هیدرولوژیکی کنترل می‌شوند. اگر چه واضح است که فعالیت این آنزیم شدیداً به وسیله توپوگرافی کنترل می‌شود، توپوگرافی خود به تنهایی عامل کنترل کننده نیست. مقدار مواد آلی و درصد رطوبت حجمی در اجزای شیب مهم‌ترین فاکتور مؤثر برفعالیت آنزیم فسفاتاز می‌باشد، بخصوص ارتباط متقابل نسبتاً قوی بین مواد آلی، درصد رطوبت حجمی و فعالیت این آنزیم این فرضیه را حمایت می‌کند. در حقیقت تأثیر موقعیت‌های زمین نما بر فعالیت آنزیم فسفاتاز نتیجه تأثیری است که موقعیت‌های زمین‌نما بر پراکندگی مکانی مواد آلی، رطوبت و احتمالاً بیوماس میکروبی دارد (٤،٦،١١ و٣٢).

آنالیز زمین‌نما روش مفیدی برای تعیین و توضیح ارتباط بین فعالیت آنزیم فسفاتاز و تغییرات پارامترهای خاک می‌باشد. واضح است بدین وسیله تخمین فعالیت این آنزیم در اکوسیستم‌های کشاورزی و منابع طبیعی امکان‌پذیر می‌شود. از آنجایی که فعالیت آنزیمی سریعاً نسبت به تغییرات محیطی و تغییر مدیریت عکس‌العمل نشان می‌دهند، کاربرد وسیعی در تعیین کیفیت بیولوژیکی خاک دارد.

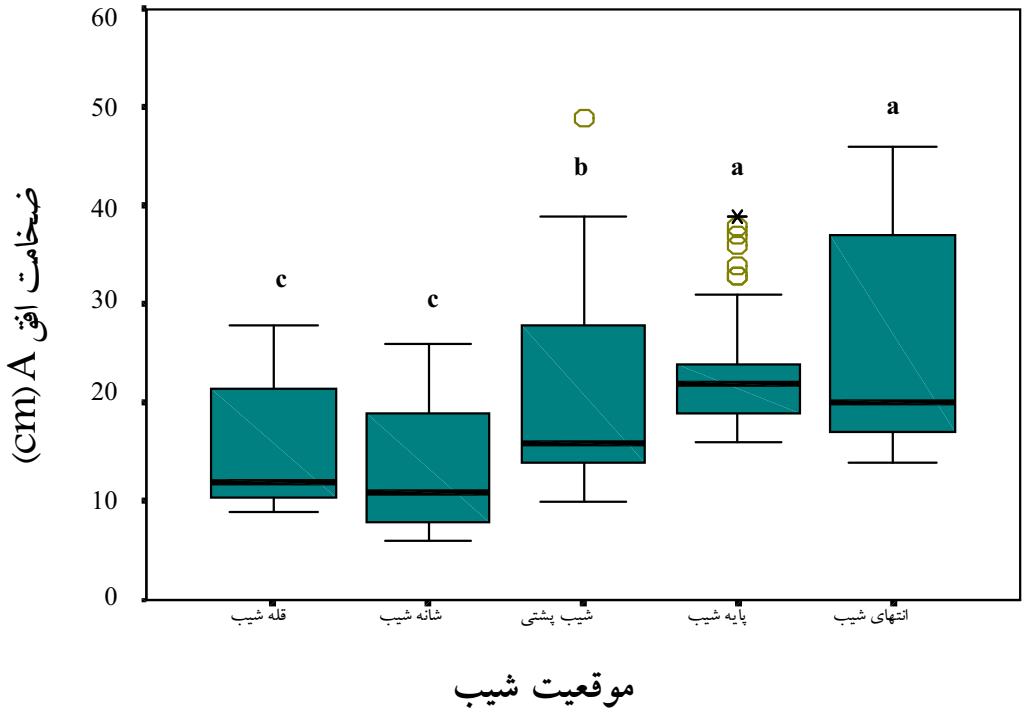
پارامترهای فیزیکی کیفیت خاک

الف) ضخامت افق A

نمودار جعبه‌ای ضخامت افق A در موقعیت‌های متفاوت شیب در شکل ۵ نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهد قسمت مسطح و شانه شیب با شیب پشتی و شیب پشتی با پایه و انتهای شیب از نظر متوسط ضخامت افق A دارای تفاوت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل ۵. نمودار جعبه‌ای ضخامت افق A در موقعیت‌های متفاوت شیب

