مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱
http://jwfst.gau.ac.ir

اثر عملیات تراس‌بندی بر شاخص‌های کیفیت خاک در حوضه آبخیز چهل چای، استان گلستان

*محبوبه رحمانی خلیلی[۱]، فرشاد کیانی[۲]، اسماعیل دردی‌پور[۳] و محمدرضا پارسامهر[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲و۳]استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و [۴]کارشناس‌ارشد آبخیزداری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۲۸

چکیده

دست‌خوردگی و به‌هم ریختگی خاک در عملیات مهندسی حفاظت همواره مورد بررسی و مطالعه بوده و یکی از معایب این روش به شمار می‌رود. جهت بررسی این موضوع، تراس‌بندی به‌عنوان یک عملیات مهندسی مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور چهار تراس مجزا در چهار موقعیت مختلف، با درجه و جهت شیب، ارتفاع و زمان تاسیس متفاوت انتخاب شده و شاخص‌های کیفیت خاک در آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس بررسی میانگین شاخص‌های کیفیت خاک در چهار موقعیت تراس‌بندی مشاهده شد که عملیات تراس‌بندی موجب کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به‌عنوان شاخص پایداری خاکدانه از ۰/٦۱ به ۰/۲٤ میلی‌متر گردید. هم‌چنین این عملیات موجب افزایش واکنش خاک از ۷/۳۲ به ۷/٦٤، هدایت الکتریکی از ۰/۳٤۷ به ۰/۸۰۸ دسی زیمنس بر متر، میزان آهک از ۸/۹٦ درصد به ۳۸/٦۹ درصد، میزان رطوبت اشباع از ٤۵ به ٤۹ درصد، میزان ازت کل از ۰/۱۲٤ به ۰/۱۷٦ درصد، فسفر قابل جذب از ۱/٦٤ به ۵/۳۸ و پتاسیم قابل جذب از ۷۱/٤۵ به ۱۵۹/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و هم‌چنین موجب کاهش میزان ماده‌آلی از ۲/۷۳ به ۱/۲۷ درصد و ظرفیت تبادل کاتیونی از ۸۵/٦ به ٦٦/۷ سانتی‌مول مثبت بر کیلوگرم گردید. تنفس میکروبی به عنوان شاخص بیولوژیکی کیفیت خاک مورد سنجش قرار گرفت. تراس‌بندی تنفس میکروبی را کاهش داد. در کل، تفاوت آماری بین

*مسئول مکاتبه: rahmani.mahboobeh@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در بین چهار تراس در چهار منطقه مورد مطالعه به دست آمد. نتایج نشان داد که شاخص‌های مختلف کیفیت خاک تفاوت و روند مشخصی در تمام چهار موقعیت ندارد. نتایج این پژوهش نشان داد عملیات تراس‌بندی بر کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موثر است و بنابراین باید به‌عنوان یک عملیات و مدیریت کاربری با شرایط خاص مورد توجه بوده و اثر آن بر سلامت فیزیکی اجزاء اکوسیستم و روابط اقتصادی اجتماعی افراد مرتبط با این مدیریت، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش، حفاظت خاک، تراس‌بندی، کیفیت خاک، استان گلستان

مقدمه

کیفیت خاک به‌عنوان ظرفیت خاک جهت ایفای نقش در داخل مرزهای اکوسیستم و در ارتباط مثبت با اکوسیستم‌های مجاور (لارسون و پیرس، ۱۹۹۱) یکی از بحث‌های مهم مدیریتی و بهره‌برداری بهینه از خاک است. مسئله تخریب خاک یکی از مهم‌ترین و بحث برانگیزترین مسائل دنیای امروز است که می‌تواند عامل اصلی کاهش تولیدات کشاورزی در واحد سطح و نیز تغییرات شدید بوم شناختی نظیر گرم شدن کره زمین، آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش تنوع زیستی می‌باشد (لل، ۱۹۹۷). فرایندهای مخرب مانند فرسایش، بیابانی شدن، اسیدی شدن، شور و سدیمی شدن، ایجاد تراکم و فشردگی در سطح خاک و غیره مختل‌کننده نظم و تعادل اکوسیستم‌ها بوده و امنیت غذایی را به شدت تهدید می‌کند(لل، ۱۹۹۹).

با توجه به گرایشی که در سال‌های اخیر نسبت به توسعه پایدار صورت گرفته است، شناخت و اطلاع از مدیریت خاک برای بحث و تامل در این باره از اهمیت بنیادی برخوردار است و نیاز به کاهش اثر محیطی فعالیت‌های کشاورزی و کنترل کردن تخریب خاک یکی از اهداف اصلی مدیریت اراضی است (پاگلایی و همکاران، ۲۰۰٤). فرسایش خاک بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک که کیفیت خاک و بازدهی محصول وابسته به آن است موثر بوده و تهدید بزرگی برای منابع آب و خاک به شمار می‌رود. بیشترین اهمیت فرسایش خاک برای محدودیت‌های غذایی و شیمیایی، سطوح پایین ازت، فسفر، پتاسیم و کم شدن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است (لل، ۱۹۸۸).

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌های حفاظت آب و خاک به عملیات مهندسی و عملیات بیولوژیکی تقسیم می‌گردد. تراس‌بندی یکی از راه‌های جلوگیری از فرسایش خاک توسط عملیات مهندسی است. تراس‌بندی بنا به تعریف عبارت از پلکانی نمودن اراضی شیب‌دار با شیب حداکثر ۵۵ درصد برای کنترل و ذخیره هرز آب و کاهش فرسایش خاک می‌باشد. تراس‌بندی شیب طولانی را به شیب‌های کوتاه تقسیم می‌کند و باعث کاهش فرسایش شیاری و ورقه‌ای می‌گردد. در ضمن تراس‌بندی با تغییر شکل زمین و کاهش شیب قادر است میزان و سرعت رواناب را کاهش دهد (زانگ و همکاران، ۲۰۰۸). از نگاه ژئومورفولوژی، تراس، شیب را کاهش می‌دهد و مانند یک سطح انتقال‌دهنده مواد فرسایش یافته است. تراس‌ها همچنین میزان نفوذ را افزایش می‌دهند که منجر به کاهش فرسایش می‌گردند، (مارتینز-کسیسنوس و همکاران، ۲۰۰۹). نوع زمین، جهت شیب و نوع استفاده از زمین می‌تواند بر حفظ رطوبت خاک تاثیر بگذارد. نوع استفاده از زمین (تراس‌بندی یا بدون تراس) نقش مهمی در حفاظت از آب دارد که بیشتر در رشد ریشه محسوس می‌باشد (لیو و همکاران، ۲۰۱۰).

به‌دلیل اینکه لایه صفر تا ٤٠ سانتی‌متری به‌طور مستقیم با فاکتورهای آب و هوا و عوامل انسانی در ارتباط است، تراس‌بندی شرایط بهتری را برای حفاظت مواد غذایی و آب نسبت به زمین شیبدار به‌خصوص در اعماق ٤٠ تا ۱۸۰سانتی‌متری ایفا می‌کند (لیو و همکاران، ۲۰۱۰). تراس‌بندی خصوصیات سطحی خاک را تغییر می‌دهد که بر خصوصیات نفوذی سطح (پوزن و همکاران، ۱۹۹۰؛ مالت و همکاران، ۲۰۰۳) و متقابلا بر فرایندهای مورفولوژیکی دیگر مانند فرسایش اثر می‌گذارد. ابوحامد و همکاران (۲۰۰٦) در پژوهشی در منطقه مدیترانه مشاهده کردند که در تیمار تراس‌بندی و منطقه بدون تراس از نظر درصد سیلت، شن و رس اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. مشابه این پژوهش، راموس و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعات خود در منطقه پریورات در شمال شرقی اسپانیا بین زمین‌های تراس‌بندی و شاهد اختلاف معنی‌داری بین درصد سیلت، درصد رس و درصد شن مشاهده نکردند. به‌منظور دست‌یابی به مدیریت پایدار اراضی و بهبود کیفیت آنها، ارزیابی کیفی و کمی عوامل و شاخص‌های موثر در پایداری اراضی ضروری است. با توجه به نقش تراس‌بندی به‌عنوان یک روش مهندسی حفاظت خاک دو نکته اساسی وجود دارد، تراس‌بندی به علت ماهیت مهندسی و دست‌خوردگی در خاک باعث کاهش برخی شاخص‌های کیفیت شده و در مقابل در اثر حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش موجب بهبود کیفیت خاک می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی

Archive of SID

www.SID.ir

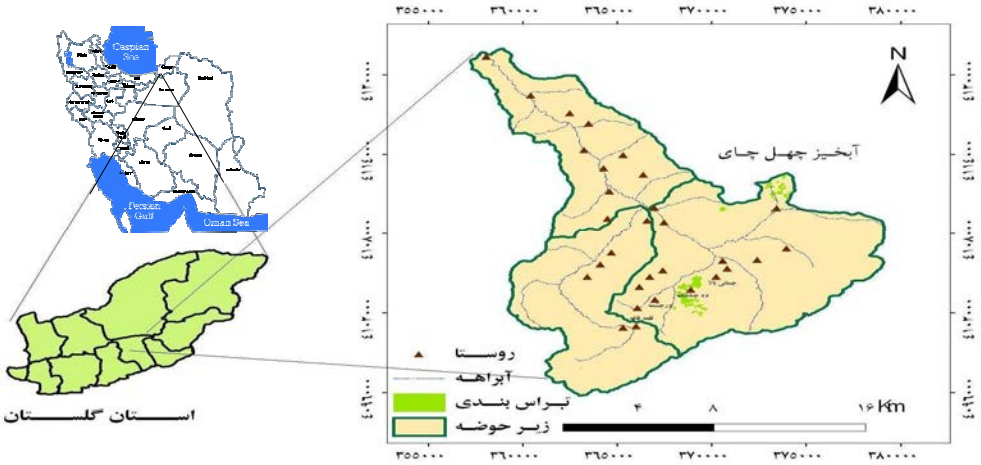
عملیات تراس‌بندی بر افزایش و یا کاهش میزان برخی از شاخص‌های کیفیت خاک در منطقه چهل-چای استان گلستان بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز چهل چای با مساحت ۲۵۶۸۳ هکتار در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه الی ۵۵ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه الی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی در بالا دست منطقه پس پشته در شرق استان گلستان واقع شده است (شکل ۱). ارتفاعات این منطقه از حدود ۱۹۷۱ متر واقع در جنوب حوضه تا حدود ۱۷۶ متر از سطح دریا در شمال متغیر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از حوضه‌های کوهستانی استان بوده که بیش‌ترین سطح آن حدود (۱۵۸۲۹/۸ هکتار) پوشیده از جنگل می‌باشد و اراضی زراعی دیگر سطح حوضه را در برمی‌گیرد. فرسایش، شرایط نامناسبی را در این منطقه به‌وجود آورده و وجود اراضی شیب‌دار زراعی و سازند زمین‌شناسی ضعیف و نامقاوم سرعت تخریب را افزایش داده و جریان‌های گلی همراه با مقادیر زیادی رسوب در برخی دره‌ها باعث تخریب و فرسایش شدید کناری در طول آبراهه اصلی شده است. وجود رسوب بیش از حد در پائین دست حوضه و وجود گل و لای در مواقع جریان کم نیز گویای این مطلب است. بر اساس آمار هواشناسی مقدار بارندگی متوسط سالانه حوضه مذکور ۸٤/٦۰ میلی‌متر می‌باشد به طوری‌که ماه اسفند با متوسط بارندگی ۸٦/۸۳ میلی‌متر پرباران‌ترین و ماه خرداد با متوسط بارندگی ۲۲/٦۳ میلی‌متر کم‌باران‌ترین ماه سال می‌باشد. دمای متوسط سالانه حوضه یادشده ۱۳/۷ درجه سلسیوس است به‌طوری‌که در این حوضه مردادماه با درجه حرارت ۲۲/۹ درجه سلسیوس گرم‌ترین و بهمن ماه با درجه حرارت ۳/۷ درجه سلسیوس سردترین ماه سال می‌باشد. نوع اقلیم این حوضه بر اساس روش دومارتن، نیمه مرطوب و بر اساس روش آمبرژه، معتدل مرطوب است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

در سطح حوضه فوق میزان ۹۳۶۲/٦ هکتار از اراضی زراعی دارای شیب بالاتر از ۱۲ درصد هستند، همچنین ۱۱۵۸/٦ هکتار از اراضی زراعی محاط در جنگل که دارای شیب‌های کمتر از ۱۲ درصد هستند، جهت توسعه جنگل مد نظر قرار گرفته است.

در این پژوهش مناطقی با خصوصیات زمین شناسی یکسان دارای دو کاربری تراس بندی و شاهد مورد نظر قرار گرفت. اراضی انتخاب شده در ٤ مکان مختلف، با درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا و زمان تاسیس متفاوت انتخاب گردیدند.

نمونه‌برداری در سال ۱۳۸۹ به‌صورت مرکب از هر منطقه به تعداد سکوهای هر تراس از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت و نمونه‌ها جهت تجزیه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به آزمایشگاه منتقل گردید. در جدول ۱ به تعداد مکان نمونه‌های مرکب، نیمی مرتبط با شاهد و نیم دیگر مربوط به منطقه تراس‌بندی اشاره شده است. برای مثال در تراس‌بندی ۱ تعداد ۲۲ نمونه مرکب برداشت گردید که ۱۱ نمونه مربوط به تراس‌بندی و ۱۱ نمونه مربوط به شاهد بوده و هر کدام در سه تکرار ارزیابی شد (۳۳ نمونه شاهد و ۳۳ نمونه در محل تراس‌بندی). نمونه‌برداری از منطقه شاهد دقیقا در امتداد سکوهای هر تراس صورت پذیرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- برخی خصوصیات مناطق مورد مطالعهمنطقه مورد مطالعه.

	جهت شیب	تعداد نمونه در تراس بندی و شاهد	ارتفاع از سطح دریا	سال ساخت	درصد شیب
تراس بندی ۱	شمال	۲۲	۱۱۶۲	۱۳۸۲	۱۰-۲۰
تراس بندی ۲	شمال	۳٤	۱۱۵۷	۱۳۸۲	۲۰-۳۰
تراس بندی ۳	شمال	۲۰	۹۲٦	۱۳۸۰	۱۰-۲۰
تراس بندی ٤	غرب	۲٦	۹٥٤	۱۳۸۱	۱۰-۲۰

تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های خاک: ابتدا نمونه‌های خاک هواخشک گردید و پس از کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. جهت اندازه‌گیری تنفس میکروبی از نمونه‌های اصلی و خشک نشده استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان پایداری خاکدانه‌ها نمونه‌ها پس از خشک شدن از الک ٤/۹ میلی‌متری عبور داده شدند.

موادآلی به روش والکلی‌بلاک (پیج و همکاران، ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید (پیج و همکاران، ۱۹۸۲)، هدایت الکتریکی با دستگاه هدایت سنج الکتریکی در عصاره ۱:۵ گل اشباع (پیج و همکاران، ۱۹۸۲)، واکنش خاک با دستگاه pH متر در گل اشباع(ریتو و همکاران، ۲۰۰۳)، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش استات سدیم (چاپمن، ۱۹٦۵)، پایداری خاکدانه‌ها به روش الک‌تر(کمپر و روسنا، ۱۹۸٦)، نفوذپذیری نهایی با روش نفوذسنج گلف (رینولدز و همکاران، ۱۹۸۳)، وزن مخصوص ظاهری با روش کلوخه و پارافین (براشر و همکاران، ۱۹٦٦)، تنفس میکروبی به روش تصاعد دی اکسید کربن (استوتزکی، ۱۹٦۵)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (اولسن، ۱۹٥٤)، ازت کل به روش کجلدال (کریک، ۱۹۵۰)، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم (پیج و همکاران، ۱۹۹۲)، توزیع اندازه ذرات خاک به روش پیپت و وزن مخصوص حقیقی خاک به روش پیکنومتر اندازه‌گیری شد.

برای مقایسه خصوصیات کیفیت خاک مناطق تراس‌بندی شده و مقایسه این شاخص‌ها بین دو کاربری تراس‌بندی و شاهد از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد. تجزیه واریانس برای چهار موقعیت متفاوت تراس‌بندی با طرح کاملاً تصادفی به روش آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۱ و ۵ درصد بر روی شاخص‌ها مختلف کیفیت خاک بررسی شد همچنین مقایسه میانگین بین هر کاربری تراس‌بندی

Archive of SID

www.SID.ir

و شاهد در موقعیت‌های متفاوت توسط آزمون t انجام شد. لازم به ذکر است گرچه نمونه‌برداری از منطقه شاهد دقیقاً در مجاور هر سکو جداگانه صورت پذیرفت، با این حال مجموع نتایج مناطق شاهد در تجزیه‌های آماری مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تغییرات شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در تراس‌بندی‌های مختلف: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ و ویژگی‌های فیزیکی کیفیت خاک در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر درصد رس و درصد شن خاک در تمامی ٤ حالت انتخاب شده اختلاف معنی‌داری ندارد، اما درصد سیلت در منطقه تراس‌بندی شده در کاربری ۲ اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد در ($P<۰/۰۵$) و همچنین درصد سیلت در منطقه تراس‌بندی کاربری ۳ اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد در ($P<۰/۰۱$) نشان داده است. پایداری خاکدانه منطقه شاهد در تمام ٤ حالت بررسی شده نسبت به تراس‌بندی اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص حقیقی خاک در ٤ منطقه بررسی شده اختلاف معنی‌داری ندارد. نفوذپذیری نهایی در حالت تراس‌بندی ۱ نشان داد که عملیات تراس‌بندی موجب افزایش نفوذ نهایی شده در حالی که در ۳ موقعیت دیگر روند متفاوت و معکوس نشان داده است.

ذرات خاک کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر در موقعیت پایین شیب نسبت به بالای شیب بیشتر بودند و بین شاهد و تراس‌بندی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، این نشان می‌دهد که حرکت ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ توسط آب به سمت پایین شیب، بیشتر در تیمار شاهد حالت انتخابی دارد (نی و زانگ، ۲۰۰۷).

سایررای و همکاران (۲۰۰۵) در منطقه ناحیه کابیل در جنوب غربی اوگاندا، مشاهده نمودند که درصد رس در قسمت پایین تراس کاهش و درصد شن در پله های پایین افزایش نشان می‌دهد در حالی که در تیمار شاهد، درصد شن در قسمت بالاتر بیشتر بوده و درصد رس در قسمت پایین‌تر افزایش نشان می‌دهد. با توجه به اینکه عمده رس در شاهدها بیشتر از تراس‌بندی است، شاید به هم خوردگی در اثر ماشین‌آلات سنگین موجب تسریع انتقال ذرات ریزتر به پایین، در داخل پروفیل شده است. تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در لایه سطحی خاک منطقه نشان داد که تراس‌بندی موجب کاهش چشمگیر این شاخص و در نتیجه کاهش پایداری خاکدانه‌ها در این مناطق شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

حاجی‌عباسی و همکاران (۱۹۹۷) هدر رفت ماده آلی بر اثر عملیات زراعی را عامل پراکنش خاکدانه‌ها معرفی می‌کنند. عملیات زراعی خاکدانه‌های درشت را شکسته و ماده آلی خاک را نیز به این طریق در معرض تلفات قرار می‌دهد (هاینس، ۱۹۹۹ و شفرد و همکاران، ۲۰۰۱). تلفات شدید ماده آلی، کاهش فعالیت میکروبی و استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی را می‌توان از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در کاهش پایداری خاکدانه در کاربری زراعی برشمرد (عجمی، ۱۳۸۵).

کیفیت خاک فقط به ذخیره عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وابسته نیست، بلکه به خصوصیات فیزیکی مانند جرم مخصوص ظاهری و تخلخل خاک نیز بستگی دارد (لمنی و همکاران، ۲۰۰۵). بر اساس نتایج ارائه شده در جرم مخصوص ظاهری در خاک‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (جدول ۳)، کاهش اندک در میزان جرم مخصوص ظاهری در منطقه تراس‌بندی در هر ٤ کاربری را می‌توان به عملیات مهندسی، دست خوردگی و به‌هم ریختگی ساختمان ارتباط داد.

