

اثر تغییر کاربری مرتع به جنگل کاری بر ذخایر کربن آلی و برخی خصوصیات خاک (مطالعه موردی: جنگل کاری حسن آباد سنندج)

- ❖ نسیبه قنبری؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ دکتر حسین آذر نیوند*؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ دکتر حامد جنیدی جعفری؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
- ❖ دکتر محمد جعفری؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تغییر کاربری مرتع به جنگل کاری بر میزان ترسیب کربن و ذخیره ازت در منطقه جنگل کاری شده حسن آباد در شهرستان سنندج صورت گرفت. توده‌های مورد مطالعه شامل سرونقره‌ای، کاج تهران، زبان گنجشک، افاقیا و سروخمره‌ای با متوسط سن ۲۰ سال و مرتع مجاور که در آن تغییر کاربری ایجاد نشده و از لحاظ شرایط فیزیوگرافی و اقلیمی مشابه بودند به عنوان شاهد انتخاب شد. نمونه‌برداری از خاک در توده‌های جنگل کاری شده و شاهد انجام شد و خصوصیات کربن آلی، ازت، فسفر، پتاسیم، وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد رس، سیلت و ماسه اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه اثر اجرای عملیات جنگل کاری با شاهد بر خصوصیات خاک از آزمون t مستقل و به منظور مقایسه اثر گونه‌های مختلف جنگل کاری شده بر خصوصیات خاک از تجزیه واریانس یکطرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. نتایج نشان داد که گونه افاقیا تأثیر قابل توجهی در افزایش کمی کربن و ازت ترسیب شده و مقدار فسفر و پتاسیم خاک داشت و در مجموع در توده افاقیا مقدار کربن ترسیب شده و ازت ذخیره شده در خاک ۸۰/۶۲ و ۵/۴۲ و در تیمار شاهد ۴۷/۰۵ و ۳/۰۸ تن در هکتار محاسبه شد. تیمار افاقیا باعث افزایش مقدار کربن و ازت خاک به مقدار ۷۱ و ۷۵ درصد شد و کمترین مقدار کربن و ازت در خاک توده سرو نقره‌ای بدست آمد. نتیجه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب از مهم‌ترین اجزای تأثیر گذار بر مقدار کربن ترسیب شده در خاک در توده‌های بررسی شده است.

کلید واژگان: تغییر کاربری، عملیات اصلاحی، جنگل کاری، ترسیب کربن، ذخیره ازت

۱. مقدمه

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار است که اثرات منفی چشم‌گیری بر اکوسیستم‌های خشکی و دریایی دارد [۳۹]. این پدیده در اثر مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی و همچنین تغییر کاربری اراضی طبیعی و در پی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به خصوص دی‌اکسید کربن در اتمسفر، به وجود آمده است [۶].

دی‌اکسید کربن یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که در دهه‌های اخیر افزایش مقدار آن در اتمسفر سبب گرم شدن هوای زمین شده است. گرم شدن هوا اثرات مخربی بر حیات موجودات داشته و سبب تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، وقوع سیل و خشکسالی و برهم خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی و در نهایت کاهش پتانسیل تولید اکوسیستم‌ها می‌شود. در ۱۵۰ سال اخیر مقدار دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر در اثر فعالیت‌های انسانی افزایش یافته است و میزان آن از ppm ۳۸۷ در سال ۱۸۵۰ قبل از انقلاب صنعتی به ppm ۳۸۷ در سال ۱۹۹۸ رسیده است [۹]. تردیدی وجود ندارد که مراتع علاوه بر اینکه از جمله حیاتی‌ترین بسترهای تداوم حیات و توسعه پایدار به شمار می‌آیند، شالوده اساسی برخی فعالیت‌های اقتصادی مانند تولید علوفه و تغذیه دام است. اما گسترش فعالیت‌های تولیدی اعم از بخش کشاورزی، منابع طبیعی و دیگر بخش‌های اقتصادی و رشد روزافزون جمعیت و تقاضا از یک سو و درهم ریختگی سامانه سنتی مدیریت جامع و عدم جایگزینی مناسب برای آن، وضعیت نامناسبی را در این عرصه‌ها به وجود آورده به طوری که آمارهای ارائه شده از تخریب مراتع مؤید این نکته است [۳۰].

بسیاری از پروژه‌های اصلاحی مانند جنگل‌کاری، از طریق افزایش ترسیب کربن نقش عمده‌ای در حفظ توازن چرخه جهانی کربن ایفا می‌کنند و ترسیب کربن از طریق توسعه اراضی جنگلی و جنگل‌کاری یکی از مهم‌ترین راهکارها برای مقابله با بحران گرمایش جهانی است.