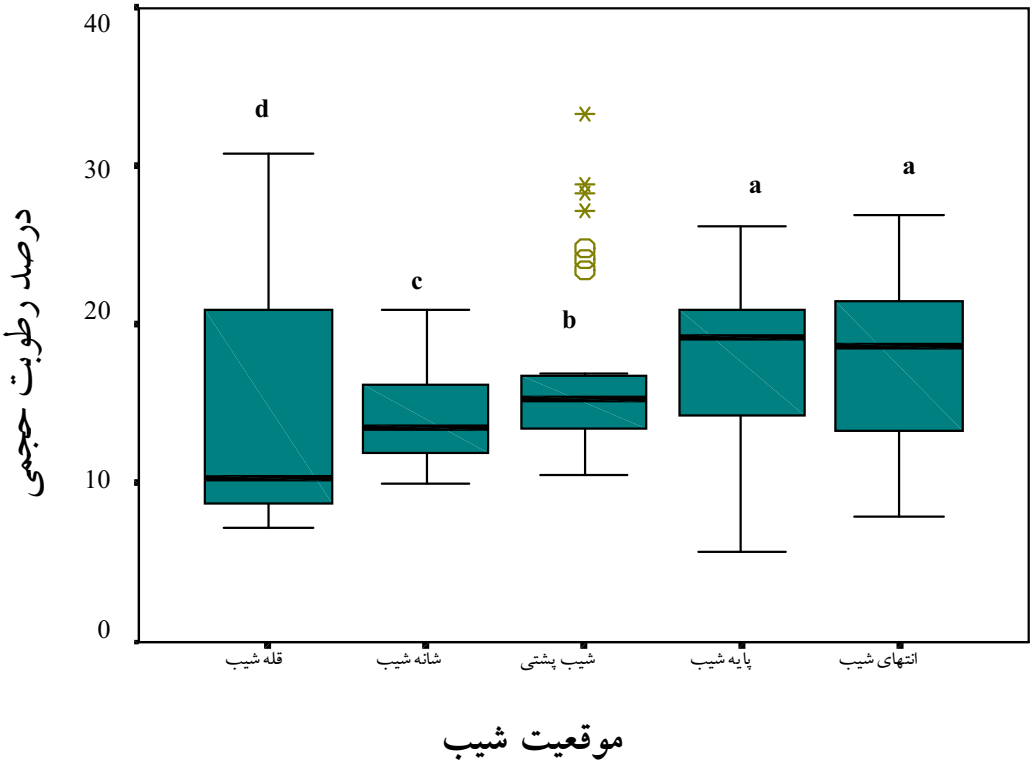
معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند. پایه و انتهای شیب حداکثر و قله و شانه شیب حداقل ضخامت افق A را داراست و شیب پشتی از این نظر در درجه بعدی قرار می‌گیرد. علت این تفاوت را می‌توان به‌طور عمده به تفاوت در سرعت فرسایش و تجمع مواد در قسمت‌های متفاوت زمین‌نما نسبت داد. شانه و قله شیب به‌دلیل فرسایش شدید، به ویژه تحت مدیریت نامناسب بهره‌برداری از مراتع، حداکثر تخریب را متحمل گردیده است و در مقابل بخش‌های پایین زمین‌نما از جمله پایه و انتهای شیب محل تجمع خاک‌های سطحی غنی از مواد آلی بالادست می‌باشد. خاک‌های بخش شیب پشتی نیز به مقدار قابل توجهی تخریب شده است. حرکت آب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در فرایند تشکیل خاک و تکامل زمین نماست. توزیع آب هم برای واکنش‌هایی که باعث تغییرات پدولوژیکی می‌شود و هم برای بسیاری از جنبه‌های عملی رفتار خاک مهم است. آب در طول شیب به‌صورت جریانات سطحی و عمقی حرکت می‌کند و در این مسیر نیز قادر است فرسایش شدیدی ایجاد کند. مواد سطحی را از یک قسمت شیب حرکت می‌دهد یا در محل دیگری بر جای می‌گذارد و یا آن را از شیب دور می‌کند (۷). این فرسایش و رسوب عاملان کنترل کننده ضخامت افق A هستند. نتایج به‌دست آمده با نتایج مولین و همکاران (۲۲) مطابقت دارد. ولی مرموت و همکاران (۲۴) فرسایش و رسوب را تنها عاملان کنترل کننده ضخامت افق A نمی‌دانند، بلکه معتقدند انبساط و انقباض حاصل از تغییرات رطوبت نیز عامل مؤثری در کنترل ضخامت افق A می‌باشد.