ابوحامد و همکاران (۲۰۰٦) بیان می‌کنند افزایش نیافتن جرم مخصوص ظاهری خاک را می‌توان احتمالا به‌دلیل پوک شدن اولیه خاک کشاورزی در اثر انجام عملیات خاک‌ورزی و شخم و شیار و سپس بارش باران و نیز زمان نمونه‌برداری (در اواسط زمستان) دانست. چرا که این امر موجب افزایش چگالی ظاهری خاک دست‌خورده و نزدیک شدن مقدار آن به مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک اراضی بکر و دست‌نخورده می‌شود. اما در کل اعمال خاکورزی سبب کاهش چگالی ظاهری خاک می‌گردد ولی پس از گذشت زمان مقدار آن به حالت اولیه بازگشته و حتی گاهی بیشتر از مقدار اولیه نیز می‌گردد که علت آن خرد شدن خاک و جای گیر شدن ذرات ریز در منافذ درشت خاک می‌باشد (فریراس و همکاران، ۲۰۰۰). هرگونه کاربرد ماشین‌های سنگین کشاورزی موجب ایجاد فشردگی و تخریب خاکدانه‌ها و افزیش جرم مخصوص خاک می‌شود (وراوی‌پور، ۱۳۸۹). سلیک (۲۰۰۵)، تجزیه ماده آلی بر اثر تبدیل کاربری‌های طبیعی زمین به اراضی زراعی و کاهش تشکیل ساختمان را به‌عنوان دو عامل مهم جهت افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک‌ها برشمرد.

جرم مخصوص حقیقی خاک تابع نوع کانی‌ها و مواد آلی است، چون اغلب کانی‌های موجود در خاک دارای جرم مخصوصی در محدوده ثابتی هستند و فقط در صورت وجود بعضی از کانی‌ها مثل تورمالین، مگنتیت و یا هورنبلاند ممکن است جرم مخصوص حقیقی این خاک‌ها به بیش از ۲/۷۵ هم برسد. علاوه بر این چون موادآلی سبک‌تر از مواد معدنی خاک است بنابراین خاک‌هایی که محتوی مقدار نسبتا زیادی موادآلی است دارای جرم مخصوص حقیقی کمتری بوده و بر همین اساس جرم

Archive of SID

www.SID.ir

مخصوص حقیقی خاک‌های سطح‌الارض همیشه کمتر از خاک‌های تحت‌الارض است (وراوی‌پور، ۱۳۸۹). همچنین تفاوت معنی‌داری در جرم مخصوص حقیقی خاک در چهار کاربری مورد مطالعه مشاهده نشد و به‌دلیل این است که چهار کاربری مطالعه شده در این ناحیه دارای مواد مادری یکسان - باشد، گرچه تفاوت‌ها معنی‌دار نیست اما کاهش نسبی در مقادیر جرم مخصوص حقیقی شاهد نسبت به تراس‌بندی مشاهده می‌شود. به‌نظر می‌رسد افزایش نسبی موادآلی در این تیمار باعث کاهش جرم مخصوص حقیقی شده است.

کاهش میزان هدایت هیدرولیکی در موقعیت‌های تراس‌بندی شده ۲، ۳ و ٤ می‌تواند به‌علت کاهش پایداری خاکدانه و تلفات شدید ماده‌آلی خاک باشد که نفوذ آب به خاک را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش میزان نفوذ در این سه موقعیت گردیده است. عبور و مرور ماشین‌آلات با فشرده یا پودر کردن خاک می‌تواند نفوذ آب را کاهش دهد (والکر، ۱۹۸۹ و فرارو، ۲۰۰۵). تراس‌بندی با تغییر شکل توپوگرافی زمین سبب کاهش رواناب و افزایش نفوذ آب می‌شود. اما مشکلاتی مانند دفن خاک اصلی، تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک، تغییر در رژیم رطوبتی، افزایش فرسایش به علت بی‌ثباتی شیب‌ها تاثیر منفی نسبت به کاربری پوشش گیاهی طبیعی نشان می‌دهد (کوآرجد و همکاران، ۲۰۰۰؛ شرستا و همکاران، ۲۰۰٤). راموس و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای در شمال شرقی اسپانیا در منطقه پریورات انجام دادند و نتایج نشان داد، هدایت هیدرولیکی اشباع در شاهد نسبت به تراس‌بندی اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. کاست–فالچ و همکاران (۲۰۰٦) نیز به نتایج مشابه با راموس و همکاران (۲۰۰۷) دست یافتند.

نتایج تغییرات شاخص‌های شیمیایی کیفیت خاک در تراس‌بندی‌های مختلف: نتایج تجزیه واریانس در جدول ٤ و ویژگی‌های شیمیایی کیفیت خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. واکنش خاک در دو حالت کاربری ۱ و ۲ در منطقه تراس‌بندی شده نسبت به شاهد ($P<0/05$) اختلاف معنی‌داری را نشان داد در صورتی که در دو کاربری ۳ و ٤ اختلاف معنی‌داری بین مناطق شاهد و تراس‌بندی مشاهده نشد. واکنش خاک پایین‌تر در مناطق شاهد می‌تواند به‌علت استفاده از کودها یا علفکش‌ها برای مدت طولانی در این خاک‌ها باشد. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده کشاورزان در سه مرحله، کود ازت را حدودا به میزان ۲۰۰–۳۰۰ کیلوگرم در هر سه مرحله و در یک یا دو مرحله کود فسفر، به‌طور متوسط به میزان ۱۰۰–۲۰۰ کیلوگرم و کود پتاس به‌طور متوسط به میزان ۱۰۰–۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده می‌نمایند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس (درجه آزادی و میانگین مربعات) برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در چهار موقعیت تراس‌بندی

منبع تغییرات	درجه آزادی	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر روز)	رطوبت اشباع (درصد)	شاخص پایداری خاکدانه (میلی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
تراس بندی	۳	۱۱۴/۷**	٦٤٩٧/٤**	۲۳۰۹/۳**	۳٦/۳۹*	۰/۰۰٦**	۰/۲۱**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}
خطا	۱٤۹	۳٦/۰٤	۱۱۰/۰۳	۸۳/٤۱	۱۰/۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲
کل	۱۵۲								

جدول ۳- مقایسه آماری شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک

منطقه مورد مطالعه		رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	شاخص پایداری خاکدانه(میلی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت اشباع (درصد)	نفوذپذیری نهایی (سانتی‌متر بر ساعت)	جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
تراس‌بندی۱	تراس	٤۱/۸^{ns}	۳۸/۹^{ns}	۱۹/۳^{ns}	۰/۳٤	۱/۵۵^{ns}	۲/٤۷^{ns}	۰/۲۸^{ns}	٤۸^{ns}
	شاهد	٤۱/۸	٤۳/۵	۱٤/۷	۰/۵**	۱/۵۲	۲/٤٦	۰/۲۵	
تراس‌بندی۲	تراس	٤۱/۳^{ns}	٤۳*	۱۵/۸^{ns}	۰/۲٤	۱/۵٦^{ns}	۲/۵۱^{ns}	۰/۲۱^{ns}	٤۹^{ns}
	شاهد	٤۷	۳۵/۸	۱۷/۲	۰/۵٦**	۱/۵۲	۲/۵۷	۰/۲٤	٤٦
تراس‌بندی۳	تراس	۵۸/۳^{ns}	۱۵/۳**	۲٦/۵^{ns}	۰/۳٤	۱/۵۷^{ns}	۲/۵۱^{ns}	۰/۳^{ns}	٤۸^{ns}
	شاهد	٦۱	۷/۷	۳۱/۳	۰/۵۱**	۱/۵۷	۲/٤۸	۰/۳۵	
تراس‌بندی٤	تراس	۵۳/۵^{ns}	۱۷/٤^{ns}	۲۹/۱^{ns}	۰/۳۱	۱/۵۳^{ns}	۲/۵۲^{ns}	۰/۲۳^{ns}	٤۹^{ns}
	شاهد	۵۵/٤	۲٤/٤	۲۰/۲	۰/٦۱**	۱/۵۳	۲/۵	۰/۲۷	٤۸

** و * به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

جدول ٤- تجزیه واریانس(درجه آزادی و میانگین مربعات) برخی شاخص‌های بیولوژی و شیمیایی کیفیت خاک در چهار موقعیت تراس‌بندی

منبع تغییرات	درجه آزادی	هدایت الکتریکی	آهک	کربن آلی	تنفس میکروبی (میلی گرم دی اکسید کربن بر گرم در روز)	فسفر (میلی گرم بر کیلو گرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلو گرم)	ازت (درصد)
تراس‌بندی	۳	۰/۳۹۹ **	٤٧٤٥/٩**	١/٤٦**	۰/۰٤*	٥٥/٧٠**	١٨٢١٧/٢*	۰/۰١ ns
خطا	١٤٩	۰/۰٥	٢٢/٥٢	۰/١٤	۰/۰١	٦/٢٣	٥٥٥٨	۰/۰۰٦
کل	١٥٢							

