اثر سامانه آگروفارستری بر خصوصیات لایه سطحی خاک

(مطالعه موردی منطقه بیارجمند- استان سمنان)

سید جواد آمیقی[1]، حمید رضا عسکری[2] و واحد بردی شیخ[2]

چکیده

این تحقیق در دو منطقه زیر درختان و بین‌درختان در مزرعه دارای سیستم آگروفارستری به همراه مزارع اطراف (به عنوان شاهد) که فاقد سیستم آگروفارستری بودند، در جنوب بیارجمند صورت گرفت. برای نمونه‌برداری به روش سیستماتیک – تصادفی (از پای درختان، بین درختان و منطقه شاهد)، تعداد ۲۰ نمونه خاک از دو عمق (۲۵ – ۰ و ۵۰ – ۲۵ سانتی‌متر) از مناطق مورد نظر برداشت گردید و مقادیر کربن ترسیب شده در خاک اندازه‌گیری شد. هم‌چنین در این مطالعه رابطه بین برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک با کربن آلی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن در واحد سطح در زیر درختان حدود ۳۱ تن بیشتر از بین درختان (۴۲ تن در هکتار) بود. هم‌چنین میزان کل کربن اندازه‌گیری شده در بین درختان نیز به‌صورت معنی‌داری بیشتر از مزرعه شاهد (۷/۴ تن در هکتار) بود. هم‌چنین مقدار کربن ترسیب شده در لایه اول (عمق ۲۵-۰ سانتی‌متر) زیر درختان و بین درختان بیشتر از لایه دوم (عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متر) بود. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی با عوامل دیگر بررسی شده خاک نشان داد که تجمع کربن در خاک به علت تغییر pH خاک بوده است. ماسه و نیتروژن نیز در درجه بعدی اهمیت قرار گرفته و به‌ترتیب ۱۳/۴ و ۵/۶ درصد از تغییرات مقدار کربن را توجیه کردند.

واژه‌های کلیدی: سیستم آگروفارستری، ترسیب کربن، خصوصیات خاک.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۷

۱- کارشناس ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. **javad_amighi@yahoo.com**

۲- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

مقدمه

آگروفارستری یک فناوری جامع برای بهره برداری پایدار از زمین محسوب می‌شود که از طریق کاشت تلفیقی گونه‌های درختی، مرتعی و زراعی در یک ناحیه مشخص و با اعمال مدیریت‌های خاص ایجاد می‌گردد. اجرای این روش بهره‌برداری از اراضی می‌تواند در ترسیب هر چه بیشتر کربن در خاک موثر واقع شود. دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است که افزایش احتراق سوخت‌های فسیلی و جنگل تراشی از عوامل موثر در افزایش میزان آن در اتمسفر می‌باشند. کربن اتمسفری از طریق جذب طول موج‌های بازتابی باعث افزایش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی می‌گردد که یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار محسوب شده و اثر منفی بر اکوسیستم‌های خشکی و دریایی دارد (Hamburg *et al.*, 1997). مقدار ماده آلی که به طور عمده به عنوان یکی از شاخص‌های اولیه کیفیت خاک در کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست در نظر گرفته می‌شود، به دلیل افزایش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی کاهش می‌یابد (Shakiba, 2000).

کربن در بخش‌های مختلف از اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند ترسیب شود که مهم‌ترین آن‌ها خاک می‌باشد، به طوری که افزایش ذخیره کربن در خاک یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش CO_2 اتمسفری بوده و حدود ۷۵ درصد ذخیره کربن خشکی را در بر می‌گیرد (Schlesinger, 1999). بسیاری از برنامه‌هایی که جهت اصلاح خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد از قبیل جنگل‌کاری، از طریق افزایش ترسیب کربن نقش عمده‌ای در حفظ توازن چرخه جهانی کربن ایفا می‌کنند. هر ساله مقدار زیادی کربن (بیش از ۱۰۰ میلیارد تن) در مقیاس جهانی ترسیب می‌شود که ذخیره کربن آلی خاک یکی از عمده‌ترین ذخایر کربن درسطح زمین می‌باشد، به طوری که این مقدار حدود ۱۵۰۰ گیگا تن برآورد شده است (Amundson, 2001).