ترسیب کربن از طریق ذخیره طولانی مدت دی‌اکسید کربن اتمسفر در ماده آلی خاک، انتشار دی‌اکسید کربن به اتمسفر را جبران کرده و به حاصل‌خیزی خاک کمک می‌کند [۱۴]. پوشش گیاهی به‌عنوان بازیگر اصلی چرخه کربن بوده که این عملکرد به‌واسطه نقش در فتوسنتز، پویایی جذب و رهاسازی فصلی و ارتباط بلند مدت با فرآیندهای مصرف میان زیست‌توده، گیاه و کربن خاک است [۳۱، ۲۲ و ۲۳]. بدیهی است که تغییر در کربن خاک در اثر تغییر در کاربری اراضی و شیوه‌های مدیریتی عرصه‌های جنگلی، ممکن است دگرگونی‌های زیادی در تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفری ایجاد کند. کاهش ذخیره کربن آلی خاک با افزایش احتمال فرسایش‌پذیری و فشردگی خاک و افزایش رواناب، اثر زیادی بر ساختمان خاک می‌گذارد [۱۷]. از این رو جنگل‌کاری در اراضی بایر و تخریب‌شده و مدیریت آن، اثر زیادی بر ترسیب کربن خاک خواهد داشت، در حالی که برخی محققان نشان داده‌اند که جنگل‌کاری، ممکن است میزان ذخایر کربن آلی خاک را کاهش دهد [۴۸]، بسیاری از محققان افزایش چشم‌گیر ترسیب کربن خاک تحت پوشش جنگل‌کاری‌ها را گزارش کرده‌اند [۱۰، ۴۵]. منابع مختلفی اظهار کرده‌اند که جنگل‌ها اثر مفیدی روی خاک‌ها دارند و درختان در غنی‌سازی خاک‌ها از نظر عناصر غذایی در بعضی مناطق معتدله که تبدیل به جنگل‌کاری شده‌اند، تأثیر دارند. برای مثال، تحقیقات صورت گرفته در جنگل‌کاری‌های سوزنی‌برگان در مناطق معتدله، نشان از بروز تغییرات در بعضی خواص شیمیایی خاک از جمله کاهش pH و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی دارد [۱۳]. همچنین در بررسی اثر جنگل‌کاری به مقدار ذخیره کربن خاک در پارک چیتگر تهران این نتیجه بدست آمده است که ترسیب کربن در خاک توده افاقیا ۷۸/۱۹ تن در هکتار، در توده کاج تهران ۵۷ تن در هکتار و در اراضی بایر ۱۰/۸ تن در هکتار است [۴۴]. برخی محققین نیز با بررسی توان ذخیره کربن کاج تهران در جنگل‌کاری‌های اطراف مناطق صنعتی اظهار داشتند داد که این درختان طی

۲.۲. روش تحقیق

به منظور ارزیابی اثر تغییر کاربری مرتع به جنگل‌کاری بر میزان ذخایر کربن آلی خاک، منطقه مطالعاتی در مراتع اطراف شهرستان سنندج که در آن تغییر کاربری با اقدامات جنگل‌کاری ایجاد شده بود، انتخاب شد. برای انجام مطالعات در ناحیه رویشی مذکور، مناطق تحت عملیات جنگل‌کاری با گونه‌های ذکر شده با متوسط سن ۲۰ سال و مرتع مجاور این ناحیه که عملیات اصلاحی بر روی آن انجام نشده است و ویژگی‌های محیطی آن از نظر اقلیم و توپوگرافی مشابه مناطق جنگل‌کاری است به عنوان تیمار شاهد شناسایی شد و در ادامه در هر یک از تیمارهای مشخص شده اقدام به تعیین مناطق معرف برای نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری‌ها در نیمه‌خرداد ۱۳۹۳ مصادف با رشد کامل اکثر گونه‌های گیاهی منطقه انجام شد.

به منظور مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، اقدام به حفر چهار پروفیل در هر توده جنگل‌کاری و تیمار شاهد (مرتع مجاور) شد و جمعاً ۲۴ نمونه خاک جمع‌آوری شد. نمونه‌برداری در هر پروفیل بر اساس عمق متوسط خاک و با توجه به شیب‌دار بودن منطقه از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری انجام شد. در تیمارهای جنگل‌کاری شده برای نمونه‌برداری خاک، دو پروفیل در پای درختان و دو پروفیل نیز در فضای بین درختان حفر شد. نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و به این ترتیب و درصد سنگ و سنگریزه در هر نمونه مشخص شد.

بافت خاک شامل درصد ذرات رس، سیلت و ماسه به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد و برای ارزیابی وزن مخصوص ظاهری خاک از روش کلوخه استفاده شد. اسیدیته خاک از روش پتانسیومتری با بکارگیری دستگاه pH متر الکتریکی اندازه‌گیری شد. فسفر قابل جذب به روش اولسن و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر، میزان پتاسیم تبادلی نمونه‌ها تعیین

مدت ۱۶ سال میزان ۵۶/۳ تن در هکتار و در مجموع ۲۲۵۲۰ تن کربن را در جنگل‌کاری موجود در اندام‌های خود ذخیره نموده‌اند. به عبارت دیگر ۸۲۶۴۸ تن دی‌اکسید کربن را از اتمسفر جذب کرده‌اند [۷].

با توجه به اهمیت ترسیب کربن در سطح جهانی، در سال‌های اخیر پژوهش‌های متنوعی در زمینه ترسیب کربن در مناطق جنگلی، توده‌های جنگل‌کاری شده و جنگل شهری در نقاط مختلف جهان انجام گرفته، ولی متأسفانه تحقیقات چندانی در ایران صورت نگرفته است. با توجه به اینکه عوامل مدیریتی و اصلاحی نظیر جنگل‌کاری بر میزان ترسیب کربن و خصوصیات خاک مؤثر است بنابراین این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تغییر کاربری مرتع به جنگل‌کاری با توده‌های ۲۰ ساله گونه‌های مختلف بر مقدار ترسیب کربن و برخی خصوصیات خاک در منطقه جنگل‌کاری شده حسن‌آباد سنندج انجام گرفت.

۲. روش شناسی تحقیق

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه جنگل‌کاری شده حسن‌آباد سنندج در پنج کیلومتری جنوب شهرستان سنندج، بین طول جغرافیایی ۴۶° و ۵۸' تا ۴۶° و ۵۵' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵° و ۱۵' تا ۳۵° و ۱۹' شمالی واقع شده است. این منطقه با مساحت ۱۴۴/۷ هکتار در دامنه شرقی کوه آبیدر سنندج قرار گرفته است. متوسط شیب منطقه جنگل‌کاری شده ۳۵ درصد و متوسط ارتفاع از سطح دریا حدود ۱۵۵۰ متر می‌باشد. متوسط دماهای حداقل منطقه ۵- درجه سانتی‌گراد مربوط به ماه بهمن، متوسط حداکثر دمای هوا ۳۷+ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد و متوسط بارش سالیانه ۴۵۸ میلی‌متر است. تیپ‌های خالص درختی موجود در منطقه مورد مطالعه شامل زبان گنجشک، افاقیا، کاج تهران، سرو نقره‌ای و سرو خمره‌ای بوده و متوسط سن آن‌ها ۲۰ سال می‌باشد.

