



"مقاله پژوهشی"

**مقایسه‌ی میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن خاک در دشت گربایگان فسا در دو وضعیت پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب**

محمد جواد روستا<sup>۱</sup>، سید مسعود سلیمان پور<sup>۲</sup>، مریم عنایتی<sup>۳</sup> و مجتبی پاک‌پرور<sup>۴</sup>

۱- دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، (نویسنده‌ی مسوول: m.roosta@areeo.ac.ir)

۲ و ۴- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۳- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۸

صفحه: ۱۷۰ تا ۱۸۱

**چکیده مبسوط**

**مقدمه و هدف:** تغییر کاربری اراضی عامل اصلی ایجاد تغییرات در ذخیره‌ی کربن‌آلی و نیتروژن خاک و چرخه‌ی جهانی کربن است. بررسی تغییرات ایجاد شده در میزان ذخیره‌ی کربن‌آلی و نیتروژن خاک، پس از جنگل‌کاری و مرتع‌کاری همراه با سامانه‌ی پخش سیلاب در اراضی شنی دشت گربایگان فسا واقع در جنوب‌شرقی استان فارس، هدف این پژوهش بود.

**مواد و روش‌ها:** از کاربری‌های جنگل دست‌کاشت آکاسیا، اوکالیپتوس، آتریپلکس و مرتع در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب، در مجموع ۴۵ نمونه‌ی مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد و درصد کربن‌آلی و نیتروژن کل خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. سپس، میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن محاسبه شد و ارزش اقتصادی آن‌ها با روش مالیات بر کربن تعیین گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی، تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد اثر پخش سیلاب بر درصد کربن‌آلی و میزان ذخیره‌ی کربن‌آلی در خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده، بر درصد نیتروژن کل معنی‌دار نگردیده ولی اثر آن بر میزان ذخیره‌ی نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. تأثیر کاربری (نوع پوشش گیاهی) بر همه این شاخص‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار گردیده است. اثر متقابل پخش سیلاب و کاربری بر درصد کربن‌آلی و میزان ذخیره‌ی نیتروژن خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده ولی تأثیر آن بر میزان ذخیره‌ی کربن و درصد نیتروژن کل معنی‌دار نشده است. میزان ذخیره‌ی کربن‌آلی در خاک کاربری‌های آکاسیا، اوکالیپتوس، آتریپلکس و مرتع، به‌ترتیب از ۱۰/۲۳، ۲۲/۴۹، ۱۲/۰۳ و ۶/۲۱ مگاگرم در هکتار در شرایط بدون پخش سیلاب، به‌ترتیب به ۲۳/۱۴، ۴۰/۲۳، ۲۴/۱۲ و ۱۳/۹۶ مگاگرم در هکتار در شرایط پخش سیلاب افزایش یافت. پخش سیلاب بر این عرصه‌ها، ارزش اقتصادی ذخیره‌ی کربن و نیتروژن را به‌ترتیب به‌میزان ۵۳/۵۹، ۴۸/۰۰، ۷۵/۴۶ و ۴۳/۵۲ درصد افزایش داد.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور میانگین، پخش سیلاب باعث افزایش ۵۴/۳۱ درصدی ارزش اقتصادی مجموع ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک گردید.

**واژه‌های کلیدی:** اوکالیپتوس، پخش سیلاب، دشت گربایگان، ذخیره‌ی کربن، ذخیره‌ی نیتروژن

**مقدمه**

کربن‌آلی خاک، به‌شکل ماده‌ی آلی نقش مهمی در شکل‌گیری و حفظ ساختار خاک، چرخه‌ی مواد غذایی و تنوع زیستی خاک دارد. کربن‌آلی خاک، یک منبع طبیعی برای توسعه‌ی پایدار جامعه‌ی بشری و بنیادی اساسی برای توسعه‌ی پایدار جنگل‌داری است (۵۴). زیرا، خاک سالم پایه و اساس سیستم غذایی است. محصولات سالم تولید می‌کند که به‌نوبه‌ی خود باعث تغذیه‌ی افراد می‌شود. حفظ یک خاک سالم، نیاز به مراقبت و تلاش هم‌بهره‌برداران دارد. نکته‌ی کلیدی در حفاظت خاک این است که حداکثر ذخیره و بازیافت مواد آلی و عناصر غذایی گیاهان و به حداقل رساندن تلفات این اجزای خاک ناشی از آشوبی، رواناب و فرسایش باشد. در مناطق کوچک با آب و هوا و نوع خاک یکسان، عواملی که کربن‌آلی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل کاربری و مدیریت زمین، گونه‌های گیاهی، ویژگی‌های محل (جهت و موقعیت شیب)، ویژگی‌های ذاتی خاک (مانند جرم مخصوص ظاهری و بافت خاک)، سن درختان کاشته شده (۳۹،۴۴،۷۲،۷۸) و تراکم درختان کاشته شده (۵۷،۷۴،۷۹) هستند. تغییر کاربری زمین برای افزایش ذخیره‌ی کربن‌آلی خاک، به‌عنوان راه‌کاری برای جبران انتشار گازهای گلخانه‌ای که با تغییرات آب و هوایی مرتبط هستند پیشنهاد شده است

