

اثر گونه های افرایلت، اقاچیا، صنوبر آمریکایی و زربین بر برخی ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک در جنگلکاری شرق هراز

علیرضا علی عرب، سیدمحسن حسینی و سیدغلامعلی جلالی^{۱*}

چکیده

با آزمایش ۱۳ ویژگی (رنگ، بافت، ضخامت، pH، EC، رطوبت اشباع، املاح محلول، کربن، مواد آلی، نیتروژن کل، نسبت کربن به نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب) در ۴ لایه از خاک (افق های O، A، B و ۳۰ سانتی متر اول) تیپ های خالص ۱۶ ساله افرایلت، اقاچیا، صنوبر آمریکایی، زربین و قطعه بدون درخت مجاور آنها، اثر این گونه ها بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک، بررسی گردید و مشخص شد که گونه های درختی، بویژه اقاچیا، تغییرات مطلوب زیادی در خواص فیزیکوشیمیایی خاک داده اند. به طور کلی تمامی گونه ها کربن، مواد آلی و پتاسیم قابل جذب سی سانتیمتر اول و پتاسیم قابل جذب دو افق A و B را افزایش و پتاسیم قابل جذب افق O و رطوبت اشباع افق A را کاهش داده اند اما هیچکدام از آنها بر بافت و اسیدیته خاک تأثیر نداشته اند. گونه های پهن برگ ضخامت افق O خاک را افزوده اند. اقاچیا کربن، مواد آلی و نیتروژن کل افق O و نیتروژن کل سی سانتیمتر اول خاک را افزایش داده اما باعث کاهش فسفر قابل جذب و نسبت کربن به نیتروژن افق O گردیده است. صنوبر و افرایلت، فسفر قابل جذب افق A خاک را افزوده اند و زربین نیز باعث افزایش املاح محلول افق O گردیده است. با توجه به نتایج آنالیز خوشه ای اطلاعات کمی مورد مطالعه، در افق A و سی سانتیمتر اول خاک، بیشترین شباهت بین اثر پهن برگان (افرایلت، صنوبر و اقاچیا) و در افق های O و B، بیشترین شباهت بین اثر صنوبر و اقاچیا بوده است لذا بر این اساس می توان توصیه نمود در مناطق مشابه در جنگلکاریهای وسیع از پهن برگان بویژه اقاچیا و صنوبر استفاده شده و کاشت زربین به لحاظ اثر اندکی که بر بهبود وضعیت خاک منطقه نسبت به پهن برگان دارد به احداث کمربندهای سبز محدود شود.

واژه های کلیدی: افرایلت، اقاچیا، صنوبر آمریکایی، زربین، ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک.

مقدمه

البته خاک شناسی جنگل در دنیا سابقه ای طولانی داشته و تا کنون دانشمندان زیادی در زمینه اثر گونه های درختی بر خاک تحقیق نموده اند. به عنوان مثال در قاره اروپا تا سال ۲۰۰۲ تعداد ۲۰۵ تحقیق در زمینه بررسی اثر مهم ترین گونه های درختی بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک انجام شده است که Augusto و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه خود با جمع بندی کلی آنها به این نتیجه رسیدند که نوع و ترکیب گونه های موجود در آشکوب فوقانی جنگل با توجه به نوع سنگ مادری، اقلیم و مدیریت جنگل می تواند اثرات متفاوتی بر ویژگیهای خاک منطقه داشته باشد. نوع گونه بر نرخ معدنی شدن مواد آلی و فرآیند نیتریفیکاسیون اثر داشته و گونه های سوزنی برگ با تغییراتی که در ورود و خروج یونهای کلسیم و منیزیم

در کشور ایران که برغم دارا بودن اکوسیستمی خشک و شکننده (مجد طاهری و جلیلی، ۱۳۷۵) سرعت تخریب جنگل بیش از احیا و توسعه آن است (World Bank، ۲۰۰۰)، با توجه به مزایای زیاد جنگلها باید سعی شود این منابع با اجرای مدیریتی اصولی هر چه بهتر حفظ و توسعه یابند. شناخت ویژگیهای خاک یکی از پایه های مدیریت اصولی جنگل است که بسیاری از گزینه های جنگل شناسی از جمله انتخاب گونه، تعیین حاصلخیزی رویشگاه، نرخ رویش توده و میزان سطح ذخیره گاه لازم در جنگل، پیش بینی درصد زنده مانی و رشد نهال ها تحت تأثیر آن قرار می گیرند (Daniel و همکاران، ۱۹۷۹). لذا باید به منظور کمک به حفظ و توسعه جنگلها، اطلاعات موجود در رابطه با تأثیر گونه

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه تربیت مدرس، استادیار گروه جنگلداری دانشگاه تربیت مدرس

*- وصول: ۸۲/۱۲/۱۶ و تصویب: ۸۳/۱۰/۲۴

های جنگلی بر این ویژگیها مشخص گردد.

اما این اثر بندرت باعث به قهقرا رفتن اکوسیستم شده است.

Fisher (۱۹۹۵) اثر یازده گونه درختی را در کشور کاستاریکا بررسی نمود و به این نتیجه رسید که اکثر گونه ها غلظت کاتیونهای اصلی خاک را افزوده اند اما فقط سه گونه کربن آلی خاک را بالا برده اند. در هند، Mathew و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که خاک تحت گونه های *Acacia equisetifolia* و *Facataria paraseriatha* بالاترین میزان کربن و مواد آلی و نیتروژن کل را داشته است و گونه *Emblica officinalis* باعث اسیدی شدن خاک می شود. در بلژیک، Neiryck و همکاران (۲۰۰۰) پس از بررسی اثر ۵ گونه درختی بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک گزارش کردند که نسبت کربن به نیتروژن در سطح الارض خاک افرا کمتر از سایرین بوده است و گونه های نمدار (*Tilia platyphyllos*) و (*Fraxinus excelsor*) و افرا (*Acer psedoplatanus*) که هوموس تولید می کنند، عموماً pH بالاتری نسبت به گونه های بلوط قرمز (*Quercus robur*) و راش (*Fagus sylvatica*) داشته اند. در ایرن نیز، مجد طاهری و جلیلی (۱۳۷۵) اثر افاقیا (*Robinia pseudacacia*) و کاج (*Pinus eldarica*) را بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی خاک بررسی نمودند و گزارش کردند که افاقیا بیشتر از کاج در افزایش ضخامت خاک روئین موثر بوده است اما نتوانسته است تغییری در میزان نیتروژن کل ایجاد نماید. از سوی دیگر کاج فسفر قابل جذب و خاصیت اسیدی خاک را افزایش داده است.