ب) درصد رطوبت حجمی

تأثیر موقعیت‌های متفاوت شیب بر در صد رطوبت حجمی در شکل ۶ نشان داده شده است. درصد رطوبت حجمی از سمت قله شیب به سمت پایه و انتهای شیب افزایش می‌یابد. بین شانه شیب، شیب پشتی و پایه شیب از نظر رطوبت، تفاوت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل ۶. نمودار جعبه ای درصد رطوبت حجمی در موقعیت‌های متفاوت شیب

معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد، در حالی‌که تفاوت بین پایه شیب و انتهای شیب معنی‌دار نیست. جزء با حداکثر رطوبت، پایه و انتهای شیب است که خطوط جریانات سطحی و عمقی در این قسمت تجمع می‌یابند و جزء با حداقل رطوبت، قله شیب است که خطوط جریانات از این قسمت منحرف می‌شوند. دیگر اجزای شیب دارای رطوبت حدواسط می‌باشند. بنابراین ژئومتری شیب مانند زاویه، طول، جهت و انحنای شیب، بر رواناب و زهکشی تأثیر می‌گذارند و در نتیجه مقدار رطوبت با موقعیت‌های شیب تغییر می‌کند. مقدار رطوبت نه تنها از لحاظ رشد محصول مهم است بلکه عامل مهمی در تشکیل خاک نیز می‌باشد (۲۳). یکی از مهم‌ترین جنبه‌های ناهمگونی خاک، تأثیر آن بر حرکت آب در خاک است. در بعضی خاک‌ها حرکت جانبی مهم‌ترین عامل تغییرپذیری است. مقدار حرکت جانبی بستگی به شدت تغییرات نفوذپذیری، درجه شیب، شرایط غیراشباع و گرادیان هیدرولیکی دارد و در بیشتر مواقع متناسب با شیب است(۱۶). فرایندهای فیزیکی و شیمیایی به‌علت نوع، جهت و کیفیت حرکت آب روی یا داخل یک شکل زمین تپه ماهوری(Hillslope) تغییر می‌کنند و خصوصیات خاک‌ها نیز به دلیل وابستگی مستقیم با این فاکتورها متغیرند.

