مقایسه میزان ترسیب کربن در توده های طبیعی سوزنی برگ و پهن برگ (مطالعه موردی: مرزن آباد-چالوس)

نه رمین حسینی [۱]، علی شیخ الاسلامی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۴

چکیده

افزایش گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی شده است که یکی از چالش‌های مهم در بحث توسعه پایدار بوده و اثرات زیانباری بر حیات انسان در روی کره زمین گذاشته است. ترسیب کربن در اکوسیستم‌های خشکی مانند جنگل‌ها، ساده‌ترین و به لحاظ اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن جهت کاهش کربن اتمسفری محسوب می‌گردد این تحقیق در توده‌های سوزنی‌برگ خالص زربین و پهن‌برگ آمیخته در منطقه حسن‌آباد چالوس انجام گرفته و مقدار کربن ترسیب شده در بایومس (برگ و شاخه)، خاک (در دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری) و لاشبرگ برآورد گردید. نتایج نشان داد که مقدار ترسیب کربن در هر یک از توده‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ به ترتیب ۵۷/۱۸۴ و ۳۰/۲۲۲ تن در هکتار بود که ارزش اقتصادی آن به ازای هر هکتار به ترتیب ۱۱۴۳۷ و ۶۰۴۴۵ دلار محاسبه گردید. مقادیر قطر برابر سینه، ارتفاع، سطح مقطع برابر سینه، حجم تنه، حجم تاج‌پوشش نیز در توده خالص زربین به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) بیشتر از توده پهن‌برگ آمیخته بود. همچنین نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که نیتروژن و درصد رطوبت اشباع خاک مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر کربن آلی خاک بودند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، جنگل، ترسیب کربن، خاک، جنگل‌های حسن‌آباد چالوس.

[۱] گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران، Narmin_hoseini@yahoo.com

[۲] علی شیخ الاسلامی، گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران،(نویسنده مسئول)، islamiali@iauc.ac.ir

مقدمه

تغییرات اقلیمی و به تبع آن افزایش گرمایش جهانی امروزه یکی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه پایدار می‌باشد(Kronrad, ۲۰۰۱& Huang). این امر ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد که کربن عمده‌ترین جزء این گازها محسوب می‌گردد (Lal, ۲۰۰۴). گرم شدن هوا اثرات مخربی بر روی حیات کره زمین داشته و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل و خشکسالی و برهم‌خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی شده است(UNDP, ۲۰۰۰). از این رو کشورهای عضو کنوانسیون تغییرات اقلیمی متعهد شدند طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای را به سطحی کمتر از سال۱۹۹۰ برسانند(۲۰۰۳ Broadmeadow& Matthews,).

پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مثل فیلتر و... هزینه‌های سنگینی در بر دارد (Cannell,۲۰۰۳)، بنابراین در سطوح کلان عملیاتی نمی‌باشد. لذا به منظور کاهش دی-اکسیدکربن اتمسفری و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفری می‌بایست جذب و در فرم‌های متعدد ترسیب گردد.

اکوسیستم‌های جنگلی جهان یکی از مهم‌ترین ذخیره‌کننده‌هایی کربن در اکوسیستم‌های خشکی می‌باشند(Wisniewski, ۱۹۹۵& Dixon). کربن در اجزاء بی‌شماری از اکوسیستم جنگلی از جمله بایومس و خاک ذخیره می‌شود(Lal, ۲۰۰۵). اگر چه نقش جنگل در ترسیب کربن در بایومس مشخص و معلوم است (Nosetto et al,۲۰۰۶)، با این حال تأثیر آن بر مقدار ذخیره کربن خاک هنوز نامعلوم می‌باشد که می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از قبیل: مقدار بارندگیر (Guo & Gifford, ۲۰۰۲) گونه‌های درختی، سن توده، بافت خاک و مدیریت توده باشد (Tuille & Schulze,۲۰۰۶). خاک جنگل بزرگترین مخزن ذخیره کربن در اکوسیستم‌های جنگلی جهان می‌باشد (Gower et al,۱۹۹۷). ذخیره کربن خاک می‌تواند به صورت عمده بوسیله جنگل‌کاری و آماده‌سازی رویشگاه، زهکشی مناسب خاک، رویش گونه‌هایی با تولید اولیه خالص بالا، استفاده از نیتروژن و عناصر غذایی کم‌مصرف (Fe) مانند کودها و حفاظت منابع آب و خاک افزایش یابد (Lal,۲۰۰۵).

توده‌های آمیخته، پتانسیل تولید بالاتری نسبت به توده‌های خالص دارند، ولی نوع خاک، شیوه جنگل‌شناسی و نوع گونه از عوامل مؤثر در این امر می‌باشند(Binkley et ،۲۰۰۳ al,). ترسیب کربن خاک می‌تواند مخزن مهمی برای کربن اتمسفری باشد. بنابراین فهم مقدار ترسیب کربن خاک در اکوسیستم‌های خشکی

و مکانیزم‌های مؤثر بر آن اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد(Qing- Biao et al.,۲۰۰۹). با این وجود هنوز هم بسیاری از جنبه‌های ترسیب کربن در جنگل‌ها به ویژه در مورد اندامهای زیرزمینی گیاهان و خاک ناشناخته مانده است (Johnson,۱۹۹۲).