تحقیق حاضر نیز به منظور شناسایی اثرات دراز مدت جنگلکاریهای مختلف بر خاک، سعی دارد اثر ۴ گونه درختی که کاربرد زیادی در جنگلکاری مناطق مختلف شمال کشور داشته اند را بر برخی ویژگی فیزیکوشیمیایی خاک، بررسی نموده و در نهایت گونه های مورد مطالعه را بر این اساس طبقه بندی نماید.

مواد و روشها

مشخصات منطقه و توده ها

منطقه مورد مطالعه در زمینی تقریباً مسطح با وسعت ۱۰ هکتار، در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب شهرستان آمل، در طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۲۲°، ۵۲° شرقی و ۱۷'، ۳۶° شمالی و ارتفاع ۳۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. خاک این منطقه به لحاظ قرارگرفتن در مجاورت رودخانه هراز پوشیده از رسوبات آبرفتی است و سنگ مادر آن از نوع رسوبات آبرفتی آهکی متعلق به دوران کواترن می باشد که قسمتی از ترانس آبرفتی رودخانه هراز را تشکیل

بوجود می آورند باعث اسیدی شدن خاک می شوند. می دهد. متوسط دمای روزانه این منطقه ۱۴ درجه سانتیگراد، متوسط مجموع بارندگی سالیانه آن ۸۹۵ میلیمتر و رطوبت نسبی آن نیز ۵۰ تا ۸۰ درصد می باشد. توده های موجود در این منطقه در اسفند ماه سال ۱۳۶۶ به صورت لکه های آمیخته و خالص از نهال های یکساله گونه های افراپلت (*Acer velotinum* Boiss)، صنوبر آمریکایی (*Populus deltoides* Marsh.)، افاقیا (*Robinia pseudacacia* L.) و زربین (*horizontalis* (Mill) Gord) در فواصل منظم ۲ × ۲ متر جنگلکاری شده اند.

روش نمونه برداری و آزمایش نمونه ها

پس از مشخص نمودن وضعیت توده ها و برداشت کروکی تپ های جنگلکاری، توده های خالص از گونه های مورد

مطالعه و قطعه های بدون درخت مجاور آنها شناسایی گردیده و در نهایت به منظور یکسان نمودن شرایط آزمایش و کم کردن عوامل مخدوشگر آزمایش، با در نظر گرفتن فاصله مناسب از جاده و رودخانه، بهترین توده ها برای نمونه برداری خاک انتخاب و در درون هر کدام از آنها به صورت تصادفی در ۳ یا ۴ نقطه (تکرار) به حفر پروفیل و تفکیک افق های خاک شناسی بر اساس طبقه بندی آمریکایی (غازان شاهی، ۱۳۷۶)، اقدام گردید و پس از ثبت اطلاعات مربوط به ضخامت و رنگ بر اساس دفترچه مانسل خاک، از هر لایه نمونه ای به وزن حدود ۵۰۰ گرم برداشت شد.

در آزمایشگاه، پس از آماده سازی نمونه ها (خشک نمودن در مجاورت هوای آزاد، ازبین بردن ساختمان و گذراندن از الک دو میلیمتری) اقدام به تعیین بافت با روش هیدرومتری بایکاس (زرین کفش، ۱۳۷۲)، اسیدیته با استفاده از مخلوط ۱ : ۲/۵ خاک و آب مقطر، هدایت الکتریکی با استفاده از مخلوط ۱ : ۵ خاک و آب مقطر، درصد رطوبت گل اشباع (زرین کفش، ۱۳۷۲)، اصلاح محلول (زرین کفش، ۱۳۷۲)، کربن با روش واکلی بلک (زرین کفش، ۱۳۷۲)، ماده آلی، نیتروژن کل با روش کجلدال (زرین کفش، ۱۳۷۲)، فسفر با روش السن (غازان شاهی، ۱۳۷۸) و پتاسیم قابل جذب با روش جذب اتمی (ادریسی و همکاران، ۱۳۷۴) خاک های مورد مطالعه گردید.

روش تجزیه و تحلیل داده ها

برای تجزیه و تحلیل داده های کمی پس از آزمون نرمالیتی Kolmogorov-Smirnov و در صورت لزوم نرمال کردن داده ها با روش لگاریتمی، از تجزیه

۳- اثر گونه ها بر ضخامت لایه های خاک

ضخامت افق های O, B و کل خاک، تحت جنگلکاری های مورد مطالعه و منطقه شاهد، تفاوت معنی داری داشته اند (جدول شماره ۱) به طوری که ضخامت افق O خاک تحت کاشت گونه های پهن برگ (افرا پلت، اقاچیا و صنوبر آمریکایی، به ترتیب با مقادیر ۴/۸، ۳/۵ و ۴/۳ سانتیمتر) در مقایسه با این مقدار در خاک منطقه شاهد (۰/۶ سانتیمتر) افزایش یافته، اما جنگلکاری با گونه زربین (با مقدار ۱/۲ سانتیمتر) نتوانسته است افزایش معنی داری را در ضخامت این لایه از خاک ایجاد نماید (جدول شماره ۲). این امر می تواند به خزان کننده بودن و تجزیه سریع تر لاشبرگ گونه های پهن برگ (Johnson و Cross، ۲۰۰۲) و از طرفی همیشه سبز بودن و تجزیه کند تر لاشبرگ زربین مربوط باشد.