وسعت زمین‌های بایر و رها شده در جهان حدود یک میلیارد هکتار بوده و اگر تولید در این عرصه ها سالانه ۱۲ تن ماده خشک در هکتار فرض شود، در حدود ۵ گیگا تن کربن در سال جذب خواهد شد (Birdsey, 1992). بنابراین برای حفظ غلظت فعلی گاز کربنیک برای یک دوره ۹۰ ساله، حدود ۵۲۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری لازم خواهد بود و در صورت بکارگیری پوشش گیاهی پایا و کاشت درختان در قالب جنگل کاری می‌توان علاوه بر تولید فضای سبز و چوب و سایر مزایای جنگل به هدف ذخیره سازی کربن نیز نائل آمد (Barnes *et al,* 1998).

زروا (Zerva, 2004) با بررسی اثرات جنگل‌کاری بر بیشه زارهای طبیعی اعلام داشت که جنگل کاری در بیشه‌زارها به منظور تولید چوب اگر چه در ابتدا باعث کاهش ترسیب کربن خاک شده، اما با رشد درختان کاشته شده کمبود کربن خاک جبران می‌گردد. مطالعات محمودی طالقانی و همکاران (Mahmoud Taleghani *et al.*, 2007) در جنگل‌های شمال ایران نشان داد که حجم هر هکتار از جنگل و تنوع در ترکیب و آمیختگی گونه‌ها از عوامل مهم اثرگذار بر مقدار ترسیب کربن خاک بودند.

با توجه به مطالب مذکور، هدف از این پژوهش مشخص نمودن قابلیت ترسیب کربن خاک در اراضی دارای سیستم آگروفارستری و مقایسه میزان ترسیب کربن در خاک در زیر درختان با خاک حد فاصل درختان و منطقه شاهد (مزرعه فاقد درخت) بود. هم‌چنین ارتباط کربن آلی خاک با برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بیارجمند یکی از بخش‌های استان سمنان بوده که از شمال به جاده آسفالته تهران- مشهد و شهرستان میامی و از جنوب به کویر مرکزی ایران و از شرق به شهرستانهای طبس و کاشمر و سبزوار محدود می‌باشد. منطقه جغرافیایی تحقیق در محدوده ای با عرض جغرافیایی "۶۰ ٬۴ °۳۶ و طول جغرافیایی "۵۲ ٬۴۸ °۵۵ به مساحت ۱۰۰ هکتار واقع گردیده که در آن گندم در حد فاصل بین درختان زیتون کاشته شده بود.

جهت انجام این تحقیق، پس از مطالعات و بررسی‌های اولیه، منطقه دارای سیستم آگروفارستری (زراعت – جنگل‌کاری) و منطقه شاهد انتخاب گردید. سپس از مزرعه تحت سامانه آگروفارستری و منطقه شاهد (اراضی کشاورزی فاقد سامانه آگروفارستری) به روش سیستماتیک – تصادفی به تعداد ۲۰ نمونه از عمق سطحی (۲۵-۰ سانتی متر) و ۲۰ نمونه از عمق زیر سطحی (۵۰- ۲۵ سانتی‌متر) و هم‌چنین ۲۰ نمونه نیز از دو عمق مذکور از منطقه شاهد برداشت گردید. لازم به ذکر می‌باشد به منظور به حداقل رساندن خطا، چهار نمونه خاک از چهار گوشه پلات (۱×۱ متر) برداشت شد و سپس نمونه‌ها با هم مخلوط گردید. به این ترتیب در هر منطقه

(زیر درختان، بین درختان و منطقه شاهد) از هر عمق، ۲۰ نمونه برداشت شد.