(۳۶،۶۱). مواد آلی خاک، بزرگ‌ترین مخزن کربن در زیست

بوم‌های خشکی است و بنابراین نقش مهمی در چرخه‌ی جهانی کربن دارد (۱۶،۶۳).

شاید کمتر قابل درک باشد که خاک‌های طبیعی و مدیریت شده منبع مهم تولید و محل ذخیره‌ی CO<sub>2</sub> اتمسفر باشند. در درجه‌ی اول، در نتیجه‌ی فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، جریان تنفسی CO<sub>2</sub> از خاک به اتمسفر وجود دارد که ده برابر جریان سالانه‌ی CO<sub>2</sub> حاصل از سوخت‌های فسیلی است. بنابراین، تغییرات کوچک در چرخه‌ی کربن خاک می‌تواند تأثیر زیادی بر غلظت CO<sub>2</sub> اتمسفر داشته باشد (۲۹).

بهبود کربن‌آلی خاک علاوه بر آن‌که باعث کاهش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن موجود در اتمسفر می‌شود، کیفیت و کمیت آب در حوضه، تولید محصول، حفاظت خاک، اصلاح خاک‌های تخریب یافته، تصفیه‌ی آلاینده‌ها، تسهیل در انتقال و ذخیره‌ی آب و املاح و احیای خاک‌ها و زیست‌بوم‌ها را ارتقاء می‌دهد (۵۵).

جنگل‌زدایی برای ایجاد زمین‌های زراعی می‌تواند کربن‌آلی خاک را تا ۵۰ درصد کربن اولیه کاهش دهد (۲۱،۴۱،۴۷،۵۰). در مقابل، به‌طور کلی مشخص شده که جنگل‌کاری در زمین‌های قابل کشت، کربن را در خاک ذخیره (ترسیب) کرده و نقش مهمی در کاهش تغییرات آب و هوایی دارد

رطوبت خاک، عاملی است که می‌تواند چرخه‌های بیوژئوشیمیایی را در سیستم جو زمین تغییر دهد (۱۵). در ناحیه‌ی اشباع نشده، شرایط رطوبت خاک ناشی از تعادل بین بارش، تبخیر و تعرق و نفوذ به سطح آب زیرزمینی است. افزایش توان حفظ رطوبت خاک سبب ایجاد شرایط مساعد برای رشد گیاهی در خاک رویشگاه می‌شود. بنابراین، احتمالاً وضعیت آبی خاک، عامل مهم تعیین‌کننده‌ی میزان رشد گیاه و ذخیره‌ی کربن است (۷۳).

آزادی ریمله و همکاران (۳) ارزش اقتصادی ترسیب کربن در خاک زیر پوشش گونه‌های دست‌کاشت سرو نقره‌ای، کاج، ون (زبان‌گنجشک) و زیتون را به ترتیب ۲۸/۷۵، ۲۸/۰۰، ۱۸/۱۱ و ۱/۶۵ میلیارد ریال برآورد کردند. نتایج پژوهش زرافشار و همکاران (۷۷) نشان داد هر هکتار خاک زیر پوشش دو گونه‌ی سدروس و جنگل طبیعی بلوط ایرانی، به ترتیب معادل ۳۸۷/۹ و ۳۴۸/۶ تن گاز دی‌اکسیدکربن را ترسیب کرده و ارزش اقتصادی ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک این دو کاربری را به ترتیب معادل ۳/۲۵۸ و ۲/۹۳۲ میلیارد ریال در هکتار برآورد کردند.