فشار جمعیت و کاهش مستمر اراضی کشاورزی در اثر فرسایش خاک، مهم‌ترین عامل تخریب محیط و منابع در کشورهای در حال توسعه است و این فشار موجب از بین رفتن جنگل‌ها، مراتع و پوشش‌های طبیعی می‌شود(Schuenholtz,۲۰۰۰). بر اساس آخرین آمار، مساحت کل جنگل‌های ایران (طبیعی و دست‌کاشت) حدود ۱۲/۴ میلیون هکتار برآورد شده است که نزدیک به یک میلیون هکتار آن را جنگل‌های دست‌کاشت تشکیل می‌دهد (خسروشاهی و قوامی،۱۳۸۴). این میزان تنها ۷/۵ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود(Hosseini,۲۰۰۳). با نگاهی به سیر آمار مساحت جنگل‌های شمال کشور، می‌توان دریافت که در طول ۳۰ سال گذشته حدود ۱۵۰۰۰۰۰ هکتار از این جنگل-ها تخریب و تبدیل شده است (مشتاق کهنمویی،۱۳۸۰). از این رو علاوه بر حفظ و حراست جنگل‌های موجود، فقط ایجاد جنگل-های جدید در قالب جنگل‌کاری‌های وسیع می‌تواند کشور را در این تنگنا یاری دهد (مصدق، ۱۳۷۵). در واقع لزوم جنگل‌کاری در احیای جنگل‌های مخروبه از سال ۱۳۳۹ و توسعه چشمگیر آن در سال‌های اخیر (اسدالهی،۱۳۷۰) منجر به سالیانه ۳۰ تا ۴۰ هزار هکتار عملیات جنگل‌کاری و احیا جنگل-ها توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در مناطق و دانگ‌های تخریب یافته شمال کشور گردیده است(Tabari & ،۲۰۰۱ Pourmajidian). بر این اساس با افزایش سطح جنگل‌ها و احیای جنگل می‌توان از ساده‌ترین راهکار اقتصادی کاهش دی‌اکسیدکربن بهره جست(IPPC,۱۹۹۵) و از سایر مزایای اکولوژیک جنگل از جمله افزایش فراوانی گونه‌های ماکروفون خاک و حفظ تنوع زیستی پوشش گیاهی نیز استفاده نمود(Zou ،۲۰۰۲ Warn &). با توجه به دو برابر بودن میزان موجودی کربن در خاک نسبت به پوشش گیاهی، خاک مهم‌ترین مخزن کربن اتمسفری محسوب می‌گردد و فرایندهای تخریب خاک از قبیل فرسایش، فشرده شدن و شور شدن از عوامل هدررفت کربن به شمار می‌روند (امینی نسب، ۱۳۸۲). مقدار ترسیب کربن در خاک نیز بستگی به تعامل میان آب و هوا، خاک، گونه‌های درختی، ترکیب شیمیایی لاشبرگ و مدیریت آنها دارد(Lal,۲۰۰۵). از سوی دیگر روند سریع صنعتی شدن کشور و تولید گسترده فرآورده‌های نفتی اثرات زیادی بر تولید دی‌اکسیدکربن دارد که با توجه به سطح بسیار کم جنگل‌های کشور و پیامدهای زیست

محیطی، اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و... ناشی از تخریب بی‌رویه جنگل‌ها، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور را برآن داشته است تا با اجرای طرح‌های حفاظت جنگل در نقاط جنگلی مختلف کشور در جهت رفع این معضلات اقدام نماید.

ورامش و همکاران (۱۳۸۹)، با بررسی اثرات جنگل‌کاری بر ترسیب کربن و ویژگی‌های خاک در پارک چیتگر تهران در سال ۱۳۸۹ مشخص شد که ترسیب کربن خاک در توده اقاقیا بیشتر از توده کاج تهران و اراضی بایر می‌باشد. ورامش و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای با عنوان برآورد نیروی جنگل شهری در ترسیب کربن اتمسفری به این نتیجه رسیدند که هر یک از توده‌های اقاقیا و زبان‌گنجشک منجر به افزایش نیروی ترسیب کربن در حدود ۴۸۲/۵ و ۱۴۰ تن در هکتار شده‌اند. یوری و همکاران (۲۰۱۲)، در مطالعه ای با عنوان تولید بایومس و ترسیب کربن در توالی جنگل حاصلخیز توس مشاهده کردند که بزرگترین مخزن کربن در بایومس چوبی درختان می‌باشد. ذخیره کربن بایومس درختان با افزایش سن افزایش یافت، درحالی که ذخیره کربن خاک ثابت ماند. ریتر (۲۰۱۲)، با مطالعه در زمینه پتانسیل ذخیره کربن توده‌های دست کاشت بید و صنوبر در سوئد مشاهده نمود که تراکم کربن بایومس چوبی (هوایی و زیرزمینی) حدود ۷۶/۶ Mg و ۸۰/۱ در هکتار و تراکم کربن خاک ۴- Mg ۳/۵ در طول ۲۲ سال بود.

دریک و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی و مقایسه میزان ذخیره کربن خاک در توده‌های درختی منطقه آبخوان کوهدشت و ارائه بهترین مدل رگرسیونی ذخیره کربن بر اساس تمامی مشخصه‌های خاک پرداختند. در بین توده‌های موردبررسی، اجزا تشکیل‌دهنده بافت خاک، مقدار اسیدیته، کربن آلی، هدایت الکتریکی و وزن مخصوص ظاهری خاک، اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p<0.01$).

حجتی و همکاران (۱۳۹۹)، تنفس در توده‌های دست‌کاشت افرا پلت (*Acer velotinum Boiss.*)، بلوط بلندمازو (*Quercus castaneifolia C.A.Mey.*)، ون (*Fraxinus excelsior L.*) و کاج بروسیا (*Pinus brutia en.*) و مقایسه آن با توده طبیعی واقع در جنگل آموزشی پژوهشی داربکلا بود. نتایج نشان داد تنفس تنها در توده‌های کاج بروسیا و ون به‌طور معنی‌داری کمتر از توده شاهد بود.

