بررسی تغییرپذیری کیفیت خاک سطحی در اکوسیستم‌های انتخابی در منطقه زاگرس مرکزی

جهانگرد محمدی[۱]، حسین خادمی[۲] و محسن نائل[۲]

چکیده

به منظور دست‌یابی به مدیریت پایدار اراضی و بهبود کیفیت آنها، ارزیابی کمّی عوامل و شاخص‌های مؤثر در پایداری اراضی ضروری است. در بررسی حاضر آثار عوامل مختلف مانند نواحی جغرافیایی، کاربری و مدیریت اراضی بر تغییر پذیری برخی شاخص‌های کیفیت خاک در زاگرس مرکزی ایران مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور ۱۲ منطقه مطالعاتی در مناطق واقع در استان‌های چهارمحال و بختیاری (سبزکوه و بروجن)، اصفهان (سمیرم) و کهکیلویه و بویراحمد (میمند یاسوج) انتخاب و در هر منطقه با توجه به کاربری و مدیریت های مختلف اراضی شامل مرتع (قرق، چرای کنترلی، چرای بی رویه)، کشاورزی (گندم دیم، گندم آبی، یونجه) و جنگل (قرق و تخریب شده) اقدام به نمونه برداری منظم و به تعداد ۵۰ نمونه در هر منطقه شد. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل‌های آماری تک متغیره و چند متغیره نشان داد که کلیه عوامل نواحی جغرافیایی، نوع کاربری و مدیریت اراضی به طور معنی داری بر تغییر پذیری مکانی شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت خاک شامل فعالیت آنزیم فسفاتاز، تنفس میکروبی، مواد آلی و ازت کل خاک در عرصه های مختلف کشاورزی، مراتع و جنگل تأثیر گذاشته‌اند. از سوی دیگر، نتایج حاصل از روش تجزیه به توابع تفکیک کارایی شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت خاک در شناسایی اکوسیستم‌های پایدار و مدیریت‌های بهینه به ویژه در مناطق کشاورزی و جنگل را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم فسفاتاز، ازت کل، تجزیه به توابع تفکیک، تغییرات مکانی خاک، تنفس میکروبی، مواد آلی

۱. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

مقدمه

رشد بی رویه جمعیت نیازمند تأمین غذا و علوفه بیشتر و در نتیجه بهره برداری بیشتر از منابع طبیعی تجدید شونده است. این امر علت اصلی گرایش به کشاورزی با نهاده‌های بیشتر، تغییر کاربری اراضی، استفاده از اراضی حاشیه‌ای و جنگل تراشی می‌باشد (۱۵ و ۲۲). از آنجایی که این فعالیت‌ها عمدتاً بدون شناخت کافی از محیط خاک و در طول سالیان متمادی انجام گرفته است، باعث اختلال و کاهش توانایی خاک در حمایت از فرآیند تولید غذا شده است (۱۶). از این رو مسأله تخریب خاک یکی از مهم‌ترین مسایل دنیای امروز تلقی می‌شود به گونه‌ای که اکثر متخصصین بر این باورند که تخریب خاک، عامل اصلی کاهش تولیدات کشاورزی در واحد سطح و نیز تغییرات شدید بوم شناختی مانند گرم شدن کره زمین، آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش تنوع زیستی (Biodiversity) می‌باشد (۸و۱۵).

پیش بینی می‌شود متوسط سرانه اراضی قابل کشت در دنیا طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ از ۰/۳۳ به ۰/۱۴ هکتار کاهش یابد در حالی که برای تأمین نیاز غذایی سرانه این مقدار باید در حدود ۰/۵ هکتار باشد. اراضی مرتعی نیز به دلیل مدیریت‌های غلط و چرای بی رویه در خطر نابودی قرار دارند به طوری که گزارش شده است بیش از نیمی از کل مساحت مراتع دنیا را فرسایش خاک تهدید می‌کند (۱۷ و ۲۱).

در مقابل، راه‌کارهای مبتنی بر مدیریت بهینه و استفاده پایدار از منابع طبیعی برای کنترل سیر قهقرایی تخریب ارائه گردیده است که هدف آن ایجاد تعادل بین میزان تولید از یک سو و حفظ و بهبود کیفیت منابع خاک از سوی دیگر می‌باشد. ولی هر چند این مفاهیم بسیار ضروری و مفید هستند، بنابراین باید بتوان آنها را به صورت کمّی قابل بیان نمود. بنابراین روش‌هایی برای ارزیابی کمّی استفاده پایدار از منابع اراضی مورد نیاز است. بدین منظور تعریف و تعیین شاخص‌های پایداری و کیفیت خاک ضروری می‌باشد. مطالعه کیفیت خاک نه تنها در اراضی زراعی بسیار مفید می‌باشد، بلکه در مراتع، جنگل‌ها و به طور کلی در هر اکوسیستم خشکی حائز اهمیت و قابل کاربرد است (۹). به همین دلیل در بررسی حاضر کاربری‌ها و مدیریت‌های مختلف مانند مرتع (قرق و چرای شدید)، زراعت دیم، زراعت آبی، و جنگل به منظور مطالعه و ارزیابی کیفیت خاک در نظر گرفته شده است.

کیفیت خاک را می‌توان توانایی دائم خاک در انجام وظایف خود به عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره برداری‌های متفاوت به ترتیبی که علاوه بر حفظ تولید بیولوژیک، بتواند کیفیت آب و هوا را نیز بهبود بخشیده و هم‌چنین تأمین کننده سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد. ارزیابی کیفیت خاک با در نظر گرفتن و اندازه‌گیری برخی از خصوصیات خاک به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک صورت می‌پذیرد (۱۸). یک شاخص کیفیت خاک بایستی دارای خصوصیاتی مانند (الف) مشتمل بر فرایندهای زیست محیطی، (ب) دربرگیرنده خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، (ج) حساسیت به تغییرات محیطی و مدیریتی و (د) قابلیت اندازه‌گیری، دسترسی و پردازش‌های کمی، باشد (۸ و۱۰). علاوه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ویژگی‌های بیولوژیکی مانند فعالیت آنزیمی و تنفس میکروبی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک محسوب می‌شوند. اخیراً بررسی‌های بسیاری به منظور ارزیابی کیفیت خاک با استفاده از خصوصیات مختلف بیولوژیکی خاک صورت گرفته است (۶ و ۱۴). از جمله شاخص‌های بیولوژیک کیفیت خاک می‌توان به ویژگی‌ها و فرآیندهایی که در گردش مواد آلی دخیل هستند مانند کربن آلی، ازت کل، توده زنده میکروبی و فعالیت آنزیمی اشاره کرد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که به طور کلی با تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی مقدار کربن آلی و ازت کل کاهش شدیدی پیدا می‌کند. حاج عباسی و همکاران (۱۲) میزان این کاهش در نتیجه تبدیل جنگل‌های بلوط شهرستان لردگان (استان چهارمحال و بختیاری) به دیمزار غلات حدود ۵۰ درصد گزارش کردند. این میزان کاهش در تبدیل چمنزارهای کانادا به اراضی کشاورزی کمی کمتر از ۵۰

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

درصد گزارش شده است (۱۱).

تحقیقات بر روی تیمارهای مختلف کودی نشان می‌دهد که افزایش کود آلی باعث افزایش تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی می‌گردد. این در حالی است که کودهای شیمیایی تأثیر منفی بر روی شاخص‌های مزبور داشته است. مطالعه بر روی کودهای فسفر نشان داد که که پس از چهار سال کشت و کار و کوددهی و افزایش مقدار فسفر محلول، فعالیت آنزیم فسفاتاز به شدت کاهش پیدا کرد (۶).

اطلاعات اندکی در مورد تغییرپذیری مکانی پارامترهای بیولوژیکی کیفیت خاک در مقیاس منطقه‌ای و با در نظر گرفتن اکوسیستم‌های مختلف و مدیریت‌های اعمال شده در هرکدام برای ناحیه زاگرس مرکزی ایران در دسترس می‌باشد (۱و۲). بررسی‌های انجام شده در این منطقه عمدتاً معطوف به شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی است (۱۲). هدف از مقاله حاضر بررسی عوامل مؤثر در تغییرپذیری برخی از خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک در اکوسیستم‌ها و مدیریت‌های مختلف در مقیاس منطقه‌ای است.