** و * به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مقایسه آماری شاخص‌های شیمیایی کیفیت خاک

منطقه مورد مطالعه		ماده‌آلی (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول+بر کیلو گرم)	ازت کل (درصد)	پتانسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)	واکنش خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهک (درصد)
تراس‌بندی۱	تراس ۱	١/٨٤ ns	٧٧/١ ns	۰/١٧٢ ns	١٥٩/٢٩ ns	٣/٣٧ ns	٧/٤٣*	۰/٧٤٤**	٣٨/٦٩**
	شاهد ۱	١/٨٦	٨٤/٧	۰/١٣١	١٠٩	٣	٧/٣٢	۰/٣٤٧	١٣/٢٢
تراس‌بندی۲	تراس ۲	١/٤٣	٦٦.٧ ns	۰/١٤٦ ns	١١٠/٤٦ ns	٥/٣٨**	٧/٤٣*	۰/٨٠٨**	٢٩/٩٨**
	شاهد ۲	٢/٧٣**	٧٢٨	۰/١٥٩	٩٤/٠٦	١/٦٤	٧/٣٧	۰/٤٠٨	١٥/٧
تراس‌بندی۳	تراس ۳	١/٢٧ ns	٧٧ ns	۰/١٧٦*	١٢٨٧ ns	٤/٨١*	٧/٦٤ ns	۰/٦٨٧*	١٣/٤*
	شاهد ۳	١/٢٩	٨٥.٦	۰/١٢٤	٩٣/٠٩	٢/٩١	٧/٥٧	۰/٣٩٤	٨/٩٦
تراس‌بندی٤	تراس ٤	١/٦٩ ns	٧٤.٥ ns	۰/١٥٣ ns	١٣٩/٩٤**	٢/٩٣ ns	٧/٥٧ ns	۰/٦٠٨*	١٣/٢٦ ns
	شاهد ٤	١/٧٥	٨٣٨	۰/١٤٥	٧١/٤٥	٣/٥١	٧/٥٩	۰/٤١٦	١١/٦٨

** و * به‌ترتیب معنی دار بودن در سطح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

راموس و همکاران (۲۰۰۷) و نیز سوینک و همکاران (۱۹۹۸) معتقدند در زمین‌های تراس‌بندی شده، خاک قسمت‌های عمیق‌تر در سطح قرار گرفته و اجرای عملیات زراعی در دراز مدت در منطقه موجب شده تا واکنش خاک در تراس‌ها بیشتر از شاهد باشد. از علل افزایش واکنش خاک در منطقه می‌توان به انتقال آهک به سطح خاک، در اثر عملیات مهندسی اشاره کرد و در تراس‌بندی ٤ در شاهد بیشتر از تراس‌بندی است اما این اختلاف قابل توجه نیست.

میزان هدایت الکتریکی در مناطق تراس‌بندی شده نسبت به مناطق شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته است. بلان و همکاران (۱۹۹۱) بیان می‌کنند که تغییر کاربری اراضی، عملیات خاکورزی و اعمال عملیات کشت و کار و کوددهی سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک در زمین‌های کشاورزی شده است. حرکت موئینگی آب در خاک، عملیات آبیاری، ویژگی‌های خاک و غیره نیز سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار آماری بین دو کاربری شده است.

ماده آلی خاک در منطقه شاهد اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) در کاربری ۲ نشان داده است (جدول ٤) اما در ۳ کاربری دیگر با وجود افزایش اندک در منطقه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مناطق تراس‌بندی، فعالیت‌های زراعی باعث کاهش مواد آلی خاک شده است زیرا در خاک‌های تحت کشت تولیدات گیاهی از سطح خاک برداشت شده و به بیرون برده می‌شوند. هم‌چنین عملیات خاکورزی در اراضی زراعی، به‌دلیل بهبود وضعیت تهویه، موجب تجزیه‌ی مواد آلی و کاهش میزان آن گشته است. طبق نتایج فیتزسیمونس و همکاران (۲۰۰٤)، در زمین‌های زراعی میزان کربن آلی خاک به دلیل تلفات ناشی از عملیات خاک‌ورزی نسبت به جنگل کاهش می‌یابد.

تغییر کاربری توانسته است اثرات قابل توجهی بر مقدار آهک در منطقه مورد مطالعه بگذارد و باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار بین ۳ حالت از کاربری‌ها شده است. د آلبا و همکاران (۲۰۰٤) عنوان می‌دارند عملیات خاکورزی موجب انتقال کربنات کلسیم از اعماق پایین‌تر به سطح خاک شده، بنابراین کربنات کلسیم خاک مناطق تراس‌بندی شده بیشتر از مناطق شاهد شده است. درصد آهک در کاربری ۱ و ۲ در منطقه تراس‌بندی شده نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) و در کاربری ۳ در منطقه تراس‌بندی شده نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نشان داده است. درصد آهک در کاربری ٤ افزایش اندکی را در منطقه تراس‌بندی شده نسبت به شاهد نشان داد اما دارای اختلاف معنی‌دار نبود. مقدار آهک با افزایش ارتفاع در مناطق کوهستانی به علت حرکت خاک از بالای شیب به علت شخم یا فرسایش آبی و لایه نازک خاک افزایش می‌یابد. فرسایش شدید مواد مادری آهکی را

Archive of SID

www.SID.ir

در نوک قله یا در شیارهای قله بی‌حفاظ می‌کند (زانگ و همکاران، ۲۰۰٤) که این امر منجر به افزایش کربنات کلسیم در قسمت‌های بالای شیب می‌گردد. در مقابل لایه‌های خاک عمیق‌تر در دامنه کوه در موقعیت‌های پایین‌تر شیب، جایی که آبشویی شدیدتر کربنات کلسیم در نتیجه زهکشی خوب وجود دارد، مانع شخم توسط کشاورزان روی مواد مادری یا بستر سنگی شده و بنابراین مقدار کربنات کلسیم کمتری دارند. عجمی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش نمودند که عملیات خاکورزی موجب انتقال کربنات کلسیم از عمق‌های پایین‌تر به سطح خاک شده، بنابراین کربنات کلسیم خاک سطحی اراضی کشاورزی بیشتر از سایر کاربری‌هاست.

ازت کل در کاربری ۳ در منطقه تراس‌بندی شده اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد ($P<۰/۰۵$) نشان داده است، اما در ۳ کاربری دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد کوددهی در منطقه و موادآلی کنترل کننده ازت در این منطقه باشند. سانچز مارانون و همکاران (۲۰۰۲) رابطه مستقیمی بین میزان نیتروژن کل با درصد مواد آلی مشاهده نمودند. در مناطق تراس‌بندی شده ماده‌آلی و ازت خاک با افزایش درجه شیب کاهش می‌یابند. مقادیر بالاتر ماده‌آلی، فسفر و ازت در بخش‌های قله‌ای و پای شیب در تپه شیب‌دار کشت و کار شده یافت شدند (لی و لندستورم، ۲۰۰۱). سطح تراس موادغذایی را به وضوح حفظ می‌کند. به‌دنبال آن تراس‌بندی زمین‌های شیب‌دار، ممکن است عملکرد محصول را در سال اول کاهش دهد اما با بهبود خاک و تجمع مواد غذایی می‌تواند حاصل‌خیزی را افزایش دهد.

میزان فسفر قابل جذب اختلاف معنی‌داری در منطقه تراس‌بندی شده نسبت به شاهد در کاربری ۲ ($P<۰/۰۱$) و در کاربری ۳ ($P<۰/۰۵$) نشان داده است. این نتایج با یافته‌های نی و زانگ (۲۰۰۷) مغایرت دارد. اما در کاربری ۱ و ٤ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مواد غذایی مورد نیاز گیاه یا به‌صورت ترکیبات محلول (ازت نیتراتی) یا به‌صورت چسبیده به ذرات ریز مانند فسفر و عناصر کمیاب می‌باشد. بنابراین بر اثر آب‌دوی و فرسایش مقدار قابل توجهی از مواد غذایی از بین می‌رود. قسمت عمده ازت و هوموس معمولا در خاک سطح الارض است، بنابراین فرسایش که معمولاً خاک سطحی مزارع را از بین می‌برد مقدار قابل توجهی ازت و هوموس را با خود حمل می‌کند. قسمت عمده‌ی فسفر بر روی ذرات کلوئیدی چسبیده است. بنابراین با انتقال این ذرات کلوئیدی به‌وسیله فرسایش مقدار خیلی زیادی فسفر از منطقه خارج خواهد شد. باید در نظر داشت که علاوه بر مواد کلوئیدی، مواد دیگر خاک مانند هوموس نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای فسفر دارند که به‌وسیله فرسایش

Archive of SID

www.SID.ir

از بین می‌روند (رفاهی، ۲۰۰۳) اما در اراضی تراس‌بندی شده با توجه به کاهش شیب و هم‌چنین کاهش فرسایش و نیز رسی بودن بافت منطقه، تلفات در هر سه عنصر غذایی ازت، فسفر و پتاسیم، به میزان کمتری خواهد بود.

باید توجه داشت که حرکت نیتروژن و فسفر فقط وابسته به خصوصیات ذاتی خاک نیست و فاکتورهای خارجی مانند شرایط آب و هوایی و اعمال کشاورزی بر آن مؤثرند. پالسون، ۱۹۹۸ و نی و زانگ، ۲۰۰۷ در زمین‌های تراس‌بندی شده، همبستگی ضعیفی بین فسفر قابل جذب با ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر به‌دست آوردند، در مقابل با آهک همبستگی معنی‌داری مشاهده کردند. مقادیر فسفر قابل جذب به مقدار ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ وابسته بودند که ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر به‌صورت انتخابی توسط آب به پایین شیب در مناطق شیب‌دار منتقل می‌شوند. قسمت عمده فسفر بر روی ذرات کلوئیدی چسبیده است. بنابراین با انتقال این ذرات کلوئیدی به‌وسیله فرسایش مقدار خیلی زیادی فسفر از منطقه خارج خواهد شد.

پتاسیم قابل جذب در کاربری ٤ در منطقه تراس‌بندی شده اختلاف معنی‌داری را ($P<0/01$) نسبت به منطقه شاهد نشان داده است، منگ (۲۰۰۱) نیز در تحقیقات دو ساله خود به نتیجه مشابهی دست یافت، اما در ۳ کاربری دیگر اختلافات جزئی مشاهده شد. نی و زانگ(۲۰۰۷) مطالعه‌ای روی اراضی تراس‌بندی شده در جنوب غربی چین انجام دادند که بر اساس آن، پتاسیم قابل جذب در شاهد بیشتر از تراس‌بندی شده و این اختلاف معنی‌دار می‌باشد که این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر مغایرت دارد. سنگ- ارون و همکاران (۲۰۰٦) نیز طبق آزمایش‌های انجام داده مشاهده کردند که تراس‌های پوشیده شده با علف و باقیمانده گیاهان نسبت به تراس‌های لخت به میزان کمتری خاک و مواد غذایی را کاهش می‌دهند. پتاسیم در حالت فعال اغلب در اثر شستشو از دسترس خاک خارج می‌شود و به آب‌های زهکشی می‌پیوندد (وراوی‌پور، ۱۳۸۹).