۳۰ سانتیمتری در توده اقاچیا ۸۰/۶۲ تن در هکتار و در تیمار شاهد (مرتع) ۴۷/۰۵ تن در هکتار بدست آمد که بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشد. کمترین مقدار کربن ترسیب شده در توده سرو نقره‌ای با ۲۳/۵۳ تن در هکتار مشاهده شد، همچنین مقدار ذخیره ازت خاک در توده اقاچیا با ۵/۴۲ تن در هکتار نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار در سطح پنج درصد داشته است. ذخیره ازت در تیمار شاهد ۳/۰۸ تن در هکتار بود و کمترین میزان ازت نیز در توده سرو نقره‌ای با ۲/۴۵ تن در هکتار مشاهده شد.

نتایج حاصل از آزمایش خصوصیات خاک نشان داد که خاک مناطق مورد مطالعه از نظر هدایت الکتریکی اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

اسیدیته توده اقاچیا نسبت به شاهد (مرتع) کاهش یافته (در سطح ۵ درصد) اما در سایر توده‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

از نظر وزن مخصوص ظاهری اختلاف توده‌های اقاچیا و کاج تهران نسبت به شاهد معنی‌دار نبود اما بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری در توده سرو خمره‌ای و کمترین آن در شاهد بدست آمد.

درصد رس و سیلت در توده‌های اقاچیا و سرو خمره‌ای نسبت به شاهد افزایش و درصد شن در این دو توده کاهش معنی‌دار نشان می‌دهد و در سایر توده‌ها اختلاف معنی‌داری بدست نیامد.

بیشترین مقدار فسفر در توده اقاچیا با ۱۸/۹۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آن در توده سرو نقره‌ای با ۴/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد و در سایر توده‌ها اختلاف نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. از لحاظ مقدار پتاسیم خاک، توده‌های اقاچیا، سرو خمره‌ای و کاج تهران نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشتند و در توده‌های سرو خمره‌ای و زبان‌گنجشک تفاوت معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار پتاسیم در توده اقاچیا با ۲۹۸/۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین آن در توده سرو نقره‌ای با ۸۹/۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد.

شد. مقدار ازت خاک به روش کج‌دال محاسبه شد و با ضرب ازت خاک در وزن مخصوص ظاهری و عمق، وزن ازت ذخیره شده در خاک در واحد سطح محاسبه شد. کربن آلی نمونه‌ها از روش واکلی بلک و بر پایه اکسیداسیون تر در محیط کاملاً اسیدی اندازه‌گیری شد (۱۹) و مقدار کربن ترسیب شده در واحد سطح با استفاده از فرمول (۱) تعیین شد (۳):

$$OC = 10000 \times \%OC \times Bd \times E \quad (1) \text{ فرمول}$$

OC: کربن آلی (Kg/ha)، %OC: درصد کربن آلی خاک، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)، E: عمق نمونه‌برداری (Cm).

برای مقایسه اثر اجرای عملیات جنگل‌کاری بر خصوصیات خاک از آزمون t استیودنت مستقل و به منظور مقایسه اثر گونه‌های مختلف جنگل‌کاری شده بر خصوصیات خاک از تجزیه واریانس یکطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل (مشخصه‌های خاک) و وابسته (مقدار ترسیب کربن خاک) با استفاده از تمامی داده‌های مربوط به فاکتورهای اندازه‌گیری شده خاک از رگرسیون چندمتغیره و برای انتخاب مدل مناسب و همچنین متغیرهای مؤثر بر مقدار کربن ترسیب شده در خاک، از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری در محیط نرم‌افزار SPSS, 16 صورت گرفت.

۳. نتایج

در جدول (۱) نتایج تجزیه و تحلیل ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک با استفاده از آزمون t مستقل در توده‌های جنگل‌کاری شده و شاهد در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر ارائه شده است. نتایج آزمون t بیانگر تأثیر معنی‌دار جنگل‌کاری با توده اقاچیا بر ذخایر کربن آلی و ازت خاک می‌باشد. میزان کل کربن ترسیب شده در عمق

جدول ۱. مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در توده‌های جنگل کاری شده و شاهد