ضخامت افق O خاک که منبع اصلی تأمین عناصر غذایی درختان بوده و در نتیجه نقش زیادی در بالا رفتن حاصلخیزی خاک دارد (مجد طاهری و جلیلی، ۱۳۷۵)، تحت تأثیر پهن برگان شرایط مناسب تری را ایجاد نموده است (جدول شماره ۲). ضخامت افق B و کل خاک قطعه آزمایش نیز فقط تحت جنگلکاری صنوبر، با بقیه قطعات تفاوت داشته است (جدول شماره ۲). بالاتر بودن ضخامت لایه های اخیر در جنگلکاری صنوبر را می توان به سریع رشد بودن این گونه (ثابتی، ۱۳۷۳) و نیز مقاومت بالای ریشه های آن در برخورد با سنگریزه و تکه سنگ ها (زرین کفش، ۱۳۸۰) نسبت داد.

۴- اثر گونه ها بر اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک

خاکهای مورد مطالعه همگی خنثی و کمی قلیایی بوده (زرین کفش، ۱۳۸۰) و برغم وجود برخی تفاوت های ظاهری، گونه های مورد مطالعه تأثیر معنی داری بر اسیدیته خاک نداشته اند. البته با توجه به کم بودن سن جنگلکاری ها و خاصیت بافری خاک، این پدیده چندان دور از انتظار نیست و نتایج تحقیق مجد طاهری و جلیلی (۱۳۷۵) نیز تأیید کننده این مطلب است. به لحاظ اثر زیادی که اسیدیته خاک به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر میزان دسترسی گیاهان به عناصر غذایی دارد (Armour و همکاران، ۲۰۰۴) دانشمندان زیادی در مورد اثر گونه های درختی بر اسیدیته خاک تحقیق نموده اند که یافته های آنها بر اساس سن درختان و شرایط منطقه مورد مطالعه آنها متفاوت بوده است (Agusto و همکاران، ۲۰۰۲). به عنوان مثال Tu و Yao (۱۹۸۴) گزارش کردند که درختان خانواده بقولات باعث کم شدن و سوزنی برگان باعث افزایش اسیدیته خاک می شوند. همچنین Norden (۱۹۹۱) گزارش کرد که گونه افرا (*Acer platanoides*),

واریانس یکطرفه استفاده گردید و در مواردی که اثر جنگلکاری بر ویژگی مورد بررسی معنی دار تشخیص داده شد ($\alpha < 0/05$), با توجه نتیجه آزمون همگنی واریانس داده ها (Levene) از آزمون های مقایسه چند گانه Duncan و Games Howell برای تفکیک اثر جنگلکاری ها بر میانگین ویژگی مورد نظر، استفاده گردید (کینر، ۱۳۸۰) و به منظور تجزیه و تحلیل داده های کیفی از آزمون مربع کای استفاده گردید ($\alpha = 0/05$). برای دسته بندی اثر گونه ها بر ویژگی های فیزیکی شیمیایی لایه های خاک نیز پس از استاندارد کردن اطلاعات کمی بدست آمده، از تجزیه و تحلیل خوشه ای با روش Ward استفاده شد (جانسون و دین، ۱۳۷۹).

نتایج و بحث

۱- اثر گونه ها بر بافت خاک

بافت خاک منطقه مورد مطالعه از نوع رس لومی و سیلت رسی لومی بوده و گونه های مورد مطالعه با منطقه شاهد تفاوت معنی داری نداشته اند (جدول شماره ۲). با توجه به اینکه بافت خاک اثر زیادی بر رژیم های رطوبتی و حرارتی، هوا رسانی، شیمی خاک و یکنواختی ذخیره مواد آلی موجود در خاک دارد (Fisher و Binkley، ۲۰۰۰) و در نتیجه تفاوت بافت می تواند به عنوان یک عامل مخدوشگر در آزمایش عمل نماید، لذا عدم وجود تفاوت معنی دار در بافت خاک می تواند تا حدود زیادی نشان دهنده وابسته بودن تفاوت های بوجود آمده در سایر ویژگی های مورد بررسی به نوع جنگلکاری باشد. این نتیجه در تحقیق صورت گرفته توسط مجد طاهری و جلیلی (۱۳۷۵) و Muys و Lust (۱۹۹۳) نیز مشاهده گردیده است که ناشی از کنترل شرایط نمونه گیری بوده و صحت نتایج حاصل را نشان می دهد.

۲- اثر گونه ها بر رنگ خاک

با توجه به اینکه سطح منطقه مورد مطالعه کوچک و سنگ مادر منطقه نیز یکسان است، تغییرات بوجود آمده در رنگ خاک را می توان به اثر گونه های کاشته شده بر مقدار و ترکیب هوموس و نیز فعالیت میکروارگانیسم ها و ریشه درختان در خاک نسبت داد. نتایج این تحقیق نشان دادند که هیچیک از گونه های کاشته شده، بجز صنوبر نتوانسته اند در مقایسه با منطقه شاهد، تغییر معنی داری را در رنگ خاک ایجاد نمایند (جدول شماره ۲). تغییرات بوجود آمده در رنگ خاک تحت گونه صنوبر نیز احتمالاً به سریع رشدتر بودن این گونه نسبت به سایرین (ثابتی، ۱۳۷۳) و در نتیجه حجم بیشتر لاشه ریزی و فعالیت ریشه ای بیشتر این گونه در خاک منطقه (زرین کفش، ۱۳۸۰) بستگی دارد.