پژوهش‌های انجام شده در دشت‌های استرالیا با بارندگی کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر، حکایت از این دارد که کاربری‌های مختلف زمین (انواع مرتع یا کشاورزی) تأثیر قابل توجهی بر کربن آلی خاک نداشته است (۴)، اما اثبات شده که تغییر شیوه‌های مدیریت زمین بر میزان کربن آلی خاک در لایه‌های پایین‌تر (۴۸) و لایه‌بندی کربن آلی تأثیرگذار است (۷۵). چاپلا و همکاران (۱۴) نشان دادند که در طول ۱۲ سال پس از کاشت درختان کاج در زمین‌های علفزار، کربن آلی خاک در لایه‌ی ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری تقریباً بدون تغییر باقی مانده، ولی در لایه‌های ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب، ۳۰ و ۴۴ درصد کاهش یافته است. پژوهش‌های باده‌یان (۵) و دیناکاران و کریشنایا (۲۴) نشان داد که نوع پوشش گیاهی، تأثیر معنی‌داری بر ذخیره‌ی کربن در خاک دارد. در مدیریت مرتع، روش‌هایی که هدف آن افزایش تولید انبوه زی‌توده‌ی گیاهی است، به‌طور کلی میزان مواد آلی خاک را افزایش می‌دهند (۱۹). از آنجا که نیتروژن خاک به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک در نظر گرفته شده، اطلاع یافتن از تغییرات میزان ذخیره‌ی نیتروژن در خاک ناشی از فرایندهای مختلف در آگاهی از نقش این فرایندها در چرخه‌ی جهانی نیتروژن و در نتیجه، کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای اهمیت زیادی دارد. نتایج پژوهش نوبخت و همکاران (۵۳) مشخص کرد که درصد نیتروژن و نسبت C/N به ترتیب از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان کربن آلی خاک در توده‌های جنگلی مورد بررسی بود. زرافشار و همکاران (۷۷) گزارش کردند که خاک زیر پوشش کاربری‌های سدروس و پوشش جنگل طبیعی بلوط ایرانی به ترتیب با میزان ذخیره‌ی کربن ۱۰۱/۲۰ و ۹۱/۳۴ تن در هکتار، بیشترین میزان ذخیره‌ی کربن را دارا بوده و خاک زیر پوشش جنگل دست‌کاشت سدروس با ۱۲/۶۸ تن در هکتار ذخیره‌ی نیتروژن، بیشترین میزان ذخیره‌ی نیتروژن را در میان کاربری‌های بررسی شده داشته است.

(۳۵،۴۰،۵۶)، و این راهکار به‌عنوان یک روش مؤثر برای ذخیره‌ی کربن در بند ۳-۳ پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ پیشنهاد شده است. از سوی دیگر، براساس گزارش برنامه عمران سازمان ملل، مراتع ایران به‌دلیل وسعت زیادی که دارند می‌توانند حدود یک میلیارد تن کربن آلی را در خاک ذخیره کنند (۷۰). با توجه به این که در مناطق خشک و نیمه خشک، آب محدود‌کننده‌ترین عامل برای رشد گیاهان به شمار می‌رود، تأمین رطوبت مورد نیاز برای رشد گیاهان از طریق پخش سیلاب می‌تواند تأثیر چشمگیری در افزایش زی‌توده‌ی گیاهی و به‌دنبال آن افزایش ترسیب کربن در خاک داشته باشد. مقدار و غلظت کربن و نیتروژن در مواد آلی خاک اغلب به‌عنوان شاخص حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می‌شوند (۳۱). ذخیره‌ی نیتروژن خاک متأثر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بوده و در اثر تغییر نوع پوشش گیاهی تغییر می‌کند (۱۲). بنابراین، اتصال بین چرخه‌های کربن و نیتروژن می‌تواند اثرات تغییرات آب و هوایی را کاهش دهد. دلیل اصلی این است که افزایش تجزیه‌ی مواد آلی در زیست‌بوم‌های نسبتاً دست‌نخورده، می‌تواند مواد غذایی از خاک که دارای نسبت C/N پایین است به گیاهان که دارای نسبت بالاتر C/N هستند انتقال دهد.