مقدار t	میانگین \pm انحراف معیار	تیمار	خصوصیات
	$47/05 \pm 19/09$	شاهد	کربن آلی (ton/ha)
$-2/89^*$	$80/62 \pm 13/23$	ااقایا	
$2/28^{ns}$	$23/53 \pm 7/79$	سرو نقره‌ای	
$0/14^{ns}$	$45/42 \pm 13/41$	سرو خمره‌ای	
$0/41^{ns}$	$41/69 \pm 17/62$	زبان گنجشک	
$0/28^{ns}$	$42/99 \pm 21/28$	کاج تهران	
	$3/08 \pm 1/17$	شاهد	ازت (ton/ha)
$-3/181^*$	$5/42 \pm 0/90$	ااقایا	
$0/96^{ns}$	$2/45 \pm 0/58$	سرو نقره‌ای	
$-1/81^{ns}$	$4/26 \pm 0/57$	سرو خمره‌ای	
$0/90^{ns}$	$2/47 \pm 0/69$	زبان گنجشک	
$-1/41^{ns}$	$4/76 \pm 2/08$	کاج تهران	
	$1/63 \pm 0/16$	شاهد	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)
$-1/37^{ns}$	$1/76 \pm 0/11$	ااقایا	
$-3/12^*$	$1/91 \pm 0/08$	سرو نقره‌ای	
$-4/33^{**}$	$1/97 \pm 0/02$	سرو خمره‌ای	
$-2/66^*$	$1/84 \pm 0/03$	زبان گنجشک	
$-1/54^{ns}$	$1/76 \pm 0/07$	کاج تهران	
	$37/50 \pm 2/61$	شاهد	درصد رس
$-2/53^*$	$44/35 \pm 4/74$	ااقایا	
$0/25^{ns}$	$36/80 \pm 4/9$	سرو نقره‌ای	
$-5/95^{**}$	$49/7 \pm 3/16$	سرو خمره‌ای	
$1/62^{ns}$	$34/85 \pm 1/95$	زبان گنجشک	
$0/99^{ns}$	$34/9 \pm 4/53$	کاج تهران	
	$15/2 \pm 1/15$	شاهد	درصد سیلت
$-4/2^{**}$	$21/00 \pm 2/51$	ااقایا	
$-1/41^{ns}$	$17/20 \pm 2/58$	سرو نقره‌ای	
$-14/01^{**}$	$26/55 \pm 1/14$	سرو خمره‌ای	
$1/59^{ns}$	$13/00 \pm 2/51$	زبان گنجشک	
$-1/55^{ns}$	$17/35 \pm 2/52$	کاج تهران	
	$47/30 \pm 2/34$	شاهد	درصد شن
$4/48^{**}$	$34/65 \pm 5/13$	ااقایا	
$0/49^{ns}$	$46/00 \pm 4/76$	سرو نقره‌ای	
$11/84^{**}$	$23/75 \pm 3/22$	سرو خمره‌ای	
$-3/81^{**}$	$52/15 \pm 1/01$	زبان گنجشک	
$-0/12^{ns}$	$47/75 \pm 6/71$	کاج تهران	
	$7/16 \pm 0/69$	شاهد	فسفر (ppm)
$-3/73^{**}$	$18/92 \pm 6/26$	ااقایا	
$4/73^{**}$	$4/51 \pm 0/88$	سرو نقره‌ای	
$-0/38^{ns}$	$7/52 \pm 1/73$	سرو خمره‌ای	
$-1/19^{ns}$	$10/20 \pm 5/06$	زبان گنجشک	
$-1/20^{ns}$	$9/23 \pm 3/37$	کاج تهران	

ادامه جدول ۱.

مقدار t	میانگین ± انحراف معیار	تیمار	خصوصیات
	۱۰۲/۹۳ ± ۱۱/۰۴	شاهد	پتاسیم (ppm)
-۶/۷۳ **	۲۹۸/۳۴ ± ۵۶/۹۵	اقاقیا	
۲/۳۶ ns	۸۹/۵۹ ± ۲/۳۳	سرو نقره‌ای	
-۵/۱۱ **	۲۰۳/۰۳ ± ۳۷/۵۷	سرو خمره‌ای	
۰/۴۸ ns	۹۷/۷۰ ± ۱۸/۵۶	زبان گنجشک	
-۴/۶۸ **	۲۶۰/۹۰ ± ۶۶/۵۶	کاج تهران	
	۷/۶۲ ± ۰/۰۸	شاهد	اسیدیته
۲/۶۷ *	۷/۵ ± ۰/۰۴	اقاقیا	
-۰/۲۴ ns	۷/۶۴ ± ۰/۱۲	سرو نقره‌ای	
-۱/۲۳ ns	۷/۷۳ ± ۰/۱۶	سرو خمره‌ای	
-۲/۳۰ ns	۷/۷۴ ± ۰/۰۷	زبان گنجشک	
۰/۶۰ ns	۷/۵۴ ± ۰/۲۴	کاج تهران	
	۰/۴۳ ± ۰/۰۶	شاهد	EC (ds/m)
۱/۸۹ ns	۰/۳۵ ± ۰/۰۵	اقاقیا	
-۰/۸۴ ns	۰/۶۲ ± ۰/۴۵	سرو نقره‌ای	
-۰/۰۶ ns	۰/۴۳ ± ۰/۱۲	سرو خمره‌ای	
۱/۱۹ ns	۰/۳۷ ± ۰/۰۸	زبان گنجشک	
-۱/۸۷ ns	۰/۵۸ ± ۰/۱۶	کاج تهران	

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۲. میانگین برخی از مهم‌ترین خصوصیات خاک و مقایسه آن‌ها در مناطق مورد مطالعه

مقدار F	کاج تهران	زبان گنجشک	سرو خمره‌ای	سرو نقره‌ای	اقاقیا	شاهد	خصوصیات/تیمار
۵/۳۷**	۴۲/۹۹ ^b	۴۱/۶۹ ^b	۴۵/۴۲ ^b	۲۳/۵۳ ^b	۸۰/۶۲ ^a	۴۷/۰۵ ^b	کربن آلی (ton/ha)
۴/۹۴**	۴/۷۶ ^{ab}	۲/۴۷ ^c	۴/۲۶ ^{abc}	۲/۴۵ ^c	۵/۴۲ ^a	۳/۰۸ ^{bc}	ازت (ton/ha)
۷/۰۹**	۱/۷۶ ^{bc}	۱/۸۴ ^{ab}	۱/۹۷ ^a	۱/۹۱ ^a	۱/۷۶ ^{bc}	۱/۶۳ ^c	وزن مخصوص ظاهری
۹/۹۴**	۳۴/۹ ^b	۳۴/۸۵ ^b	۴۹/۷ ^a	۳۶/۸ ^b	۴۴/۳۵ ^a	۳۷/۵ ^b	درصد رس
۱۹/۵۷**	۱۷/۳۵ ^c	۱۳ ^d	۲۶/۵۵ ^a	۱۷/۲ ^c	۲۱ ^b	۱۵/۲ ^{cd}	درصد سیلت
۲۴/۵۵**	۴۷/۷۵ ^a	۵۲/۱۵ ^a	۲۳/۷۵ ^c	۴۶ ^a	۳۴/۶۵ ^b	۴۷/۳ ^a	درصد شن
۷/۳۶**	۹/۲۳ ^b	۱۰/۲ ^b	۷/۵۲ ^b	۴/۵۱ ^b	۱۸/۹۲ ^a	۷/۱۶ ^b	فسفر (ppm)
۲۱/۰۱**	۲۶۰/۹ ^{ab}	۹۷/۷ ^c	۲۰۳/۰۳ ^c	۸۹/۵۹ ^c	۲۹۸/۳۴ ^a	۱۰۲/۹۳ ^c	پتاسیم (ppm)
۱/۹۹ ^{ns}	۷/۵۴ ^{ab}	۷/۷۴ ^a	۷/۷۳ ^a	۷/۶۴ ^{ab}	۷/۵ ^b	۷/۶۳ ^{ab}	اسیدیته
۱/۱۷ ^{ns}	۰/۵۸ ^a	۰/۳۷ ^a	۰/۴۳ ^a	۰/۶۲ ^a	۰/۳۵ ^a	۰/۴۳ ^a	EC (ds/m)