ابتدا در آزمایشگاه درصد سنگ و سنگریزه محاسبه گردید. بافت خاک با استفاده از روش چگالی‌سنج بایکاس (Zarrinkafsh, 1998) و وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب تعیین شد. اندازه‌گیری میزان نیتروژن خاک با استفاده از دستگاه کجلدال انجام شد (Zarrinkafsh, 1998). ماده آلی و کربن آلی با استفاده از روش سرد بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکرمات پتاسیم ($K2Cr2O_2$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) اندازه‌گیری گردید (Ritvo *et al*., 2003). اسیدیته گل اشباع به روش پتانسیومتری، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و هم‌چنین درصد رطوبت اشباع خاک اندازه گیری شدند (Ritvo *et al.*, 2003). سپس نتایج حاصل وارد نرم‌افزار SPSS گردید و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس داده‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه کلی سه تیپ از نظر ویژگی‌های خاک از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده گردید .برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها با توجه به داشتن منطقه شاهد همجوار (مزرعه فاقد سیستم آگروفارستری)، از آزمون حداقل تفاوت‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج

نتایج نشان داد که کل کربن ترسیب شده در زیر درختان و بین درختان به ترتیب ۷۵ و ٤۲ تن در هکتار و در قطعه شاهد، ۷/٤ تن در هکتار بود. به طوری که ترسیب کربن در زیر درختان به طور معنی‌داری بیشتر از خاک واقع در حدفاصل بین درختان و مزرعه شاهد بود (شکل ۱). مقایسه کربن آلی خاک در دو عمق ۲۵-۰ و ۵۰-۲۵ سانتی‌متری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین کربن آلی موجود در افق اول و دوم مناطق مورد بررسی وجود دارد. به طوری که بیشترین مقدار کربن آلی در عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری در زیر درختان و کمترین مقدار آن در قطعه شاهد مشاهده گردید (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد سنگ و سنگ‌ریزه، رطوبت اشباع، شن، رس، کربن آلی، ماده آلی، نیتروژن، pH و نسبت کربن به نیتروژن و درصد سیلت در بین توده‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشت. هم‌چنین اختلاف pH، کربن آلی، ماده آلی، نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن، وزن مخصوص ظاهری و هدایت الکتریکی در بین دو عمق مورد بررسی خاک معنی‌دار بود. اثرات متقابل توده و عمق بر کربن ماده آلی، نیتروژن و pH معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین صفات خاک در زیر درختان و بین درختان و مزرعه شاهد همه صفات مذکور اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در مقایسه بین درختان با مزرعه شاهد به غیر از نیتروژن، بقیه صفات دارای اختلاف معنی‌داری بودند. در مقایسه زیر درختان و بین درختان نیز به غیر از ماسه، رس، سیلت و نسبت کربن به نیتروژن، بقیه صفات اختلاف معنی‌داری داشتند.

هم‌چنین نتایج نشان داد که در دو عمق ۲۵-۰ و ۵۰- ۲۵ سانتی‌متری به غیر از pH، ماده آلی و نیتروژن، بقیه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین صفات خاک در اثرات متقابل منطقه و عمق (جدول ٤) نیز نشان داد که کربن و ماده آلی در همه حالات مذکور دارای اختلافات معنی‌داری بودند. نیتروژن نیز به غیر از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری بین درختان و مزرعه شاهد و عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری بین درختان و مزرعه شاهد در بقیه حالات دارای اختلاف معنی‌داری بود. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی با عوامل دیگر بررسی شده خاک (جدول ۵) نشان داد که تجمع کربن در خاک به علت تغییر pH خاک بوده است. ماسه و نیتروژن نیز در درجه بعدی اهمیت قرار گرفته و به‌ترتیب ۱۳/٤ و ۵/٦ درصد از تغییرات مقدار کربن را توجیه کردند.