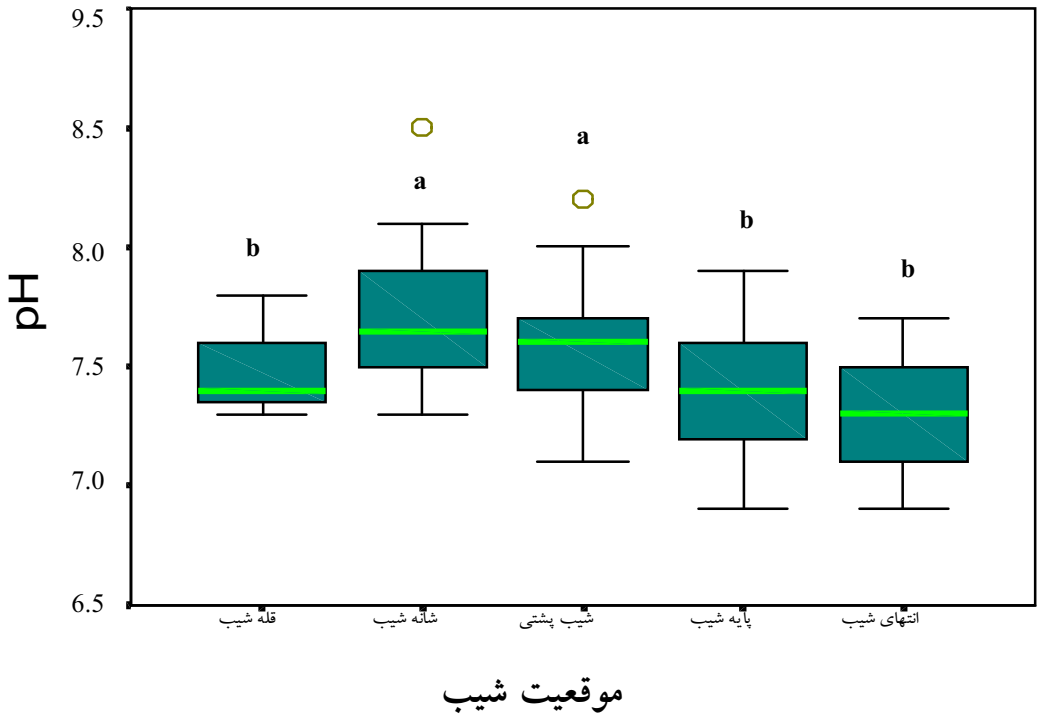
پارامترهای شیمیایی

الف) pH

شکل ۷ اثر موقعیت‌های شیب بر pH خاک را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود pH از سمت شانه شیب به سمت پایه و انتهای شیب کاهش می‌یابد. تفاوت معنی‌داری بین بخش‌های بالایی شیب (شانه پشت و شیب پشتی) مشاهده نمی‌شود. در حالی‌که بین شانه شیب و شیب پشتی با قله، پایه و انتهای شیب تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل۷ . نمودار جعبه‌ای pH خاک در موقعیت‌های متفاوت شیب

دلیل این تفاوت را می‌توان به فرسایش و نتیجتاً در معرض قرار گرفتن خاک غنی از کربنات کلسیم افق‌های زیرین در بخش‌های بالایی شیب (شانه شیب و شیب پشتی) نسبت داد. علاوه بر این، به‌دلیل بالا بودن مواد آلی در بخش‌های انتهایی شیب و وجود کمپلکس‌های اسیدهای آلی، کاهش pH در این قسمت‌ها مورد انتظار می‌باشد. بالا بودن بیوماس میکروبی و در نتیجه افزایش فشار CO_2 در موقعیت‌های پایینی شیب از دلایل دیگر کاهش pH در این قسمت‌هاست.

ب) کربن آلی

شکل ۸ اثر موقعیت‌های شیب بر درصد کربن آلی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بین تمام اجزای شیب به جزء شیب پشتی با شانه شیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد. پایه و انتهای شیب حداکثر و شانه شیب حداقل ماده آلی را داراست. علت این تفاوت فرسایش خاک‌های سطحی غنی از مواد آلی از قسمت‌های بالایی شیب به سمت بخش‌های پایینی شیب است. شانه شیب دارای حداکثر فرسایش می‌باشد، در حالی‌که پایه و انتهای شیب محل تجمع رسوبات است. مقادیر بالای فرسایش خاک مقادیر پایین کربن آلی را به همراه دارد (۱۹، ۲۳ و ۳۲). بنابراین در شانه شیب با فرسایش شدید خاک عمقی با رنگ روشن در معرض قرار گرفته است، در حالی‌که در قسمت‌های پایه و انتهای شیب رنگ خاک تیره‌تر است. افزایش مقدار رطوبت مؤثر در پایین شیب نیز می‌تواند عامل مؤثری در افزایش کربن آلی در این بخش از زمین‌نما باشد.