ظرفیت تبادل کاتیونی در هر ٤ حالت تراس‌بندی‌های مطالعه شده اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است. کاهش ماده‌آلی و کاهش درصد رس در هر چهار حالت تراس‌بندی را می‌توان دلیل اصلی پایین آمدن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، در این مناطق دانست. کاهش موادآلی خاک به دلیل اجرای عملیات زراعی و کاهش ذرات رس می‌تواند کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری را به دنبال داشته باشد (عجمی، ۱۳۸۵). به نظر می‌رسد ماده‌آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی را بیشتر از سایر عوامل مانند بافت در کنترل دارد. بررسی خاک در تراس‌بندی نشان می‌دهد به‌رغم عدم اختلاف معنی‌دار که بین کاربری

Archive of SID

www.SID.ir

تراس‌بندی و شاهد در چهار سایت متفاوت، از لحاظ رس خاک وجود دارد، ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری تراس‌بندی نسبت به کاربری شاهد کاهش داشته است، شاید کاهش ماده‌آلی را بتوان دلیل اصلی پایین آمدن ظرفیت تبادل کاتیونی در کاربری‌های تراس‌بندی دانست.

نتایج تغییرات شاخص بیولوژیکی کیفیت خاک در تراس‌بندی‌های مختلف: نتایج تجزیه واریانس در جدول ٤ و مقادیر تنفس میکروبی به‌عنوان شاخص بیولوژیکی کیفیت خاک در جدول ٦ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در کاربری ١ اختلاف معنی‌داری در منطقه تراس‌بندی شده ($P<0/05$) نسبت به منطقه و در سه کاربری دیگر، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ٦- مقایسه آماری شاخص بیولوژیکی کیفیت خاک.

منطقه مورد مطالعه	تراس‌بندی ١		تراس‌بندی ٢		تراس‌بندی ٣		تراس‌بندی ٤	
	تراس ١	شاهد ١	تراس ٢	شاهد ٢	تراس ٣	شاهد ٣	تراس ٤	شاهد ٤
تنفس میکروبی (میلی‌گرم دی اکسید کربن بر گرم در روز)	٠/١٧**	٠/٠٧	٠/٠٩^{ns}	٠/١	٠/١٥^{ns}	٠/١٦	٠/١٣^{ns}	٠/١٤

** و * به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ١ و ٥ درصد را نشان می‌دهد.

در منطقه مورد مطالعه تنفس میکروبی در تراس‌بندی ١ اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان می‌دهد که علت آن را می‌توان کشت گندم در سال‌های متمادی در این تراس و افزایش هر ساله کاه و کلش گندم به خاک دانست که باعث می‌شود میزان ماده‌آلی در سطح تراس بیشتر از شاهد بدون کشت با شیب بیشتر، گردد. عملیات زراعی و کشت و کار و هدر رفت شدید ماده‌آلی در سه موقعیت تراس‌بندی ٢، ٣ و ٤ تنفس میکروبی را در لایه ٣٠-٠ سانتی‌متری در مقایسه با کاربری‌های شاهد کاهش داده است هرچند این کاهش معنی‌دار نیست. از علل این کاهش می‌توان به مکانیزاسیون و حرکت ماشین آلات سنگین و همچنین کاهش ماده آلی در اراضی تراس‌بندی اشاره کرد زیرا مسطح سازی زمین و حرکت خاک در طول ساخت تراس‌ها می‌تواند به‌طور قابل توجهی زیستگاه بیولوژیکی خاک را مختل کند. استات و همکاران (١٩٩٩) و منگ (٢٠٠١) بیان داشتند که ماده‌آلی بیشتر، باعث ساختمان بهتر و فعالیت میکروبی بیشتر می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسه میانگین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک در پلدهای تراس‌بندی ۱.

کاربری	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	رطوبت اشباع	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	ازت (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تنفس میکروبی میلی‌گرم دی اکسیدکربن برگرم‌درروز)	شاخص پایداری خاکدانه(میلی‌متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول+ بر کیلوگرم)	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر روز)
پلـه ۱	۷/٤۱^{c}	۰/۸۲^{d}	٤۱^{b}	۰/۷۲^{cd}	۰/٤۸^{ab}	۱۸/٦^{dc}	۳۸/٤^{cd}	٤۳^{b}	۰/٦٤^{h}	۸۷/۸۰۰^{g}	۰/۱۱^{ecd}	۱/٤٤^{cd}	۰/۲۱^{ab}	۰/۲۳^{e}	۷/٦۳^{b}	٤/٦۱^{e}
پلـه ۲	۷/۵۳^{a}	۱/۱۵^{b}	۳٤/۳^{e}	۱/۱^{c}	۰/۵۰۱^{ab}	۲۱/٦^{bc}	۲۱^{f}	۵۷/٤^{a}	۱/۳۸^{f}	۸۱/۲۱^{j}	۰/۲۳^{ab}	۱/۵۲^{d}	۰/۱۱^{b}	۰/۲۱^{e}	٦٤/۱۳^{h}	٦/۸۷^{c}
پلـه ۳	۷/٤۱^{c}	۰/۸۹^{c}	٤۵/۸^{a}	۰/٦٦^{e}	۰/٤۲^{c}	۲٤/٦^{b}	۳٤^{d}	۵۷/٤^{a}	۸/۱^{a}	۷۱/۵٦^{k}	۰/۱۰^{cd}	۱/۷٤^{a}	۰/٤٦^{a}	۰/۵۱^{b}	۷۱/۰۹^{e}	۱/۵۵^{g}
پلـه ٤	۷/۳۵^{d}	۱/۲۳^{a}	٤۱/٦^{b}	۱/۲۳^{c}	۰/٤۸^{ab}	۱۵/۷^{de}	۲۷/۷^{e}	٦۱/٤^{a}	۱/۵٤^{f}	۱۲۲/۳۵^{e}	۰/۲۱^{b}	۱/۵۱^{d}	۰/۱۰^{b}	۰/۳۵^{d}	۸۲/۱۰^{c}	٦/۰٦^{cd}
پلـه ۵	۷/۵٤^{a}	۰/۷۱^{e}	٤۰/۱^{b}	۰/٦۵^{e}	۰/۵۰۱^{ab}	۱٦^{de}	٦۱/٤^{a}	۲۲/٦^{c}	۰/۷٦^{h}	۸۲/۳۳^{j}	۰/۰۸^{e}	۱/٤۲^{e}	۰/۱۱^{b}	۰/۱۱^{f}	۷۸/٤۷^{d}	۱۳/۳۳^{b}
پلـه ٦	۷/٤۹^{b}	۰/۵۵^{fg}	٤۵^{a}	۰/۷۳^{ed}	۰/٤۵^{cab}	۱۲/٦^{e}	٤۳^{b}	٤۱/٤^{b}	۲/٤۱^{d}	۸٦/۲۰٦^{h}	۰/۰۸^{e}	۱/٤۳^{e}	۰/۰۹^{b}	۰/۱٦^{f}	۷۸/۳٤^{d}	٦/۸۰^{c}
پلـه ۷	۷/۵۰^{ab}	۰/۳۲^{i}	۳۰^{d}	۱/٦^{b}	۰/٤۸^{ab}	۱۵/۳^{de}	٦۳^{a}	۲۱/۷^{c}	۱/۹٤^{e}	۹۸/۹۰^{f}	۰/۱۵^{c}	۱/٦۱^{b}	۰/۲۳^{b}	۰/۵۳^{ab}	۹۲/٦۲^{a}	۵/٤۹^{d}
پلـه ۸	۷/۳۲^{d}	۰/٦۱^{f}	٤۰/۱^{b}	۰/۹^{ecd}	۰/٤۲^{c}	۱۳/۸^{e}	٤٦/۲^{b}	٤۰^{b}	۷/٦۳^{b}	۳۰۹/۷۰^{b}	۰/۲۷^{a}	۱/۵۷^{c}	۰/۰۲^{b}	۰/۲۳^{e}	٦۵/٦۵^{g}	۳/۰٤^{f}
پلـه ۹	۷/۳۱^{cd}	۰/۵۲^{g}	۳۰/۹^{cd}	۱/۰۳^{ecd}	۰/٤۱^{c}	۲۰^{c}	۳۹/٤^{c}	٤۰/٦^{b}	۳/۵۱^{c}	۱٤٦/۹۷^{d}	۰/۱٤^{cd}	۱/۵۱^{d}	۰/۱۱^{b}	۰/۳۹^{c}	٦٤/۵۰^{h}	٤/۲۱^{e}
پلـه ۱۰	۷/۲۸^{e}	۰/۵٤^{g}	۳۲^{cd}	۰/۹^{ecd}	۰/٤۱^{c}	٤٤/۷^{a}	۱۳/٦^{g}	٤۱/۷^{b}	۰/۸٦^{g}	۱۵۲/۹۳^{c}	۰/۱۱^{ecd}	۱/٤۱^{e}	۰/۱٦^{b}	۰/۲٤^{e}	۹۲/٤٦^{a}	۱۷/۵۰^{a}
پلـه ۱۱	٤/٤۳^{c}	۰/٤۳^{h}	۳٤/۱^{c}	۲/٤^{a}	۰/۵۰٦^{a}	۱٤/۹^{e}	۲۸/۱^{e}	۵۷^{a}	۷/٤۲^{b}	۵۰۷/۸۲^{a}	۰/۲۶^{a}	۱/۵۷^{c}	۰/٦٦^{ab}	۰/۵٦^{a}	٦۹/۰۲^{f}	٤/۰۹^{e}

مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد.

www.SID.ir

جدول ۸- مقایسه میانگین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک دریله‌های تراس‌بندی۲