نتایج پژوهشی در چین نشان داد جنگل کاری با گونه‌های مختلف پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و آمیخته‌ی آن‌ها، باعث ذخیره‌ی کربن در عمق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۰۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب به‌میزان ۴۲/۰۵، ۳۰/۰۷ و ۷۳/۹۴ گرم در متر مربع در سال شده است (۶۷). پژوهش جانو و همکاران (۳۰) حکایت از کاهش قابل توجه نیتروژن کل، فسفر کل و ذخیره‌ی کربن آلی در لایه‌ی ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک در کاربری‌های جنگل دست‌کاشت و جنگل-کشاورزی، دارد. در صورتی که در کل نیمرخ خاک (۰-۱۰۰ سانتی‌متری)، میزان کربن آلی افزایش نشان داد. در پژوهشی، شن و همکاران (۶۶) با هدف ارزیابی اثر گونه‌های مورد استفاده در جنگل کاری بر میزان ذخیره‌ی کربن در گیاه و خاک، نتیجه گرفتند که که جنگل کاری خالص با کاج (*Larix principis-rupprechtii*) و با آمیخته‌ی کاج و توسکا (*Betula platyphlla*) باعث ذخیره‌ی کربن به ترتیب به‌میزان ۲۵۸/۰ و ۱۶۳/۴ مگاگرم در هکتار شد. نتایج پژوهش چانگ و همکاران (۱۳) نشان داد که جنگل کاری در اراضی حاشیه‌ای، تأثیر قابل توجهی بر تجمع کربن آلی و نیتروژن کل خاک داشته و میزان بارش (رطوبت) تأثیر مهمی بر تجمع کربن آلی خاک دارد، اما تأثیر کمی بر ذخیره‌ی نیتروژن کل دارد. اثر محدودیت نیتروژن خاک بر تجمع کربن خاک در منطقه‌ی خشک‌تر نسبت به مناطق مرطوب‌تر، کمتر است. برترونگ و همکاران (۸) دریافتند که ترسیب کربن آلی در خاک، به‌طور معنی‌داری به میزان بارش مرتبط است. در مناطق خشک، بارش، مهم‌ترین عامل محدود کننده‌ی اکولوژیکی است و بهره‌وری اولیه‌ی خالص (NPP) را تعیین می‌کند. رابطه‌ی مثبت بین میزان بارش و میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن کل می‌تواند به افزایش NPP متناسب با میزان بارش مربوط باشد (۱۱۶۲).

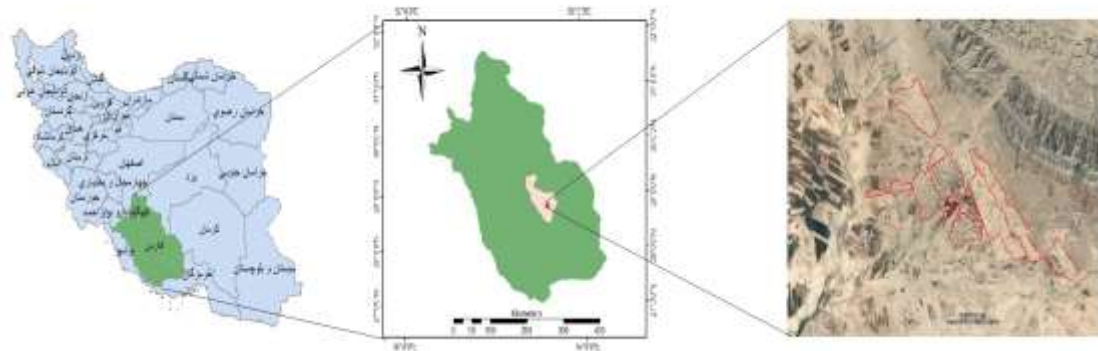
مربعی بیشه‌زرد در بخش شیب‌کوه و دهستان میان‌ده واقع شده است. شیب عمومی منطقه ۶ در هزار است که بین خط ارتفاعی ۱۱۴۰ تا ۱۱۶۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. بر اساس آمار ۲۳ ساله (۱۳۷۵-۱۳۹۷) این ایستگاه، شاخص‌های آب و هوایی منطقه، میانگین بارش سالانه، ۲۱۹ میلی‌متر؛ دمای بیشینه، ۴۶ درجه‌ی سانتی‌گراد؛ دمای کمینه، ۸- درجه‌ی سانتی‌گراد؛ میانگین دمای سالانه، ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد؛ میانگین تبخیر سالانه، ۲۵۴۸ میلی‌متر؛ متوسط تعداد روزهای یخبندان، ۲۷ روز در سال است (۲۸). شایان ذکر است برنامه‌ی پخش سیلاب برای تغذیه‌ی آبخوان‌ها از سال ۱۳۶۱ در پهنه‌ای به‌وسعت ۲۲۰۰ هکتار در این دشت اجرا شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه در ایران و استان فارس را نشان می‌دهد.