کتر از راش (*Fagus sylvatica*) و بلوط (*Quercus robur*) خاک را اسیدی می نماید اما با توجه به اینکه نوع و سن گونه ها و مناطق مورد مطالعه ایشان با شرایط تحقیق حاضر متفاوت بوده است، نمی توان در مورد پیش بینی تغییرات آتی اسیدیته خاک منطقه مورد مطالعه زیاد روی آنها حساب کرد. از نظر هدایت الکتریکی، خاکهای مورد مطالعه در گروه خاکهای با شوری خیلی کم قرار گرفته و فقط دو گونه صنوبر آمریکایی و زرین توانسته اند در افق A این مقدار را نسبت به قطعه شاهد بالا ببرند. کم بودن میزان هدایت الکتریکی خاک منطقه را می توان به وجود سنگ مادر آبرفتی با زهکشی خوب و همچنین بالا بودن میزان بارندگی در منطقه و نزدیکی آن به رودخانه هراز و در نتیجه آبشویی فراوان در خاک نسبت داد. از طرفی به دلیل اینکه برغم افزایش آماری میزان هدایت الکتریکی خاک تحت گونه های صنوبر آمریکایی و زرین، باز هم این خاک ها در طبقه بندی کلی (زرین کفش، ۱۳۶۸) در گروه خاکهای با شوری خیلی کم قرار می گیرند، نمی توان اثر جنگلکاری ها را بر افزایش هدایت الکتریکی خاک زیاد با اهمیت دانست.

۷ - اثر گونه ها بر نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن خاک

گونه های درختی کاشته شده بر مقادیر نیتروژن کل افق O خاک تأثیر معنی داری داشته اند (جدول شماره ۱) به طوری که همواره در این افق از خاک، گونه افاقیا مقادیر نیتروژن بیشتری داشته است، که این پدیده می تواند به دلیل خاصیت همزیستی این گونه با باکتریهای ریزوبیومی تثبیت کننده نیتروژن (جزیره ای، ۱۳۷۹ و رحمانی، ۱۳۷۹) و در نتیجه بالاتر بودن قدرت تثبیت نیتروژن این گونه نسبت به گونه های غیر لگوم مورد مطالعه باشد (Galiana, و همکاران، ۲۰۰۲). در این افق از خاک، قطعه شاهد و قطعه جنگلکاری صنوبر نیز مقدار حد واسطی از نیتروژن داشته اند، که این خود می تواند به وجود نور فراوان در قطعه شاهد و در نتیجه فعالیت شدید گیاهان علفی نیتروژن دوست در این قطعه و نوع لاشبرگ های گونه صنوبر بستگی داشته باشد. البته همان طوری که قبلاً نیز اشاره گردید، ضخامت این افق در مقایسه با سایر لایه های خاک کمتر بوده و از طرفی مقدار آن در قطعات مختلف متفاوت است. به این لحاظ بهتر است برای قضاوت در مورد اثر گونه های درختی بر نیتروژن خاک، بیشتر به سی سانتیمتر اول و در حقیقت منطقه پراکنش بیشترین ریشه های ریز درختان توجه شود (زرین کفش، ۱۳۸۰). با توجه به جدول شماره ۳، ملاحظه می گردد که گونه افاقیا در سی سانتیمتر اول خاک نیز بیشترین مقدار نیتروژن کل را داشته است و سایر جنگلکاری ها، در مقایسه با قطعه شاهد تفاوت معنی داری را بوجود نیاورده اند. نتایج حاصل از تحقیق مجد طاهری و جلیلی (۱۳۷۵) نشان می دهند که برغم مسن تر بودن توده های مورد مطالعه در تحقیق ایشان نسبت به تحقیق حاضر، تأثیر گونه افاقیا در بالا بردن میزان نیتروژن خاک سطح الارض مشخص نشده است و این به دلیل وجود آب و هوای مدیترانه ای و خشک در منطقه مورد مطالعه ایشان (تهران) بوده است. نتایج حاصل از تحقیق Khanna و همکاران (۱۹۹۶) حاکی از بالا رفتن مقدار نیتروژن در خاک تحت کاشت گونه آکاسیا، از خانواده بقولات (ثابتی، ۱۳۷۳)، می باشد که با توجه به قرار گرفتن افاقیا در خانواده بقولات، تا حدود زیادی تأیید کننده نتایج حاصل از تحقیق حاضر است. البته فقط با مشاهده مقدار

۵ - اثر گونه ها بر املاح محلول و رطوبت اشباع خاک

گونه های مورد مطالعه فقط توانسته اند بر رطوبت اشباع افق A اثر داشته باشند (جدول شماره ۱) که البته این پدیده را می توان به تشدید فرآیند آبشویی با فعالیت ریشه درختان در این افق مربوط دانست. از نظر املاح محلول در خاک نیز فقط گونه صنوبر توانسته است این مقدار را در دو افق فوقانی خاک افزایش دهد (جدول شماره ۲). زیاد تر بودن املاح محلول در افق های فوقانی خاک تحت صنوبر آمریکایی خود می تواند به عنوان یک عامل موثر در بالارفتن تنوع گونه های علفی مطرح گردیده و به این جهت امتیاز مثبتی در جنگلکاری با این گونه باشد.

۶ - اثر گونه ها بر کربن و مواد آلی خاک

به طور کلی تحقیقات انجام گرفته توسط Augusto و همکاران (۲۰۰۲) نشان داده است که مقدار کربن و مواد آلی خاک بستگی به نوع گونه های موجود در آشکوب فوقانی جنگل دارد. در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که گونه های کاشته شده بر میزان کربن و مواد آلی افق O و سی سانتیمتر اول خاک اثر معنی داری داشته اند (جدول شماره ۱) به طوری که در افق O، گونه افاقیا و در سی سانتیمتر اول، تمامی گونه ها مقادیر بالاتری کربن و مواد آلی را در مقایسه با قطعه شاهد داشته اند (جدول شماره ۳) از آنجایی که مواد آلی پس از طی مراحل مختلف تجزیه و تخریب غلظت شکل های قابل جذب عناصر غذایی گیاهان از جمله نیتروژن و فسفر را تحت تأثیر قرار داده (Kilham,

باعث بوجود آمدن پرسشهایی می‌گردد که لازم است در تحقیقات آینده به آنها پاسخ داده شود.