از آنجایی که گونه زربین ایران ایستگاه‌های محدودی دارد و گونه‌ای در حال انقراض محسوب می‌شود، این جنگل از آخرین بقایای گونه زربین محسوب می‌شود و ارزش فراوانی دارد و به اعتقاد بسیاری از کارشناسان، شاخص‌ترین ذخیره‌گاه گونه زربین و یکی از مهم‌ترین ذخیره‌گاه‌های کشور است که به

دلیل تداوم چرای دام، فرسایش خاک و مداخلات انسانی در معرض تهدید و خطر قرار گرفته است. اگرچه با اقدامات انجام شده سال‌های اخیر، ذخیره‌گاه زربین چالوس از مرز بحران تا حدی فاصله گرفته ولی شدت تخریب‌های گذشته به قدری زیاد بوده است که جبران آن به زمانی طولانی نیاز دارد. با توجه به مطالب مذکور و به دلیل تفاوت پتانسیل گونه‌های مختلف درختی در ترسیب کربن و توجه به این نکته که ترسیب کربن امروزه به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در پایداری اکوسیستم می‌باشد، انجام این تحقیق به منظور ارزیابی ترسیب کربن توده خالص سوزنی‌برگ زربین و توده آمیخته پهن برگ در منطقه مورد مطالعه ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های زربین حسن‌آباد چالوس از منطقه (محلی) موسوم به کانی در ۱۹ کیلومتری جاده چالوس- تهران شروع و تا منطقه دلم در کیلومتر ۱۲ جاده آسفالته دشت نظیر که از محل در آب از جاده اصلی تهران- چالوس منشعب می‌گردد امتداد دارد. این جنگل‌ها در طول جغرافیایی '۱۵ °۵۱ تا '۳۰ °۵۱ و عرض جغرافیایی بین '۱۵ °۳۶ تا '۳۰ °۳۶ قرار دارد. مساحت کل منطقه با برآورد صورت گرفته برابر با ۴۷۸۱/۲۵ هکتار است. به لحاظ تقسیمات وزارت کشور از منطقه‌ی در آب به بعد جزء بخشداری کمبود و فرمانداری نوشهر و از نظر تشکیلات منابع طبیعی تحت حفاظت سرجنگلبانی در آب، جنگداری مرزن آباد و کلاردشت و اداره ی کل منابع طبیعی نوشهر می باشد. در منطقه حسن آباد چالوس به ندرت ریزش برف دیده می‌شود و اکثر نزولات آسمانی به صورت باران ریزش می‌کنند. بر طبق آمار ۳۲ ساله بارندگی ایستگاه پل زغال، میزان بارندگی سالیانه حسن آباد ۳۵۰ میلیمتر است. با توجه به وضعیت پوشش گیاهی و... مقدار بارندگی متوسط سالیانه محدوده ی ذخیرگاه زربین حسن آباد حدود ۳۶۰ تا ۳۷۰ میلی متر تخمین زده می‌شود. مقدار کل تبخیر سالیانه در منطقه ی حسن آباد به طور متوسط ۹۶/ ۱۰۳۹ میلی متر می باشد. متوسط درجه حرارت سالیانه حسن آباد ۱۴/۵۳ درجه سانتی‌گراد است. حدود ۶۰ درصد پوشش گیاهی جنگل‌های مورد مطالعه (حسن آباد) را گونه زربین تشکیل می‌دهد. اما با توجه به وضعیت خاص اکولوژیک، اقلیم و توپوگرافی منطقه، تفاوت‌هایی نیز در ترکیب رستنی رویشگاه‌ها وجود دارد. هر چند توده زربین در منطقه به صورت یکپارچه است ولی داخل دره‌ها و کنار رودخانه گونه‌های پهن‌برگ بزرگ و در شیارها و آبراهه‌ها و در دره‌های کوچکی که جوی‌های فصلی و خاک با عمق و

رطوبت مناسب و کافی دارند، گونه‌های پهن برگ کوچک دیده می شود.

روش تحقیق

در هر توده براساس روش تصادفی-سیستماتیک ۶ قطعه نمونه تو در تو (۱۰* ۱۰ متر برای آماربرداری مشخصات درختان، ۵* ۵ متر برای نمونه‌برداری خاک و ۰/۵* ۰/۵ متر برای نمونه‌برداری لاشبرگ) به شکل مربع جهت اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌برداری‌های مورد نظر برداشت گردید. ابتدا در قطعات نمونه ۱۰*۱۰ متر، برخی از مشخصات کمّی درختان اندازه‌گیری گردید. سپس در قطعات نمونه ۵*۵ متر نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری، بصورت ترکیبی شامل چهار نمونه از چهارگوشه قطعات نمونه برداشت شد (Hernandez et al,۲۰۰۴). نمونه‌برداری لاشبرگ بر اساس روش نمونه‌برداری مستقیم در پلات‌هایی به ابعاد ۰/۵*۰/۵ متر در چهار گوشه پلات‌های ۱۰*۱۰ متری انجام گردید (Mc Dicken،۱۹۹۷). در پلات‌های ۱۰*۱۰ متر مشخصات کمی تمام درختان داخل پلات شامل قطر برابر سینه (DBH) با استفاده از دستگاه کالیپر، ارتفاع کل درخت (H) و ارتفاع تنه (H_C) با استفاده از ارتفاع سنج سونتو، و دو قطر عمود بر هم تاج پوشش (W&L) با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری گردید. در هریک از پلات‌های ۵*۵ متری ابتدا ۴ پروفیل به عمق ۳۰ سانتیمتر (پس از کنار زدن لاشبرگ و پوشش گیاهی) در چهارگوشه قطعه نمونه حفر گردید. برای به حداقل رساندن خطا و کم کردن تعداد نمونه‌ها، نمونه‌برداری به صورت ترکیبی از دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری انجام گرفت، به این صورت که از هر عمق ۴ نمونه خاک از چهارگوشه پلات برداشت شد و به وزن تقریبی ۱ کیلوگرم داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند (Mc Dicken،۱۹۹۷ ؛ Maranona et al, ۲۰۰۲، ; Paul et al, ۱۹۹۹ Gao et al, ۲۰۰۷). برای برآورد زیتوده برگ و شاخه از روش مستقیم چیدن برگ و شاخه درخت نمونه در هر پلات (که به صورت تصادفی انتخاب شد) و توزین آنها استفاده شد. سطح تاج هر درخت به صورت دایره مثلثاتی در نظر گرفته شد و برای همه درخت کلیه برگ‌ها و شاخه‌های یک ربع مثلثاتی (یک قطاع ۹۰ درجه) از روی تاج درخت جمع آوری شد (عدل، ۱۳۸۹؛ پناهی و همکاران، ۱۳۸۸).