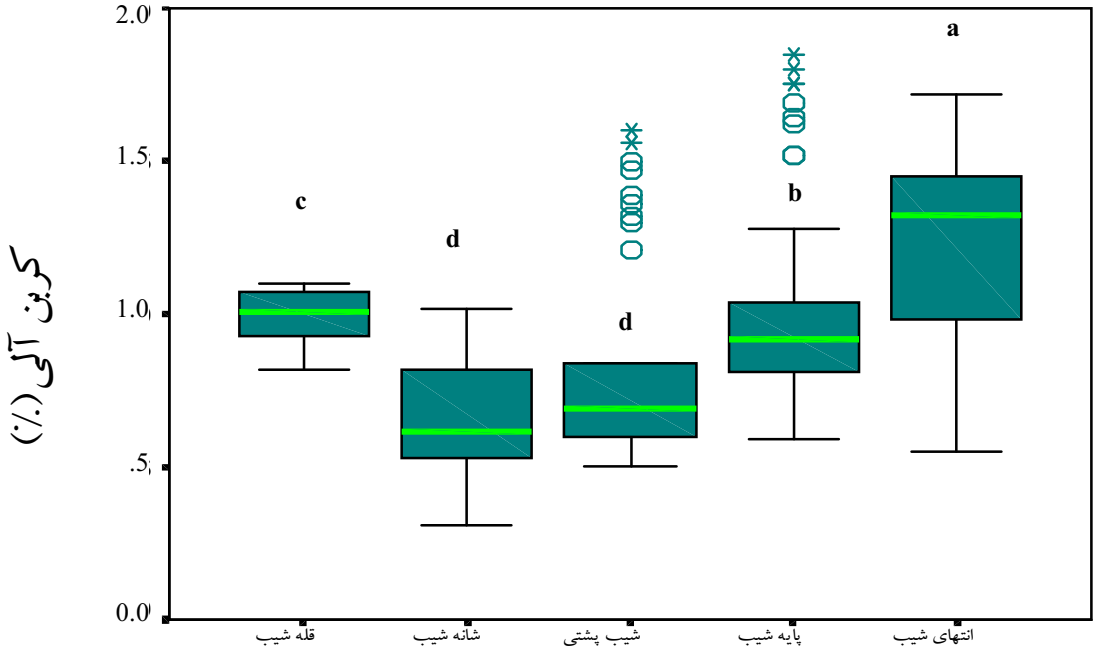
مواد آلی خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای کیفیت خاک محسوب می‌شود. تفاوت در خصوصیاتی مانند مواد آلی می‌تواند تأثیر بسزایی در گردش عناصر غذایی و قدرت تحویل عناصر غذایی توسط خاک داشته باشد (۱۸).

ج) هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی از شانه شیب به سمت پایه شیب افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل۸. نمودار جعبه ای درصد کربن آلی در موقعیت‌های متفاوت شیب

می‌یابد (شکل۹). نتایج به دست آمده از آزمون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری بین قله شیب، شانه شیب و شیب پشتی با پایه و انتهای شیب در سطح ۵ درصد می‌باشد. عصاره اشباع خاک‌های بخش پایه و انتهای شیب بالاترین هدایت الکتریکی (۰/۷dS/m) و بخش شانه شیب حداقل هدایت الکتریکی (۰/۵dS/m) را داراست. دلیل این امر حرکت رو به پایین آب و حل نمک‌ها در حین حرکت می‌باشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج گریگوریج و همکاران (۱۴) و دران و همکاران (۱۲) مطابقت دارد.

باید توجه داشت علی‌رغم این‌که شوری خاک در قسمت‌های پایین شیب بیشتر از قسمت‌های بالایی شیب می‌باشد، حداکثر EC خاک‌های مورد بررسی (۰/۷dS/m) نیز هیچ‌گونه محدودیتی برای فعالیت‌های میکروبی ایجاد نکرده است.

