

## تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های خاک جاده‌های جنگلی

شجاعت باباپور<sup>۱</sup>، احسان عبدی<sup>۲\*</sup>، باریس مجنونیان<sup>۳</sup>، قوام‌الدین زاهدی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- \* استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: abdie@ut.ac.ir

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۰۸

### چکیده

آگاهی از ویژگی‌های مکانیکی و فنی خاک برای انجام عملیات جاده‌سازی، مدیریت بهینه عرصه‌های جنگلی و اجرای عملی طرح‌های جنگلداری ضروریست. یکی از مهم‌ترین اصول ساخت جاده‌های جنگلی، جلوگیری از مخلوط‌شدن مواد آلی با مصالح جاده در زمان عملیات خاکبرداری و خاکریزی است که اغلب نادیده گرفته می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک و تعیین رابطه مقدار ماده آلی و تغییر ویژگی‌های موردنظر است. از آنجاکه هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ساخت جاده‌های جنگلی بسیار بالا است، تعیین عامل‌هایی که بر اندازه موفقیت این عملیات تأثیرگذارند، بسیار مهم است. این پژوهش بر روی نمونه خاک جنگل آموزشی پژوهشی خیرود (بخش نم‌خانه)، انجام شد. خاک موردنیاز، با حفر پروفیل و ماده آلی موردنیاز، از بقایای درختان و لاشبرگ موجود در کف جنگل تهیه شد. خاک با تیمارهای مختلف ماده آلی (۰ درصد، ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد وزنی) مخلوط و آزمایش‌های دانه‌بندی، حدود آتربرگ و CBR بر روی نمونه‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ماده آلی، حدود روانی و خمیری افزایش و CBR کاهش پیدا می‌کند که بیان‌گر رابطه منفی مقدار ماده آلی و نسبت باربری (ترافیک‌پذیری) خاک است. نتایج این پژوهش به‌خوبی تأثیر منفی ماده آلی بر ویژگی‌های فنی خاک و در نتیجه ضرورت عدم اختلاط ماده آلی با خاک، در هنگام عملیات خاکی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: جاده‌سازی، حدود آتربرگ، مکانیک خاک، CBR.

### مقدمه

جنگل به‌عنوان پیچیده‌ترین زیست‌بوم یویا در روی زمین، علاوه بر تأمین ماده اولیه برای مصارف صنعتی و سوخت، به‌عنوان مهم‌ترین عامل در ثبات دیگر زیست‌بوم‌های جهان نیز شناخته شده است. به‌منظور بهره‌گیری اصولی و پایدار از این منبع، به شبکه‌ای اصولی و کامل از جاده‌های جنگلی نیاز است. جاده جنگلی نقش مهمی در فعالیت‌های اقتصادی، دست‌یابی به مکان‌های گردشگری در جنگل، مدیریت حیات وحش، مدیریت حمل‌ونقل چوب، مدیریت و کنترل آتش‌سوزی و مدیریت آفات و عامل‌های بیماری‌زا دارد

( Smith, 1986; Queen *et al.*, 1997; Lugo & Gucinski, )

(2000; Najafi *et al.*, 2012).

مدیریت بهینه عرصه‌های جنگلی و اجرای عملی طرح‌های جنگلداری، ارتباط مستقیمی با وضعیت کمی و کیفی شبکه جاده‌های جنگلی دارد ( Majnounian *et al.*, 2008). از طرفی احداث جاده در مناطق جنگلی به‌علت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، وضعیت زمین‌شناسی، رطوبت و بارندگی زیاد، نفوذپذیری و حساسیت به حرکت‌های توده‌ای مشکل‌آفرین است و سبب به‌هم خوردن تعادل و نظم طبیعی در نظام بکر طبیعت می‌شود ( Jamshidy