با توجه به نقش و اهمیت عملیات پخش سیلاب بر شاخص‌های کیفی خاک، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پخش سیلاب و نوع کاربری در اراضی شنی دشت گربایگان فسا بر میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن خاک در کاربری‌های جنگل دست‌کاشت آکاسیا، اوکالیپتوس، آتریپلکس و مرتع در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی کوثر، در دشت گربایگان فسا انجام شد. ایستگاه کوثر در ۵۰ کیلومتری جنوب‌شرقی فسا در موقعیت ۲۸°۳۸' عرض شمالی و ۵۳°۵۵' طول شرقی بر مخروط‌افکنه‌ی آبخیز ۱۹۲ کیلومتر



شکل ۱- نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. Geographical location map for the study area

### نمونه‌برداری از خاک

از کاربری‌های جنگل دست‌کاشت آکاسیا، اوکالیپتوس، آتریپلکس و مرتع در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب، در مجموع ۴۵ نمونه‌ی مرکب خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شد.

### اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی

جرم مخصوص ظاهری خاک در کاربری‌های بررسی شده، به‌روش استوانه و در آزمایشگاه، کربن آلی خاک به‌روش والکلی-بلک با اکسایش تر (۵۲)، نیتروژن کل به روش کج‌جدال (۱۰) و میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن با استفاده از رابطه‌ی ۱ محاسبه شد.

$$C_s = OC (ON) \times BD \times D \quad (1)$$

که در آن  $C_s$ ، میزان کربن/ نیتروژن ذخیره شده در خاک (مگاگرم یا تن در هکتار)،  $OC (ON)$ ، میزان کربن آلی/ نیتروژن کل خاک (درصد)،  $BD$ ، جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)،  $D$ ، ضخامت لایه‌ی خاک (سانتی‌متر) است. با در نظر گرفتن این‌که هر تن کربن معادل با ۳/۶۷ تن گاز دی‌اکسیدکربن است و برای تولید یک تن نیتروژن به‌صورت کود شیمیایی نیتروژنه، ۱/۳۰ تن گاز دی‌اکسیدکربن تولید می‌شود (۶۸)، مقدار معادل گاز دی‌اکسیدکربن که از هوا در خاک به‌صورت کربن آلی و

### کاربری‌های مورد بررسی

هشت کاربری که از آن‌ها نمونه‌برداری شد به‌شرح زیر بودند: ۱- مرتع- بدون پخش سیلاب (شاهد)- شبکه‌ی بیشه‌زرد یک، ۲- شش عرصه مرتع- با پخش سیلاب- شبکه‌ی بیشه‌زرد یک، ۳- مرتع- آتریپلکس (*Atriplex lentiformis* (Torr.) Wats.) دست‌کاشت- بدون پخش سیلاب- شبکه‌ی بیشه‌زرد چهار، ۴- مرتع- آتریپلکس دست‌کاشت- با پخش سیلاب- شبکه‌ی رحیم‌آباد، ۵- جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس (شاهد)- بدون پخش سیلاب- شبکه‌ی بیشه‌زرد چهار، ۶- جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس- با پخش سیلاب- شبکه‌ی بیشه‌زرد چهار، ۷- جنگل دست‌کاشت آکاسیا (*Acacia salicina* Lindl.)- بدون پخش سیلاب- شبکه‌ی بیشه‌زرد چهار، ۸- جنگل دست‌کاشت آکاسیا- با پخش سیلاب- شبکه‌ی بیشه‌زرد چهار.

گونه‌های غالب مراتع مورد بررسی شامل سه گونه‌ی گل آفتابی (*Heliantemum lippii* (L.) Pers.)، سیاه‌گینه (*Dendrostellera lessertii* (Wikstr.) Van Tiegh.) و درمنه‌ی دشتی (*Artemisia sieberi* Besser.) بود. مراتع آتریپلکس، در بهمن و اسفند ۱۳۶۲ با نهال‌های آتریپلکس و جنگل‌های دست‌کاشت اوکالیپتوس و آکاسیا در ۲۴ و ۲۵ دی ۱۳۶۴، نهال‌کاری شده‌اند.

آمارهای بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در کاربری‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و تجزیه‌ی واریانس ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک این کاربری‌ها، در جدول ۲ و اثرات ساده پخش سیلاب و کاربری بر میانگین درصد و میزان ذخیره‌ی کربن‌آلی و نیتروژن خاک، به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در کاربری‌های مختلف (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