تعیین میزان کربن در نمونه‌های لاشبرگ، برگ و شاخه

برگ‌ها و شاخه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین شدند (وزن تر) و سپس به آزمایشگاه انتقال یافتند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه در داخل آون

قرار داده شدند. (فروز، ۱۳۸۵؛ عدل ۱۳۸۶). سپس نمونه‌ها خارج شدند و به مدت ۴۵- ۳۰ دقیقه در دسیکاتور قرار گرفتند تا خشک شوند و بار دیگر وزن شوند (وزن خشک) اعداد به دست آمده از یک چهارم سطح تاج تبدیل به کل (ضرب×۴) شدند. درصد کربن آلی از روش احتراق خشک با جریان هوا در کوره های الکتریکی (بردبار، ۱۳۸۳؛ عبدی، ۱۳۸۴؛ فروز، ۱۳۸۵؛ MCDicken,۱۹۹۷؛ ۲۰۰۳ و losi et al) محاسبه شد. برای محاسبه درصد کربن آلی، برگ و شاخه‌های خشک شده به مدت ۴ ساعت در دمای °۴۵درجه در داخل کوره قرار داده شدند. (بردبار، ۱۳۸۳؛ فروزه، ۱۳۸۷) خاکستر نمونه‌ها پس از خشک شدن در دسیکاتور، توزین شد. نتایج حاصل از مقدار ذخیره کربن برگ و شاخه به کل درخت تعمیم داده شد. همچنین به منظور تعمیم نتایج به واحد سطح در هکتار از روش درخت متوسط استفاده شد. برای این کار میانگین داده های حاصل از هر درخت نمونه اندازه‌های درخت متوسط را معین می‌کند. سپس با محاسبه تعداد کل درختان گونه مورد نظر در واحد سطح جنگل مورد بررسی و ضرب کردن اندازه‌های درخت متوسط در تعداد کل درختان، هدف مورد نظر به دست می آید (عدل، ۱۳۸۶؛ Brooks, 2008,ESA21;2006, IPCC; 2003, IPPC; 1998). کلیه مراحل آزمایشگاهی که برای برگ و شاخه جهت محاسبه درصد کربن انجام گرفت، برای لاشبرگ نیز انجام شد. با این تفاوت که اعداد بدست آمده در برگ و شاخه (ضرب در ۴) شد، اما برای لاشبرگ این مرحله انجام نشد. پس از جمع‌آوری داده‌ها آن‌ها را در نرم افزار Excel به عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره نموده, سپس به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها, ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی آنها با آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه کلی توده‌ها از نظر ویژگی‌های خاک از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد. مقایسات چندگانه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی انجام گرفت. تعیین مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر میزان ترسیب کربن نیز با استفاده از رگرسیون گام به گام انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه نشان داد که از بین خصوصیات بررسی شده، هدایت الکتریکی، درصد رس، درصد شن، درصد سیلت، وزن حقیقی، رطوبت اشباع، نیتروژن کل، کربن آلی و ماده آلی در بین دو توده مورد بررسی تفاوت معنی‌داری($p< 0.01$) داشتند. در بین دو عمق (۱۵-۰ و ۳۰-۱۵

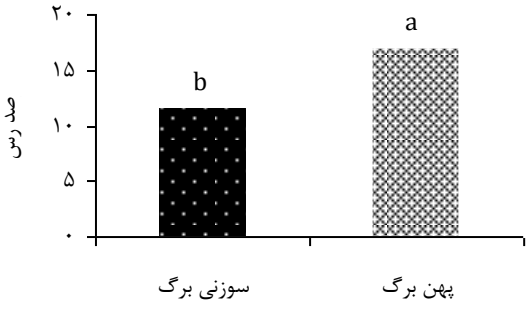
سانتیمتری)مورد بررسی درصد شن($p< 0.01$) و در اثرات متقابل توده و عمق نیز درصد شن($p< 0.05$)تفاوت آماری معنی‌داری نشان دادند (جدول۱). مقادیر هدایت الکتریکی، درصد شن، نیتروژن کل، کربن آلی و ماده آلی در توده سوزنی‌برگ بیشتر از توده پهن‌برگ بود، در حالی که مقادیر درصد رس و سیلت، درصد رطوبت اشباع و وزن حقیقی در توده پهن‌برگ بیشتر از توده سوزنی‌برگ بود. (شکل ۱). درصد شن در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری بیشتر از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری بود (شکل ۲). بررسی اثرات متقابل توده و عمق نیز نشان داد که درصد شن در دو عمق خاک توده سوزنی‌برگ بیشتر از دو عمق خاک توده پهن‌برگ بود (جدول ۲).