۹ - مقایسه کلی اثر گونه‌ها بر خاک منطقه

با توجه به حجم زیاد اطلاعات بدست آمده، قضاوت در مورد نحوه اثر گونه‌های مورد مطالعه بر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک تا اندازه‌ای مشکل گردیده است. لذا در این مرحله سعی شده است با استفاده از روشهای آماری چند متغیره، میزان مشابهت لایه‌های مختلف خاک گونه‌های مورد مطالعه با یکدیگر و قطعه شاهد مورد بررسی قرار گیرد (شکل‌های ۱ تا ۴). نتایج این بررسیها نشان داده است که از نظر تأثیر بر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی افق‌های O و B خاک، دو گونه افاقیا و صنوبر آمریکایی بیشترین شباهت را به یکدیگر و قطعه شاهد داشته‌اند و دو گونه افرا و زربین نیز اثرات تقریباً مشابهی بر این افق‌های خاک گذاشته‌اند (شکل‌های ۱ و ۳). همچنین از نظر اثر بر ویژگیهای فیزیکی شیمیایی افق A و سی سانتیمتر اول خاک، گونه‌های پهن برگ مورد مطالعه بیشترین شباهت را به یکدیگر و در مرحله بعد با گونه سوزنی برگ زربین داشته‌اند و به طور کلی ویژگیهای کمی این لایه‌های خاک در توده‌های جنگلکاری شده بسیار متمایز از قطعه شاهد بوده است (شکل‌های ۲ و ۴)، که در اینجا می‌توان به خوبی اثر کلی جنگلکاریها، بویژه پهن برگان را بر افزایش ویژگیهای مطلوب خاک و بویژه منطقه پراکنش بیشترین ریشه‌های ریز درختان (سی سانتیمتر اول) مشاهده نمود.

پیشنهادها

- با توجه به اثر بیشتر گونه‌های پهن برگ مورد مطالعه، بر افزایش خصوصیات مطلوب و تحول خاک، پیشنهاد می‌شود در مناطقی که شرایط برای حضور پهن برگان فراهم است، کاشت گونه‌های سوزنی برگی مثل زربین محدود به ایجاد کمربندهای سبز گردیده و در جنگلکاریهای وسیع از گونه‌های پهن برگ استفاده گردد.

- با توجه به اینکه گونه افاقیا نقش مهمی در افزایش درصد نیتروژن سی سانتیمتر اول خاک دارد، پیشنهاد می‌شود این گونه در مناطق مشابه همراه با گونه‌های سریع‌الرشد و پر نیازی که محدوده پراکنش ریشه‌های ریز آنها در این لایه از خاک است، کاشته شود. البته در این راستا بهتر است قبلاً در تحقیقی دیگر با توجه به نیاز نوری افاقیا و حجم بهینه تولید چوب توسط گونه اصلی، فاصله کاشت و درصد آمیختگی مورد نیاز مشخص گردد.

بالای نیتروژن و یا هر عنصر غذایی دیگر در خاک نمی‌توان در مورد حاصلخیزی خاک بحث نمود، زیرا جذب نیتروژن توسط گیاهان به اسیدیته و نسبت کربن به نیتروژن، که خود شاخصی برای ارزیابی چگونگی فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها و جذب مواد غذایی توسط درختان می‌باشد، نیز بستگی دارد (غازان شاهی، ۱۳۷۶). با توجه به اینکه خاک منطقه مورد مطالعه از لحاظ اسیدیته تقریباً خنثی بوده، از این نظر هیچ مشکلی در جذب نیتروژن توسط گیاهان وجود ندارد. بررسیهای به عمل آمده نشان داده است که جنگلکاریهای مختلف فقط توانسته‌اند بر نسبت کربن به نیتروژن افق O اثر بگذارند (جدول شماره ۱). به طوری که در این افق، بجز افاقیا که به لحاظ دارا بودن مقدار بیشتر نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن پایین‌تری دارد، سایر جنگلکاریها نیز در مقایسه با قطعه شاهد نسبت کربن به نیتروژن بیشتری داشته‌اند. همان طوری که ملاحظه می‌گردد، باز هم نقش افاقیا در بالا بردن حاصلخیزی خاک قابل ملاحظه است ولی به لحاظ کم بودن سن جنگلکاری خود را بیشتر در سطح خاک نشان داده است و به دلیل مرطوب بودن منطقه (عدم وجود فصل خشک) در آینده پیش بینی می‌شود این اثرات به وسپله فرآیندهای آبشویی، به اعماق بیشتر خاک نیز منتقل شوند.

۸ - اثر گونه‌ها بر فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک

گونه‌های کاشته شده فقط توانسته‌اند بر فسفر قابل جذب افق‌های فوقانی خاک اثر بگذارند (جدول شماره ۱) که این به دلیل کم بودن سن جنگلکاریها و در نتیجه محدود شدن اثر آنها به افق‌های سطحی خاک می‌باشد. البته تأثیر گونه‌های مختلف بر میزان فسفر قابل جذب یکسان نبوده است. به طوری که در افق O، خاک افاقیا فسفر قابل جذب کمتری داشته است، اما در افق A، خاک افاقیا، زربین و قطعه شاهد کمترین مقدار و خاک افرا و صنوبر بیشترین مقدار فسفر قابل جذب را دارد. از نظر میزان پتاسیم قابل جذب وضع به شکل دیگری است. به طوری که در افق O، تمامی گونه‌ها باعث کاهش و در سایر لایه‌های خاک تمامی گونه‌ها، بویژه افرا، باعث افزایش پتاسیم قابل جذب خاک گردیده‌اند (جدول‌های ۱ و ۳). با توجه به اینکه فسفر و پتاسیم نقش مهمی در تنفس، سنتز آنزیم، فراوانی گل و میوه، رویش چوب و مقاومت درخت در مقابل یخبندان و عوامل بیماریزا دارد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳)، می‌توان گفت جنگلکاری بویژه با پهن برگان نقش زیادی در بالا بردن حاصلخیزی خاک و پایداری اکوسیستم منطقه داشته است. پایین بودن مقادیر پتاسیم در افق O، که افق تراکم بیشترین مواد آلی است،