وضعیت	کاربری	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )	رطوبت اشباع (%)	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته گل اشباع
پخش سیلاب	آکاسیا	Sandy Loam	۱/۴۱	۳۸/۲۶	۱/۲۳	۷/۵۶
	اوکالیپتوس	Loam	۱/۲۴	۳۶/۳۱	۱/۰۰	۷/۲۵
	آترپلکس	Sandy Loam	۱/۴۹	۳۰/۷۳	۱/۱۰	۷/۸۱
بدون پخش سیلاب	مرتع	Sandy Loam	۱/۴۳	۲۴/۶۵	۰/۵۹	۷/۸۵
	آکاسیا	Sandy Loam	۱/۵۵	۲۸/۱۸	۱/۱۶	۷/۹۶
	اوکالیپتوس	Sandy Loam	۱/۴۷	۲۸/۷۰	۰/۹۱	۷/۸۱
پخش سیلاب	آترپلکس	Sandy Loam	۱/۳۱	۲۹/۲۳	۰/۷۵	۸/۱۵
	مرتع	Sandy Loam	۱/۴۸	۲۷/۰۷	۰/۳۸	۷/۹۵

با توجه به جدول تجزیه‌ی واریانس (جدول ۲)، مشخص می‌شود اثر پخش سیلاب بر درصد کربن‌آلی و میزان ذخیره‌ی کربن‌آلی در خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده، بر درصد نیتروژن کل معنی‌دار نگردیده ولی اثر آن بر میزان ذخیره‌ی نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. تأثیر کاربری (نوع پوشش گیاهی) بر همه این شاخص‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار گردیده است. اثر متقابل پخش سیلاب و کاربری بر درصد کربن‌آلی و میزان ذخیره‌ی نیتروژن خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شده ولی تأثیر آن بر میزان ذخیره‌ی کربن و درصد نیتروژن کل معنی‌دار نشده است.

نیتروژن آلی ترسیب شده محاسبه شد. سپس، برای محاسبه‌ی ارزش اقتصادی مقدار کربن و نیتروژن ذخیره شده، از روش مالیات بر کربن استفاده گردید، یعنی مالیات بر تولید هر تن دی‌اکسیدکربن، معادل ۲۰۰ دلار (۵۸) و نرخ رسمی برابری هر دلار برابر با ۴۲۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد.

### تجزیه و تحلیل‌های آماری

پس از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح

بر اساس جدول ۱، مشخص می‌شود بافت خاک در همه کاربری‌ها بجز کاربری جنگل دست کاشت اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب لوم‌شنی، است. کمترین جرم مخصوص ظاهری مربوط به کاربری جنگل دست کاشت اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب و بیشترین آن مربوط به کاربری آکاسیا بدون پخش سیلاب می‌باشد. کاربری مرتع با پخش سیلاب دارای کمترین و کاربری آکاسیا با پخش سیلاب دارای بیشترین درصد رطوبت اشباع خاک است. خاک همه کاربری‌ها بدون مشکل شوری بوده و قلیایی هستند.

جدول ۲- تجزیه‌ی واریانس درصد و میزان ذخیره‌ی کربن آلی و نیتروژن در خاک کاربری‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه‌ی آزادی	درصد کربن آلی	میزان ذخیره‌ی کربن	درصد نیتروژن کل	میزان ذخیره‌ی نیتروژن
تکرار	۲	۰/۰۳۲۱	۲۷/۲۶۹۸	۰/۰۰۷۸	۶/۲۲۳۳
پخش سیلاب	۱	۱/۳۷۷۶ <sup>***</sup>	۹۵۵/۷۱۲۶ <sup>***</sup>	۰/۰۰۳۵ <sup>ns</sup>	۲۵/۶۶۸۰ <sup>**</sup>
کاربری	۳	۱/۸۷۷۱ <sup>***</sup>	۴۷۷/۰۶۶۵ <sup>***</sup>	۰/۰۴۶۰ <sup>***</sup>	۶۴/۶۹۲۲ <sup>***</sup>
پخش سیلاب* کاربری	۳	۰/۲۲۰۱ <sup>**</sup>	۲۵/۱۷۵۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵۶ <sup>ns</sup>	۳۸/۵۶۲۵ <sup>**</sup>
خطا	۱۴	۱۶۰/۲۴۵۳	۹/۴۰	۰/۰۰۶۵	۵/۷۴۸۷
ضریب تغییرات	-	۲۳/۱۴	۱۷/۷۶	۱۲/۹۹	۹/۰۵

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns غیر معنی‌دار

مؤثر بوده است. در اثر پخش سیلاب، محیط مناسبی برای رشد گیاهان ایجاد شده زیرا این محیط، حاوی عناصر غذایی بیشتری (از جمله اضافه شدن یون‌های نترات و آمونیوم از طریق سیلاب ورودی) بوده و دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتری می‌باشد که به تکثیر خودبخودی پوشش گیاهی موجود و گونه‌های مهاجم کمک می‌کند (۳۴،۷۶). کونانت و همکاران (۱۹) نیز اظهار کردند که در مدیریت مرتع، روش‌هایی که هدف آن افزایش تولید انبوه زی‌توده‌ی گیاهی است، به‌طور کلی میزان مواد آلی خاک را افزایش می‌دهند. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های برترونگ و همکاران (۸) و چانگ و همکاران (۱۳) هماهنگی دارد.