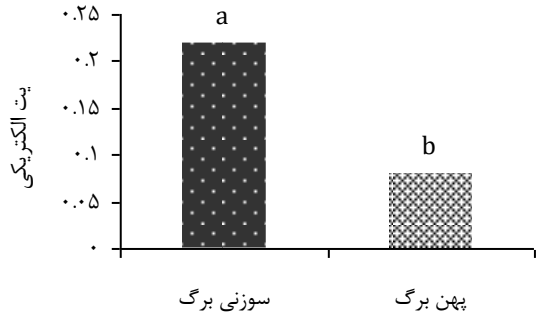
تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی خاک نشان داد که نیتروژن یکی از مهم‌ترین اجزاء تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک بوده و به تنهایی ۵۰/۸ درصد از تغییرات کربن آلی خاک را توجیه می‌کند. درصد رطوبت اشباع در درجه دوم اهمیت قرار گرفته و ۳۸/۶ درصد تغییرات را توجیه می‌کند. این دو عامل در کل ۸۹/۴ درصد تغییرات کربن آلی خاک را توجیه می‌کنند (جدول ۳).

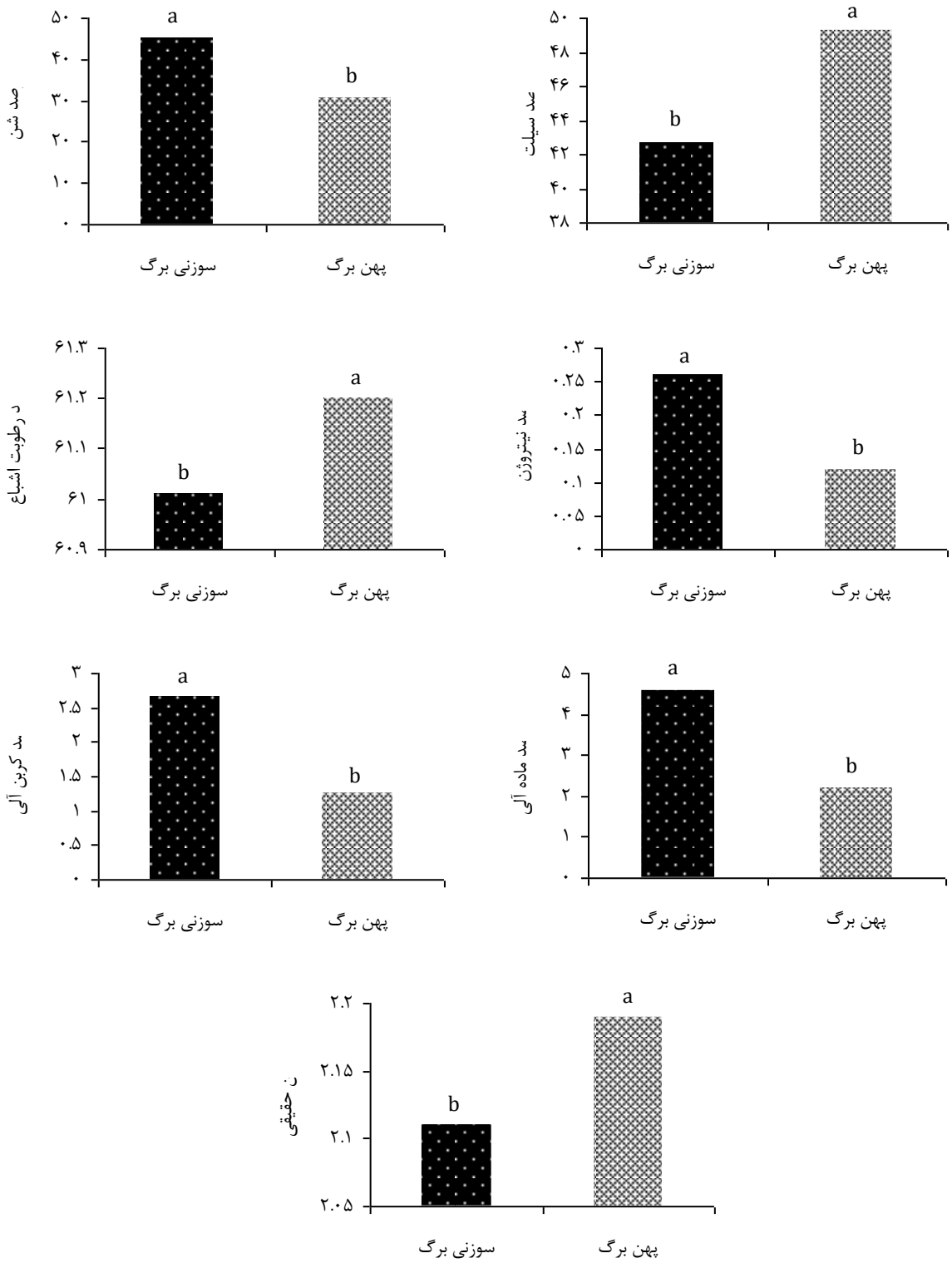
جدول۱. تجزیه واریانس صفات خاک در دو عمق ۱۵-۰ و۳۰-۱۵ سانتیمتری توده‌های مورد بررسی همراه با اثرات متقابل توده و عمق

	درجه آزادی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	رس	شن	سیلت	کربن آلی	ماده آلی	نیتروژن	وزن مخصوص ظاهری	وزن مخصوص حقیقی	رطوبت اشباع
توده	۱	۰/۲۵۹	۲/۳۰۸**	۲۱۵۲/۹۱۰**	۶۲۸۴/۶۳۶**	۲۵۸۹/۱۸۸**	۳۸/۹۵۰**	۱۱۵/۷۶۹**	۰/۳۹۲**	۰/۲۲۸	۰/۱۹۲**	۱۵۳۵/۳۶۰**
عمق	۱	۰/۱۵۱	۰/۰۰۱	۴۹/۷۹۵	۳۱۱/۹۰۵**	۸۷/۷۸۴	۰/۰۱۱	۰/۰۳۴	۰/۰۰۰	۰/۰۴۲	۰/۰۷۱	۱۶۶/۵۸۵
توده* عمق	۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	۷۳/۴۶۵	۲۲۷/۷۹۷*	۱۰/۶۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۱/۱۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۸	۰/۶۳۷

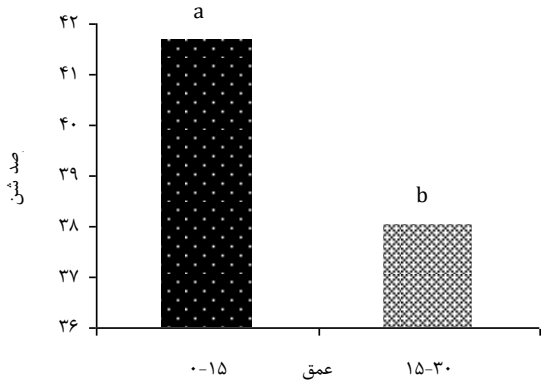
** و * به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد می‌باشد.