جدول شماره ۱ - نتایج تجزیه و تحلیل یکطرفه واریانس داده های کمی مورد مطالعه

ویژگی	لایه	F	P	ویژگی	لایه	F	P	ویژگی	لایه	F	P
ضخامت	افق O	۱۸/۳۰۰	۰/۰۰۰ ^{xx}	نسبت کربن به نیتروژن	افق O	۵/۵۶۳	۰/۰۱۱ ^x	املاح محلول	افق A	۱/۳۳۰	۰/۳۲۰ ^{ns}
	افق A	۵/۵۰۰	۰/۰۱۱ ^x		افق A	۳/۴۵۰	۰/۰۴۶ ^x		افق B	۶/۷۸۰	۰/۰۰۵ ^{xx}
	افق B	۶/۷۸۰	۰/۰۰۵ ^{xx}		افق B	۲/۱۸۵	۰/۷۷۲ ^{ns}		افق ۳۰c m	۰/۴۴۳	۰/۷۷۶ ^{ns}
	کل	۰/۴۴۳	۰/۷۷۶ ^{ns}		افق O	۴/۰۳۵	۰/۰۳۰ ^x				
اسیدیته	افق A	۰/۲۹۰	۰/۸۸۰ ^{ns}	فسفر قابل جذب	افق A	۱/۶۴۴	۰/۲۳۲ ^{ns}	کربن آلی	افق A	۲/۵۹۰	۰/۱۰۵ ^{ns}
	افق B	۲/۵۹۰	۰/۱۰۵ ^{ns}		افق B	۱/۵۸۷	۰/۲۵۹ ^{ns}		افق B	۰/۷۹۱	۰/۵۵۵ ^{ns}
	افق ۳۰c m	۰/۷۹۱	۰/۵۵۵ ^{ns}		افق ۳۰c m	۳/۶۷۶	۰/۰۳۹ ^x		افق O	۲/۰۵۴	۰/۱۵۶ ^{ns}
	افق O	۲/۰۵۴	۰/۱۵۶ ^{ns}		افق O	۴/۰۵۶	۰/۰۲۹ ^x				
هدایت الکتریکی	افق A	۱۰/۱۶۰	۰/۰۰۱ ^{xx}	پتاسیم قابل جذب	افق A	۱/۶۵۳	۰/۲۳۰ ^{ns}	مواد آلی	افق A	۰/۸۴۹	۰/۵۲۹ ^{ns}
	افق B	۰/۸۴۹	۰/۵۲۹ ^{ns}		افق B	۱/۵۷۹	۰/۲۶۱ ^{ns}		افق B	۰/۹۴۶	۰/۴۷۴ ^{ns}
	افق ۳۰c m	۰/۹۴۶	۰/۴۷۴ ^{ns}		افق ۳۰c m	۳/۶۷۶	۰/۰۳۹ ^x		افق O	۲/۰۵۴	۰/۱۵۶ ^{ns}
	افق O	۲/۰۵۴	۰/۱۵۶ ^{ns}		افق O	۸/۱۳۴	۰/۰۰۳ ^{xx}				
رطوبت اشباع	افق A	۱۲۳/۶۲۰	۰/۰۰۰ ^{xx}	تفاوت معنی دار در سطح ۹۹ درصد	افق A	۳/۶۶۰	۰/۰۳۹ ^x	نیتروژن کل	افق A	۰/۹۳۴ ^{ns}	۰/۱۹۶
	افق B	۰/۱۹۶	۰/۹۳۴ ^{ns}		افق B	۳/۳۲۲	۰/۰۶۲ ^{ns}		افق B	۲/۷۱۲	۰/۸۰۶ ^{ns}
	افق ۳۰c m	۲/۷۱۲	۰/۸۰۶ ^{ns}		افق ۳۰c m	۷/۹۰۱	۰/۰۰۳ ^{xx}				
	افق O	۲/۷۱۲	۰/۸۰۶ ^{ns}		تفاوت معنی دار در سطح ۹۵ درصد						
				تفاوت معنی دار نیست.							

جدول شماره ۲ - نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده های کیفی مورد مطالعه خاک جنگلکاری ها در مقایسه با منطقه شاهد

ویژگی	تیپ جنگلکاری	شاخص مربع کای	درجه آزادی	P
رنگ	افرا	۱۶/۸۷۵	۱۶	۰/۳۹۴ ^{ns}
	اقاقیا	۱۵/۷۵۰	۱۶	۰/۴۷۱ ^{ns}
	صنوبر	۲۱/۳۷۵	۱۲	۰/۰۴۵ [*]
	زرین	۹/۰۰۰	۸	۰/۳۴۲ ^{ns}
بافت	افرا	۳/۲۱۴	۲	۰/۲۰۰ ^{ns}
	اقاقیا	۴/۰۴۱	۲	۰/۱۳۳ ^{ns}
	صنوبر	۲/۲۵۰	۲	۰/۳۲۵ ^{ns}
	زرین	۱/۷۷۸	۲	۰/۴۱۱ ^{ns}

* : تأثیر جنگلکاری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار بوده است.
^{ns} : تأثیر جنگلکاری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار نبوده است.

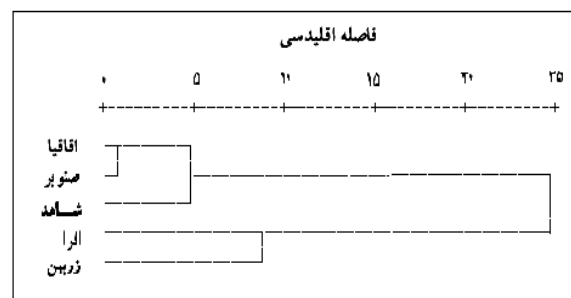
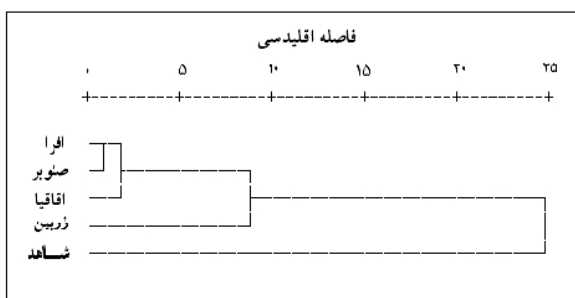
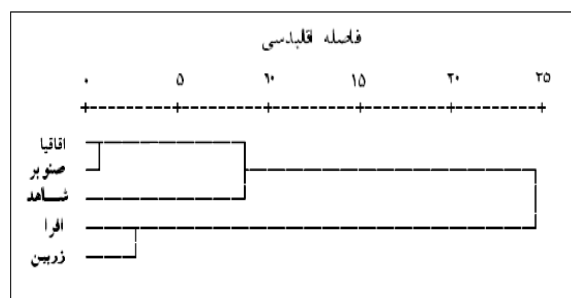
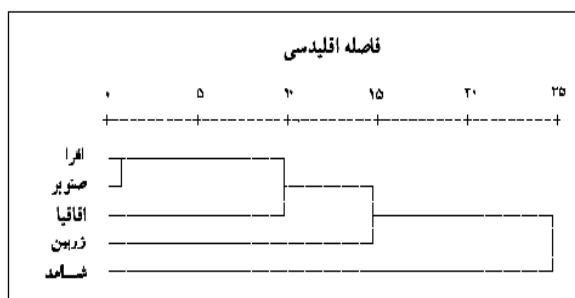
جدول شماره ۳ - نتایج مقایسه میانگین داده های کمی مورد مطالعه در خاک جنگلکاری ها و منطقه شاهد