مواد و روش‌ها

مناطق مطالعاتی و نمونه برداری

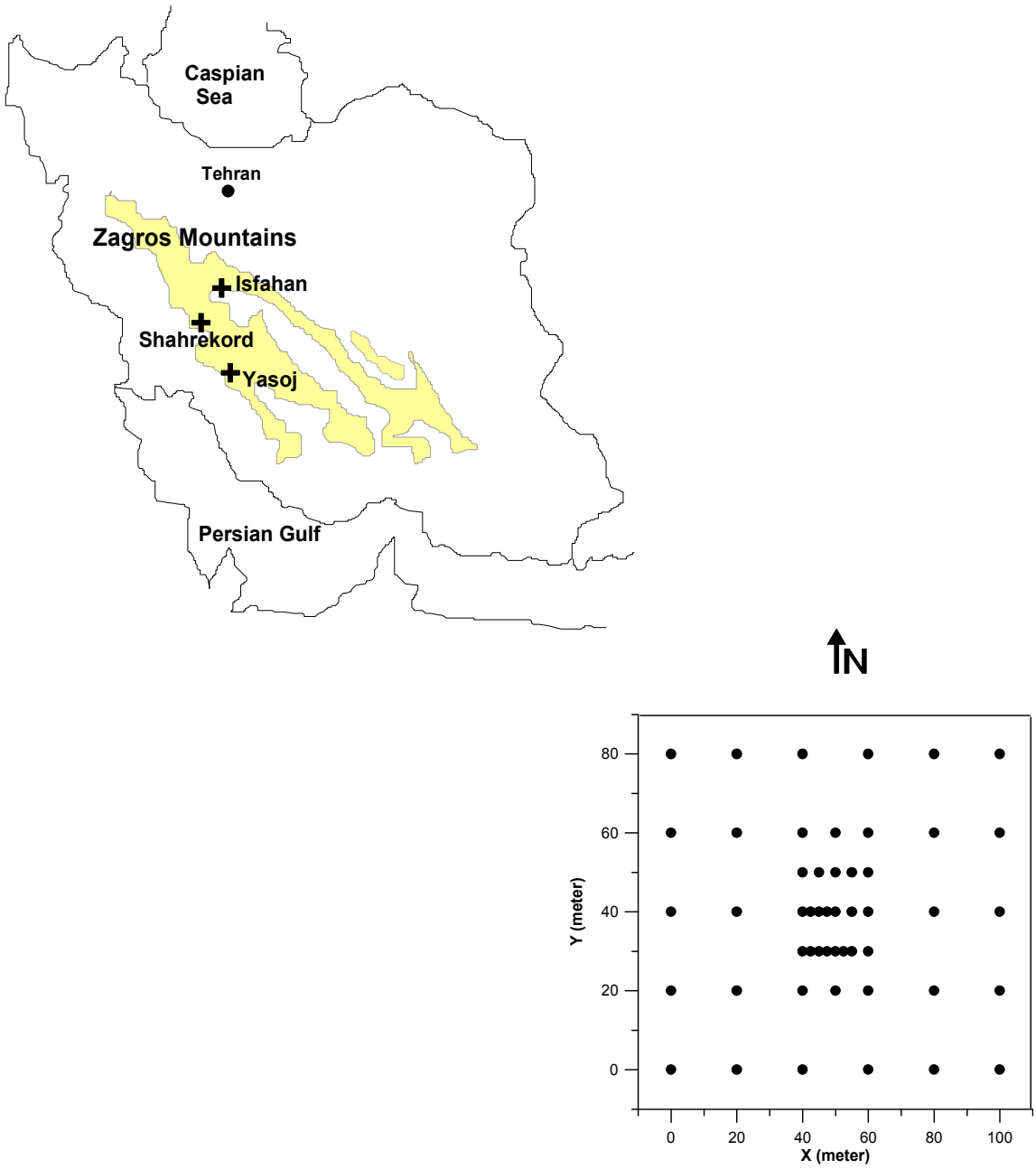
نواحی مورد بررسی شامل بخش‌های مختلف زاگرس مرکزی ایران است. چهار ناحیه شامل سبزکوه و بروجن واقع در به ترتیب جنوب شرقی و ۱۲۰ کیلومتری، و جنوب شرقی و۶۰ کیلومتری شهرکرد در استان چهارمحال و بختیاری، ایستگاه مطالعاتی احیا و اصلاح مراتع واقع در روستای حنا در چهل کیلومتری جنوب شرقی شهرستان سمیرم واقع در استان اصفهان و نواحی جنگلی دنا در شمال غربی یاسوج واقع در استان کهگلیویه و بویر احمد انتخاب شد. موقعیت عمومی منطقه مطالعاتی در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر منطقه، پس از انتخاب عرصه‌های ۰/۸ هکتاری که معرف مناطق مطالعاتی برمبنای نوع کاربری و مدیریت اراضی بود، نمونه برداری به صورت شبکه‌های منظم و به تعداد ۵۰ نمونه خاک سطحی با عمق ۲۵-۰ سانتی‌متر انجام شد. طرح نمونه برداری نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. مجموعاً ۱۲ عرصه شامل ۲ عرصه مرتع قرق و مرتع تخریب شده بر اثر چرای بی رویه در منطقه سبزکوه، ۵ عرصه دربرگیرنده مدیریت‌های مرتع قرق، مرتع تخریب یافته، دیمزار، اراضی کشاورزی تحت کشت گندم آبی و کشت یونجه در منطقه بروجن، ۳ عرصه شامل مرتع حفاظت شده، مرتع تخریب شده به دلیل چرای بی رویه و مرتع حفاظت شده با مدیریت چرا در منطقه سمیرم و نهایتاً ۲ عرصه جنگل حفاظت شده و جنگل تخریب شده در منطقه یاسوج به منظور بررسی حاضر انتخاب و نمونه برداری شد. در مجموع ۶۰۰ نمونه از عرصه های مورد نظر برداشت و خصوصیات خاک شامل پتانسیل فعالیت آنزیم فسفاتاز به روش طباطبایی (۲۵)، شدت تنفس میکروبی با استفاده از ظروف سربسته و به روش تیتراسیون برگشتی با سود باقی‌مانده (۴)، مواد آلی خاک به روش والکی و بلاک (۱۹) و ازت کل به روش کلدال (۵) اندازه‌گیری شد.

منطقه سبزکوه کوهستانی و پوشیده از گیاهان علفی، درختچه و درختان است. حدود ۴۰۰ هکتار از مراتع واقع در مرکز این منطقه به مدت حدود ۲۰ سال تحت قرق مستمر قرار گرفته است. از نقطه نظر آب و هوایی، میانگین دمای سالانه ۶/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه حدود ۸۰۰ میلی‌متر است. مهم‌ترین گونه های گیاهی شامل *Bromus tomentellus*، *Poa bulbosa*، *Astragallus sp.*، *Daphne mucronata*، *Fraxinus syriaca*، *Amygdalus orientalis* است.

عرصه‌های انتخابی در منطقه بروجن که به فاصله تقریبی ۳ کیلومتری از یکدیگر واقع شده‌اند، از نظر فیزیوگرافی دشت آبرفتی دامنه‌ای می‌باشند که دارای شیب کلی ۱ تا ۳ درصد و کمی حالت مواج دارند. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۸۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. پوشش گیاهی در عرصه‌های قرق شده شامل

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]



شکل ۱. موقعیت عمومی مناطق مطالعاتی و طرح نمونه برداری در عرصه‌های مختلف

Agropyron ، *Phlomis olivieri* ، *Echinops sp. elangatum* ، *Bromus tomentellus* و *Scorzonera sp.* و درصد پوشش تاجی ۲۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد. در عرصه های مرتعی با چرای بی رویه گونه‌های گیاهی صرفاً از نوع *Herita angustifolia* و *Circium bracteusum* و میزان پوشش تاجی ۸ تا ۱۰ درصد می باشد. لازم به ذکر است که زراعت دیم تنها در سال‌هایی که بارندگی کافی باشد، صورت پذیرفته و در بقیه سال‌ها این اراضی به صورت رها شده باقی می‌مانند. هم‌چنین سیستم‌های زراعی کشت یونجه و گندم در تناوب با یکدیگر است. بدین صورت که اراضی زیرکشت یونجه پس از

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

۵ تا ۶ سال به کشت دیگر محصولات اختصاص داده می‌شود و در نهایت تحت کشت گندم قرار می‌گیرند و تا زمانی که میسر باشد، گندم کاری ادامه می‌یابد. عرصه‌های مورد مطالعه در منطقه سمیرم نیز بر روی دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه ۳۵۰ میلی متر و میانگین سالانه درجه حرارت ۹ درجه سانتی‌گراد است. خاک سطحی آهکی و عمدتاً دارای بافت متوسط تا سنگین می‌باشد.