شکل۱. مقایسه میانگین خصوصیات خاک در توده سوزنی‌برگ و پهن‌برگ منطقه مورد مطالعه



شکل۲. مقایسه میانگین درصد شن در دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری خاک منطقه مورد مطالعه

جدول۲. مقایسه میانگین درصد شن خاک در اثرات متقابل توده و عمق

متغییر	عمق	سوزنی‌برگ	پهن‌برگ
درصد شن	۱۵-۰	۴۸/۱۸^{a}	۳۵/۰۸ ^{b}
	۳۰-۱۵	۴۷/۶۵^{a}	۲۸/۳۹^{c}

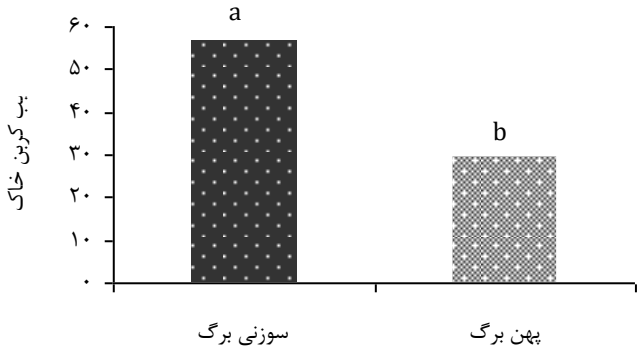
جدول۳. تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی خاک (متغیر تابع) با عوامل خاک

ضریب تبیین (R^2)	معادلات
۵۰/۸	$Y= 0.34+2.3 \times 10^{-2} X_1$
۸۹/۴	$Y= -1.5 +4.1 \times 10^{-2} X_1 2.45 X_2$

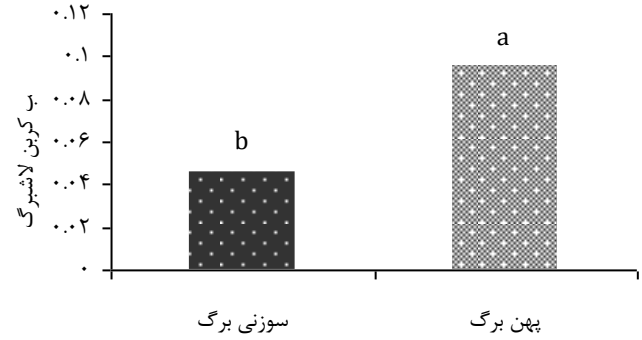
Y = وزن کربن، X_1 = نیتروژن ، X_2 = درصد رطوبت اشباع

ترسیب کربن در اجزای مختلف توده‌های مورد مطالعه

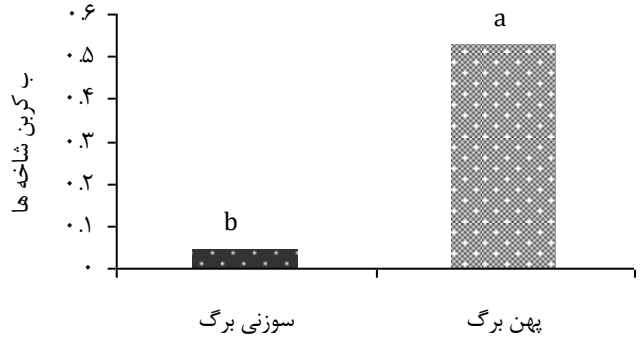
نتایج مقایسه میانگین ترسیب کربن نشان داد که مقدار ترسیب کربن در خاک توده سوزنی-برگ زربین بیشتر از توده پهن‌برگ آمیخته بود، ولی مقادیر ترسیب کربن در لاشبرگ، شاخه‌ها و برگ‌های توده آمیخته پهن‌برگ بیشتر از توده سوزنی‌برگ بود(شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶).



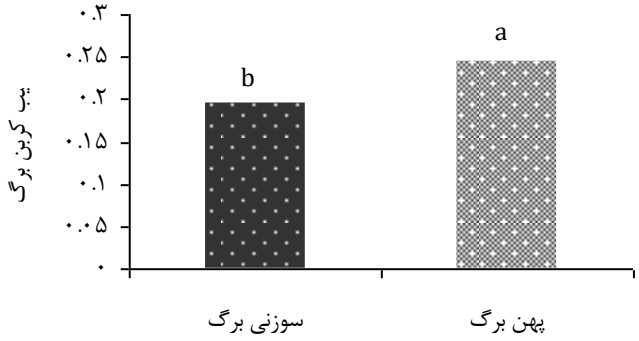
شکل۳. مقدار ترسیب کربن (تن در هکتار) در خاک توده‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مورد مطالعه



شکل۴. مقدار ترسیب کربن (تن در هکتار) در لاشبرگ توده‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مورد مطالعه



شکل۵. مقدار ترسیب کربن (تن در هکتار) در شاخه‌های توده‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مورد مطالعه



شکل۶. مقدار ترسیب کربن (تن در هکتار) در برگ‌های توده‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ مورد مطالعه