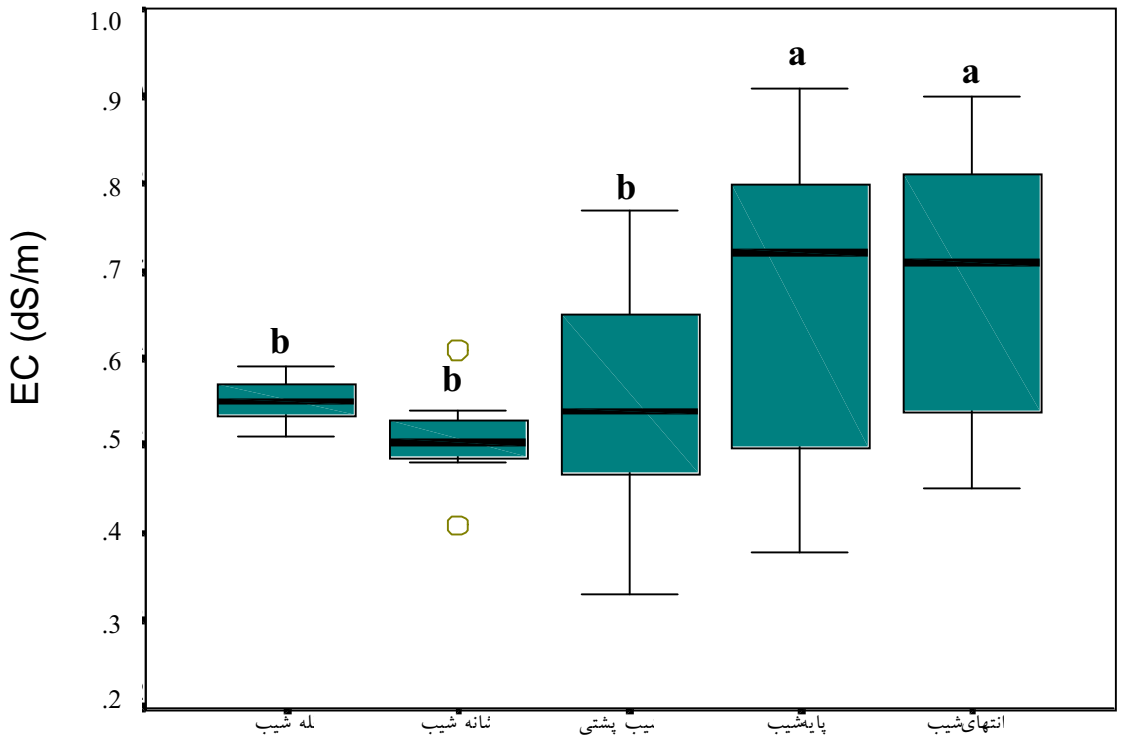
نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که توپوگرافی تأثیر شدیدی بر تغییر خصوصیات کیفی خاک دارد. بنابراین مدیریت‌های متفاوت در اجزای متفاوت لندفرم نیاز است، لیکن اعمال روش‌های مدیریتی متفاوت در قسمت‌های مختلف شیب به‌ویژه در روش‌های نسبتاً سنتی مورد استفاده در منطقه عملی نیست.

علت تفاوت بسیار فاحش کیفیت خاک بر اساس ویژگی‌های مورد بررسی در قسمت‌های مختلف شیب را می‌توان به طور عمده به تفاوت در سرعت فرسایش و تجمع مواد و درجه تخریب متفاوت در بخش‌های مختلف لندفرم نسبت داد. شانه شیب به‌دلیل فرسایش شدید به‌ویژه تحت مدیریت نامناسب بهره‌برداری از مراتع در منطقه حداکثرتخریب را متحمل گردیده است و در مقابل بخش‌های پایین زمین نماز جمله پایه و انتهای شیب محل تجمع خاک‌های سطحی غنی از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]



شکل ۹. نمودار جعبه‌ای هدایت الکتریکی در موقعیت‌های متفاوت شیب

مواد آلی بالادست می‌باشند. خاک‌های قسمت قله و شیب پشتی نیز به مقدار قابل توجهی تخریب شده و کیفیت خود را از دست داده‌اند. به عبارتی تفاوت بسیار فاحش در پارامترهای کیفیت خاک در بخش‌های متفاوت شیب نشان از درجه تخریب بسیار شدید اراضی مورد بررسی به‌دلیل مدیریت نامناسب دارد.

مقایسه ضریب تغییرات ویژگی‌های کیفیت خاک مورد بررسی نشان می‌دهد که خواص بیولوژیکی خاک نسبت به سایر خواص از تغییرپذیری بیشتری برخوردار است (جداول ۱ تا ۴). دلیل این امر می‌تواند حساسیت بیشتر پارامترهای بیولوژیکی خاک نسبت به شرایط محیطی باشد. بنابراین هم‌بستگی مکانی آنها در مقیاس کوچک قابل بررسی است. لازم به ذکر است از بین خصوصیات بیولوژیکی مورد بررسی فعالیت آنزیم فسفاتاز از ضریب تغییرات بالاتری برخوردار است که دلیل این امر عکس العمل سریع و شدید فعالیت‌های آنزیمی به تغییرات محیطی و مدیریتی است. به همین دلیل این ویژگی کاربرد وسیعی در کیفیت بیولوژیکی خاک دارد.

با توجه به تأثیری که موقعیت‌های زمین نما بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد، توصیه میشود آنالیز زمین نما در طرح‌های مدیریت اراضی و برنامه‌های حفاظت آب و خاک انجام شود. از آنجایی‌که اعمال مدیریت متفاوت در بخش‌های متفاوت زمین‌نما به‌ویژه در اراضی مرتعی مشکل و شاید بتوان گفت غیرممکن می‌باشد، به منظور حفظ خاک باید مدیریت حفاظتی بر مبنای کیفیت خاک در نقاط با حداکثر تخریب (حداقل کیفیت) انجام شود. به علاوه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]

خصوصیات کیفی خاک مزارع نیز غالباً از نقطه‌ای به نقطه دیگر متغیر بوده و بنابراین مدیریت‌های زراعی همانند پخش یکنواخت کود در سطح مزرعه ممکن است به ایجاد نقاطی که بیش از حد نیاز یا کمتر از احتیاج کود دریافت نموده‌اند منجر شود. چنین عدم توازن و تخصیص بهینه نهاده‌ها که بدون در نظر گرفتن تغییرات مکانی ویژگی‌ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک صورت می‌گیرد، نه تنها موجب آثار منفی بر میزان عملکرد و تولید محصول می‌شود، بلکه عواقب نامناسب زیست محیطی مانند آلودگی منابع زیرزمینی را در بر خواهد داشت. بنابراین اطلاع داشتن از نحوه الگوی تغییرات درون مزرعه‌ای خصوصیات مختلف خاک و دیگر عوامل دخیل در تولید به منظور کاهش خطاهای به کارگیری نامناسب نهاده‌ها ضروری است.

بدیهی است که خصوصیات خاک از جمله رطوبت با زمان تغییر می‌کنند. بنابراین بهتر است تغییرات این خصوصیات با زمان نیز دقیقاً بررسی و بر اساس تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات کیفی خاک تصمیم‌های مدیریتی مناسب اتخاذ شود. به علاوه خصوصیات خاک‌های عمقی و به ویژه وجود یا عدم وجود لایه‌های سخت مانند پتروکلسیک بر روی کیفیت خاک‌ها و توان محصول‌دهی آنها تأثیر قابل توجهی دارد. این موضوع را نگارندگان این مقاله در پژوهشی دیگر بررسی کرده‌اند که نتایج آن به طور جداگانه ارائه خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از قطب علمی خاک‌شناسی دانشگاه صنعتی اصفهان برای تأمین وسایل، امکانات و ایجاد تسهیلات لازم برای انجام این پژوهش ونیز از پرسنل محترم آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی این دانشگاه که در انجام آزمایش‌ها، همکاری نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. جهادسازندگی استان اصفهان، ۱۳۶۷. طرح شناسایی پوشش گیاهی و ارزیابی مراتع قسمتی از شهرستان سمیرم. مطالعات تعیین منابع و قابلیت اراضی.

۲. فرپور، م. ه. ۱۳۷۴. رابطه خاک و سطوح ژئومورفولوژی در منطقه گدارکبک چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۴۲ صفحه.

۳. محبوبی،ع. ا. ۱۳۷۰. *فیزیک خاک کاربردی*. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

4. Abtahi, A. 1980. Soil genesis as affected by topography and time in highly calcareous parent materials under semiarid condition in southern Iran. Soil Sci. Soc. Am. J. 44 : 329-336.
5. Alef, K., 1995. Soil Enzyme. PP. 105-116. *In:* K. Alef and P. Nannipieri (Eds.), Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, New York.
6. Amador, J. A., A. M. Glueksman, J. B. Lyons and J. H. Gorres. 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. Soil Sci. 11: 808-823.
7. Banerjee, M. R. and D. L. Burton. 1998. Landscape induced variation in soil biological quality in Manitoba. Soil Biol. Biochem. 30: 1152-1158.
8. Baker, J. M. and R. R. Almaras. 1990. System for automating and multiplexing soil moisture measurement by Time Domain Reflectometry. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 149-157.
9. Boehm, M. M. and D. W. Anderson. 1997. A landscape-scale study of soil quality in three prairie farming systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:1147-1159.
10. Bonmati, M., M. Pajola, J. Sana, M. Soliva, M. T. Felipo, M. Gorau, B. Ceccanti and P. Nannipieri. 1985. Chemical properties in sewage sludge amended soils. Plant Soil. 84: 79-91.
11. Doran, J. W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 765-771.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]