با توجه به جدول ۳، مشخص می‌شود پخش سیلاب باعث افزایش معنی‌دار میانگین درصد کربن‌آلی و میزان ذخیره‌ی کربن‌آلی در خاک در مقایسه با شرایط بدون پخش سیلاب شده است. علت این افزایش‌ها را می‌توان به تأمین رطوبت مورد نیاز برای رشد و افزایش زی‌توده‌ی گیاهان کاشته شده و گیاهان موجود در کاربری‌های بررسی شده از طریق پخش سیلاب نسبت داد. از آن‌جا که بافت خاک عاملی مهم در ذخیره‌ی کربن است، و بررسی‌های نادری و همکاران (۵۱) نقش ته‌نشینی مواد معلق موجود در سیلاب را در تغییر بافت خاک از شنی به شنی متوسط در گریابگان نشان داده است، افزایش توان نگاه‌داری آب قابل استفاده‌ی خاک در این پدیده

جدول ۳- تأثیر پخش سیلاب بر میانگین درصد و میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک

Table 3. The effect of flood spreading on the average percentage and amount of carbon and nitrogen storage in soil

وضعیت	درصد کربن آلی	میزان ذخیره‌ی کربن	درصد نیتروژن کل	میزان ذخیره‌ی نیتروژن
پخش سیلاب	۰/۷۳ <sup>a</sup>	۲۵/۳۶ <sup>a</sup>	۰/۶۰ <sup>a</sup>	۲۵/۴۳ <sup>a</sup>
بدون پخش سیلاب	۰/۲۹ <sup>b</sup>	۱۲/۷۴ <sup>b</sup>	۰/۶۳ <sup>ab</sup>	۲۷/۵۱ <sup>a</sup>

\*: در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

با توجه به جدول ۴، مشخص می‌شود کاربری جنگل دست ویژگی‌های مورد بررسی شده است. کاشت اوکالیپتوس، باعث افزایش معنی‌دار میانگین

جدول ۴- تأثیر کاربری بر میانگین درصد و میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک

Table 4. Effect of land use on the average percentage and amount of carbon and nitrogen storage in the soil

کاربری	درصد کربن آلی	میزان ذخیره‌ی کربن	درصد نیتروژن کل	میزان ذخیره‌ی نیتروژن
آکاسیا	۰/۲۸ <sup>bc</sup>	۱۶/۶۸ <sup>b</sup>	۰/۵۰ <sup>b</sup>	۲۲/۴۴ <sup>b</sup>
اوکالیپتوس	۱/۰۹ <sup>a</sup>	۳۱/۳۶ <sup>a</sup>	۰/۷۰ <sup>a</sup>	۲۹/۱۲ <sup>a</sup>
آتریپلکس	۰/۴۳ <sup>b</sup>	۱۸/۰۸ <sup>b</sup>	۰/۶۰ <sup>ab</sup>	۲۵/۱۷ <sup>b</sup>
مرتع	۰/۲۳ <sup>c</sup>	۱۰/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۶۷ <sup>a</sup>	۲۹/۱۸ <sup>a</sup>

\*: در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

این کاربری با کاربری‌های آکاسیا و آتریپلکس در شرایط بدون پخش سیلاب، مشاهده نگردید. بیشترین درصد نیتروژن کل با مقدار ۰/۷۱ درصد متعلق به کاربری اوکالیپتوس در شرایط بدون پخش سیلاب بود. هر چند از نظر آماری، تفاوتی بین این کاربری با سایر کاربری‌ها به جز کاربری آکاسیا با پخش سیلاب، مشاهده نگردید (جدول ۵).

از نظر میزان ذخیره‌ی نیتروژن، کاربری جنگل دست کاشت اوکالیپتوس در شرایط بدون پخش سیلاب، با میزان ۳۱/۴۲ مگا گرم در هکتار، بیشترین مقدار و کاربری آکاسیا با پخش سیلاب، با میزان ۱۸/۹۱ مگاگرم در هکتار، کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. به طوری که تفاوت آماری بین این دو کاربری، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. کاربری‌های اوکالیپتوس، آتریپلکس و مرتع در شرایط پخش سیلاب، تفاوتی از نظر آماری با کاربری‌های آکاسیا، اوکالیپتوس و مرتع در شرایط بدون پخش سیلاب نشان ندادند (جدول ۵).