حدود ۲۳ هکتار از مساحت کل مزرعه را درختان و ۲۰ هکتار آن به فضای بین درختان و گندم اختصاص داشت، با احتساب این که هر هکتار به ترتیب ۵۲/۸ و ٤۷/۲ تن کربن آلی خاک را افزایش داده‌اند، بنابراین فضای زیر درختان و بین درختان، در مقایسه با مزرعه شاهد اطراف به ترتیب باعث افزایش ترسیب کربن آلی خاک به مقدار ۱٤۹۲٦ و ۳۳۵۳ تن شده‌اند. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن آلی خاک در زیر درختان حدود ۳۱ تن در هکتار بیشتر از مقدار کربن ترسیب شده در خاک حدفاصل درختان بود، دلیل این امر را می‌توان وجود مواد آلی بیشتر که از ریزش لاشبرگ حاصل از زیتون در این منطقه دانست. مقدار کربن ترسیب شده در لایه اول (عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری) زیر درختان و بین درختان، در مقایسه با لایه دوم (عمق ۵۰-۲۵ سانتی‌متری) بیشتر بود، این

نتیجه را می‌توان به روند تدریجی تجزیه لاشبرگ و تبدیل آن به هوموس مرتبط دانست، نتایج حاصله با تحقیقات سینگ (Singh, 1993) که اظهار داشت با ریزش شاخ و برگ درختان بر میزان هوموس و مواد آلی افزوده می‌شود که خود این فرآیند افزایش میزان کربن را سبب می‌شود مطابقت دارد. نتایج تحقیقات ورامش (Vramsh, 2010) و سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2003) بیانگر رابطه ترسیب کربن آلی خاک با درصد پوشش گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاشبرگ و بقایای گیاهی، نوع کاربری اراضی و مدیریت می‌باشد. بنابراین اگر در یک منطقه پوشش گیاهی به خوبی استقرار یابد، در بلندمدت مقدار کربن آلی خاک افزایش می‌یابد، زیرا تغییرات کربن آلی خاک تدریجی می‌باشد.

در مزرعه شاهد، مقدار ترسیب کربن در لایه دوم خاک بیشتر از لایه اول بود. با توجه به مشاهده آثار فرسایش سطحی شدید در مزرعه شاهد در مقایسه با مزرعه دارای سیستم آگروفارستری، این مسأله را می‌توان به هدررفت کربن آلی خاک در اثر فرسایش سطحی مرتبط دانست. ورامش (Vramsh, 2010) معتقد است به دلیل این که قسمت اعظم کربن در خاک سطحی ترسیب می گردد، بنابراین فرایند فرسایش خاک موجب اتلاف کربن می‌گردد، در مقابل هرگونه عملیات بیولوژیکی و مکانیکی که مانع سیر قهقرایی خاک و پوشش گیاهی شود، قطعاً گام مثبتی در جهت مدیریت ترسیب کربن خواهد بود.

بالوک و اوادس (Baldock and Oades, 1992) معتقدند تجمع کربن آلی در عمق‌های مختلف خاک به مقدار هوموس، سطح تاج پوشش و نوع گونه‌های موجود بستگی دارد. در خصوص وجود ارتباط بین ترسیب کربن خاک و مقدار اسیدیته خاک تحقیقات اندکی صورت گرفته و نتایج متفاوتی نیز به دست آمده است، بدین صورت که اظهار نظرهایی وجود دارد که بیانگر وجود رابطه مستقیم و معنی‌داری بین افزایش میزان کربن خاک و اسیدیته خاک می‌باشد (Zahedi, 1998) و در مواردی نیز اعلام گردیده که رابطه بین میزان کربن و اسیدیته خاک رابطه مستقیمی وجود ندارد (Coomes *et al*., 2000).