کاربری	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	رطوبت اشباع	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	ازت (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تنفس میکروبی میلی‌گرم دی اکسیدکربن برگرم‌درروز)	شاخص پایداری خاکدانه(میلیمتر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول+ بر کیلوگرم)	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر روز)
پله ۱	۷/٤۰^{ecd}	۰/۸۱۳^{gh}	۲۵/۳^{kl}	۰/۹۷^{fg}	۰/۵۰^{a}	۱٤^{gh}	٤۲/۷^{cde}	٤۳/۳^{ab}	۰/۸۳^{no}	٦۷/۷۱^{fge}	۰/۱۱^{b}	۱/۷۳^{a}	۰/۰۸^{h}	۰/۳۳^{b}	۸۰۶^{e}	۱/۵۱^{n}
پله ۲	۷/٤۲۹^{ab}	۰/۷۰۲^{i}	۳۱/۱۳^{e}	۰/۵۱^{k}	۰/۵۰^{a}	۱٤/۱^{fg}	٤٤/۳^{dbc}	٤۱/۷^{bc}	۹/٦۷^{b}	۸۳۳/۲۰^{fdge}	۰/۰۸^{b}	۱/٦۹^{b}	۱/۰۰۷^{l}	۰/۱۹^{ef}	۱۰۱/۷^{b}	۱/۷۵^{m}
پله ۳	۷/۳۶^{ef}	۱/۰۲^{e}	۲۲/٦۰^{k}	۰/۸۰^{c}	۰/٤۷^{bc}	۱۱/۳^{g}	٤۷/۳^{bc}	٤۱/٤^{bc}	۵/۸۱^{f}	۹۱/۲۱^{fdge}	۰/۳۳^{a}	۱/٦۱^{c}	۰/۰۳^{jl}	۰/۱۱^{ij}	٦۳/٦^{k}	۲/۵۲^{l}
پله ٤	۷/٤۸^{ab}	۱/۰۵^{b}	۲۷/۲۰^{h}	۰/۳۵^{l}	۰/٤٤^{de}	۲۱/۷^{a}	۳٦/۷^{f}	٤۱/٦^{bc}	۲/٦٤^{m}	۶۳/٤۵^{g}	۰/۱۱^{b}	۱/٤۲^{j}	۰/۰۱^{kl}	۰/۱٦^{hgf}	٦۷/۷^{i}	۸/۱۰^{d}
پله ۵	۷/۳۳^{gf}	۰/۸٦۰^{d}	۳٤/۹۰^{c}	۰/٦۵^{j}	۰/٤٦^{bc}	۲۰/۵^{eab}	٤۰/۲^{ef}	۳۹/۳^{bc}	۱۳/۰۸^{a}	۷۹/۷۵^{fge}	۰/۲٤^{ab}	۱/۳۱^{j}	۰/۳۶^{a}	۰/۱۹^{gf}	۷۵/٤^{f}	۱٤/۹٤^{a}
پله ٦	۷/۵۳^{a}	۰/۰٦۰۱^{j}	۳۰/۱۳^{f}	۰/٦۳^{ij}	۰/٤۵^{de}	۱۷^{efde}	۲٤/۷^{g}	۵۸/۳^{a}	۳/۵۹^{l}	۶٤/۵۳^{fg}	۰/۱٤^{ab}	۱/٤۲^{ij}	۰/۲۱^{c}	۰/۳۵^{b}	۵۹/٦^{l}	۸/٦۱^{c}
پله ۷	۷/٤۱^{cd}	۱/۲۸^{a}	۲۷/۸۰^{g}	۱/۱۲^{e}	۰/٤۷^{bc}	۲۱/٤^{ab}	۵۸^{a}	۲۰/٦^{d}	٤۰۳^{k}	۹۷/۹٦^{fde}	۰/۱۰^{b}	۱/۵۰^{g}	۰/۰۹^{g}	۰/۲۰^{e}	٤۵/٤^{o}	۹/۳۲^{b}
پله ۸	۷/۵۱^{a}	۰/۹۰۳^{e}	۳۰^{f}	۱/۷۳^{a}	۰/٤٦^{bc}	۱۱/۷^{g}	٤۸^{b}	٤۰/۳^{bc}	٦۰/۹^{d}	۲۷٤/۳٤^{a}	۰/۱۹^{ab}	۱/۵۲^{f}	۰/۰۷^{jl}	۰/۲۹^{c}	۵٦^{m}	۳/۹۱^{h}
پله ۹	۷/۳۶^{gf}	۱/۰۲^{e}	۲۱/٦٦^{l}	۱/۲۳^{b}	۰/۵۰^{a}	۱۷/۳^{efdbe}	٤۳/٤^{dec}	۳۹/۳^{bc}	۲/۱٤^{n}	۱۳۰/۷۳^{bc}	۰/۱۵^{ab}	۱/٦۱^{c}	۰/۰۲^{jk}	۰/۱۱^{ij}	۵۲/۷^{n}	۲/٦٦^{k}
پله ۱۰	۷/۲۹^{g}	۰/۸٤٦^{f}	۲٦/۱۳^{i}	۱/۰٦^{d}	۰/٤٦^{bc}	۱۲/۷^{g}	٤۵^{dbc}	٤۲/۳^{bc}	۵/٤۱^{g}	۱۵٦/۵۲^{b}	۰/۲۲^{ab}	۱/٦۱^{c}	۰/۲٤^{b}	۰/۱۳^{hi}	۸٤^{g}	۲/۵۷^{l}
پله ۱۱	٤/٤٦^{eb}	۰/۸۷٤^{h}	۲٦/۳۳^{j}	۰/۹۰^{f}	۰/٤٦^{bc}	۱۸/۷^{cadbe}	٦۰/٦^{a}	۲۰/۷^{d}	٤/۵٤^{i}	۱٤٤/۲۹^{bc}	۰/۱۵^{ab}	۱/٦۸^{b}	۰/۱٦^{d}	۰/۱۷^{gf}	۸۵/٦^{d}	٤/۱۱^{g}

مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد.

www.SID.ir

جدول ۹- مقایسه میانگین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک در پلات‌های تراس‌بندی۳

کاربری	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	رطوبت اشباع	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	ازت (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تنفس میکروبی میلی‌گرم‌دی اکسیدکربن برگرم‌درروز)	شاخص پایداری خاکدانه(میلی‌متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول+ بر کیلوگرم)	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر روز)
پلات ۱	۷/۶۰^{d}	۰/۴۰^{cd}	۷^{gf}	۱/۶۲^{a}	۰/۴۳^{ef}	۱۵/۲^{ef}	۲۱/۸^{a}	۶۳^{ab}	۹^{a}	۲۶۰/۰۱^{a}	۰/۲۱^{a}	۱/۵۶^{d}	۰/۲۱^{b}	۰/۳۹^{ab}	۷۵/۸۷^{f}	۵/۳۸^{h}
پلات ۲	۷/۷۰^{b}	۰/۸۱^{a}	۱۲^{f}	۰/۵۸^{c}	۰/۵۶^{a}	۲۰/۵^{e}	۲۱/۵^{a}	۵۸^{c}	۶/۱۶^{h}	۹۷/۷۰^{g}	۰/۰۶^{f}	۱/۵۳^{e}	۰/۲۰^{bc}	۰/۳۴^{cb}	۸۰/۴۶^{e}	۳/۱۱^{j}
پلات ۳	۷/۶۴^{c}	۰/۶۵^{cab}	۲۱^{a}	۰/۵۸^{c}	۰/۴۵^{e}	۲۲/۱^{de}	۱۸/۵^{b}	۵۹/۳^{cb}	۱/۸۰^{i}	۶۲/۳۷^{i}	۰/۱۲^{d}	۱/۷۵^{a}	۰/۰۷^{f}	۰/۴۱^{a}	۵۱/۴۶^{h}	۴/۸۹^{i}
پلات ٤	۷/۷۷^{a}	۰/۶۰^{cab}	۱۸^{b}	۰/۴۱^{d}	۰/۴۲^{ef}	۲۰/۳^{e}	۱۵^{c}	۶٤/۷^{a}	۱/۶۹^{i}	۱۳۹/۷۵^{d}	۰/۱٤^{c}	۱/۵۱^{f}	۰/۱٤^{e}	۰/۳۳^{cb}	۷۵/۶۲^{e}	۷/۹۰^{d}
پلات ۵	۷/۷۳^{b}	۰/۴۷^{cdb}	۱٤/۳^{cd}	۰/۴٤^{d}	۰/۴٦^{e}	۲۸/۱^{b}	۱٤/۳^{e}	۵۷^{c}	۲/۰۱^{h}	۸۳^{h}	۰/۰۹^{e}	۱/۴۸^{g}	۰/۱^{e}	۰/۴٤^{a}	۷۰/۰٤٦^{e}	۹/۷۸^{b}
پلات ٦	۷/۶۲^{c}	۰/۶۸^{cab}	۱٤/۶^{cd}	۰/۳۳^{e}	۰/۵٤^{b}	۲٤/۹^{dc}	۱۶/۷^{c}	۵۸/٤^{c}	۵/۶۶^{d}	۱۱۳/۸۰^{f}	۰/۱۱^{d}	۱/۴۸^{g}	۰/۰۱^{g}	۰/۳۹^{ab}	۵۳/۱۷^{g}	۱۱/۰۰^{a}
پلات ۷	۷/۶۳^{c}	۰/۵۶^{cab}	۱٤/۳^{cd}	۰/۴۹^{d}	۰/۴۹^{d}	۲۶/۶^{bc}	۱۵/٤^{c}	۵۸^{c}	۵/۵۷^{e}	۷۹/۳٤^{i}	۰/۱۱^{d}	۱/٤٤^{h}	۰/۲۳^{a}	۰/٤۱^{a}	۷۰/۶۸^{e}	۷/۹۰^{d}
پلات ۸	۷/۵۲^{e}	۰/۸۶^{ab}	۱۱/۱^{f}	۰/۳۷^{de}	۰/۵۱^{c}	۱۹/۸^{c}	۲۳/۲^{a}	۵۷^{c}	٤/۰۳^{gf}	۱۳۲/۸٤^{e}	۰/۱۷^{b}	۱/۵۶^{d}	۰/۲۳^{a}	۰/۲٤^{d}	۸۸/۲۲^{b}	۹/۱۲^{c}
پلات ۹	۷/۱۸^{f}	۰/۳۵^{d}	۱۶^{cd}	۰/۸^{b}	۰/۵۰^{cd}	۲۹/۸^{b}	۲۱/۳^{a}	٤۹^{d}	۷/۱۳^{b}	۱۷۲/۱۷^{b}	۰/۱۷^{b}	۱/۷۲^{b}	۰/۱۹^{c}	۰/٤۵^{a}	۸۲/۷۰^{d}	۶/۹٤^{g}
پلات ۱۰	۷/۷۹^{a}	۰/٤۶^{cdb}	۲۰/۳^{ab}	۰/۶٤^{c}	۰/۵۰^{cd}	۳۶/۳^{a}	۷/٤^{d}	۵۶/۳^{c}	۵/۰۹^{f}	۱٤۶/۳۸^{c}	۰/۰۳^{g}	۱/۶۵^{c}	۰/۱٦^{d}	۰/۳۱^{c}	۹۰/۶۵^{a}	۷/۱۰^{f}
پلات ۱۱	۷/۶۰^{d}	۰/٤۰^{cd}	۷^{gf}	۱/۶۳^{a}	۰/٤۳^{ef}	۱۵/۲^{ef}	۲۱/۸^{a}	۶۳^{ab}	۹^{a}	۲۶۰/۰۱^{a}	۰/۲۱^{a}	۱/۵۶^{d}	۰/۲۱^{b}	۰/۳۹^{ab}	۷۵/۸۷^{f}	۵/۳۸^{h}

مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد.

www.SID.ir

جدول ۱۰- مقایسه میانگین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک در پلات‌های تراس‌بندی ٤

کاربری	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	رطوبت اشباع	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	فسفر(میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	ازت (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تنفس میکروبی میلی‌گرم‌دی اکسیدکربن برگرم‌درروز)	شاخص پایداری خاکدانه(میلی‌متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول+ بر کیلوگرم)	نفوذپذیری (سانتی‌متر بر روز)
پلات ۱	۷/۵٦^{ef}	۰/٥٤^{h}	۲۰/٦^{a}	۱/۰۱^{b}	۰/٤٦^{ef}	۲۷/۹^{dbc}	۱٤/۸^{dc}	٥۷/۳^{ab}	٥/۸٤^{a}	۱۷۲/٦^{ab}	۰/۲۱^{cab}	۱/٤۷^{g}	۰/۰۰٦^{h}	۰/۳۳^{cdb}	۹٦/۲^{b}	۷/۱۲^{d}
پلات ۲	۷/٦٦^{cdb}	۰/۸۳^{eb}	۱۱^{f}	۱/۰٦^{b}	۰/٥۲^{e}	۲۱/۲^{g}	۲۱/۱^{bc}	٥۷/۷^{ab}	۳/۳٦^{d}	۱٤۹/٦^{dcb}	۰/۱۸^{cab}	۱/٥۳^{e}	۰/۰٤۷^{a}	۰/۳۹^{cab}	٥٥/٥^{j}	٦/۱۰^{g}
پلات ۳	۷/۷۱^{a}	۰/۹۰^{ab}	۲۰/۱^{ab}	۰/٦٥^{cd}	۰/٤۹^{d}	۲٥/۹^{def}	۱٤/۸^{dc}	٦۰^{a}	۳/۹۳^{b}	۱٤۲/۳^{dce}	۰/۲٥^{a}	۱/٥٦^{d}	۰/۱٦^{c}	۰/٤۰^{cab}	۷۸/٤^{h}	٥/۳۰^{h}
پلات ٤	۷/۲۸^{h}	۰/۷٤^{cd}	۱۲/۳^{ef}	۰/٥٦^{d}	۰/٤٥^{f}	۲۹/۷^{a}	۱٥/۳^{dc}	٥٥^{cab}	۳/۸٥^{c}	۱٥۷/۷^{cb}	۰/۱۳^{cab}	۱/٥٤^{de}	۰/۰^{fg}	۰/٤۰^{cab}	۸۷/۷^{cd}	۳/۲٤^{k}
پلات ٥	۷/٥٦^{ef}	۰/۸٤^{ef}	۱٥/۳^{cd}	۰/٥۱^{d}	۰/٤۹^{d}	۳٥/٤^{a}	۱۱^{d}	٥۲/٦^{cab}	۳/۰۱^{f}	۱۹٥/۲^{a}	۰/۱٤^{cab}	۱/٤۳^{hi}	۰/۰۲^{hg}	۰/۳٤^{cab}	۷٤/٤^{g}	۷/۱۳^{c}
پلات ٦	۷/٦٤^{cd}	۰/٥۹^{hg}	۱۸/٦^{b}	۱/۰٥^{b}	۰/٥٤^{b}	۲٤/٦^{f}	۲٥/٤^{b}	٥۰^{cd}	۳/۳۳^{d}	۱۹۹/٦^{a}	۰/۱٦^{cab}	۱/۷٥^{a}	۰/۰۰۷^{h}	۰/۳٤^{cab}	٥۲^{j}	۲/۰٦^{i}
پلات ۷	۷/۳٤^{g}	۰/۷۷^{cd}	٦/۳^{g}	۰/۳٤^{g}	۰/٤۳^{g}	۲۸/٥^{bc}	۱۷/۸^{dbc}	٥۳/۷^{cab}	۲/۸۸^{g}	۱٥٤/۳^{cb}	۰/۱۳^{cab}	۱/٥۱^{f}	۰/۰۱۸^{d}	۰/۳٤^{cab}	۸۲/۲^{e}	٦/۲۲^{f}
پلات ۸	۷/٦٤^{cd}	۰/٥۹^{hg}	۱۱^{f}	۰/٦۸^{c}	۰/٤۷^{e}	۲٥^{ef}	۱٥^{dc}	٥۲^{cdb}	۳/۲۳^{e}	۱۱۳/۸^{fe}	۰/۲۳^{eab}	۱/٤٥^{h}	۰/۱۹^{d}	۰/٤٥^{a}	۹۰/۹^{c}	٦/۳۱^{e}
پلات ۹	۷/۷۰^{ab}	۰/٥۹^{hg}	۱۱^{f}	۰/٦۸^{c}	۰/٤۷^{e}	۳۷^{a}	۱۰/۳^{ed}	٦۰^{a}	۲/۸۰^{h}	۷۹/۲^{hg}	۰/۱۲^{cb}	۱/٤٤^{h}	۰/۱٥^{d}	۰/۳۳^{cdb}	۸۷/۷^{f}	۷/٤٦^{a}
پلات ۱۰	۷/٦۰^{ed}	۰/٦٤^{gf}	۱٤^{ed}	۰/۳٤^{e}	۰/٤۹^{d}	۳۷^{a}	۱۰/۳^{ed}	٥۲/۷^{cdb}	۰/٦٥^{k}	٦۱^{h}	۰/۰۰۹^{c}	۱/٤۱^{i}	۰/۰٤^{f}	۰/۳۱^{cd}	۳۰/۳^{k}	٥٥^{j}
پلات ۱۱	۷/۳۸^{g}	۰/۹٤^{a}	۱٦/٥^{c}	۰/٤۰^{e}	۰/٥۰^{cd}	۳۰/۳^{b}	۲۳/٤^{b}	٤٦/۳^{ade}	۰/٥۲^{l}	۱۰۲/٥^{fg}	۰/۱۳^{cab}	۱/٥۸^{c}	۰/۱٦^{d}	۰/۲٤^{d}	٥٥^{j}	٤/۲٤^{j}

مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد.

www.SID.ir

نتایج شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پله‌های مختلف تراس‌های مورد مطالعه: نتایج اندازه‌گیری و تجزیه واریانس پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک در جداول ۷ تا ۱۰ آمده است. در هر چهار موقعیت تراس‌بندی شاخص‌های کیفیت خاک از لحاظ آماری بین پله‌های هر تراس تفاوت نشان می‌دهند. همان‌گونه که از نتایج می‌توان دریافت گرچه در تمامی شاخص‌ها اختلاف معنی‌دار آماری به چشم می‌خورد اما روند قابل بررسی و تغییر قابل پیش‌بینی به چشم نمی‌خورد. به‌نظر می‌رسد به هم‌خوردگی لایه‌های سطحی و عمقی و همچنین به هم خوردگی شدید سطحی در قسمت‌های شیب باعث این شد که نتیجه‌ای در پله‌ها قابل بررسی نباشد.

نتیجه‌گیری کلی

عملیات مهندسی حفاظت خاک گرچه به‌عنوان یک روش هزینه بر با به‌هم خوردگی شدید خاک یاد می‌شود اما در شرایط خاصی مانند اراضی شیب‌دار و پوشش کم و شدت رواناب و فرسایش زیاد گاهی به‌عنوان تنها روش موثر و کاربردی که زمان کوتاه می‌تواند حافظ منابع خاکی باشد به‌کار برده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که با به‌کار بردن روش حفاظتی تراس‌بندی برخی شاخص‌های کیفیت خاک دچار تغییر می‌گردند. شاخص‌های واکنش خاک،هدایت الکتریکی، میزان آهک، درصد رطوبت اشباع، درصد ازت کل و پتاسیم قابل جذب با انجام عملیات تراس‌بندی افزایش و مقادیر شاخص‌های ماده‌آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی کاهش یافته‌اند. گرچه برخی از این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند اما به‌نظر می‌رسد مطالعات بیشتر در جهت ارتباط میزان حاصل‌خیزی خاک و تولید محصولات زراعی با این تغییرات شاخص‌های کیفیت مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتایج نشان داد تغییرات معنی‌داری در مکان‌های مختلف و سایت‌های مختلف تراس‌بندی قابل مشاهده است. بنابراین نوع و مکان تراس‌بندی از لحاظ موقعیت شیب، بر مقادیر شاخص‌ها تاثیرگذار بود گرچه به‌دلیل عدم وجود تکرار زیاد امکان بررسی نقش جهت شیب و درجه شیب میسر نگردید.

منابع

1.Abu Hammad, A., Børresen, T., and Haugen, L.E. 2006. Effects of rain characteristics and terracing on runoff and erosion under the Mediterranean. Soil and Tillage Research. 87:39–47.