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪، * تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪، ns: عدم تفاوت معنی‌دار
حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در میان تیمارها می‌باشد.

۱.۳. مدل رگرسیونی ترسیب کربن

از روش رگرسیون گام به گام بر اساس مشخصه‌های خاک و با استفاده از تمامی داده‌های موجود برای دستیابی به مدل ترسیب کربن استفاده شد و در نهایت مدل نهایی با قرار دادن تمامی مشخصه‌های خاک به منظور برآورد بهترین مدل مورد آزمون قرار گرفت. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۳) در مرحله اول مقدار کربن ترسیب شده با مقدار ازت مورد آزمون قرار گرفت و

ضریب تبیین آن ۰/۶۸ بدست آمد ($F=۴۶/۱۹$). در مرحله دوم مقدار فسفر به مدل اولیه اضافه شد که ضریب تبیین آن به ۰/۸۴ افزایش یافت ($F=۵۳/۵$). در مرحله سوم مقدار پتاسیم نیز به مدل اضافه شده و ضریب تبیین آن به ۰/۸۷ افزایش یافت ($F=۴۳/۷۴$) و در نهایت مشخصه‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم به عنوان مؤثرترین متغیرهای مستقل در کنترل مقدار کربن آلی ترسیب شده در خاک مشخص شد (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه رگرسیونی گام به گام کربن آلی خاک (متغیر وابسته) با دیگر خصوصیات خاک (متغیرهای مستقل)

مدل	معادله رگرسیونی	ضریب تبیین (R^2)	F
۱	$Y = ۱۲/۰۱۳ X_1 + ۱/۹۴۵$	۰/۶۸	۴۶/۱۹
۲	$Y = ۷/۴۷۶ X_1 + ۲/۰۰۱ X_2 - ۰/۲۸$	۰/۸۴	۵۳/۵
۳	$Y = ۱۱/۲۴۶ X_1 + ۲/۱۵۶ X_2 - ۰/۰۸۱ X_3 - ۱/۵۹۵$	۰/۸۷	۴۳/۷۴

Y: مقدار ترسیب کربن، X_1 : مقدار نیتروژن، X_2 : مقدار فسفر، X_3 : مقدار پتاسیم

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد برخی گونه‌های کشت شده در پروژه‌های جنگل‌کاری می‌تواند برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد میانگین کربن آلی خاک در توده افاقیا نسبت به شاهد (مرتع) ۷۱ درصد افزایش داشت، اما در سایر توده‌ها مقدار کربن نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین مقدار ازت تثبیت شده در توده افاقیا نسبت به شاهد (مرتع) افزایشی معادل ۷۵ داشت. در مقابل کمترین مقدار ذخایر کربن و ازت خاک در توده سرو نقره‌ای مشاهده شد. دلیل افزایش مقدار کربن ترسیب شده در توده افاقیا را می‌توان به قابلیت بالای گیاهان خانواده بقولات در تثبیت ازت و رابطه مستقیم میزان ذخایر ازت خاک بر مقادیر کربن ترسیب شده نسبت داد [۵ و ۲۰]. همچنین با توجه به اینکه افاقیا از گونه‌های پهن‌برگ خزان‌کننده است، می‌توان نتیجه گرفت در اثر ریزش شاخ‌وبرگ‌ها و خزان سالیانه و تولید لاشبرگ بیشتر و

تجزیه آن، میزان ذخایر کربن آلی و ازت خاک افزایش یابد. مطالعات نشان داده است گونه‌های درختی پهن‌برگ تولید لاشبرگ و بازگشت عناصر غذایی را افزایش می‌دهند و در ترمیم حاصلخیزی خاک جنگل مفیدند [۴۵]. در این خصوص یافته‌های برخی محققان نشان داده است که ترسیب کربن خاک زمانی که گونه‌های پهن‌برگ خزان‌کننده یا گونه‌های تثبیت‌کننده ازت کاشته شوند، افزایش می‌یابد [۳۰ و ۴۴]. برخی محققین نیز در تحقیق خود بیان کردند که بیشترین درصد کربن آلی و ازت در خاک جنگل‌کاری پهن‌برگ افاقیا مشاهده شده است [۳۹]. مطالعات مختلفی ازت را مهم‌ترین عامل خاکی مؤثر بر ذخیره کربن آلی خاک دانسته‌اند [۱۲، ۸، ۲۷، ۳۳].