با احتساب این‌که ۲۷ درصد از وزن دی اکسیدکربن اتمسفری را کربن تشکیل می‌دهد، در نتیجه هر تن کربن ترسیب شده معادل ۳/۷ تن دی اکسیدکربن اتمسفری می‌باشد. توجه به این‌که هر یک از مناطق زیر درختان و بین درختان به ترتیب باعث افزایش ترسیب کربن خاک به میزان ۵۲/۸ و ٤٧/٢ تن در هکتار و در کل سطح به ترتیب ١٤٩٢٦ و ٣٣٥٣ تن نسبت به مزرعه شاهد شده‌اند، لذا هر کدام از مناطق فوق به ترتیب باعث افزایش جذب و ترسیب کربن اتمسفری به میزان ۵۲۷۱۰ و ۱۳۳۷۸ تن در مدت ٤٠ سال شده‌اند. پالایش کربن اتمسفری با استفاده از روش های مصنوعی هزینه‌های سنگینی را در بر دارد، به طوری که این هزینه را در آمریکا حدود ۳۰۰-۱۰۰ دلار برای هر تن کربن ترسیب شده در هکتار تخمین زده‌اند (Finer, 1996). در صورتی که این هزینه به طور میانگین ۲۰۰ دلار برای هر تن ترسیب کربن در هکتار در نظر گرفته شود (Vramsh *et al*., 2010)، بنابراین ارزش اقتصادی حاصل از ترسیب کربن خاک در زیر درختان و بین درختان در منطقه تحت سیستم آگروفارستری به ترتیب معادل ۱۱/۲ و ۲/۷ میلیون دلار می‌باشد. چنان‌چه مقدار کربن ترسیب شده در بیوماس هوایی و زیرزمینی درختان به عدد یاد شده اضافه گردد، اهمیت اقتصادی پروژه‌های جنگل کاری از حیث ترسیب کربن چشم‌گیرتر می‌شود. هم‌چنین با توجه به این‌که قسمت عمده کربن خاک در عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری ذخیره گردیده است، این فرایند به افزایش حاصل‌خیزی و بهبود سیستم هیدرولوژی خاک و نیز جلوگیری از فرسایش کمک شایانی نموده است. بهبود کیفیت آب و خاک، کاهش هدررفت مواد آلی، کاهش فرسایش، افزایش نگهداری آب و تولید محصول بیشتر نیز از مزایای ترسیب کربن در خاک می‌باشد (Schlesinger, 1999). پتانسیل ترسیب کربن بر حسب گونه گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است (New Comb, 1999).

در مجموع می‌توان بیان داشت که با شناخت نوع کشت (سیستم قابل اجرا در زمین زراعی) و هم‌چنین گونه‌هایی که دارای قابلیت بیشتری جهت ترسیب کربن بوده و هم‌چنین بررسی عوامل مدیریتی که بر فرآیند ترسیب کربن تأثیرگذار هستند، می‌توان اصلاح و احیای اراضی از منظر شاخص ترسیب کربن را دنبال نمود. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیای محیط زیست باشد، چرا که ضمن تأمین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک، می‌تواند راهکاری موثر در جهت مقابله با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار محسوب گردد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات خاک در دو عمق مورد بررسی در سامانه آگروفارستری و زمین زراعی گندم (شاهد) در منطقه بیارجمند - سمنان (۱۳۹۱)

Table 1. Analysis of variance for soil characteristics in two agroforestry and wheat farming systems (control) in Biarjomand, Semnan (2012)

	D.F.	carbon (%)	Organic matter (%)	Electrical conduction	nitrogen (%)	carbon/ nitrogen	Stone and aggregate (%)	Apparent special weight	acidity (pH)	saturation moisture (%)	silt (%)	sand (%)	clay (%)
location	2	6.4**	19.18**	0.008	0.16**	767.345**	0.066**	0.043	1.11**	0.02**	147.77**	2475.58**	1509.08**
depth	1	1.09**	3.25**	0.29*	0.48**	591.451**	0.016	0.23*	0.45**	0.004	5.44	0.44	12.25
location×	2	0.72**	2.14**	0.052	0.77**	107.755	0.033	0.01	0.16*	0.004	16.44	28.69	7.58
depth error	30	0.018	0.052	0.046	0.008	50.7	0.225	0.037	0.032	0.002	27.6	53.1	14.9
C.V. (%)		13.49	13.51	25.9	11.47	20.98	18.68	12.11	2.29	13.51	22.9	13.25	17.1