ترسیب کربن کل و مقدار دی‌اکسیدکربن جذب شده

نتایج نشان داد که کل کربن ترسیب شده در توده‌های سوزنی‌برگ خالص زربین و پهن‌برگ آمیخته به ترتیب ۵۷/۱۸۴ و ۳۰/۲۲۲ تن در هکتار بود (جدول ۴-۳). با توجه به اینکه ۲۷ درصد از وزن دی‌اکسیدکربن اتمسفری را کربن تشکیل می‌دهد (جرم اتمی کربن ۱۲ و جرم اتمی اکسیژن ۱۶ می‌باشد)، بنابراین هر تن دی‌اکسیدکربن اتمسفری معادل ۲۷۰ کیلوگرم کربن می‌باشد. در نتیجه هر تن کربن ترسیب شده معادل ۳/۷ تن دی‌اکسیدکربن اتمسفری می‌باشد. لذا هر کدام از توده‌های فوق به ترتیب باعث افزایش جذب و پالایش دی‌اکسیدکربن اتمسفری به میزان ۲۱۱/۵۸۰ و ۱۱۱/۸۲تن شده‌اند.

جدول۴. مقدار ترسیب کربن در توده‌های مورد مطالعه

توده	ترسیب کربن (تن در هکتار)				
	خاک	برگ	شاخه	لاشبرگ	کل
سوزنی‌برگ	۵۶/۹	۰/۱۹۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۶	۵۷/۱۸۴
پهن‌برگ	۲۹/۳۵	۰/۲۴۶	۰/۵۳	۰/۰۹۶	۳۰/۲۲۲

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که هر یک از توده-های مورد مطالعه اثرات متفاوتی بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک داشته‌اند. مطالعات زیادی در مورد تاثیر گونه‌های درختی متفاوت انجام شده است که نشان می‌دهند ترکیب اشکوب برین بر حاصلخیزی خاک مؤثر است (Binkley & Giardina,۱۹۹۸). تأثیر گونه-های درختی روی حاصلخیزی خاک نتیجه اثرات متقابل میان درختان و دیگر اجزاء اکوسیستم است. به عنوان مثال تأثیر تاج یک گونه بر حاصلخیزی خاک بر روی سنگ

بسترهای متفاوت فرق می‌کند. مقدار ماده آلی و کربن آلی در توده زربین بیشتر از توده پهن-برگ بود که با توجه به پایین بودن تراکم توده زربین در منطقه مورد مطالعه، علت این امر را می‌توان باز بودن تاج پوشش این توده عنوان نمود که باعث شده حرارت و نور بیشتری به کف جنگل برسد و در نتیجه تجزیه شاخ و برگ و لاشبرگ و تبدیل آن به هوموس و ماده آلی بهتر صورت می‌گیرد (Hendrix & ۲۰۰۲ Bonlen,). به طور کلی نقش پوشش گیاهی در فرآیند تشکیل خاک به خوبی ثابت شده است(Jenny،۱۹۸۰).کربن در اجزاء بیشماری از جمله بایومس و خاک ذخیره می‌شود. ذخیره کربن در کل اکوسیستم زیاد و در تعادل پویا با محیط اطراف بوده و به هنگام رشد، مرگ و تجزیه درختان تغییر می‌کند. به-علاوه نوع مدیریت انسانی و فاکتورهای دیگری از قبیل انتشار سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و بهره‌برداری و مصرف بایومس می‌توانند در جذب یا انتشار کربن توسط جنگل‌ها موثر باشند(Jabaggy & ۲۰۰۰ Jackson,).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد تغییر در مقدار ترسیب کربن خاک، به میزان ورودی کربن به خاک از طریق بقایای گیاهی و هدررفت کربن از طریق تجزیه بستگی دارد. جهت افزایش کربن در خاک، باید فعالیت‌های مدیریتی نظیر افزایش میزان کربن وارد شده به خاک مثل لاشبرگ و بقایای گیاهی و کاهش میزان تجزیه کربن خاک اعمال گردند. تغییرات مقدار و کیفیت موجودات میکروبی لایه سطحی، با توجه به مقدار لاشبرگ موجود در این لایه نیز می‌تواند بر ذخیره کربن خاک تأثیرگذار باشد. انجام اقدامات برای ترسیب کربن بر مبنای پروتوکل کیوتو یا هر پیمان بعد از آن نه‌تنها تغییرات اساسی در مدیریت اراضی را بر می‌انگیزد بلکه با افزایش ماده آلی, اثرات مستقیم چشمگیری بر خواص خاک، کیفیت کشاورزی، محیط زیست و تنوع زیستی بر جای می‌گذارد. نتیجه آن افزایش حاصل‌خیزی خاک و بهره‌وری اراضی برای تولید غذا و امنیت غذایی است. با این عمل اقتصادی ضمن پایدارتر کردن اکوسیستم, تخریب منابع خاک تعدیل یا از آن جلوگیری می‌شود. همچنین تغییرات اساسی را در مقابله با پدیده تغییر اقلیم بر می‌انگیزد.

منابع

۱- عبدی، ن.، مداح عارفی، ح، زاهدی امیری، ق، ۱۳۸۶ . بررسی مقدار ترسیب کربن در گون زارهای منطقه حفاظت شده هفتادقله اراک، مجله علمی -پژوهشی علوم کشاورزی، ویژه نامه شماره3 ، سال سیزدهم، صفحه۸۱۵-۸۰۳.

۲- عبدی نوراله ، ۱۳۸۸ . بررسی عوامل مؤثر بر ترسیب کربن خاک در مراتع استان مرکزی، چهارمین همایش ملی مرتع و مرتعداری، کرج، آبا نماه ۱۳۸۸.

۳- عبدی، ن، مداح عارفی، ح، زاهدی امیری، ق، ۱۳۸۷ . برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گونزارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه مالمیر شهرستان شازند). فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران .جلد ۱۵ ، شماره ۲ ۳۵-۲۱

۴- محمودی طالقانی ع، قوام الدین زاهدی امیری، ابراهیم ع و ثاقب طالبی خ، ۱۳۸۶ . براورد میزان ترسیب کربن خاک در جنگله‌ای تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبند در شمال کشور)، فصلنامه جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۵ صفحات۲۵۲- ۲۴۱.

۵- مخدوم م، (۱۳۸۴) اقتصاد اکولوژیکی تنوع زیستی(ترجمه)، موسسه انتشارات وچاپ دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۷۵ ص.

۶- ورامش س، ۱۳۸۸ . براورد میزان ترسیب کربن در جنگل شهری(مطالعه موردی :پارک چیتگر تهران).پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۰ ص.

۷- جعفری حقیقی .م. ۱۳۸۲. روشهای تجزیه خاک_نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی (با تاکید بر اصول تئوری و کاربردی) انتشارات ندای منحی. ۲۳۶ ص

۸- عدل،حمیدرضا،۱۳۸۶.برآورد بیوماس برگ و شاخص سطح برگ دوگونه ی عمده در جنگل های یاسوج.فصلنامه ی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران.۱۵ (۴):۴۲۶-۴۱۷.

۹- خادمی،امین،ساسان بابایی کفایی و اسداله متاجی،۱۳۸۸.بررسی مقدار زیتوده و ارتباط ان با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل های شاخه زاد بلوط(مطالعه موردی:جنگل های منطقه اندبیل خلخال)،مجله جنگل ایران،۱(۱):۶۷-۵۷

۱۰- پناهی،پریسا،مهدی پورهاشمی و مریم حسنی نزاد،۱۳۸۹،براورد زیتوده و ذخیره کربن برگ گونه ی بنه در باغ گیاه شناسی ملی ایران، مجله جنگل ایران۱،(۱۳۹۰): ۱۲-۱

۱۱- نوبخت،عباسعلی،محمدرضا پورمجیدیان ،سیدمحمد حجتی و اصغر فلاح،۱۳۸۹،مقایسه مقدار ترسیب کربن خاک در جنگلکاری های خالص سوزنی برگ و پهن برگ (مطالعه موردی:طرح جنگلداری دهمیان ،مازندران)،مجله جنگل ایران،۱، (۱۳۹۰):۲۳-۱۳

12- Derner, J.D. and Schuman, G.E., 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of
land management and precipitation effects, Journal of Soil and Water Conservation, 62: 2, 77-85.

13- Woomer D.L, Tourc A. Sall, 2004. Carbon Stocks in Senegals Sahel transition zone. Journal of Arid Environments.134-147

14- Lal R., 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect.
Critical Reviews in Plant Sciences 22: 2, 151-184.

15- MacDicken K.G., 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry
Projects. Winrock Internationl Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program.

16- William, E. 2002. Carbon dioxid fluxes in a semi arid environment with high carbonate. soils. J. Agric. Fore. Met . 116:91-102

17- Scott, N. 2000. Land- cover effects on soil carbon storage in New Zealand. A national monitoring system. Advances in terrestrial ecosystem carbon inventory, measurementand monitoring conference in Raleigh, North Carolina, October3-5, 2000. ,
18- Petit, J.R., J. Jouzel., M. Raynaud., M. Barnola., J. Chappelaz., M. Davis., M Delayque., M. Kotlyakov., M. Legrand., V. Lipenakov., C. Lorius., L. Pepin., C. Ritz E. Saltzmam. and M. Stivenard. 1999. Climate and atmospheric history of past 420000 years from the vostock ice core antarctica. nature 399: 429-436.
19- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, Geoderma, 123: 1-22
20- Brooks, R. 1998. Carbon sequestration what s that? J. Fore Manag. 32: 2-4 .
21- Hernandez, R., P.,koohafkan, J.,Antoine .2004. Assessing Carbon Stocks and modeling winwin
Scenarios of carbon sequestration through land-use change.166 pp.
22- Lal, R., 2001. The potential of soil carbon sequestration in forest ecosystems to mitigate
thegreenhouse effect. In: Lal, R. (Ed.), Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect. Soil
Science Society of America Special Publication 57 Soil Science Society of America, Madison, WI.
23- Jenny, H., 1994. Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology. Dover Press,
New York.

Comparison of carbon sequestration in natural coniferous and deciduous masses (Case study: Marzanabad-Chalous)

Nahramin Hoseini[1], Ali Sheikholeslami[2]

Abstract

Rising greenhouse gases have led to climate change and global warming, which is one of the major challenges in the discussion of sustainable development and has had detrimental effects on human life on Earth. Carbon sequestration in terrestrial ecosystems, such as forests, is the simplest and most economically viable solution to reduce atmospheric carbon. This study is carried out in needles, pure mulberry leaves and broadleaf mixed in Hassanabad Chalous region and the amount of carbon deposited in biomass (leaves and branches), soil (at two depths of 0-15 and 15-30 cm) and litter were estimated. The results showed that the amount of carbon sequestration in each of the needle, leaf and broadleaf masses was 57.184 and 30.222 tons per hectare, respectively, whose economic value was calculated as $ 11437 and 60445 per hectare, respectively. The results showed that the amount of carbon sequestration in each of the needle-leaf and broadleaf stands was 57.184 and 30.222 tons per hectare, respectively, and its economic value was calculated as $ 11437 and 60445 per hectare, respectively. The values of diameter equal to breast, height, and cross-sectional area equal to breast, trunk volume, and canopy volume were also significantly higher in the pure mass of Zarbin than the broadleaf mass. Also, the results of stepwise regression showed that nitrogen and soil saturation moisture content were the most important factors affecting soil organic carbon.

Keywords: Climate change, Forest, Carbon sequestration, Soil, Hasnaabad Chalous forests

[1]Department of Forestry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran, Narmin_hoseini@yahoo.com

2 Department of Forestry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran(Author)