نتایج دیگر تحقیقات بیانگر رابطه ترسیب کربن آلی خاک با درصد پوشش گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاشبرگ و بقایای گیاهی، نوع کاربری اراضی و مدیریت می‌باشد [۴۰ و ۴۴]. در مطالعه‌ای که بر روی کشت درختان تثبیت‌کننده و غیرتثبیت‌کننده نیتروژن انجام شد، به این نتیجه رسیدند که بالاترین تولید زیتوده

مقدار فسفر در توده افاقیا به میزان ۱۶۴/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش و در توده سرو نقره‌ای ۳۷/۱ درصد کاهش داشت. افزایش عنصر فسفر به ویژه در قشر سطحی خاک توده افاقیا را می‌توان چنین توجیه نمود که با افزایش بقایای گیاهی در این توده، مقدار ماده آلی خاک افزایش می‌یابد و چون میزان هوموس در خاک نیز افزایش یافته است، هوموس با فسفر غیر قابل جذب خاک، تشکیل یک کمپلکس آلی بنام فسفو هومیک می‌کند که بسیار قابل جذب تر است. دلیل دیگر نیز این است که هوموس مانند یک آنیون به وسیله ذره رسی جذب می‌شود و فسفات تبادلی آن آزاد می‌گردد و می‌تواند دلیلی بر افزایش فسفر باشد [۳۶]. بر اساس نظر برخی از پژوهشگران افزایش pH خاک سبب می‌گردد که فسفر موجود در خاک به صورت رسوب یا حالت تبلور فسفات کلسیم (ترکیب‌های آپاتیت) در آمده و از دسترس گیاه خارج شود. از سوی دیگر هوموس موجود در خاک نقش مؤثری در نگهداری فسفر به صورت یک آنیون قابل تبادل داشته و اغلب از رسوب فسفات‌ها جلوگیری و به انتقال و قابلیت جذب آن‌ها در خاک کمک می‌کنند [۱۵]. با توجه به نتایج نیز مقدار pH در توده افاقیا نسبت به سایر توده‌ها و شاهد کاهش داشته است. کمبود فسفر در خاک تحت پوشش سوزنی‌برگان را می‌توان به فعالیت بیولوژیکی ضعیف‌تر میکروارگانیسم‌ها در لایه‌های آلی سطح خاک در مقایسه با خاک جنگل‌کاری پهن‌برگ نسبت داد [۲۶، ۳۹].

میانگین پتاسیم در توده‌های افاقیا، سروخمره‌ای و کاج‌تهران نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۱۸۹/۸، ۹۷/۲ و ۱۵۳/۴ درصد افزایش نشان داد اما در سایر توده‌ها اختلاف معنی‌دار نبود. دلیل افزایش پتاسیم را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که بیشترین مقدار پتاسیم در کانی‌های اولیه و ثانویه رسی وجود دارد [۴۲]. در توده‌هایی که مقدار پتاسیم افزایش داشته است، مقدار رس نیز نسبت به توده‌های دیگر بالاتر بود. نتایج بدست آمده از مطالعه محققین بر روی خاک‌های مصر نشان

خالص و مواد غذایی ضروری به وسیله درختان تثبیت‌کننده نیتروژن ایجاد و در واقع مواد مغذی شامل پتاسیم، فسفر، نیتروژن، کلسیم و منیزیم از طریق این درختان به خاک منطقه افزوده شده است [۴۱].

در اثر اجرای عملیات جنگل‌کاری در مرتع میانگین اسیدیته خاک در توده افاقیا نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار داشت، اما در سایر توده‌ها تفاوتی در مقدار اسیدیته خاک مشاهده نشد. اختلاف در مقدار pH خاک زیر کشت توده‌های گیاهی، به تفاوت اولیه کیفیت لاشبرگ‌های آن‌ها و در نتیجه سرعت تجزیه لاشبرگ و بقایای گیاهی مربوط است [۲۸]. بعد از مدتی تجزیه و پویایی عناصر غذایی ممکن است به کاهش pH خاک کف جنگل منجر شود [۲۸، ۳۵]. دلیل دیگر کاهش pH در خاک توده افاقیا این است که با افزایش ماده آلی در خاک، اسیدهای آلی و معدنی تولید شده که فراوان‌ترین این اسیدها، اسید کربنیک می‌باشد باعث حل شدن آهک و شستشوی آن از خاک می‌شود و در نتیجه کاهش اسیدیته می‌گردد [۱۱، ۱۸]. بدیهی است نتایج این تحقیق با یافته‌های برخی محققین که بیان کردند درختان خانواده بقولات باعث کاهش و سوزنی‌برگان باعث افزایش شدت اسیدیته خاک می‌شوند همخوانی دارد [۴۷].

میانگین وزن مخصوص ظاهری در خاک توده‌های سرونقره‌ای، سروخمره‌ای و زبان‌گنجشک افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت اما در توده‌های افاقیا و کاج تهران تفاوت معنی‌دار نبود. علت پایین بودن وزن مخصوص ظاهری در توده افاقیا و کاج تهران نسبت به سایر توده‌ها ممکن است به دلیل بالاتر بودن مقدار ماده آلی در خاک این دو توده باشد که به افزایش خلل و فرج خاک و مقدار و فعالیت میکروارگانیسم‌ها، کاهش جرم بخش جامد خاک و در نهایت کاهش جرم مخصوص ظاهری منجر شده است [۳۷]. برخی محققین نیز گزارش کردند که احتمالاً وزن مخصوص ظاهری بالا در خاک زیر پوشش کاج رادیاتا به دلیل مقدار ماده آلی کمتر در این خاک‌ها است [۲۹].

باشد، یکی از راه‌حل‌های مناسب و کارآمد برای ارتقاء و بهبود وضعیت پوشش گیاهی و خاک می‌باشد. بنابراین با شناخت گونه‌هایی که دارای قابلیت بیشتری در جهت تثبیت ازت و کربن بوده و همچنین بررسی عوامل مدیریتی که بر فرایند ترسیب کربن تأثیرگذار هستند، می‌توان اصلاح و احیاء اراضی از منظر شاخص ترسیب کربن را دنبال کرد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر توصیه می‌شود که در جنگل‌کاری‌ها به منظور حفظ و توسعه تنوع زیستی و بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک هر منطقه و به‌طور کلی اکوسیستم، از گونه‌های بومی و سازگار با شرایط اقلیمی، خاک و توپوگرافی منطقه استفاده شود و برای این کار گونه‌های پهن برگ مثل افاقیا در اولویت باشند و کاشت سوزنی‌برگان فقط در شرایط خاص و به همراه اهداف خاص و با مطالعه دقیق اکوسیستم منطقه انجام شود و همچنین در صورت اجبار به جنگل‌کاری با گونه‌های غیربومی، بهتر است از جنگل‌کاری‌های آمیخته استفاده شود.