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱ ٪

ns, *, **: non–significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات خاک در سامانه آگروفارستری و زراعت گندم (شاهد) در منطقه بیارجمند سمنان

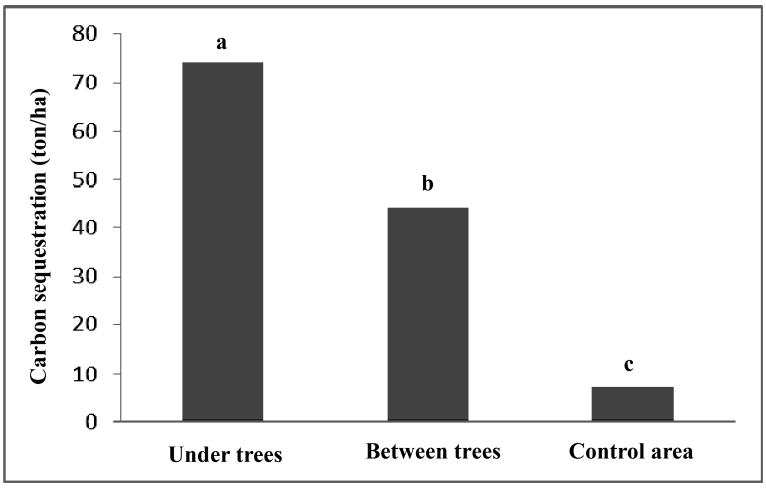
Table 2. Mean comparison of soil characteristics in agroforestry and wheat farming systems (control) in Biarjomand, Semnan

location	carbon (%)	Organic matter (%)	N (%)	carbon/ nitrogen	Stone and aggregate (%)	acidity (pH)	Saturation moisture (%)	silt (%)	sand (%)	clay (%)
Under trees	1.68	2.89	0.106	21.39	0.335	7.5	0.43	21.1	63.5	15.4
Between trees	1.055	1.81	0.041	30.01	0.35	7.8	0.304	20.2	63.08	16.9
Control area	0.217	0.37	0.032	7.22	0.218	8.114	0.387	27	38	35
LSD 5 %	0.11	0.19	0.010	8.87	0.071	0.149	0.388	4.31	6.046	3.195

جدول ۳ – مقایسه میانگین صفات خاک در دو عمق مورد بررسی تحت سامانه آگروفارستری در منطقه بیارجمند سمنان

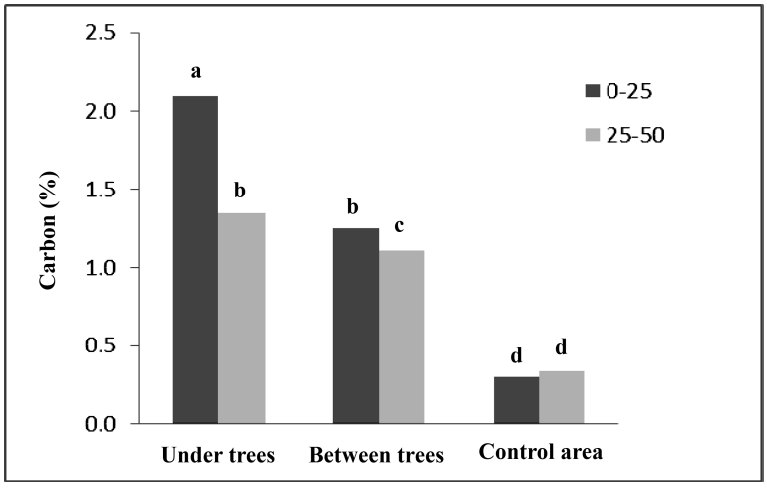
Table 3. Mean comparison of characteristics of the soil at two depths in agroforestry system in Biarjomand, Semnan

depth (cm)	carbon (%)	Organic matter (%)	Electrical conduction (dS/m)	N (%)	Carbon/nitrogen	Appearant special weigth (g/cm^3)	acidity (pH)
0-25	1.15	1.99	0.13	0.08	13.83	1.51	7.71
25-50	0.81	1.39	0.32	0.03	24.25	1.66	7.93
LSD 5 %	0.09	1.17	0.14	0.06	7.03	0.13	1.21