شاهد	زربین	صنوبر	اقاقیا	افرا	نام لایه	ویژگی
0/58 b	1/19 b	4/33 a	3/50 a	4/83 a	افق O	ضخامت لایه (سانتیمتر)
3/33 a	19/75 a	13/00 a	13/17 a	11/83 a	افق A	
65/83 ab	37/50 b	93/33 a	65/00 b	51/67 b	افق B	کل افق O
69/75 b	39/69 b	110/67 a	81/67 b	68/33 b		
7/06 a	7/20 a	7/40 a	7/17 a	6/91 a		اسیدیته
6/76 a	7/10 a	7/15 a	6/90 a	6/76 a	افق A	
7/70 a	7/19 a	7/77 a	7/63 a	7/31 a	افق B	سی سانتیمتر اول
7/59 a	7/28 a	7/43 a	7/28 a	7/03 a		
0/91 a	0/98 a	1/01 a	0/84 a	0/70 a	افق O	هدایت
0/50 b	0/88 a	0/86 a	0/53 b	0/54 b	افق A	الکتریکی (میلی زیمنس بر سانتیمتر)
0/91 a	0/77 a	0/96 a	0/93 a	0/83 a	افق B	
0/87 a	0/81 a	0/91 a	0/75 a	0/71 a	سی سانتیمتر اول	رطوبت اشباع (درصد)
64/40 a	49/43 a	60/46 a	69/37 a	49/97 a	افق O	
54/70 a	27/63 d	43/91 c	48/92 b	45/18 c	افق A	سی سانتیمتر اول
47/73 a	41/20 a	42/39 a	36/60 a	44/66 a	افق B	
48/78 a	33/61 a	45/69 a	45/87 a	45/82 a	سی سانتیمتر اول	املاح محلول (درصد)
4/75 b	3/87 a	4/90 b	4/62 b	2/76 b	افق O	
2/22 b	1/94 a	3/00 b	2/11 b	1/94 b	افق A	سی سانتیمتر اول
3/50 a	2/51 a	3/20 a	2/65 a	3/01 a	افق B	
3/39 a	2/15 a	3/33 a	2/66 a	2/61 a	سی سانتیمتر اول	کربن آلی (درصد)
4/79 ab	4/14 b	4/85 ab	5/39 a	3/92 b	افق O	
2/63 a	1/78 a	2/07 a	1/60 a	2/21 a	افق A	سی سانتیمتر اول
1/00 a	1/15 a	0/74 a	0/85 a	1/04 a	افق B	
1/25 b	1/61 ab	1/92 a	1/68 ab	1/97 a	سی سانتیمتر اول	ماده آلی (درصد)
8/25 ab	7/14 b	8/36 ab	9/30 a	6/76 b	افق O	
4/54 a	3/06 a	3/56 a	2/76 a	3/81 a	افق A	سی سانتیمتر اول
1/72 a	1/98 a	1/27 a	1/46 a	1/79 a	افق B	
2/16 b	2/78 ab	3/31 a	2/91 ab	3/40 a	سی سانتیمتر اول	نیترژن کل (درصد)
0/52 ab	0/38 b	0/46 ab	0/54 a	0/36 b	افق O	
0/39 a	0/23 b	0/25 b	0/27 b	0/25 b	افق A	سی سانتیمتر اول
0/14 a	0/19 a	0/11 a	0/13 a	0/15 a	افق B	
0/18 b	0/21 b	0/22 b	0/24 a	0/22 b	سی سانتیمتر اول	

ادامه جدول شماره ۳ - نتایج مقایسه میانگین داده های کمی مورد مطالعه در خاک جنگلکاری ها و منطقه شاهد

ویژگی	نام لایه	افرا	اقاقیا	صنوبر	زربین	شاهد
نسبت کربن به نیتروژن	افق O	10/84 a	9/92 ab	10/45 a	10/99 a	9/24 b
	افق A	8/89 a	6/08 a	8/35 a	7/82 a	6/85 a
	افق B	7/02 a	6/54 a	6/48 a	6/04 a	7/14 a
	سی سانتیمتر اول	8/38 a	6/69 a	7/90 a	7/44 a	7/14 a
فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)	افق O	8/40 a	2/10 c	4/83 b	9/72 a	7/24 ab
	افق A	18/90 a	3/57 c	13/44 b	3/29 c	9/89 c
	افق B	6/72 a	6/30 a	6/72 a	7/47 a	5/16 a
	سی سانتیمتر اول	11/90 a	4/67 a	9/41 a	5/26 a	5/69 a
پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلو گرم)	افق O	42/00 b	36/00 b	33/60 b	49/36 b	88/20 a
	افق A	100/20 b	119/40 a	93/00 c	46/17 d	27/30 e
	افق B	63/00 a	11/40 bc	10/80 bc	12/09 b	8/10 c
	سی سانتیمتر اول	74/06 a	61/95 ab	49/44 ab	31/91 b	11/73 c

توجه: حروف لاتین کوچک و متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف در سطح احتمال ۹۵ درصد می باشند.



شکل ۴ - نتایج آنالیز خوشه ای اثر گونه ها بر ۳۰cm اول خاک

شکل ۳ - نتایج آنالیز خوشه ای اثر گونه ها بر افق B

فهرست منابع :

۱. ثابتی، ح. ۱۳۷۳. جنگلها، درختان و درختچه های ایران، انتشارات دانشگاه یزد، ۸۰۹ صفحه. حبیبی کاسب، ح. ۱۳۷۱. مبنای خاکشناسی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۴ صفحه.
۲. جزیره ای، م. ۱۳۷۹. جنگل کاری در خشکبوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۵۰ صفحه.
۳. جانسون، ر. و دین، د. ۱۳۷۹. تحلیل آماری چند متغیره کاربردی. ترجمه حسینعلی نیرومند، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۷۴۰ صفحه.
۴. رحمانی، ا. ۱۳۷۹. فن آوری تثبیت همزیست نیتروژن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ۱۲۹ صفحه.
۵. زرین کفش، م. ۱۳۶۸. حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۹ صفحه.
۶. زرین کفش، م. ۱۳۷۲. خاک شناسی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۳۶ صفحه.
۷. زرین کفش، م. ۱۳۸۰. خاک شناسی جنگل، اثرات متقابل خاک و گیاه در ارتباط با عوامل زیست محیطی اکوسیستمهای جنگلی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره ۲۹۲-۱۳۸۰، ۳۶۰ صفحه.
۸. غازان شاهی، ج. ۱۳۷۶. آنالیز خاک و گیاه. انتشارات هما، ۳۱۱ صفحه.
۹. غازان شاهی، ج. ۱۳۷۸. خاک و روابط آن در کشاورزی. انتشارات کارنو، ۲۶۴ صفحه.
۱۰. فوت، اچ. والیس، ب. ۱۳۷۶. حاصلخیزی خاک، ترجمه فرشید نوربخش و مصطفی کریمیان اقبال، انتشارات غزل، ۳۲۸ صفحه.
۱۱. کینز، پ. ۱۳۸۰. کتاب آموزشی SPSS 10. ترجمه اکبر فتوحی اردکانی، انتشارات چرتکه، ۴۴۸ صفحه.
۱۲. مجد طاهری، ح. و جلیلی، ع. ۱۳۷۵. بررسی مقایسه ای اثرات جنگل کاری با کاج الداریکا و افاقیا روی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و پوشش گیاهی زیر آشکوب. پژوهش و سازندگی، انتشارات جهاد سازندگی، ش ۳۲، صفحات ۶ تا ۱۵.
۱۳. ملکوتی، م. و همایی، م. ۱۳۷۳، حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک، مشکلات و راه حل ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۹۴ صفحه.
۱۴. ادریسی، م.، ببری، م.، درخشانی، پ.، ذواریاستین، ف.، رامبد، ر.، سهرابی، م.، شریف، م.، صمیمی، ه.، کنوز، ا. و معصومی، ع. ۱۳۷۴. شیمی دستگاهی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۵۴۹ صفحه.
15. Armour, J. ; Cogle, L.; Rasiah, V. and Russel, J. 2004. Sustaining wet tropics: A regional plan for natural resource management, Rain Forest CRC Ltd. 115p.
16. Agosto, L.; Jacques, R.; Binkely, D. and Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Ann. For. Sci., Vol: 59: 233-253.
17. Daniel, T. W.; Helms, J. A. and Baker, F. B. 1979. Principles of Silviculture. Mc Graw - Hill Book Company, 500 p.
18. Fisher, R. F. 1995. Amelioration of journal rain forest soils by plantation of native trees, Soil Science Society of America, 59(2): 544-549.
19. Fisher R.F. and Binkley D. 2000. Ecology and Management of Forest Soils, John Wiley & Sons, Inc., 489 p.
20. Galiana, A.; Balle, P.; N` Guessan Kanga, A. and Domenach, A. M. 2002. Nitrogen fixation estimated by the ¹⁵N natural abundance method in *Acacia mangium* Wild. Inoculated with *Bradyrhizobium* sp. and growth in silvicultural conditions, Soil Biology and Chemistry, 34: 251-262.

21. Johnston, J. M. and Crossley, D. A. 2002. Forest ecosystem recovery in the southeast US: Soil ecology as an essential component of ecosystem management. *Forest Ecology and Management*. 155: 187-203.
22. Khanna, P.K.; Nair, P.K.R. and Latt, C. R. 1996. Nutrient cycling under mixed species tree systems in Southeast Asia, *Directions in Agro Forestry Research*, 38 (1-3): 99-120.
23. Kilham, k. 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University Press. 241p.
24. Mathew, T.; Babu, K. and Kumar, B. M. 1997. Chemical properties, soil moisture status and litter production influenced by the growth of MPTS. *Indian Journal of Forestry*. 20 (3): 251-258.
25. Muys, B. and Lust, N. 1993. Ecological changes following afforestation with different tree species on a sandy loam soil in Flanders, Belgium, in Watkins, C. (ed.) *Ecological Effects of Afforestation*, CAB International, 179-189.
26. Neiryck, J. 2000. Impact of *Tillia platyhyllus* Scop, *Fraxinus excelsor* L., *Acer psedoplatanus* L., *Quercus rubur* L. and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of loamy top soil, *Forest Ecology and Management*, 133(3): 275-286.
27. Norden U. 1991. Acid deposition and through fall fluxes of elements as related to tree species in deciduous forests of South Sweden, *Water Air Soil Pollution*. 60: 209-230.
28. Tu, M.Z. and Yao, W. H. 1984. Studies on the influence of soil pH by different plant communities. *Tropical and subtropical forest ecosystem*, No: 2, 77-91.
29. World Bank, 2000. *World resources 2000-2001: people and ecosystems, the fraying web of life*. Washington D.C. World Resources Institute, 389 pp.