(بولدوزر) و یا عدم توجه راننده، این نکته به خوبی رعایت و اجرا نمی‌شود (FAO, 2001). تاکنون پژوهش‌های محدود و انگشت‌شماری در زمینه تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک جاده‌های جنگلی انجام گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Malkawi و همکاران (۱۹۹۹) تأثیر مواد آلی بر خواص فیزیکی خاک را بررسی کردند. در این تحقیق، خاک رسی با درصدهای متفاوت ماده آلی تیمار و خواص فیزیکی آن با انجام آزمایش حدود آتربرگ، بررسی شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در مقدار کم ماده آلی (کمتر از ۱۰ درصد)، ذرات خاک به سمت متمرکز شدن تمایل پیدا می‌کنند، درحالی‌که در مقادیر بیشتر (بیش از ۱۰ درصد)، ذرات خاک پراکنده می‌شوند. آزمایش‌های فیزیکی خاک نشان داد که با افزایش ماده آلی (تا ۱۰ درصد)، نمایه خمیری ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند. Ohu و همکاران (۲۰۰۹) و Soga و Mitchell (۲۰۰۵) به بررسی اثر ترکیب‌های مختلف مواد آلی بر مقاومت برشی خاک پرداخته و نشان دادند که با افزایش ماده آلی، مقاومت برشی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. اگرچه با توجه به نتایج پژوهش‌های خارج از کشور، تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های خاک تاحدودی مشخص شده، اما تاکنون در ایران تحقیقی مدون در زمینه تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک جاده‌های جنگلی انجام نشده است و انجام این‌گونه پژوهش‌ها در واقع نقش بومی‌سازی را ایفا می‌کند. این نکته از آن نظر حائز اهمیت است که خصوصیات ماده آلی به‌عنوان ماده‌ای مرکب، با توجه به نوع جنگل و زیست‌بوم قابل‌تغییر بوده و بنابراین برای استفاده‌های کاربردی، انجام آزمایش و پژوهش‌های محلی یک ضرورت است. از طرفی برخی از نتایج مربوط به روند تغییرات ویژگی‌های خاک، قدری پیچیده است، ازجمله نتایج Malkawi و همکاران (۱۹۹۹) که ۱۰ درصد ماده آلی را مرز پراکندن یا متمرکزکردن ذرات خاک می‌دانند. نکته دیگر این‌که چون شاخص و معیار قضاوت در مورد مقاومت جاده جنگلی و طرح روسازی، شاخص نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) است و تاکنون در هیچ تحقیقی تأثیر

(Koohsari *et al.*, 2009). برای داشتن درک بهتر از خاک‌های جنگلی و استفاده از آن در طراحی جاده‌های جنگلی، نیاز به درک صحیح ویژگی‌های فنی خاک‌های جنگلی است (Puppala *et al.*, 2007). یکی از مهم‌ترین اصل‌های ساخت جاده‌های جنگلی، جلوگیری از اختلاط مواد آلی با مصالح جاده در زمان عملیات خاکبرداری و خاکریزی است، زیرا ثابت شده است که یکی از دلایل ناپایداری بستر جاده، همین مواد آلی است. براساس نتایج پژوهشی در آمریکا، ۷۰ درصد کل ناپایداری‌ها در ترانشه خاکریزی و اغلب به دلیل ساخت ترانشه روی مواد آلی رخ می‌دهد (Seyedbagheri, 1996).

ماده آلی در خاک‌ها شامل مخلوط‌های مرکب با مقادیر متفاوت از بقایای گیاهان و جانوران است که حضور آن در خاک، تأثیر منفی بر کیفیت فنی و مهندسی خاک دارد (Malkawi *et al.*, 1999). ماده آلی تأثیر زیادی بر تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک دارد، ازجمله بر قابلیت فرسایش‌پذیری (Durgin, 1969; Wischmeier & McCalla, 1942)، نگهداری آب (Jensen & Clayton, 1973) و مقاومت برشی در خاک تأثیر دارد (Yee & Harr, 1977). با توجه به بالابودن هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ساخت جاده‌های جنگلی، تعیین عامل‌هایی که بر اندازه موفقیت این عملیات تأثیر دارند، بسیار مهم است. به دلیل پیچیدگی‌ها و غیرقابل کنترل بودن عرصه جنگل نسبت به محیط راه‌سازی عمومی، عامل‌هایی از قبیل وجود و مخلوط شدن ماده آلی در مصالح ساختمانی مطرح است که نشان‌دادن مقدار و نوع تأثیر آنها می‌تواند به طراح و سازنده در نوع مدیریت عملیات کمک شایانی نماید. در صورتی‌که مقدار ماده آلی یا خاک نباتی در مسیر جاده زیاد بوده و لایه ضخیمی را تشکیل بدهد، باید آن را قبل از عملیات خاکبرداری و خاکریزی برداشت و در پایین دست جاده (به‌عنوان نوار فیلتر) انباشته کرد، به طوری‌که در زمان عملیات خاکبرداری با خاک بستر و خاکریز جاده مخلوط نشود. البته گاهی به دلیل محدودیت مانور ماشین مورد استفاده در ساخت

حاشیه جاده جنگلی، واقع در بخش نم‌خانه است. برای اینکه ماده آلی حداقل باشد، خاک شاهد با حفر پروفیل از عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر برداشته شد (Malkawi et al., 1999). نتایج آزمایشگاهی تعیین مقدار ماده آلی موجود در خاک (براساس اندازه‌گیری کربن آلی) نیز نشان داد که ماده آلی خاک شاهد کمتر از یک درصد است. بعد از خشک‌کردن خاک (حدود ۱۰۰ کیلوگرم) در هوای آزاد (خشک‌کردن در آون تأثیر منفی بر نتایج حدود آتربرگ دارد (Aflaki, 2007)، برای کمتر کردن واریانس مربوط به نمونه خاک، خاک کاملاً مخلوط (Aflaki, 2007) (چون هدف بررسی تأثیر ماده آلی است تغییرات مربوط به خاک باید تا حد ممکن کمتر شود) و به دو قسمت تقسیم شد، یک قسمت خاک شاهد و یک قسمت خاک تیمار شده با درصدهای مختلف ماده آلی که برای آزمایش‌ها استفاده شد. ماده آلی مورد نیاز برای انجام آزمایش، با جنگل‌گردشی و از بقایای درختان و لاشبرگ موجود در کف جنگل جمع‌آوری شد. برای ایجاد قابلیت مخلوط‌کردن یکنواخت ماده آلی با خاک، مخلوط ماده آلی با دستگاه خردکن آسیاب شد. از آنجاکه در برخی پژوهش‌ها، برای تعیین درصد رطوبت از دو دمای ۶۰ و ۱۰۵ استفاده و مقایسه شده است (Malkawi et al., 1999)، در این تحقیق نیز هر دو دما در نظر گرفته شدند. البته در مورد دمای ۶۰ درجه برای جبران دمای کمتر، زمان خشک‌کردن در آون به جای ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت در نظر گرفته شد. ابتدا روی نمونه خاک معدنی به‌عنوان تیمار شاهد، یک مجموعه آزمایش‌های شناسایی و پایه از قبیل دانه‌بندی، حدود آتربرگ و آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (California Bearing Ratio) انجام شد، سپس خاک با تیمارهای مختلف وزنی ماده آلی (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) (Malkawi et al., 1999) مخلوط و آزمایش‌های ذکر شده دوباره روی نمونه‌های حاوی ماده آلی تکرار شد. برای مقایسه نتایج آزمایش حدود آتربرگ در دو دما در مورد تیمارهای مختلف ماده آلی در خاک، از آزمون  $t$  جفتی استفاده شد.

ماده آلی بر این شاخص گزارش نشده، تصمیم گرفته شد که در این تحقیق علاوه بر مواردی که پیش‌تر در تحقیق‌های دیگر انجام شده است، تغییرات در دو طرف مرز ۱۰ درصد ماده آلی و نیز تأثیر ماده آلی بر نسبت باربری کالیفرنیا نیز بررسی شود.

بنابراین با توجه به مطالب بیان‌شده، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر ماده آلی بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک و تعیین رابطه اندازه ماده آلی و تغییر ویژگی‌های مورد نظر به‌منظور استفاده‌های کاربردی در ساخت جاده‌های جنگلی است.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در حوضه آبخیز ۴۵ جنگل‌های شمال و در ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر در استان مازندران قرار گرفته است. این منطقه در عرض  $36^{\circ}27'$  و  $36^{\circ}40'$  شمالی و طول  $51^{\circ}32'$  و  $51^{\circ}43'$  شرقی واقع شده است که از شمال به جلگه مازندران و از جنوب به روستای کلیک محدود است و از ارتفاع حدود صفر تا ۲۰۵۰ متری از سطح دریا گسترش دارد. این منطقه در تقسیم‌بندی طرح جنگلداری به هشت بخش تفکیک شده که یکی از آنها بخش نم‌خانه (منطقه مورد مطالعه) است. سنگ مادر بخش نم‌خانه آهکی و در بعضی نقاط از طبقه‌های سفت شکاف‌دار و طبقه‌های نرم که به‌طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند پوشیده شده است. مقدار نزولات در این بخش بین ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر است. در این بخش، طبقه شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد با ۴۲/۸ درصد، بیشترین فراوانی و طبقه ۵۰ تا ۶۰ درصد با ۵/۸۵ درصد، کمترین فراوانی را دارد و از نظر جهت جغرافیایی دامنه نیز، بیشترین فراوانی مربوط به جهت غربی با ۴۴/۱۲ درصد و کمترین فراوانی مربوط به جهت شرقی با ۱/۴۵ درصد است.

### روش پژوهش

خاک مورد استفاده در این پژوهش، نمونه‌ای از خاک

## آزمایش‌های فیزیکی

آزمایش دانه‌بندی مطابق با استاندارد ASTM انجام گرفت و نتایج روی نموداری نیمه لگاریتمی که محور x قطر ذرات به میلی‌متر و محور y درصد ریزتر یا عبوری از هر الک می‌باشد، نمایش داده شد. در این پژوهش، همانند دیگر پژوهش‌ها، برای تعیین حد روانی خاک، از دستگاه کازاگراند (Casagrande) استفاده شد (Bowles, 1978; Ohu et al., 2009). حدود روانی و خمیری خاک طبق دستورالعمل ASTM D4318 (ASTM, 1992) در آزمایشگاه تعیین و با استفاده از نتایج این آزمایش‌ها، شاخص خمیری تعیین شد (Rahimi, 2004).

آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)

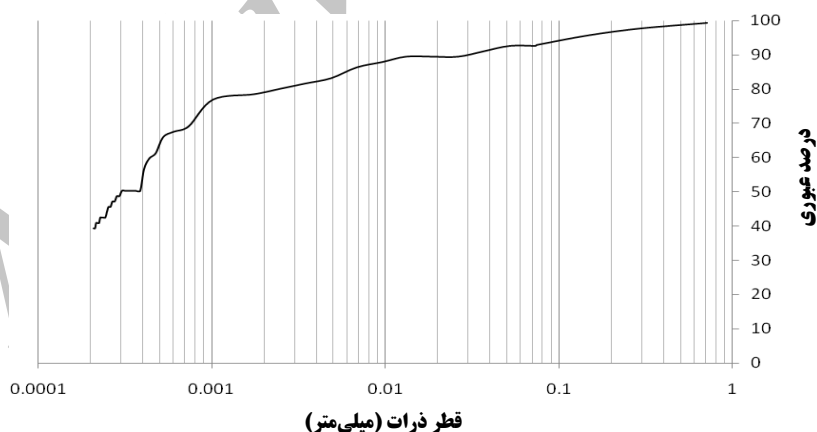
یکی از شاخص‌های متداول برای ارزیابی ضریب منحنی و مقاومت برشی خاک بستر جاده‌ها است (Taskiran, 2010). آزمایش CBR یا نسبت باربری کالیفرنیا برای تعیین ظرفیت باربری خاک‌های زیرپای استفاده می‌شود. ارزش این آزمایش در جاده‌سازی جنگل بسیار زیاد و CBR خاک یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در طرح

ضخامت رویه جاده‌ها است. در این آزمایش، نیروی لازم برای نفوذ یک پیستون با سرعت ثابت در داخل خاک با شرایط استاندارد به اندازه یک‌دهم اینچ، اندازه‌گیری می‌شود (Javid, 1995). عدد CBR برای عمق ۲/۵ میلی‌متر و پنج میلی‌متر محاسبه می‌شود (Aflaki, 2007). چنانچه CBR مربوط به عمق پنج میلی‌متر عدد بزرگ‌تری به دست آید، آزمایش تکرار می‌شود و چنانچه در مرتبه دوم نیز CBR مربوط به عمق پنج میلی‌متر عدد بزرگ‌تری باشد، این عدد را به عنوان CBR خاک در نظر می‌گیرند، در غیراین صورت همان عدد ۲/۵ میلی‌متر به عنوان عدد CBR در نظر گرفته می‌شود.

## نتایج

## دانه‌بندی

نتایج حاصل از آزمایش دانه‌بندی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی نمونه خاک مورد بررسی

از ۹۰ درصد خاک را ذرات ریزدانه (رس و لای) تشکیل می‌دهد. البته قابل ذکر است که در روش یونیفاید رس و لای از نظر اندازه قابل تفکیک نیستند و از نظر رفتار خمیریابی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، خاک در کل ریزدانه بوده و با در نظر گرفتن عدد ۰/۰۷۵ میلی‌متر، به عنوان مرز ریزدانه و درشت‌دانه (سیستم طبقه‌بندی یونیفاید)، بیش

تفکیک می‌شوند. حدود آتربریگ نتایج حاصل از آزمایش‌های حدود آتربریگ در جدول ۱ مشاهده می‌شود. با استفاده از نتایج حاصل از این آزمایش‌ها، شاخص خمیری خاک در تیمارها و دماهای مختلف محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار ماده آلی در خاک، حد خمیری و حد روانی خاک افزایش می‌یابد.

جدول ۱- نتایج مربوط به آزمایش‌های حدود آتربریگ در دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد)

| شخص خمیری | حد روانی | حد خمیری | نمونه                      |
|-----------|----------|----------|----------------------------|
| ۴۱/۵۶     | ۸۵/۴۰    | ۴۳/۸۴    | شاهد در دمای ۶۰ درجه       |
| ۴۵/۲۶     | ۹۰/۴۰    | ۴۵/۱۴    | تیمار ۵٪ در دمای ۶۰ درجه   |
| ۴۳/۵۶     | ۹۷/۷۵    | ۵۴/۱۹    | تیمار ۱۰٪ در دمای ۶۰ درجه  |
| ۴۵/۵۹     | ۱۰۱      | ۵۵/۴۱    | تیمار ۱۵٪ در دمای ۶۰ درجه  |
| ۴۲/۹۵     | ۸۷/۳۳    | ۴۴/۳۸    | شاهد در دمای ۱۰۵ درجه      |
| ۴۶/۷۵     | ۹۳/۰۴    | ۴۶/۲۹    | تیمار ۵٪ در دمای ۱۰۵ درجه  |
| ۴۳/۹۹     | ۹۸/۷۷    | ۵۴/۷۸    | تیمار ۱۰٪ در دمای ۱۰۵ درجه |
| ۴۶/۵۳     | ۱۰۲/۵۵   | ۵۶/۰۲    | تیمار ۱۵٪ در دمای ۱۰۵ درجه |

نتایج حاصل از آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود آتربریگ نشان می‌دهد که خاک منطقه مورد مطالعه مطابق طبقه‌بندی یونیفاید از نوع CH (رس با پلاستیسیته بالا) است. نتایج حاصل در مورد تیمارهای مختلف ماده آلی نشان از معنی‌دار بودن اختلاف، در دو دمای متفاوت با سطح اطمینان ۹۵ درصد است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه حد روانی بین دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ماده آلی (سطح اطمینان ۹۵ درصد)

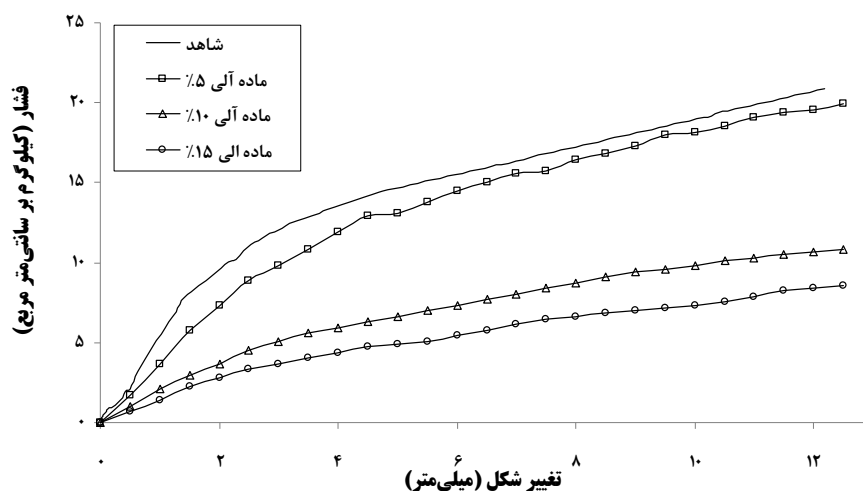
| دما | آماره توصیفی | N     | میانگین | درجه آزادی | معنی‌داری |
|-----|--------------|-------|---------|------------|-----------|
| ۶۰  | ۳۲           | ۹۳/۶۴ | ۳۱      | ***        |           |
| ۱۰۵ | ۳۲           | ۹۵/۲۷ |         |            |           |

\*\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

نسبت باربری کالیفرنیا

نتایج حاصل از آزمایش CBR در شکل ۲ و جدول ۳

نمایش داده شده است.



شکل ۲- منحنی‌های فشار- تغییر شکل در تیمارهای مختلف

افزایش ماده آلی، قابلیت جذب آب در خاک افزایش می‌یابد و به دنبال آن حدود آتربرگ در خاک افزایش می‌یابد (Malkawi et al., 1999). از طرفی افزایش حدود آتربرگ به معنی سخت‌تر شدن قابلیت کار کردن و استفاده از خاک به عنوان مصالح مهندسی است (Rahimi, 2004).

نتایج حاصل از مقدار رطوبت حدود آتربرگ در دو تیمار دمایی ۶۰ و ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون نشان می‌دهد که با افزایش دما، حدود آتربرگ افزایش یافته و تأثیر این دو دما بر نتایج معنی‌دار است ( $P < 0.000$ ). حتی با دو برابر کردن زمان ماندن نمونه‌ها در آون (در دمای ۶۰ درجه) نیز تفاوت دو دما در تعیین رطوبت مشهود است. توجیه این مسئله می‌تواند به جاذبه قوی ذرات رس نسبت به آب مربوط شود. در نتیجه، دمای ۶۰ درجه توان تبخیر تمام آب هیگروسکوبی را نداشته (Alizadeh, 2004) و به همین دلیل مقدار رطوبت در دمای ۱۰۵ درجه بیشتر گزارش شده است که با نتایج Malkawi و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد. این پژوهشگران اشاره کرده‌اند که دمای ۱۰۵ درجه در حدی نیست که بتواند تأثیر منفی بر ماده آلی موجود در خاک داشته باشد و مقدار رطوبت را بهتر از دمای ۶۰ درجه تعیین می‌کند. نتایج پژوهش‌ها در زمینه تأثیر ماده آلی بر

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار ماده آلی، نیروی لازم برای نفوذ استاندارد کاهش می‌یابد. داده‌های جدول ۳ نیز نمایان‌گر کاهش مقدار CBR با افزایش ماده آلی است.

جدول ۳- نتایج مربوط به آزمایش CBR

| تیمار                 | شاهد  | ۵٪    | ۱۰٪  | ۱۵٪  |
|-----------------------|-------|-------|------|------|
| نفوذ (میلی‌متر)       | ۲/۵۴  | ۲/۵۴  | ۲/۵۴ | ۲/۵۴ |
| نسبت باربری کالیفرنیا | ۱۵/۷۹ | ۱۲/۷۴ | ۶/۴۹ | ۴/۷۵ |

## بحث

امروزه مشخص شده است که رفتارهای مهندسی خاک ارتباط زیادی با ساختار و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک دارد (Malkawi et al., 1999). نتایج حاصل از آزمایش حدود آتربرگ در این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش مقدار ماده آلی در خاک، حد خمیری و حد روانی خاک افزایش می‌یابد. در این مورد Malkawi و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که با افزایش ماده آلی، حدود روانی و خمیری، افزایش می‌یابد که نتایج این پژوهش نیز مطابق با نتایج آنها است. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که با

نکته مهم اینکه علاوه بر تأثیرات منفی که در این بررسی ذکر شد، ماده آلی با گذشت زمان می‌تواند سبب نشست و ناپایداری خاک نیز شود. بنابراین برای حفظ سرمایه اولیه و عملکردی بودن جاده، تأثیر منفی ماده آلی باید از اولین مراحل ساخت جاده در نظر گرفته شده و راهکارهایی برای حذف آن استفاده شود.

## References

- Aflaki, E. 2007. Soil Mechanics Laboratory Manual. Elm-o- Sanaat University Press, 208p (In Persian).
- Alizadeh, A. 2004. Soil water-plant relationship. Foroozesh Publications, 472p (In Persian).
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992. Natural Building Stones; Soil and Rock; Geotextiles. In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 951p.
- Bowles, J.E. 1978. Engineering Properties of Soils and Their Measurements. McGraw Hill book Company, 213p.
- Carter, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agronomy Journal, 94: 38-47.
- Clayton, J.L. and Jensen, C.E. 1973. Water retention of granitic soils in the Idaho Batholith. USDA Forest Service, Research Paper, INT- 143, 20p.
- Durgin, P.B. 1980. Organic matter content of soil after logging of Fir and Redwood forests. Forest Service, United States Department of Agriculture, Research Note, 4p.
- Ekwue, E.I. 1990. Organic-matter effects on soil strength properties. Soil & Tillage Research, 16(3): 289-297.
- FAO, 2001. Environmentally sound road construction in mountainous terrain, applying advanced operating methods and tools (FAO forest harvesting case study 10). Food and Agriculture Organization of the United Nations, 54p.
- Greenland, D.J., Rimmer, D. and Payne, D. 1975. Determination of the structural stability class of English and Welsh soils, using a water coherence test. Journal of Soil Science, 26(3): 294-303.
- Jamshidy Koohsari, A., Majnounian, B., Zahedi Amiri, G. and Hoseini, S.A. 2009. Forest soil classification to reduce costs of mechanical capability study for roadway and transportation (Case study: Agh- Mashhad Forest). Journal of the Iranian Natural Resources, 61(4): 877-888 (In Persian).
- Javid, M. 1995. Soil Mechanic Laboratory. Tehran University Jihad Press, 196p (In Persian).
- Low, A.J. 1954. The study of soil structure in the field and the laboratory. Journal of Soil Science, 5(1): 57-74.

پایداری و مقاومت خاک در دنیا نشان می‌دهد که ماده آلی سبب کاهش پایداری و مقاومت خاک می‌شود و دلیل این امر این است که هم وزن مخصوص و هم مقاومت کمتر نسبت به ذرات خاک دارد (Low, 1954; Williams & Cooke, 1961; Greenland *et al.*, 1975; Ohu *et al.*, 2009; Ekwue, 1990; Carter, 2002; Mitchell & Soga, 2005). در پژوهش‌های پیشین، برای بیان مقاومت خاک از روش برش مستقیم استفاده شده (Soga, 2005; Ohu *et al.*, 2009) و تاکنون تأثیر ماده آلی بر اندازه CBR گزارش نشده است که با توجه به اهمیت این شاخص در جاده‌سازی و طرح روسازی، در این تحقیق از این شاخص استفاده شد. با توجه به نتایج این پژوهش، نسبت باربری خاک‌های جنگلی با افزایش ماده آلی کاهش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند به دلیل خاصیت پراکنده‌سازی ماده آلی، وزن مخصوص سبک‌تر آن نسبت به خاک، افزایش حدود آتربرگ و پوک‌کردن بافت خاک باشد. اگرچه موارد ذکر شده در بحث زیستی عامل‌های مفیدی تلقی می‌شوند، اما همگی از نظر فنی مواردی منفی و در راستای کاهش مقاومت هستند. نکته مهم دیگر اینکه ۱۵ درصد ماده آلی سبب کاهش عدد CBR از ۱۵ به حدود چهار شده است و از آنجاکه عدد CBR سه، مرزی خطرناک در قدرت باربری خاک است و حتی پیشنهاد شده در برخورد با آن مسیر جاده عوض شود، می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر حدود ۱۵ درصد و بیشتر ماده آلی در این نوع خاک، سبب غیرعملی شدن استفاده مهندسی از خاک به‌عنوان مصالح خواهد شد و می‌تواند تبعات خطرناکی به‌همراه داشته باشد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که با افزایش درصد ماده آلی به بیش از ۱۰ درصد، باز هم تأثیر منفی بر اندازه حدود آتربرگ و نسبت باربری کالیفرنیا ادامه می‌یابد و مقدار ۱۰ درصد ماده آلی مرزی برای تغییر رفتار ماده آلی، حداقل در خاک موردبررسی (CH) نبود که این نتیجه در تضاد با نتایج Malkawi و همکاران (۱۹۹۹) است. با توجه به نتایج این پژوهش، ضرورت حذف ماده آلی از مصالح جاده جنگلی و جلوگیری از مخلوط‌شدن آن با خاک به‌خوبی نمایان است.

- physical, strength, and volume change properties of compost amended expansive clay. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 133(11): 1449-1461.
- Queen, L.A., Vlaming, J.C., Arthaud, G.J. and Lime, D.W. 1997. Modeling impact of forest roads on recreation opportunities. *Northern Journal of Applied Forestry*, 14(4): 194-201.
  - Rahimi, H. 2004. *Soil mechanics*. Danesh-o-Fan Publication, 622p (In Persian).
  - Seyedbagheri, K.A. 1996. Idaho forestry best management practices: compilation of research on their effectiveness. Forest Service, General Technical Report INT-GTR-339, 87p.
  - Smith, D.M. 1986. *The Practice of Silviculture*. John Wiley and Sons, 527p.
  - Taskiran, T. 2010. Prediction of California Bearing Ratio (CBR) of fine grained soils by AI methods. *Advances in Engineering Software*, 41(6): 886-892.
  - Williams, R.J.B. and Cooke, G.W. 1961. Some effects of farmyard manure and of grass residues on soil structure. *Journal of Soil Science*, 92: 30-39.
  - Wischmeier, W.H. and Mannering, J.V. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Science Society of America*, 33: 131-137.
  - Yee, C.S. and Harr, R.D. 1977. Influence of soil aggregation on slope stability in the Oregon Coast Ranges. *Environmental Geology*, 1(6): 367- 377.
  - Lugo, A.E. and Gucinski, H. 2000. Function, effects and management of forest roads. *Forest Ecology and Management*, 133: 249-262.
  - Majnounian, B., Jamshidy Koohsari, A., Zahedi Amiri, G. and Hoseini, S.A. 2008. Forest road soil mechanic properties in construction for practical in uses. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 61(1): 123-132 (In Persian).
  - Malkawi, A.I.H., Alawneh, A.S. and Abu-Safaqah, O.T. 1999. Effects of organic matter on the physical and the physicochemical properties of an illitic soil. *Applied Clay Science*, 14(5-6): 257-278.
  - McCalla, T.M. 1942. Influence of biological products on soil structure and infiltration. *Soil Science Society of America*, 7: 209-214.
  - Mitchell, J.K. and Soga, K. 2005. *Fundamentals of soil behavior*. John Wiley and Sons, 577p.
  - Najafi, A., Torabi, M., Nowbakht, A.A., Moafi, M., Eslami, A. and Sotoudeh Foumani, B., 2012. Effect of forest roads on adjacent tree regeneration in a mountainous forest. *Annals of Biological Research*, 3(4): 1700-1703.
  - Ohu, J.O., Mamman, E. and Mustapha, A.A. 2009. Impact of organic material incorporation with soil in relation to their shear strength and water properties. *International Agrophysics*, 23(2): 155-162.
  - Puppala, A.J., Pokala, S.P., Intharasombat, N. and Williammee, R. 2007. Effect of organic matter on

Archive



## Effect of organic matter on soil properties of forest roads

Sh. Babapour<sup>1</sup>, E. Abdi<sup>2\*</sup>, B. Majnounian<sup>3</sup> and Gh. Zahedi<sup>4</sup>

1- M.Sc. Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2\* - Corresponding author, Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: abdie@ut.ac.ir

3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: 01.15.2013

Accepted: 10.30.2013

### Abstract

Knowledge on physical and mechanical properties of soil is necessary for forest road construction and in turn for optimal forest management. Avoiding a mixture of organic matter with soil is considered as being principal in constructing forest roads which is, however, often neglected. Therefore, quantifying the consequences of such mixture can help optimizing the high economic and environmental costs associated with road constructions. The aim of this study was to assess if and how the level of organic matter affects the physical and mechanical properties of soil on forest roads. To this aim, soil samples were collected by profile excavation. Organic matter was collected from residual and litter layer of forest floor. Different mixtures of organic matter with soil were tested (0%, 5%, 10% and 15% of weight), followed by *Atterberg* limits and CBR tests conducted on the samples. Results showed that increasing organic matter content would increase plastic and liquid limits, which in turn increases the CBR values. Results also showed a significant negative effect of organic matter on soil engineering properties. Therefore, it necessitates a separation between the organic matter and soil during forest road construction.

**Keywords:** *Atterberg* limits, CBR, forest road construction, soil properties.