شکل۱- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک در سامانه آگروفارستری و زمین زراعی گندم (شاهد) در منطقه بیارجمند- سمنان (۱۳۹۱)

Figure 1. Comparison of mean soil carbon sequestration in agroforestry and wheat farming systems (control) in Biarjomand, Semnan (2012)



شکل ۲- مقایسه میانگین درصدکربن آلی خاک در سامانه آگروفارستری و زمین زراعی گندم (شاهد) در منطقه بیارجمند- سمنان (۱۳۹۱)

Figure 2. Average comparison of soil carbon percentage in agroforestry and wheat farming systems (control) in Biarjomand, Semnan (2012)

جدول ٤ - مقایسه میانگین اثرات متقابل منطقه کاربری و عمق روی صفات خاک تحت سامانه آگروفارستری

Table 4. Interaction effects mean comparison of the land use and depth on the soil characteristics in agroforestry system

location	depth (cm)	carbon (%)	Organic matter (%)	acidity (pH)	N (%)
Under trees	0-25	2.1	3.36	7.26	0.163
	25-50	1.23	2.12	7.75	0.048
Between trees	0-25	1.15	1.99	7.8	0.057
	25-50	0.953	1.6	7.91	0.026
Control area	0-25	0.19	0.328	8.08	0.035
	25-50	0.243	0.418	8.148	0.028
LSD 5 %	-	0.156	0.268	0.21	0.015

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی (متغیر تابع) با عوامل خاک

Table 5. Stepwise regression analysis of organic carbon (dependent variable) and soil factors

equations	Coefficient R^2
$Y= 15.3-1.8X_1$	68.2
$Y= 10.35 – 1.15X_1 -3.05\times10^{-2} X^2$	81.6
$Y= 4.3-0.41X_1-3.6\times10^{-2}X_2 +0.97X_3$	87.2

Y= carbon weigth pH=X_1 X_2 = sand X_3= N

References

Allison LE (1975) Organic carbon. In: Black CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE (Eds.), Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, 1367 pp.

Amundson R (2001) The carbon budget in soils. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 29: 535–562.

Baldock JA, Oades JM (1992) Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state. C NMR spectroscopy. Biogeochemistry 16: 1-42.

Banfield GE, Bhatti JS, Jiang H, Apps MJ, Karjalainen T (2002) Variability in regional scale estimates of carbon stocks in boreal forest ecosystems: results from westcentral Alberta. Forest Ecological Managmant 169: 15–27.

Barnes BV, Zak DR, Denton SR, Spurr SH (1998) Forest ecology. 4th edition. John Wiley and Sons, Inc, New York, 56 pp.

Bauer A, Cole CV, Black AL (1987) Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems. Soil Science Society of America Journal 51: 176–182.

Birdsey RA (1992) Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems. Washington DC: USDA Forest Service. 12 pp.

Blake GR, Hartge KH (1986) Bulk density. In: Klute A (Ed.), Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America Pub. 9(1): 363-376.

Chandler RF (1939) Cation exchange properties of certain forest soils in the Adirondack section. Journal of Agricultural Research 59: 491–505.

Coomes DA, Allen BB, Scott NA, Goulding C, Beets P (2000) Designing system to monitor the carbon stock. Forest Ecology and Management 6: 245-259.

Davidson EA, Ackerman IL (1993) Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. Biogeochemistry 20: 161-193.

Finer L (1996) Variations in the amount and quality of litterfal in a *Pinus sylvestris* L. stand growing on a bog. Forest Ecology and management 80: 1-11.

Hamburg SP, Harris N, Jaeger J, Karl TR, McFarland M, Mitchell JFB, Oppenheimer M, Santer S, Schneider S, Trenberth K E, Wigley TML (1997) Common questions about climate change. United Nation Environment Program, World Meteorology Organization. 85 pp.

Hernandez R, Koohafkan P, Antoine J (2004) Assessing carbon stocks and modeling winwin scenarios of carbon sequestration through land-use change. FAO, Rome, 166 pp.

Hu YL, Zeng DH, Fan ZP, Chen GS, Zhao Q Pepper D (2008) Changes in ecosystem carbon stocks following grassland afforestation of semiarid sandy soil in the southeastern Keerqin sandy lands of China. Journal of Arid Environments 72: 2193–2200.

Losi CJ, Siccama TG, Juan RC, Morales E (2003) Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. Forest Ecology and Management 184: 355–368.

Mahmoud Taleghani AL., Zahedi Amiri GHA, Adeli E, Sagheb Talebi K (1386) Estimating soil carbon sequestration in managed forests. Journal of Forest and Poplar Research 15(3): 252-241.

Maranona T, Ajbiloua R, Ojedab F, Arroyob J (1999) Biodiversity of woody species in oak woodlands of southern Spain and northern Morocco. Forest Ecology and Management 115: 147-159.

McDicken KG (1997) A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. 91 pp.

New Comb K (1999) Farming system carbon sequestration, sustainable intensive and management and trade in certified emission reductions. Proceeding of the World Bank Round Table, June 15 and 16 1999, 24 pp.

Paul KI, Polglase PJ, Nyakuengama JG, Khanna PK (2002) Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management 168: 241-257.

Powers JS, Schlesinger WH, (2002) Relationships among soil carbon distributions and biophysical factors at nested spatial scales in rainforests of northeastern Costa Rica. Geoderma 109: 165–190.

Pussinen A, Karjalainen T, Mäkipää R, Valsta L, Kellomäki S (2002) Forest carbon sequestration and harvest in scots pine stand under different climate and nitrogen deposition scenarios. Forest Ecology and management 158 (1-3): 103-115.

Schlesinger WH (1999) Soil organic matter as a source of atmospheric CO2. Department of Botany. North Carolina, USA. pp: 111-125.

Shakiba A (2000) Potential effect of global climate change on carbon sequestration in soils. Ph.D. Thesis, The University of Leeds. School of Geography. 130 pp.

Singh G, Bala N, Chaudhuri KK, Meena RL (2003) Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Indian Forester 129: 859-864.

Singh G, Singh NT (1993) Mesquite for revegetation of salt lands. Central Soil Salinity Research Institute. Bulletin No. 18: 20-26.

Vramsh S, Hosseini SM, Abdi NA (1388) Comparison of broad-leaved and coniferous species carbon sequestration in urban forests. M.Sc. Thesis, College of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Iran. (In Persian With English Abstract).

Wilcox CS, Dominguez J, Parmelee RW, Mc Cartney DA (2002) Soil carbon and nitrogen dynamics in *Lumbricus territories*. L. middens in four arable, a pasture, and a forest ecosystem. Biology and Fertility of Soil 36: 26–34.

Zahedi Gh (1998) Relation between vegetation and soil characteristics in a mixed hard wood stand. Academic Press, Ghent University (Belgium). 319 pp.

Zarrin Kafsh M (1998) Fundamentals of soil science and the environment associated with the plant. Technology Center, Islamic Azad University Press, 809 pp. [In Persian with English Abstract].

Zerva A, Mencuccini M, Smith K (2004) Effect of afforestation and forest management on soil carbon dynamic and trace gas emission in a *Stika spruce* (*Picea sitchensis* (Bong) Carr.) forest. Institute of Atmospheric and Environmental Science. Edinburgh. 271 pp.