در عرصه قرق شده، گونه‌های *Polygonum salicornoides*، *Bromus tomentellus*، *Stipa barbata*، *Eurotica ceratoides* و *Scariola orientallis* مشاهده شد. حال آن که در عرصه های دست خورده فقط گونه *Scariola orientallis* که یک گیاه مهاجم است، مشاهده گردید(۱). منطقه جنگلی دنا با ارتفاع ۲۵۰۰ متر دارای میانگین بارندگی سالیانه ۵۰۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد است. پوشش گیاهی در عرصه حفاظت شده شامل گونه های درختی مانند بلوط ایرانی (*Quercus persica*)، بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*)، بنه وحشی (*Pistacia motica*)، زالزالک (*Crataegus spp.*)، و گونه‌های علفی مانند آویشن (*Tymus kotschianus*) است. در عرصه تخریب شده تنوع و تراکم گونه‌ها شدیداً کاهش یافته و از گونه‌های درختی فقط بلوط و از گونه‌های مرتعی فقط گون حضور دارد(۲).

تجزیه و تحلیل آماری

بسیاری از خصوصیات خاک به هم وابسته بوده و چنین ویژگی باعث پیچیده‌تر کردن توصیف و تفسیر کیفیت خاک تحت کاربری‌های مختلف می‌شود. روش‌های آماری چند متغیره (Multivariate Statistical Methods) فراهم آورنده روش‌ها و ابزارهای پردازش مناسب داده‌های خاک و بررسی روابط فی مابین آنهاست. مزیت اصلی این روش‌ها در مقایسه با روش‌های آماری تک متغیره آن است که تمامی متغیرهای خاک همراه با هم‌بستگی‌های بین آنها به طور هم زمان در نظر گرفته می‌شود، بنابراین نتایج به دست آمده از جامعیت و مقبولیت بیشتری در مقایسه با آزمون‌های مبتنی بر آمار تک متغیره برخودار است.

آمار چند متغیره متشکل از روش‌های مختلف و بسیار متنوعی است که می‌توان به دو دسته مهم از آنها، که با طبقه‌بندی داده‌ها سروکار دارند، شامل تجزیه به توابع تفکیک (Discriminant Functions Analysis) و تجزیه به کلاس‌ها (Cluster Analysis) اشاره کرد. تفاوت اساسی بین این دو روش آن است که هر گاه تعداد طبقات (یا مناطق و عرصه‌های) مطالعاتی از ابتدا و یا به طور طبیعی مشخص باشد، آن‌گاه به منظور بررسی قابلیت تفکیک سازی طبقات توسط متغیرهای مختلف و انتخاب متغیرهای شاخص و مهم، از تجزیه به توابع تفکیک استفاده می‌گردد. از سوی دیگر، در شرایط نامشخص بودن تعداد کلاس‌ها و طبقات، بایستی از روش تجزیه به کلاس‌ها استفاده کرد.

در این مقاله از روش چند متغیره تجزیه به توابع تفکیک استفاده شد. بدین منظور پس از تجزیه واریانس چند متغیره (Multivariate ANOVA) و محاسبه ماتریس‌های منابع تغییرات بین گروه‌ها و درون گروه‌ها اقدام به تعیین توابع تفکیک، که در برگیرنده ترکیب خطی از متغیرهای مورد مطالعه است، شد. ضرایب مربوط به متغیرهای مختلف در این توابع بیانگر اهمیت هر کدام از متغیرها در تفکیک کلاس‌های (مناطق) مختلف مطالعاتی می باشد.

به طور خلاصه، هدف از روش تجزیه به توابع تفکیک عبارت از تعیین توابعی از متغیرهای $X_1, X_2, ..., X_p$ که باعث جداسازی m گروه از یکدیگر شده اند، است. این کار از طریق تعیین ترکیب‌های خطی متغیرهای مورد نظر (Z_i)، به صورت زیر انجام می شود:

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + ... + a_{ip}X_p$$

طبقات یا گروه‌ها آن گاه به خوبی از یکدیگر تفکیک پیدا می‌کنند اگر مقدار میانگین از گروهی به گروه دیگر به طور معنی داری تغییر پیدا نموده و در عین حال مقادیر درون یک گروه تا حدودی ثابت باقی بماند. به منظور کسب اطلاع بیشتر

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

از جزئیات روش تجزیه به توابع تفکیک به منبع (۱۳) مراجعه شود.

قبل از تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره، به منظور بررسی توزیع آماری متغیرهای مورد بررسی بر اساس عوامل مختلف مانند منطقه، کاربری، مدیریت اراضی و عرصه‌های مطالعاتی و چگونگی انحراف آنها از توزیع طبیعی، آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogrov-Smirnov) انجام گرفت. علاوه بر آن، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد (۷). کلیه محاسبات آماری توسط بسته نرم افزاری SPSS 11 انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع آماری، تجزیه و تحلیل واریانس و مقایسه میانگین‌ها

نتایج آزمون توزیع آماری متغیرهای مختلف به تفکیک عوامل مختلف طبقه بندی داده‌ها (منطقه، کاربری، مدیریت و عرصه‌های مطالعاتی) در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس عامل منطقه، اغلب شاخص‌های کیفیت خاک فاقد توزیع طبیعی هستند. با در نظر گرفتن کاربری‌های مختلف، تنها در اراضی با کاربری جنگل، توزیع داده‌ها با احتمال ضعیف حدود ۰/۳ به توزیع طبیعی نزدیک است. با در نظرگرفتن مدیریت‌های مختلف در مناطق مطالعاتی، به طورکلی شاخص‌های مطالعاتی در مرتع با چرای کنترل شده، اراضی کشاورزی هم‌چنین جنگل حفاظت شده دارای توزیع طبیعی و یا نزدیک به آن بودند. به استثنای مرتع قرق شده، که توضیحی برای آن پیدا نشد، توزیع آماری متغیرهای مورد بررسی در کلیه اراضی که متاثر از فرآیندهای تخریبی بودند، شدیداً از توزیع طبیعی انحراف نشان دادند. این نتایج با بررسی شلسینگر و پیلمانیس (۲۳) مطابقت دارد. این محققین دو جامعه گیاهی علفزار و بوته زار را با یکدیگر مقایسه و اضهار داشتند که توزیع خصوصیات خاک در علفزارها تصادفی و تجمع بیشتری در اطراف میانگین داشتند. با تبدیل این جوامع به بوته زار، توزیع داده‌ها نیز از حالت طبیعی (توزیع نرمال) خارج و بر میزان چولگی توزیع افزوده شد.

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس چند متغیره به منظور آگاهی از معنی‌دار بودن آثار متغیرهای مختلف در تمایز مناطق، کاربری‌ها، مدیریت‌ها و عرصه‌های مختلف مطالعاتی از یکدیگر، در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود کلیه خصوصیات کیفیت خاک با توجه به عوامل تأثیرگذار از خود تفاوت معنی‌داری نشان داده‌اند. مقادیر F محاسبه شده بیان می‌دارد که کلیه شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت خاک به طور معنی‌داری (P = ۰/۰۰۱) با عوامل چهارگانه فوق الذکر مرتبط هستند. در این میان، ارتباط بین شاخص تنفس میکروبی و عامل نوع کاربری اراضی در مقایسه با دیگر شاخص‌های کیفیت خاک ضعیف‌تر می‌باشد. بنابراین این ارتباط هنوز در سطح آماری (P = ۰/۰۵۱) معنی‌دار است. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف کیفیت خاک با توجه به عوامل چهار گانه منطقه، کاربری، مدیریت و عرصه‌های نمونه برداری نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

با در نظر گرفتن چهار منطقه مورد مطالعه بروجن، سمیرم، سبزکوه و یاسوج، میانگین پتانسیل فعالیت آنزیم فسفاتاز در مناطق مورد نظر در سطح آماری (P = ۰/۰۵) با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. چنین وضعیتی برای شاخص تنفس میکروبی نیز برقرار می‌باشد. از سوی دیگر، با در نظر گرفتن میانگین مواد آلی خاک، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۰/۰۵) بین مناطق بروجن و سمیرم از یک سو و هم‌چنین مناطق سبزکوه و یاسوج مشاهده نشد. این درحالی است که که تفاوت معنی‌داری بین مناطق سبزکوه و یاسوج از نقطه نظر ازت کل دیده شده است.

مقایسه ضریب تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه نشان داد که فعالیت آنزیم فسفاتاز دارای حداکثر تغییرپذیری (CV=٪۸۵) در منطقه بروجن و حداقل تغییرپذیری (CV=٪۳۵) در سبزکوه است. ضریب تغییرات فعالیت فسفاتاز در مناطق سمیرم و یاسوج مشابه و به ترتیب برابر ۵۵ و ۵۴ درصد می‌باشد. ضریب تغییرات شاخص تنفس میکروبی در مناطق بروجن، سمیرم، سبزکوه و یاسوج به ترتیب برابر ۵۶، ۳۱، ۵۱ و ۵۵ درصد است.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

جدول ۱. نتایج آزمون توزیع طبیعی شاخص‌های کیفیت خاک در سطوح مختلف عوامل مورد مطالعه با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف. اعداد متن جدول بیانگر سطح معنی دار بودن شباهت توزیع داده‌ها به توزیع طبیعی است (هرچقدر اعداد جدول به واحد نزدیک‌تر باشد، توزیع داده‌ها به حالت طبیعی نزدیک‌تر است).

الف) عامل منطقه

منطقه / شاخص	فعالیت فسفاتاز μmol *p*-NP/g.h	تنفس میکروبی $mgCO_2/gr.day$	مواد آلی (٪)	ازت کل (٪)
بروجن	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
سمیرم	۰/۷۱۰	۰/۱۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰
سبزکوه	۰/۹۷۰	۰/۲۱۹	۰/۶۷۴	۰/۲۷۲
یاسوج	۰/۳۳۱	۰/۳۸۲	۰/۳۵۰	۰/۱۷۳

ب) عامل کاربری اراضی

مرتع	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
کشاورزی	۰/۰۳۱	۰/۰۷۶	۰/۰۹۲	۰/۰۴۸
جنگل	۰/۳۳۱	۰/۳۸۲	۰/۳۵۰	۰/۱۷۴

ج) عامل مدیریت اراضی

مرتع حفاظت شده	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
مرتع تخریب شده	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
مرتع با چرای کنترلی	۰/۶۴۰	۰/۸۶۵	۰/۹۵۹	۰/۷۸۸
دیمزار	۰/۱۰۴	۰/۱۶۸	۰/۰۶۹	۰/۰۵۸
کشت گندم آبی	۰/۸۶۶	۰/۷۲۰	۰/۵۰۵	۰/۶۹۳
کشت یونجه	۰/۱۳۵	۰/۱۴۷	۰/۱۹۴	۰/۱۷۴
جنگل حفاظت شده	۰/۹۳۶	۰/۵۳۳	۰/۲۴۸	۰/۵۹۳
جنگل تخریب شده	۰/۰۴۲	۰/۰۹۱	۰/۲۵۸	۰/۰۲۳

مواد آلی حداکثر تغییرپذیری را در منطقه یاسوج (CV=٪۵۵) و حداقل تغییرات را در سبزکوه (CV=٪۲۹) نشان داد. ازت آلی رفتاری مشابه مواد آلی نشان داده و دارای حداکثر تغییرات در مناطق سمیرم (CV=٪۶۶) و یاسوج (CV=٪۵۲) و هم‌چنین حداقل تغییرپذیری در سبزکوه (CV=٪۲۷) بود. علاوه بر عوامل اقلیمی مانند بارندگی، آثار مواد مادری، نوع خاک‌ها و سیمای اراضی، بخش مهمی از تغییرپذیری شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت خاک می‌تواند ناشی از کاربری‌ها و مدیریت‌های مختلف اراضی در مناطق مورد نظر باشد.

مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف کیفیت خاک، مرتبط با عامل کاربری اراضی، نشان داد که تفاوت معنی داری در فعالیت آنزیم فسفاتاز در کاربری‌های مرتع و کشاورزی وجود ندارد. حداکثر فعالیت آنزیمی در جنگل (صرف‌نظر از نوع مدیریت) مشاهده شد. نتایج معکوسی در رابطه با تنفس میکروبی به دست آمد. بدین ترتیب که تفاوت معنی داری بین کاربری‌های مرتع و جنگل مشاهده نشد و در عین حال، تنفس

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس چند متغیره[#] و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن. در هر ستون و در هرمورد مقایسه، میانگین هایی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح احـتمال ۵ درصد فاقد تفاوت معنی دار می باشند.

عوامل	درجه آزادی	فعالیت فسفاتاز µmol p-NP/g.h	تنفس میکروبی $mgCO_2$ / gr.day	مواد آلی (٪)	ازت کل (٪)
الف) منطقه	۳	(F=۱۳۲/۵) ***	(F=۱۵۴/۵) ***	(F=۲۹۱/۳) ***	(F=۱۹۷/۶) ***
۱- بروجن		۱/۴۸۹[a]	۰/۱۵۶[a]	۰/۸۲۳[a]	۰/۰۴۸[a]
۲- سمیرم		۱/۲۳۷[b]	۰/۰۶۲[b]	۰/۸۷۱[a]	۰/۰۴۹[a]
۳- سبزکوه		۳/۹۹۹[c]	۰/۰۳۷[c]	۲/۸۸۰[b]	۰/۱۲۹[b]
۴- یاسوج		۳/۱۲۰[d]	۰/۱۳۵[d]	۳/۰۶۱[b]	۰/۱۰۲[c]
ب) کاربری	۲	(F=۲۳/۸) ***	(F=۲/۹۷) *	(F=۱۲۰/۴) ***	(F=۳۵/۳) ***
۱- مرتع		۱/۹۹۷[a]	۰/۱۵۳[a]	۱/۳۹۰[a]	۰/۰۶۹[a]
۲- کشاورزی		۱/۷۳۳[a]	۰/۱۷۳[b]	۰/۹۱۹[b]	۰/۰۵۵[b]
۳- جنگل		۳/۱۱۷[b]	۰/۱۳۵[a]	۳/۰۶۱[c]	۰/۱۰۲[c]
ج) مدیریت	۷	(F=۳۲/۴) ***	(F=۱۴/۳) ***	(F=۶۴/۴) ***	(F=۲۸/۹) ***
۱- مرتع قرق		۲/۵۲۱[a]	۰/۱۷۱[a]	۱/۵۷۸[a]	۰/۰۷۷[a]
۲- مرتع باچرای شدید		۱/۶۵۹[b]	۰/۱۶۵[a]	۱/۳۸۶[a]	۰/۰۶۹[a]
۳- مرتع باچرای کنترلی		۱/۳۹۲[b]	۰/۰۶۳[b]	۰/۸۱۹[b]	۰/۰۴۴[b]
۴- کشاورزی دیم		۰/۵۳۸[c]	۰/۰۹۱[c]	۰/۵۷۵[c]	۰/۰۳۵[c]
۵- کشت گندم آبی		۱/۳۶۵[b]	۰/۱۷۴[a]	۰/۸۴۲[b]	۰/۰۵۱[d]
۶- کشت یونجه		۳/۲۵۸[d]	۰/۲۵۷[d]	۱/۳۴۵[a]	۰/۰۷۹[a]
۷- جنگل قرق		۳/۹۱۹[e]	۰/۱۶۴[a]	۴/۱۲۵[d]	۰/۱۳۵[e]
۸- جنگل تخریب شده		۲/۳۱۴[a]	۰/۱۰۵[c]	۲/۰۱۱[e]	۰/۰۷۰[a]
د) عرصه	۱۱	(F=۸۲/۶) ***	(F=۶۲/۲) ***	(F=۱۴۲/۵) ***	(F=۹۵/۴) ***
۱- مرتع قرق بروجن		۱/۶۰۵[a]	۰/۱۲۵[bc]	۰/۸۲۹[bc]	۰/۰۳۹[a]
۲- مرتع تخریبی بروجن		۰/۶۷۸[b]	۰/۱۲۹[c]	۰/۵۰۴[a]	۰/۰۳۶[a]
۳- دیمکاری بروجن		۰/۵۳۸[b]	۰/۰۹۱[ab]	۰/۵۷۵[ab]	۰/۰۳۵[a]
۴- گندم آبی بروجن		۱/۳۶۵[a]	۰/۱۷۴[bc]	۰/۸۴۲[bc]	۰/۰۵۱[bc]
۵- کشت یونجه بروجن		۳/۲۵۸[d]	۰/۲۵۶[d]	۱/۳۴۵[d]	۰/۰۷۸[d]
۶- مرتع قرق سمیرم		۱/۵۷۰[a]	۰/۰۶۵[c]	۰/۹۳۷[c]	۰/۰۵۸[c]
۷- مرتع با چرای کنترلی سمیرم		۱/۳۹۰[a]	۰/۰۶۳[bc]	۰/۸۱۹[bc]	۰/۰۴۴[ab]
۸- مرتع تخریبی سمیرم		۰/۷۱۲[b]	۰/۰۵۶[bc]	۰/۸۵۴[bc]	۰/۰۴۵[ab]
۹- مرتع قرق سبزکوه		۴/۳۵۰[f]	۰/۳۲۷[g]	۲/۹۷۰[g]	۰/۱۳۳[e]
۱۰- مرتع تخریبی سبزکوه		۳/۶۳۰[d]	۰/۳۰۸[g]	۲/۷۹۰[g]	۰/۱۲۵[e]
۱۱- جنگل قرق یاسوج		۳/۹۲۰[de]	۰/۱۶۴[h]	۴/۱۲۵[h]	۰/۱۳۵[e]
۱۲- جنگل تخریبی یاسوج		۲/۳۱۴[c]	۰/۱۰۵[e]	۲/۰۱۰[e]	۰/۰۶۹[d]

[#] ،*** : معنی دار در سطح ۰/۰۰۱

* : معنی دار در سطح ۰/۰۵

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

میکروبی در اراضی کشاورزی بیشتر از دو کاربری دیگر بود. به طورکلی فعالیت آنزیمی خاک می‌تواند تحت تأثیر میزان مواد آلی خاک قرار داشته باشد. کشت و کار، خاک ورزی، چرای بی‌رویه دام و فرآیندهای تخریبی مانند فرسایش باعث کاهش فعالیت‌های آنزیمی می‌گردد. مقایسه فعالیت آنزیم‌های مختلف و از جمله فسفاتاز در جنگل‌های بکر و جنگل‌های تخریب یافته نشان داد که این فعالیت می‌تواند بین ۴۱ تا ۷۵ درصد کاهش نشان دهد (۶).

کاربری‌های مختلف اراضی از نقطه نظر مواد آلی و ازت کل خاک، تفاوت معنی داری با یکدیگر نشان دادند. حداکثر و حداقل مواد آلی و ازت کل به ترتیب در جنگل و اراضی کشاورزی مشاهده شد.

حداکثر تغییرپذیری فعالیت آنزیم فسفاتاز در اراضی کشاورزی (CV=٪۸۴) و مرتع (CV=٪۸۱) و حداقل آن در جنگل (CV=٪۵۴) مشاهده شد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط آمادور و همکاران (۳) تفاوت کامل دارد. آنها ضریب تغییرات فعالیت فسفاتاز در مرتع تحت چرا، مرتع قرق و جنگل را به ترتیب ۱۳٪، ۳۶٪ و ۱۰۱٪ بیان داشتند. بنابراین نتایج بررسی حاضر نشان می‌دهد که تغییرپذیری فعالیت فسفاتاز تحت تأثیر مدیریت اراضی و با افزایش روند تخریب، زیادتر می‌گردد. شاخص‌های دیگر کیفیت خاک دارای حداکثر تغییرپذیری در اراضی مرتعی بودند. ضرایب تغییرات مربوط به شاخص‌های مورد مطالعه در اراضی جنگلی مشابه یکدیگر بودند. این می‌تواند بدین مفهوم باشد که هم‌بستگی بین الگوی تغییرپذیری مکانی شاخص‌های مورد مطاله و هم‌چنین درجه همگن بودن این تغییرات در کاربری جنگل به مراتب بیشتر از دیگر کاربری‌های اراضی است.

با در نظرگرفتن ۸ نوع مختلف مدیریت اراضی، میانگین شاخص‌های کیفیت خاک مورد مقایسه قرار گرفت. فعالیت آنزیم فسفاتاز در اراضی مرتعی تحت چرای کنترل نشده و اراضی کشاورزی با کشت گندم آبی تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ نشان نداد. حداقل فعالیت فسفاتاز در دیمزار و حداکثر آن در جنگل قرق شده مشاهده شد. از سوی دیگر تفاوت معنی‌داری بین فعالیت فسفاتاز در مرتع قرق شده و جنگل تخریبی دیده نشد. حداکثر ضریب تغییرات در مرتع تحت چرای کنترل نشده (۹۷٪) و دیمزار (۹۶٪) و حداقل آن در جنگل تحت قرق (۳۶٪) مشاهده شد. مقایسه میانگین‌های تنفس میکروبی نشان داد که حداکثر تنفس میکروبی در اراضی تحت کشت یونجه و حداقل آن در دیمزار و مرتع با چرای کنترل شده بود. در عین حال تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بین مدیریت های قرق مرتع، چرای مفرط و بدون برنامه ریزی کنترلی، کشاورزی آبی گندم و قرق جنگل دیده نشد. حداکثر ضریب تغییرات در مرتع قرق شده (۹۲٪) و حداقل در مرتع با چرای کنترلی (۳۳٪) دیده شد. به طورکلی اندازه‌گیری آزمایشگاهی تنفس میکروبی بیانگر فعالیت و تنفس میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشد. بنابراین از شاخص تنفس میکروبی، که در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده است، می‌توان به منظور برآورد رها سازی عناصر غذایی به ویژه ازت استفاده کرد(۲۰). زیاد بودن تنفس میکروبی در اراضی تحت کشت لگوم می‌تواند مؤید این نکته باشد.

از نقطه نظر میزان موادآلی، اراضی جنگلی با مدیریت قرق دارای حداکثر مواد آلی و اراضی کشاورزی با مدیریت دیمکاری دارای حداقل مواد آلی بود. نتایج نشان داد که میزان مواد آلی در شرایط جنگل‌های تخریب یافته بیشتر از اراضی مرتعی قرق شده و یا کشاورزی تحت سیستم کشت لگوم است. از سوی دیگر تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مواد آلی در مرتع قرق شده و مرتع تحت چرای بی رویه به دست نیامد. مواد آلی دارای حداکثر تغییرپذیری در مرتع با چرای شدید (۸۰٪) و حداقل تغییرپذیری در مرتع با چرای کنترل شده (۲۱٪) بود. شرایط تقریباً مشابهی برای ازت آلی در اراضی تحت مدیریت‌های مختلف به دست آمد. حداکثر ضریب تغییرات ازت آلی در مرتع قرق شده (۷۳٪) و حداقل آن در مرتع تحت چرای کنترلی (۱۲٪) و کشت گندم آبی (۱۳٪) مشاهده شد. به طورکلی با تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی، میزان

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

مواد آلی و ازت کل خاک کاهش شدیدی نشان می دهند. مقایسه سیستم‌های مختلف کشاورزی با یکدیگر، نشان داده است که تبدیل سیستم زراعی گندم به زراعت علوفه باعث افزایش ازت کل خاک گردیده است (۲۴).

به منظور مقایسه عرصه‌های مطالعاتی که از نظر نوع کاربری و یا مدیریت مشابه ولی در موقعیت‌های مختلف جغرافیایی واقع شده‌اند، ۱۲ عرصه مورد نظر تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه سه عرصه مرتع قرق شده در مناطق بروجن، سمیرم و سبزکوه از نقطه نظر فعالیت فسفاتاز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مناطق بروجن و سمیرم وجود ندارد. بنابراین میانگین فعالیت فسفاتاز در مرتع سبزکوه حدوداً ۳ برابر دو منطقه دیگر است. لازم به ذکر است که قرق مرتع سبزکوه در مقایسه با مناطق دیگر طولانی مدت‌تر (بیش از بیست سال) و هم‌چنین دربرگیرنده مراقبت‌های کامل‌تری در مقایسه با دو منطقه دیگر است. پوشش گیاهی علفی در مرتع قرق شده سبزکوه به مراتب بیشتر و در برخی از بخش‌های مرتفع آن همراه با پوشش درختچه‌ای و درختی است.

حداقل میزان تنفس میکروبی در مرتع قرق واقع در سمیرم و حداکثر آن در سبزکوه مشاهده شد. نتایج نسبتاً مشابهی برای دو شاخص دیگر کیفیت خاک به دست آمد. از نتایج به دست آمده حدس زده می‌شود که صرف نظر از شرایط اقلیمی و سیمای اراضی، مدیریت قرق در سبزکوه از نقطه نظر حفظ و ارتقای شاخص‌های کیفیت خاک در مقایسه با دو منطقه دیگر با موفقیت بیشتری همراه بوده است. در منطقه سمیرم مراتع تحت سه مدیریت مختلف قرق، چرای کنترل شده و چرای بدون برنامه ریزی قرار دارند. از نظر فعالیت فسفاتاز، حداکثر فعالیت در مرتع قرق شده و حداقل آن در مرتع تخریب شده مشاهده شد. بنابراین تفاوت معنی‌داری بین مرتع قرق شده و مرتع با چرای کنترلی وجود ندارد. نتایج نسبتاً مشابهی برای دیگر شاخص‌های کیفیت خاک به دست آمد. مواد آلی در مرتع قرق شده بیشتر از دو نوع دیگر بود. از سوی دیگر مرتع تحت چرای شدید دربرگیرنده مواد آلی بیشتری در مقایسه با مرتع با چرای کنترل شده بود. این امر ناشی از تردد بیشتر احشام و در نتیجه بازگشت به مراتب بیشتر ترکیبات آلی از طریق فضولات و بقایای دامی به خاک است. در مجموع، تفاوت مشهودی بین دو مدیریت قرق مرتع و مدیریت حفاظت از مرتع از طریق اعمال محدودیت در چرای دام از نقطه نظر شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت خاک در منطقه سمیرم مشاهده نشد. حدس زده می‌شود که حفاظت از مراتع در این ناحیه را می‌توان نه از طریق قرق کامل بلکه با اعمال مدیریت چرای برنامه ریزی شده عملی ساخت.

مقایسه عرصه‌های مطالعاتی در منطقه بروجن نشان داد که حداکثر فعالیت آنزیم فسفاتاز در اراضی تحت کشت یونجه (۳/۲۵۸) و سپس مرتع تحت قرق (۱/۶۰۵) و حداقل فعالیت فسفاتاز در دیمزار (۰/۵۳۸) و مرتع تخریب یافته (۰/۶۷۸) است. سایر شاخص‌ها نیز روندی مشابه نشان دادند. نکته قابل توجه مشابهت شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی دیمزار و مراتع تخریب شده است. از نقطه نظر کیفیت و پایداری اراضی، این نواحی در پایین‌ترین سطح کیفیت در مقایسه با دیگر اراضی قرار دارند. آنزیم فسفاتاز به عنوان آنزیمی برون سلولی که توسط میکروارگانیزم‌ها، ریشه‌های گیاهی و کرم‌های خاکزی تولید می‌شود، در ارتباط مستقیم با مواد آلی خاک و رطوبت خاک می‌باشد (۳). انتظار می‌رود در اراضی تحت سیستم زراعی کشت لگوم هم‌بستگی بین مواد آلی و پتانسیل فعالیت فسفاتاز به مراتب قوی‌تر از دیگر سیستم‌های زراعی باشد.

در سبزکوه، قرق طولانی مدت مراتع باعث بهبود و ارتقای کیفیت خاک شده است. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده در منطقه سمیرم، بررسی امکان اجرای مدیریت چرای کنترل شده و مقایسه آن با مدیریت حفاظت مطلق از مراتع، ضروری به نظر می‌رسد. گسترش بسیار زیاد پوشش علفی در قرق سبزکوه، علاوه بر تضعیف رشد و نمو اشکوب‌های پوششی غیرمقاوم، احتمال بروز آتش سوزی در فصول گرم و خشک را بیش از پیش فراهم می‌آورد.

در یاسوج، جنگل تراشی و تخریب جنگل‌ها شدیداً کیفیت

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

خاک را تحت تأثیر قرار داده است. کلیه شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت خاک تحت تأثیر تخریب جنگل تنزل یافته است. میانگین فعالیت فسفاتاز، تنفس میکروبی، مواد آلی و ازت کل خاک در جنگل حفاظت شده به ترتیب ۱/۷، ۱/۶، ۲/۱ و ۲/۰ برابر مقادیر شاخص های مورد نظر در جنگل تخریب یافته می‌باشد.

نتایج به دست آمده از تجزیه به توابع تفکیک

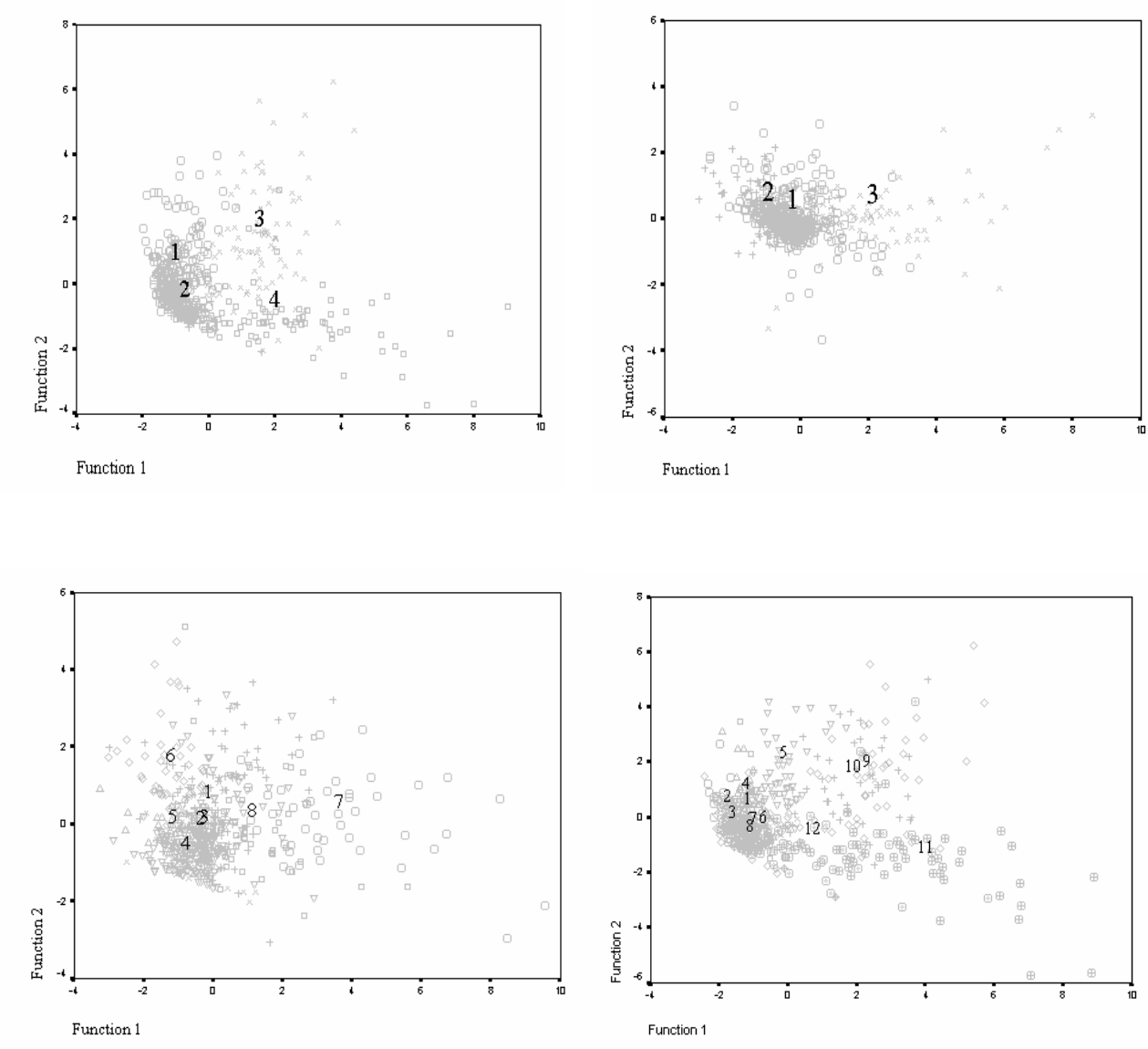
به منظور تعیین تأثیرگذاری هم‌زمان متغیرهای مورد بررسی (شاخص‌های کیفیت خاک) در تفکیک داده‌ها بر اساس عوامل مختلف، روش تجزیه به توابع تفکیک بر روی عوامل چهارگانه منطقه، کاربری اراضی، مدیریت اراضی و عرصه‌های مطالعاتی انجام شد. نتایج به صورت نمودارهای دوگانه (Biplots) برای اولین و دومین تابع (محور) تفکیک و با محاسبه و تعیین مقادیر توابع ۱ و ۲ در نقطه میانگین گروه‌های (سطوح) مختلف عوامل مؤثر در شکل ۲ ارائه شده است. این مراکز بر روی نمودارها با اعداد لاتین مشخص شده‌اند. با در نظرگرفتن عامل منطقه، توابع تفکیک اول و دوم مجموعاً ۹۸ درصد تغییرپذیری شاخص‌های کیفیت خاک را توصیف می‌کنند. ماتریس‌های طبقه‌بندی حاصل از تجزیه توابع تفکیک در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به عامل منطقه، دقت کلی (Accuracy Overal) طبقه بندی حدود ۷۹ درصد می‌باشد. کمترین دقت تفکیک مربوط به منطقه یاسوج است که هم‌پوشانی ۲۷ درصدی با منطقه سمیرم داشته است. هم‌چنین مناطق سمیرم و بروجن هم پوشانی نسبتاً زیادی را نشان می‌دهند. بنابراین مراکز مربوط به مناطق چهارگانه به خوبی از یکدیگر تفکیک شده است. محاسبه ضرایب متغیرهای مختلف در توابع تفکیک نشان داد که برای اولین محور (تابع) تفکیک، مواد آلی و ازت کل با ضرایب به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۸۶ بزرگ‌ترین ضریب را به خود اختصاص داده‌اند. در دومین تابع تفکیک، تنفس میکروبی بزرگ‌ترین ضریب (۰/۸۹) را اختیار نموده است. منطقه یاسوج را می‌توان از دیگر مناطق با استفاده از تابع دوم جدا کرد. این تفکیک به دلیل مقادیر بیشتر ضریب مربوط به شاخص تنفس میکروبی (۰/۸۹) است. به طور کلی، نتایج حاکی از مؤثر بودن کلیه متغیرهای مورد مطالعه در تفکیک مناطق از یکدیگر است. بنابراین کیفیت خاک مناطق مختلف را می‌توان با استفاده از متغیرهای شیمیایی و بیولوژیکی مورد نظر در مطالعه حاضر از یکدیگر تفکیک کرد.

نتایج حاصل از تجزیه به توابع تفکیک براساس عامل کاربری اراضی نشان داد که دقت کلی طبقه بندی در مقایسه با عامل منطقه کمتر و حدود ۶۷ درصد است. همان‌گونه که در شکل۲ (ب) و جدول۳ ملاحظه می‌شود، هم پوشانی اطلاعات مربوط به عامل کاربری اراضی بسیار زیاد و حدود ۳۰ درصد می‌باشد. به نظر می‌رسد که هیچ کدام از توابع تفکیک ۱ و ۲ قادر به جداسازی کاربری‌های مرتع و کشاورزی از یکدیگر نباشد. در عین حال کاربری جنگل به خوبی توسط تابع تفکیک دوم از دو کاربری دیگر جدا شده است. یکی از دلایل عدم توانایی متغیرهای مورد مطالعه در تفکیک کاربری‌های مرتع و کشاورزی عبارت از عدم همگنی بسیار شدید اراضی مختلف تحت عنوان کشاورزی یا مرتع است. به طور مثال، در این مطالعه دیمزار، کشاورزی فاریاب تحت کشت گندم آبی و هم‌چنین یونجه مجموعاً در کلاس کاربری کشاورزی قرار داده شدند. از سوی دیگر، مراتع با مدیریت‌های مختلف نیز همگی تحت عنوان کاربری مرتع قرار داده شده‌اند.

با در نظر گرفتن عامل مدیریت، دقت کلی طبقه بندی کاهش یافته به حدود ۴۰ درصد رسید. با استفاده از اولین تابع تفکیک، مدیریت کشت گیاه لگوم و هم‌چنین کشت دیم به خوبی از دیگر مدیریت‌های اراضی منفک شده است. این تفکیک تحت تأثیر مواد آلی با ضریب ۰/۸۱- و سپس ازت کل با ضریب ۰/۵۲- بود. مدیریت‌های اعمال شده در جنگل (قرق شده و جنگل تراشی)، به خوبی توسط تابع تفکیک دوم از بقیه مدیریت‌های اراضی جدا شده است. این تفکیک متأثر از فعالیت آنزیم فسفاتاز (با ضریب ۰/۸۹-) و تنفس میکروبی (با ضریب ۰/۶۰-) است. بدین ترتیب شاخص‌های مورد بررسی

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]



شکل ۲. نمودارهای دوگانه حاصل از تجزیه به توابع تفکیک یرای عوامل منطقه (بالا سمت چپ)، کاربری اراضی (بالا سمت راست)، مدیریت اراضی (پایین سمت چپ) و عرصه های نمونه برداری (پایین سمت راست). اعداد معرف مقادیر توابع دوگانه در نقطه میانگین سطوح مختلف فاکتورهای منطقه، کاربری، مدیریت و عرصه های مختلف می باشد که راهنمای آنها در جدول ۲ ذکر شده است.

کیفیت خاک توانسته‌اند برخی از مدیریت‌های اراضی را به خوبی از یکدیگر تفکیک کنند. این در حالی است که تفکیک دو نوع مدیریت اعمال شده در مراتع شامل چرای کنترلی و چرای مفرط تنها از طریق تابع اول تفکیک و با در نظر گرفتن شاخص مواد آلی و ازت کل امکان پذیر است.

بررسی تفکیک پذیری عرصه‌های مطالعاتی با استفاده از شاخص‌های مورد بررسی نشان داد که تابع تفکیک اول با دارا بودن ضرایب ۰/۹۵، ۰/۷۴ و ۰/۶۵ برای شاخص‌های به ترتیب مواد آلی، ازت کل و فعالیت فسفاتاز قادر است عرصه‌های مطالعاتی را به خوبی از یکدیگر تفکیک کند. قابل توجه است که تفکیک درعرصه‌های مرتعی واقع در منطقه سمیرم با توجه به شاخص‌های مورد مطالعه به سختی صورت می‌گیرد. در این شرایط استفاده از دیگر شاخص‌های کیفیت خاک و از جمله شاخص‌های فیزیکی پیشنهاد می‌شود.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

جدول ۳. ماتریس‌های شباهت بین نقاط تخمین زده شده و واقعیت آنها براساس عوامل مختلف. اعداد متن جدول نشانگر درصد طبقه بندی صحیح است.

الف) عامل منطقه

واقعیت / تخمین	۱	۲	۳	۴
۱- بروجن	۷۵	۲۲/۵	۲/۵	۰/۰
۲- سمیرم	۱/۴	۹۷/۲	۰/۷	۰/۷
۳- سبزکوه	۷/۴	۶/۳	۷۱/۶	۱۴/۷
۴- یاسوج	۲/۲	۲۶/۷	۴/۴	۶۶/۷

ب) عامل کاربری اراضی

واقعیت / تخمین	۱	۲	۳
۱- مرتع	۶۴/۹	۲۸/۰	۷/۱
۲- کشاورزی	۲۸/۲	۷۱/۱	۰/۷
۳- جنگل	۳۱/۱	۰/۰	۶۸/۹

ج) عامل مدیریت اراضی

واقعیت / تخمین	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱- مرتع قرق	۹/۵	۸/۸	۴۰/۸	۶/۸	۸/۸	۱۴/۳	۲/۷	۸/۲
۲- چرای شدید	۷/۱	۱۲/۱	۱۳/۵	۳۳/۳	۱۹/۲	۶/۴	۲/۸	۵/۷
۳- چرای کنترل شده	۲/۱	۰/۰	۸۷/۵	۱۰/۴	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۴- دیم	۰/۰	۰/۰	۶/۴	۷۴/۵	۱۲/۸	۰/۰	۰/۰	۶/۴
۵- گندم آبی	۰/۰	۸/۵	۱۰/۶	۱۹/۲	۵۳/۲	۸/۵	۰/۰	۰/۰
۶- یونجه	۱۲/۵	۸/۳	۰/۰	۰/۰	۱۲/۵	۶۶/۷	۰/۰	۰/۰
۷- جنگل قرق	۲/۲۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۷/۱	۲۶/۷
۸- جنگل تخریبی	۲/۲۲	۰/۰	۱۷/۸	۴/۴	۰/۰	۴/۴	۱۳/۳	۵۷/۸

نتیجه‌گیری

آثار عوامل مؤثر بر تغییرات مکانی شاخص های مختلف کیفیت خاک در اکوسیستم‌های متفاوت واقع در زاگرس مرکزی از طریق به کارگیری روش‌های آماری چندمتغیره مورد بررسی و تفکیک قرار گرفت. نتایج نشان داد که به طورکلی شاخص‌های مورد بررسی علاوه بر هم‌بستگی با فرایندهایی که در اکوسیستم‌های مختلف صورت می‌گیرند، نسبت به شرایط اقلیمی، سیمای اراضی و نوع کاربری و مدیریت اراضی حساس می‌باشند. در عین حال به نظر می‌رسد که در ارزیابی کیفیت خاک در عرصه‌های مرتعی واقع در بعضی مناطق، به کارگیری دیگر شاخص‌های کیفیت خاک و از جمله معیارهای فیزیکی خاک ضروری است.

در عرصه‌های جنگلی شاخص‌های فعالیت فسفاتاز، مواد آلی و ازت کل معیارهای مناسبی به منظور مطالعه و ارزیابی

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

کیفیت خاک در دو مدیریت حفاظت و عدم حفاظت می‌باشند. کشت علوفه (گیاهان لگوم)، در ارتقا و بهبود کلیه شاخص‌های کیفیت خاک تأثیر گذار بوده است. فعالیت فسفاتاز و تنفس میکروبی در عرصه کشاورزی تحت سیستم گیاهان لگوم در مقایسه با عرصه جنگل قرق شده به مراتب بیشتر بوده است. تخریب اراضی و تنزل کیفیت خاک در عرصه‌های کشاورزی دیم بسیار مشهود و هشدار دهنده است.

مقایسه مدیریت‌های مختلف در عرصه‌های مرتعی نیازمند تحقیقات بیشتری است. خروج کامل دام اگرچه در مقایسه با چرای بی رویه منجر به بهبود شاخص‌های کیفیت خاک شده است، ولی در مقایسه با مدیریت چرای کنترل شده، تفاوت معنی‌داری در فعالیت فسفاتاز، تنفس میکروبی و مواد آلی به دست نیامد. بدین ترتیب شناسایی شاخص‌های با حساسیت و ماهیت دیگر در این زمینه ضروری است. زیرا نوع کاربری، عرصه و منطقه مطالعاتی و مدیریت‌های اعمال شده بر اراضی در انتخاب شاخص‌های کیفیت خاک تأثیر گذار می‌باشند. نتایج بررسی حاضر نشان داد که به کارگیری روش‌های تجزیه و تحلیل آماری چندمتغیره امکان مطالعه تأثیرگذاری هم‌زمان عوامل و شاخص‌های مختلف کیفیت خاک را به خوبی فراهم می‌آورد. با توجه به روابط درونی و بین شاخص‌های مختلف کیفیت خاک، اثرگذاری آنها بایستی به صورت توأم و با یکدیگر مورد بررسی قرار گیرد.

در خاتمه متذکر می شود که علاوه بر مطالعه تغییر پذیری مکانی شاخص‌های مختلف کیفیت خاک، تغییرات آنها در زمان نیز باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین برنامه‌ریزی و مطالعات مستمر (Monitoring) به منظور بررسی تغییرات زمانی (Temporal variability) شاخص‌های کیفیت خاک پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

اعتبارات این تحقیق از طریق طرح پژوهشی بین دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه شهرکرد تأمین شده است که بدین وسیله از آنها قدردانی می‌گردد. هم چنین از خانم مهندس الهام چاوشی و آقای مهندس ایرج قاسمی که در امور صحرایی و آزمایشگاهی زحمات زیادی را متحمل شدند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. چاوشی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی مقایسه‌ای شاخص‌های کیفیت خاک در اراضی آبرفتی شیب‌دار سمیرم تحت کاربری‌های مختلف. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. نائل، م. ۱۳۸۰. مطالعه تخریب اراضی به کمک شاخص‌های کیفیت خاک و تغییرات مکانی آنها در اکوسیستم‌های مرتعی و جنگلی ایران مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

3. Amador, J.A., M.A.Glucksman, J.B. Lyons and J.H. Gorres. 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a Riparian forest. Soil Sci. 162 (11): 808-825.
4. Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. PP: 831-872. *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.
5. Bremner, J.M. and C.S. Mulvany. 1982. Nitrogen-total. PP: 595-624. *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.
6. Dick, R.P. 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. PP: 107-124. *In*: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek and B.A. Stewart (Eds.), Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Sci. Soc. Am. Special Pub. No. 35, Madison, Wisconsin.
7. Dixon, W.J. and F.J. Massey. 1983. Introduction to Statistical Analysis. McGraw Hill Pub., USA.
8. 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.
9. Doran. J.W., M. Sarrantonio and M.A. Leibig. 1996. Soil health and sustainability. Adv. Agron. 56: 1-56.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]

10. Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. PP:25-37. *In*: J.W. Doran and A.J Jones (Eds.), Methods for Assessing Soil Quality. Soil Sci. Soc. Am. Special Publication, No. 49. Madison, Wisconsin.
11. 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 soisl. Can. J. Soil Sci. 74: 367-385.
12. Hajabbasi, M.A., A. Jalalian and H.R. Karimzadeh. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. Plant and Soil 190: 301-308.
13. Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 1992. Applied Multivariate Statistical Analysis. 3rd ed., Prentice-Hall Inc., Engle Woods Cliffs, New Jersey.
14. Kennedy, A.C. and R.I. Papendick. 1995. Microbial characteristics of soil quality. J. Soil Water Conserv. 50 (3): 243-248.
15. Lal, R. 1997. Degradation and resilience of soils. Phil. Trans. R. Soc. Land. 325: 997-1010.
16. Lal, R. 1999. Soil quality and food security: The global prespective. PP: 3-16. *In*: R. Lal. (Ed.), Soil Quality and Soil Erosion. Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
17. Lal, R., G.F. Hall and F.P. Miller. 1989. Soil degradation: I. Basic processes. Land Degradation and Rehabilitation. 1: 51-69.
18. Maushbach, M.J. and A. Tugel. 1997. Soil quality, a multitude of approaches. Kearney Foundation Symposium, Berkeley, California.
19. 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.
20. 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. Soil Sci. Soc. Am. Special Publication, No.46. Madison, Wisconsin.
21. Pimental, D. 1997. Soil erosion and agricultural productivity: The global population, food problem. Ecological prespective in science, humanities and economics. GAIA 6 (3): 197-204.
22. Reganold, J.P., R.I. Papendick and J.F. Parr. 1990. Sustainable agriculture. Sci. Am. 262 (6): 112-120.
23. Schlesinger, W.H. and A.M. Pilmanis. 1998. Plant-soil interactions in desert. Biogeochem. 42: 169-187.
24. Staben, M.L., D.F. Bezdieck, J.L. Smith and M.F. Fauci. 1997. Assessment of soil quality in conservation research program and wheat-fallow. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 124-130.
25. Tabatabai, 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 Sci. Soc. of Am. Madison, Wisconsin.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1384.9.3.9.1]