12.Doran, J. W., M. Leibig and D. P. Santana. 1998. Soil health and global sustainability. 16th World Congress of Soil Science, Montpellier, France, August, 20-26.
13.Gerrard, J. 1992. Soil geomorphology, an integration of pedology and geomorphology. Chapman and Hall Pub. Company, New York.
14.Gregorich, E. G., M. R. Carter, D. A. Angers, C. M. Monreal and B. H. Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 74: 367-386.
15.Gregorich, E. G., M. R. Carter, J. W. Doran, C. E. Pankhurst and L. M. Dwyer. 1997. Biological attributes of soil quality. PP. 81-114. *In:* E. G. Gregorich and M. R. Carter (Eds.), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.
16.Harris, R. F., D. L. Karlen and D. I. Mulla. 1996. A conceptual framework for assesment of soil quality and health. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:61-82.
17.Hall, G. F. and C. G. Olson. 1991. Predicting variability of soils from landscape models. PP. 9-24. *In:* M. J. Mausbach and L. P. Wilding, (Eds.), Spatial Variability of Soils and Landforms, SSSA. Inc, Madison, Wisconsin.
18.Hassink, J. 1994. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N, and rates of C and N mineralization. Soil Biol. Biochem. 26: 1221-1231.
19.Jones, A. J., L. N. Midke, C. A. Bartles and C. A. Miller. 1989. Relationships of landscape position and properties to crop production. J. Soil Water Conserv. 44: 328-332.
20.Karlen, D. L., M. J. Rosek, J. C. Gardner, D. L. Allan, M. J. Alms, D. F. Bezdicek, M. Flock, D. R. Huggins, B. S. Miller and M. L. Staben. 1999. Conservation research program effects on soil quality indicators. J. Soil Water Conserv. 54: 439-444.
21.Klute, A. 1982. Soil pH and lime requirment. PP. 199-223. *In:* E. O. McLean (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
22.Moulin, P. A., D. W. Anderson and M. Mellinger. 1994. Spatial variability of wheat yield, soil properties and erosion in hummocky terrain. Can. J. Soil. Sci. 74: 219-228.
23.Malo, D. D., B. K. Worcester, D. K. Cassel and K. D. Matzdrot. 1974. Soil landscape relationships in a closed drainage system. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38: 813-818.
24.Mermut, A. R., D. F. Acton and W. D. Eilers. 1983. Estimation of soil erosion and deposition by a landscape analysis technique on clay soils in south western Saskatchwan. Can. J. Soil Sci. 63: 727-789.
25.Miller, M. P., M. J. Singer and D. R. Nielson. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1132-1141.
26.McGill, W. B. and C. V. Cole. 1981. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S, and P through soil organic matter. Geoderma 26: 267-288.
27.Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. PP. 539-580. *In:* A. L Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
28.Novak, J. M., T. B. Moorman and C. A. Cambardella. 1997. Atrazin sorption at the field scale in relation to soils and landscape position. J. Environ. Qual. 26: 1271-1277.
29.Parkin, T. B., J. W. Doran, and E. Franco-Vizcaino. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. PP. 231-245. *In:* J. W. Doran and A. J. Jones (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality, SSSA Special Publication, No. 49, Madison, Wisconsin.
30.Rooyani, F. and A. R. Southard. 1985. Characteristics and genesis of some soils in the southern foothills of central Alborz, Iran. Soil Sci. 140 (1) : 45-54.
31.Ruhe, R. V. and C. G. Olson. 1980. Soil welding. Soil Sci. 130: 132-139.
32.Seeling, B. D., J. L. Richardson and W. T. Barker. 1994. Sodic soil toposequence related to focused water flow. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 156-163.
33.Sparling, G. P. and D. J. Ross. 1988. Microbial contribution to the increased nitrogen mineralization after air-drying of soils. Plant Soil. 105: 163-167.
34.Tabatabaii, M. A. 1986. Soil Enzymes. PP. 903-943. *In:* A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.6.4]