داده است که رس دارای بیشترین مقدار پتاسیم تبدلی نسبت به سیلت و شن می‌باشد (۲).

نتایج حاصل از روش رگرسیون گام‌به‌گام در تحقیق حاضر حاکی از تأثیر مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقدار ترسیب کربن خاک بود. برخی محققین در تحقیق خود گزارش کردند که در گون‌زارها، با افزایش درصد سنگ و سنگریزه و شن در بافت خاک، ترسیب کربن افزایش می‌یابد برخی دیگر نیز مشخصه درصد رس و نیتروژن را به‌عنوان مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار خاک بر مقدار کربن آلی و ذخایر ترسیب کربن معرفی کردند [۴۴ و ۱۸].

نتایج این تحقیق و مقایسه پارامترهای خاک سطحی در توده‌های جنگل‌کاری شده حاکی از تأثیر مثبت این عملیات در احیاء و اصلاح منطقه می‌باشد، لذا با توجه به نتایج این تحقیق و سایر بررسی‌های صورت گرفته، می‌توان ادعان نمود که چنانچه انجام این عملیات از دید فنی میسر و از جنبه اقتصادی-اجتماعی توجیه‌پذیر

References

- [1] Abdi, N. (2005). Estimation of carbon sequestration capacity by *Astragalus* genus (sub genus *Tragacantha*) in Markazi and Isfahan provinces. Ph.D Thesis Azad University Islamic. Science and Research, 198 p.
- [2] Ajiboye, G.A., and Ogunwale, J.A. (2008). Potassium distribution in the sand, silt and clay separates of soils developed over talc at Ejiba, Koji State, Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*. 4(6), 709-716.
- [3] Aliarab, A., Hosseini, S.M., Jalali, S.GH. (2005). Effects of species of *Acer insigne*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus euramericana* and *Cupressus sempervirens* on some physicochemical properties of soils in forestry Haraz East. *Journal of Soil and Water Sciences*. Vol. 19 (1): 96-106.
- [4] Ardakani, M.R., Rezvani, M. and Zaafarian, F., 2007. Analysis methods in plant ecology. Tehran University publisher, 252 p.
- [5] Azarnivand, H., Joneidi Jafari, H., Zare Chahouki, M.A., Maddah Aref, H. and Nikoo, S. (2011). Investigation of the effects of some ecological factors on carbon sequestration in *Artemisia sieberi* rangelands of Semnan province *Journal of Range and Watershed Management*, 1, 64(1) : 127-107.pp.
- [6] Bakhshipour, R. (1993). Formation, evolution, classification, and mineralogy of Lahijan soils. Master's thesis of soil, University of Isfahan, 115 p.
- [7] Bakhtiyarvand Bakhtiyari, S., Sohrabi, H. and Babaei Khorzoghi, M. (2011). Potential carbon storage of *Pinus elliottii* in afforestation around industrial areas. Fifth expertise conference on Environmental Engineering. Tehran. University of Tehran, Faculty of the environment.

- [8] Brown, S. and Lugo, A.E. (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Journal of Plant and Soil*, 124, 5364.
- [9] Cannel, M.G.R. and Milne, G. (1997). Carbon pools and sequestration in forest ecosystems in Britain. *Journal of Forestry*. 23-44: 361-378.
- [10] Cheng, C.M, Wang, R.S. and Jiang, J.S. (2007). Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Hainan Island, China. *Journal of Environmental Sciences*, 19 (3): 348-352.
- [11] Clary W.P. (1995). Vegetation and soil responses to grazing simulation on riparian meadows. *Journal of Range manage*, 48:18-25.
- [12] Dalal, R.C. and Mayer, R.J. (1986). Longterm trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland, I: overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Australian Journal of Soil Research*, 24, 265-279.
- [13] Farley, K.A., and Kelly, E.F. (2004). Effects of afforestation of Paramo grassland on soil nutrient status. *Journal of Forest Ecology and Management*, 195: 281-290.
- [14] Follett, R.F and Reed, D.A. (2010). Soil carbon sequestration in grazing lands: societal benefits and policy implications. *Journal of Rangeland Ecology and Management*, 63: 4-15.
- [15] Ghazanshahi, J. (1998). Soil and its relation to agriculture. Carno Publication, 266 p.
- [16] Haghdoost, N., Akbarinia, M., Hosseini, M. and Varamesh, S. (2012). Effect of replacing destroyed forests north with afforestation on fertility and soil carbon sequestration. *Journal of Environmental Studies*, 3: 135-146.
- [17] Hoover, C.M. (2003). Soil carbon sequestration and forest management: challenges and opportunities. In: Kimble, J.M., L. S. Heath, R.A. Birdsey & R. Lal, (Eds.), *The potential of U.S. forest soils to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect*. CRC Press. Boca Raton, FL: 211-238.
- [18] Hosseinzadeh, G., Jalilvand, H. and Tamartash, R. (2007). Changes in vegetation cover and some of the chemical characteristics of soil in rangelands with different grazing intensities. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14 (4): 500-512.
- [19] Jafari Haghghi, M. (2003). *Methods of soil analyze- physical and chemical sampling and analysis*, published by Nedaye Zoha, 236 p.
- [20] Joneidi Jafari, H., Azarnivand, H., Zare Chahouki, M. and Jafari, M. (2013). Effects of contour furrow on carbon sequestration and nitrogen fixation in *Artemisia sieberi* rangelands of Semnan province, *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 24 (2):298-308.
- [21] Jongmans, A.G., Pulleman, M.M., Balabane, M., Oort F. and Marinissen, J.C.Y. (2003). Soil structure and characteristics of organic matter in two orchards differing in earthworm activity. *Journal of Applied Soil Ecology*, 24: 219-232.
- [22] Jug, A., Makeschin, F., Rehfuess, K.E., and Hofmann-Schielle, C. (1999). Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. III. Soil ecological effects. *For. Ecol. Man.* 121: 85-99.
- [23] Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Journal of Geoderma*, 123: 1-22.
- [24] Lorenz, K., Lal, R. and Shipitalo, M.J. (2008). Chemical stabilization of organic carbon pools in particle size fractions in no-till and meadow soils. *Journal of Biology and Fertility of Soils*, 44: 1043-1051.
- [25] Majd Taheri, H. and Jalili, A. (1996). Comparative study effects of afforestation with *Pinus eldarica* and *Robinia pseudoacacia* on some physical and chemical properties of soil and Understorey vegetation (Case study: forest park of Cheetgar). *Journal of Pajouhesh Va Sazandgi*, 32: 6-16.
- [26] Mishra, A., Sharma, S.D. and Khan, G.H. (2003). Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 years old plantation of *Eucalyptus tereticornis*. *Journal of Forest Ecology and Management*, Article in Press.
- [27] Neff, J.C. (2002). Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon, *Nature*, 419, 915917.