Archive of SID

www.SID.ir

2.Ajami, M. 2006. Land use change and geomorphic different positions Eaffects on micromorphology soil qualiy parameters and clay minerals in loess lands of east procince Golestan, Aghsoo watershed, Msc thesis, gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 191p.
3.Bolan, N.S., Hedley, M.J., and White, R.E. 1991. Process of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. Plant Soil. J. 134: 53-63.
4.Brasher, B. R., Franzmeier, D.P., Valassis, V., and Davidson, S.E. 1966. Use of saran resin to coat natural soil clods for Bulk-density water retention measurements. Soil Sci. Soc. Am. J. 101-108.
5.Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity in methods of soil analysis. Part 2. Black, C.A. (Ed). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
6.Cots-Folch, R., Martínez-Casasnovas, J. A., and Ramos, C. 2006. Land terracing for new vineyard plantations in the north-eastern Spanish Mediterranean region: landscape effects of the EU council regulation policy for vineyards' restructuring. Agri, Eco. andEnvir.115: 88–96.
7.Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. Soil and Tillage Research, 83: 270-277.
8.De Alba, S., Lindstrom, M., Schumacher, T.E., and Malo, D.D. 2004. Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. Catena. 58: 77–100.
9.Ferreras. L. A., Costa, L. and Pecorari, S. 2000. Effect of no tillage on some soil physical properties of a structural degraded petrocalcic Paleudoll of the southern Pampa of Argentinia. Soil Tillage Res. 54: 31-39.
10.Ferrero, A., Usowicz, B., and Lipiec, J. 2005. Effects of tractor traffic on spatial variability of soil strength and water content in grass covered and cultivated sloping vineyard. Soil and Tillage Res. 84: 127–138.
11.Fitzsimmons, M. J., Pennok, D.J. and Thorpe, J. 2004. Effects of eforstation on ecosystem carbon denstities in central Saskatchewan, Canada. Forest Ecol. Manage. 188: 349-361.
12.Jahan seid, R. 2001. Effects soil erosion dangerous factors. MSc thesis, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources. 95pp.
13.Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution, Methods of Soil Analysis: part 1. Physical and Mineralogical Methods, Agron. Mongor. 2nd end, ASA and SSSA, Madison, WI. Pp: 425-442.
14.Krik, P.L. 1950. Kjeldahl method for total nitrogen. Anal. Chem. 22: 354-358.
15.Lal, R. 1988. Monitoring soil erosion's impact on crop productivity. Soil and Water Conservation Society. Pp:187-200.

Archive of SID

www.SID.ir

16.Lal, R. 1997. Degredation and resilience of soils. Phill, Trans. R. Soc. Land. 325: 997-1010.
17.Lal, R. 1999. Soil quality and food security. The global perspective. P3-16. In: Lal, R., (eds.), Soil Quality and Soil Erosion. Soil and Water Conservation Society and CRC Press, Boca Raton.
18.Larson, W.E. and Pierce, F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. 2: 175-203.
19.Lemenih, M., Karltun, E., and Olsson, M. 2005. Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia.Agri, Eco. andEnvir. 05: 373-386.
20.Li, Y., and Lindstrom, M.J. 2001. Evaluating soil quality-soil redistribution. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 65:1500–1508.
21.Liu, X., Baolin, H., Zaoxia, L., Zhang, J., Wang, L., and Wang, Z. 2010. Influence of land terracing on agricultural and ecological environment in the loess plateau regions of China. Environ Earth Sci. DOI 10.1007/s12665-010-0567-6.
22.Malet, J. P., Auzet, A.V., Maquaire, O., Ambroise, B., Descroix, L., Esteves, M., Vandervaere, J.P., and Truchet, E. 2003. Soil surface characteristics influence on infiltration in black marls: application to the Super-Sauze earthflow (southern Alps, France). Earth Surface Processes and Landforms. 28:547-564.
23.Martínez-Casasnovas, J.A., Ramos, M.C., and Espinal-Utgés, S. 2009. Hillslope terracing effects on the spatial variability of plant development as assessed by NDVI in vineyards of the Priorat region (NE Spain). 163:1-4.379-396.
24.Meng. Q.H., Fu, B.J. and Yang, L.Z. 2001. Effects of land use on soil erosion and nutrient loss in the Three Gorges Reservoir Area, China. Soil Use and Management. 17: 288-291.
25.Ni, S.J., and Zhang, J.H. 2007. Variation of chemical properties as affected by soil erosion on hillslopes and terraces, Europ Journal of Soil Sci. 58: 1285–1292.
26.Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available Phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. U.S. Government Printing Office, Washington DC.939pp.
27.Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil Analysis, In: II. Physical and properties. SSSA Pub. Madison. 1750p.
28.Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis, In: II. Physical and properties. SSSA Pub. Madison. 1750p.
29.Pagliai, M., Vignozzi, N., and Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. Soil and Tillage Research. 79:131-143.

Archive of SID

www.SID.ir

30.Poesen, J.W., Ingelmo-Sánchez, F., and Mücher, H. 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover, position and rock fragments in the top layer. Earth Surfaces Processes and Landforms. 16: 653–671.
31.Powlson, D.S. 1998. Phosphorus, agriculture and water quality. Soil Use Manage. 14: 123-130.
32.Querejeta, J.I., Roldan, A., Albaladejo, J., Castillo, V. 2000. Soil physical properties and moisture content affected by site preparation in the afforestation of a semiarid rangeland. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 2087-2096.
33.Ramos, M.C., Cots-Fots, R. and Martínez-Casasnovas, J.A. 2007 .Effects of land terracing on soil properties in the Priorat region in Northeastern Spain: A multivariate analysis. Geoderma. 142: 251–261.
34.Refahi, H. 2003. Water erosion and control. Tehran university publication. 671p.
35.Reynolds, W. D., Elrick, D.E. and Topp, G.C. 1983. Areexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. Soil Sci.136: 250-268.
36.Ritvo, G., Avnimelich, Y., and Kochba, M. 2003. Emperical relationship between conventionally determined pH and insitu values in waterlogged soils. Aquaculture engineering, Elsevier. 27: 1-8.
37.Royer, D.L. 1999. Depth to pedogenic carbonate horizon as a paleoprecipitation indicator? Geology. 27: 1123–1126.
38.Sanchez-Maranon, M., Soriano, M., Delgado, G. and Delgado, R. 2002. Soil quality in Mediterranean mountain environment: effect of land use change. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 948-958.
39.Sevink, K., Vertraten, J. M., and Jongejans, J. 1998. The relevance of humus forms for land degradation in Mediterranena mountainous areas. Geomorphology. 23: 285–292.
40.Shepherd, T. G., Saggar Newman, R. H., Ross, C. W., and Dando, J. L. 2001. Tillage induced changes in soil structure and soil organic matter fractions. Aust. J. Soil Res. 39: 465-489.
41.Shrestha, D.P., Zinck, J.A. and Van Ranst, E. 2004. Modelling land degradation in the Nepalese Himalaya. Catena. 57: 135–156.
42.Siriri, D., Tenywa, M. M., Raussen, T., and Zake, J.K. 2005. Crope and soil variability on terraces in the highlands of SW Uganda. Land Degradation Development. 16: 569-579.
43.Sng-Arun, J., Mihara, M., Horaguchi, Y. and Yamagi, E. 2006. Soil erosion and participatory remediation strategy for bench terraces in northern Thailand. Catena. 65: 258-264.
44.Stott, D.E., Hart, G.L., Bradford, J.M., Kung, K-J.S., and Huang, C. 1999. Impact of soil organisms and organic matter on soil structure. In: Soil Quality and Soil Erosion. ed. R Lal, CRC Press Washington, D.C. Pp: 57-76.

Archive of SID

www.SID.ir

45. Stotzky, G. 1965. Microbial respiration. In: Black, C.A.(Ed.). Methods of Soil Analysis. Part II. Am. Soc. Pp: 1550-1572.
46. Varavipour, M. 2010. General soil science. Tehran payamnour university press. 336pp.
47. Walker, W. R. 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO irrigation and drainage. 45p.
48. Zhang, J. H., Su, Z.A. and Liu, G.C. 2008. Effects of terracing and agroforestry on soil and water loss in hilly areas of the Sichuan Basin, China. Journal of Mountain Science. 5.3.241-248.
49. Zhang, J.H., Lobb, D.A., Li, Y., and Liu, G.C. 2004. Assessment of tillage translocation and tillage erosion by hoeing on the steep land in hilly areas of Sichuan, China. Soil Tillage and Res. 75: 99–107.

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(3), 2012
http://jwfst.gau.ac.ir

Effects of terracing on soil quality attributes in Chehelchay watershed, Golestan province

***M. Rahmani Khalili[1], F. Kiani[2], E. Dordipour[3] and M.R. Parsamehr[4]**

[1]M.Sc student, Dept. of Soil Science, [2,3]Assistant Prof., Dept of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]M.Sc of Watershed Gorgan Research Center of Agricultural and Natural Resources

Received: 2011-10-25; Accepted: 2012-8-18

Abstract

Whereas biological and engineering methods of soil conservation are complementary but pedoturbation by machinery in engineering practices are considered as one of the disadvantages of this method. To investigate the effect of terracing as engineering practices on soil quality attributes, four terracing sites with different aspects, slope, direction, elevation and ages were selected. Soil samples were taken from 0-30 cm depth. The results showed that terracing operation influenced soil physical, chemical and biologic quality indices and have to be considered in land use operation and management. Managers should analyze the effect of this operation on ecosystem health and find the relationships between social and economic aspects. The results of physical soil quality attributes showed that terracing reduced soil aggregate stability from 0.61 to 0.24 mm. Also this operation increased the soil pH from 7.32 to 7.64, EC from 0.347 to 0.808 ds/m, $CaCo_3$ content from 8.96 to 38.69 percent, SP content from 45 to 49 percent, Total N content from 0.124 to 0.176 , absorbable P from 1/64 to 5.38 and absorbable K from 71.45 to 159.29 mg/Kg and also reduced OM content from 2.73 to 1.27 percent and CEC from 85.6 to 66.7 cmol+/Kg. Soil respiration as a biological index were measured and based on results of this study, terracing reduced this biologic index. Physical, chemical and biologic soil quality indices were statistically different in four sites.

Keywords: Erosion; Soil conservation; Land terracing; Soil quality; Golestan province

*Corresponding Author; Email: rahmani.mahboobeh@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir