فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۱، صفحه ۷۳-۶۵، (۱۳۹۳)

# تأثیر ماده آلی بر ویژگی‌های خاک جاده‌های جنگلی

**شجاعت باباپور[۱]، احسان عبدی[۲*]، باریس مجنونیان[۳]، قوام‌الدین زاهدی[۴]**

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 ماده‌آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک و تعیین رابطه مقدار ماده‌آلی 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 ماده‌آلی 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 ماده‌آلی، حدود روانی و خمیری افزایش و CBR کاهش پیدا می‌کند که بیان‌گر رابطه منفی مقدار ماده‌آلی و نسبت باربری (ترافیک‌پذیری) خاک است. نتایج این پژوهش به‌خوبی تأثیر منفی ماده‌آلی بر ویژگی‌های فنی خاک و درنتیجه 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 پویا 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 حیات‌وحش، 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

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 به‌دلیل ساخت ترانشه روی مواد آلی رخ می‌دهد (Seyedbagheri, 1996).

ماده‌آلی 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). ماده‌آلی تأثیر زیادی بر تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک دارد، ازجمله بر قابلیت فرسایش‌پذیری (Durgin, 1969: Wischmeier & Mannering, 1980)، نفوذپذیری (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. به‌دلیل پیچیدگی‌ها و غیرقابل کنترل‌بودن 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. درصورتی‌که 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 پایین‌دست جاده (به‌عنوان نوار فیلتر) انباشته کرد، به‌طوری‌که در زمان عملیات خاکبرداری با خاک بستر و خاکریز جاده مخلوط نشود. البته گاهی به‌دلیل محدودیت مانور ماشین مورداستفاده در ساخت (بولدوزر) و یا عدم توجه راننده، این نکته به‌خوبی رعایت و اجرا نمی‌شود (FAO, 2001). تاکنون پژوهش‌های محدود و انگشت‌شماری در زمینه تأثیر ماده‌آلی 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 ماده‌آلی تیمار و خواص فیزیکی آن با انجام آزمایش حدود آتربرگ، بررسی شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در مقدار کم ماده‌آلی (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 ماده‌آلی (تا ۱۰ درصد)، نمایه خمیری ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند. Ohu و همکاران (۲۰۰۹) و Mitchell و Soga (۲۰۰۵) به بررسی اثر ترکیب‌های مختلف مواد آلی بر مقاومت برشی خاک پرداخته و نشان دادند که با افزایش ماده‌آلی، مقاومت برشی به‌طور 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 ماده‌آلی 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 ماده‌آلی 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 ماده‌آلی 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

ماده‌آلی 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 ماده‌آلی و نیز تأثیر ماده‌آلی بر نسبت باربری کالیفرنیا نیز بررسی شود.

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

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه موردمطالعه

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 ´۲۷°۳۶ و ´۴۰°۳۶ شمالی و طول ´۳۲°۵۱ و ´۴۳°۵۱ 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 موردمطالعه) 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 مورداستفاده در این پژوهش، نمونه‌ای از خاک 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 ماده‌آلی 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 تیمارشده با درصدهای مختلف ماده‌آلی که برای آزمایش‌ها استفاده شد. ماده‌آلی موردنیاز برای انجام آزمایش، با جنگل‌گردشی و از بقایای درختان و لاشبرگ موجود در کف جنگل جمع‌آوری شد. برای ایجاد قابلیت مخلوط‌کردن یکنواخت ماده‌آلی با خاک، مخلوط ماده‌آلی 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 درنظر 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 ذکرشده دوباره روی نمونه‌های حاوی ماده‌آلی تکرار شد. برای مقایسه نتایج آزمایش حدود آتربرگ در دو دما در مورد تیمارهای مختلف ماده‌آلی در خاک، از آزمون t جفتی استفاده شد.

**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 کازاگرانده (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)**

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 زیرپی 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 به‌اندازه 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 به‌دست آید، آزمایش تکرار می‌شود و چنان‌چه در مرتبه دوم نیز CBR مربوط به عمق پنج میلی‌متر عدد بزرگتری باشد، این عدد را به‌عنوان CBR خاک در نظر می‌گیرند، در غیراین‌صورت همان عدد ۲/۵ میلی‌متر به‌عنوان 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 موردبررسی**

همان‌طورکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود، خاک در کل ریزدانه بوده و با درنظرگرفتن عدد ۰/۰۷۵ میلی‌متر، به‌عنوان مرز ریزدانه و درشت‌دانه (سیستم طبقه‌بندی یونیفاید)، بیش از ۹۰ درصد خاک را ذرات ریزدانه (رس و لای) تشکیل می‌دهد. البته قابل‌ذکر است که در روش یونیفاید رس و لای ازنظر اندازه قابل‌تفکیک نیستند و ازنظر رفتار خمیرایی

تفکیک می‌شوند.

**حدود آتربرگ**

نتایج حاصل از آزمایش‌های حدود آتربرگ 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 ماده‌آلی در خاک، حد خمیری و حد روانی خاک افزایش می‌یابد.

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

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

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

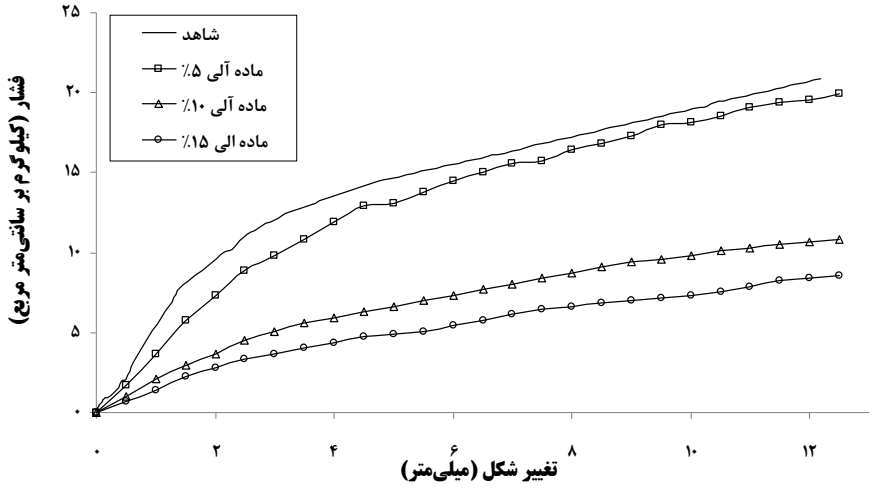
**جدول ۲- مقایسه حد روانی بین دماهای مختلف (درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف ماده آلی (سطح اطمینان ۹۵ درصد)**

| آماره توصیفی / دما | N | میانگین | درجه آزادی | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|
| ۶۰ | ۳۲ | ۹۳/۶۴ | ۳۱ | ۰/۰۰** |
| 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- تغییرشکل در تیمارهای مختلف**

همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار ماده‌آلی، نیروی لازم برای نفوذ استاندارد کاهش می‌یابد. داده‌های جدول ۳ نیز نمایان‌گر کاهش مقدار CBR با افزایش ماده‌آلی 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 ماده‌آلی در خاک، حد خمیری و حد روانی خاک افزایش می‌یابد. در این مورد Malkawi و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که با افزایش ماده‌آلی، حدود روانی و خمیری، افزایش می‌یابد که نتایج این پژوهش نیز مطابق با نتایج آنها است. این امر می‌تواند به‌این دلیل باشد که با افزایش ماده‌آلی، قابلیت جذب آب در خاک افزایش می‌یابد و به‌دنبال آن حدود آتربرگ در خاک افزایش می‌یابد (Malkawi *et al.*, 1999). از طرفی افزایش حدود آتربرگ به‌معنی سخت‌تر شدن قابلیت کار کردن و استفاده از خاک به‌عنوان 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. درنتیجه، دمای ۶۰ درجه توان تبخیر تمام آب هیگروسکوپی را نداشته (Alizadeh, 2004) و به‌همین 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 ماده‌آلی موجود در خاک داشته باشد و مقدار رطوبت را بهتر از دمای ۶۰ درجه تعیین می‌کند. نتایج پژوهش‌ها در زمینه‌ی تأثیر ماده‌آلی بر

پایداری و مقاومت خاک در دنیا نشان می‌دهد که ماده‌آلی 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 ماده‌آلی 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 ماده‌آلی کاهش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند به‌دلیل خاصیت پراکنده‌سازی ماده‌آلی، وزن مخصوص سبک‌تر آن نسبت به خاک، افزایش حدود آتربرگ و پوک‌کردن بافت خاک باشد. اگرچه موارد ذکرشده 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 ماده‌آلی سبب کاهش عدد CBR از ۱۵ به حدود چهار شده است و از آنجاکه عدد CBR سه، مرزی خطرناک در قدرت باربری خاک است وحتی پیشنهاد شده در برخورد با آن مسیر جاده عوض شود، می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر حدود ۱۵ درصد و بیشتر ماده‌آلی در این نوع خاک، سبب غیرعملی‌شدن استفاده مهندسی از خاک به‌عنوان مصالح خواهد شد و می‌تواند تبعات خطرناکی به‌همراه داشته باشد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که با افزایش درصد ماده‌آلی به بیش از ۱۰ درصد، باز هم تأثیر منفی بر اندازه حدود آتربرگ و نسبت باربری کالیفرنیا ادامه می‌یابد و مقدار ۱۰ درصد ماده‌آلی مرزی برای تغییر رفتار ماده‌آلی، 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 ماده‌آلی از مصالح جاده جنگلی و جلوگیری از مخلوط‌شدن آن با خاک به‌خوبی نمایان است.

نکته مهم اینکه علاوه بر تأثیرات منفی که در این بررسی ذکر شد، ماده‌آلی با گذشت زمان می‌تواند سبب نشست و ناپایداری خاک نیز شود. بنابراین برای حفظ سرمایه اولیه و عملکردی بودن جاده، تأثیر منفی ماده‌آلی باید از اولین مراحل ساخت جاده درنظر 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.

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

# Effect of organic matter on soil properties of forest roads

**Sh. Babapour [1], E. Abdi [2*], B. Majnounian [3] and Gh. Zahedi [4]**

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.