- [28] Ovington, J.D. (1953). Studies of the development of woodland conditions under different trees.I. Soils PH. Journal of Ecology, 4: 13-34.
- [29] Parfitt, R.L., Percival, H.J., Dahlgren R.A., and Hill, L.F., 1997. Soil solution chemistry under pasture and radiate pine in New Zealand. Journal of Plant and Soil, 191: 279-290.
- [30] Paul, K., Polglase, I., Nyakuengama, J.G. and Khanna, P.K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. Journal of Forest Ecology and Management, 168: 241-257.
- [31] Rahimsooreh, S. and Sadeghi, H. (2005). Calculation and analysis of factors affecting in performance entrusted range management designs (Rangelands privatization). Journal of Agricultural Economic and Development, 31-65.
- [32] Rees, R.M., Bingham, I.J., Baddeley, J.A. and Watson, C.A. (2005). The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. Soil Science Society of American Journal, 56: 125-132.
- [33] Richards, A.E., Dalal, R.C. and Schmidt, S. (2007). Soil carbon turnover and sequestration in native subtropical tree plantations. Journal of Soil Biology & Biochemistry. 39: 2078-2090.
- [34] Richter, D.D. and Markewitz, D. (1994). Soil chemical change during three decades in an old-field loblolly pine (*pinus taeda* L.) ecosystem. Journal of Ecology, 75(5): 1463-1473.
- [35] Rustad, L.E. (1994). Element dynamics along a decay continuum in a red spruce ecosystem in Maine, USA., Journal of Ecology, 75: 867-879.
- [36] Safaiyan, R., Azarnivand, H., Jafari, M. and Azadi, S. (2008). Role of environmental factors in strategy of sustainable utilization from Prangos plantation with emphasis on soil and topography factors (Case study: Prangos plantation of northern Fars province). Journal of Rangeland, 3 (2): 190-202.
- [37] Salehi, A., Mohammadi, A. and Safari, A. (2011). Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (Case study: Poldokhtar, Lorestan province). Iranian Journal of Forest, 3 (1):81-89.
- [38] Schulp Catharina J. E., Naburus, G.J., Verburg, P.H. and Waal, R.W. (2008). Effect of tree Species on Carbon Stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. Journal of Forest Ecology and Management, 256: 482-490.
- [39] Shabanian, N., Heydari, M., and Zeinivand, M. (2010). Effect of afforestation with conifers and broad leaf species to herbaceous diversity and some physico-chemical properties of soil (case study: Dushn afforestation, sanandaj). Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 18 (3), 437-446.
- [40] Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K. and Meena, R.L. (2003). Carbon sequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India. Journal of Indian Forester, 129 (7), 859-864.
- [41] Singh, Y.P., Singh, G. and Sharma, D.K. (2010). Biomass and bio-energy production of tenmultipurpose tree species planted in sodic soils of indo-gangetic plains. Journal of Forestry Research, 21(1): 19-24.
- [42] Sparks, D.L., and Huang, P.M. (1985). Physical chemistry of soil potassium. P201-276, In: Munson, R. (ed.), Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wi. USA.
- [43] UNDP (2000). Carbon sequestration in the desertified rangelands of Hossein Abad, through community based management, Program coordination, 17.
- [44] Varamesh, S., Hoseini, M., Abdi, N., and Akbarnia, M. (2010). Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. Iranian Journal of Forest, 2 (1), 25-35.
- [45] Wang, Q.K., Wang, S.L. and Huang Y. (2008). Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. Journal of Forest Ecology and Management, 255, 1210-1218.
- [46] Xiao-Wen, D. Shi-Jie, H. Yan-ling and Yumei, ZH. (2009). Carbon and Nitrogen Transformations in Surface Soils under Ermans Birch and Dark Coniferous Forests. Journal of Pedosphere, 19(2): 230-237.

- [47] Zhang, K., Dang, H., Tan, S., Wang, Z., and Zhang, Q. (2010). Vegetation community and soil characteristics of abandoned agricultural land and pine plantation in the Qinling Mountains, China. *Journal of Forest Ecology and Management*, 259: 2036–2047.
- [48] Zhao, Q., Zeng, D.H., Lee, D.K., He, X.Y., Fan, Z.P. and Jin, Y.H. (2007). Effects of *Pinus sylvestries* Var. *Mongolica* on Soil Phosphorous status of the Kerrqin sandy lands in China. *Journal of Arid Environments*, 69: 568-582.