در جدول ۵، میانگین اثر متقابل پخش سیلاب و کاربری بر درصد و میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن خاک نشان داده شده است. با توجه به این جدول، مشخص می‌گردد اثر متقابل پخش سیلاب و کاربری جنگل دست کاشت اوکالیپتوس در مقایسه با سایر کاربری‌ها در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب، بیشترین تأثیر را در افزایش درصد کربن آلی (۱/۶۸ درصد) و میزان ذخیره‌ی کربن آلی خاک (۴۰/۲۳ مگا گرم در هکتار) داشته است. به طوری که تفاوت میان این دو ویژگی در این کاربری با سایر کاربری‌ها از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. کمترین درصد کربن آلی (۰/۱۴ درصد) و میزان ذخیره‌ی کربن (۶/۲۱ مگاگرم در هکتار) در کاربری مرتع بدون پخش سیلاب اندازه‌گیری شد.

درصد نیتروژن کل در کاربری جنگل دست کاشت آکاسیا در شرایط پخش سیلاب با میزان ۰/۴۵ درصد، کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. هر چند از نظر آماری، تفاوتی بین

جدول ۵- نتایج مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل پخش سیلاب و کاربری بر درصد و میزان ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک

Table 5. Results of comparing the mean interaction effect of flood spreading and land use on the percentage and amount of carbon and nitrogen storage in the soil

وضعیت	کاربری	درصد کربن آلی	میزان ذخیره‌ی کربن	درصد نیتروژن کل	میزان ذخیره‌ی نیتروژن
پخش سیلاب	آکاسیا	۰/۵۵ <sup>b</sup>	۲۳/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۴۵ <sup>b</sup>	۱۸/۹۱ <sup>a</sup>
	اوکالیپتوس	۱/۶۸ <sup>a</sup>	۴۰/۲۳ <sup>a</sup>	۰/۶۹ <sup>a</sup>	۲۶/۱۳ <sup>ab</sup>
	آتریپلکس	۰/۵۴ <sup>b</sup>	۲۴/۱۲ <sup>b</sup>	۰/۶۱ <sup>a</sup>	۲۷/۵۰ <sup>ab</sup>
بدون پخش سیلاب	مرتع	۰/۳۳ <sup>cd</sup>	۱۳/۹۶ <sup>c</sup>	۰/۶۷ <sup>a</sup>	۲۸/۵۴ <sup>cd</sup>
	آکاسیا	۰/۲۳ <sup>c</sup>	۱۰/۰۳ <sup>cd</sup>	۰/۵۶ <sup>ab</sup>	۲۵/۹۷ <sup>bc</sup>
	اوکالیپتوس	۰/۵۱ <sup>bc</sup>	۲۲/۴۹ <sup>b</sup>	۰/۷۱ <sup>a</sup>	۳۱/۴۲ <sup>a</sup>
بدون پخش سیلاب	آتریپلکس	۰/۳۰ <sup>cd</sup>	۱۲/۰۳ <sup>cd</sup>	۰/۵۸ <sup>ab</sup>	۲۲/۸۴ <sup>cd</sup>
	مرتع	۰/۱۴ <sup>d</sup>	۶/۲۱ <sup>d</sup>	۰/۶۷ <sup>a</sup>	۲۹/۱۳ <sup>cd</sup>

\*: در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

ترشحات و بقایای ریشه‌ها و هدررفت کربن از راه تجزیه‌ی مواد آلی دارد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های محمودی‌طالقانی و همکاران (۴۳)، نوبخت و همکاران (۵۳) شعبانین و همکاران (۶۵) و ورامش و همکاران (۷۱) همراستا است.

ارزش اقتصادی کل مربوط به کربن و نیتروژن ذخیره شده در خاک کاربری‌های مختلف در جدول ۶ نشان داده شده

پژوهش‌های باده‌یان (۵) و دیناکاران و کریشنایا (۲۴) نیز نشان دادند که نوع پوشش گیاهی، تأثیر معنی‌داری بر میزان ذخیره‌ی کربن در خاک دارد. نتایج پژوهش‌های صادقی و همکاران (۶۰) و مسلمی و همکاران (۴۹) نیز بیانگر این است که نوع پوشش گیاهی به‌ویژه نوع درختان، باعث تغییر در مقدار کربن آلی خاک می‌شوند. به‌نحوی که میزان ذخیره‌ی کربن در خاک وابسته به مقدار ورودی کربن به خاک از راه لاشبرگ‌ها،

۷۵/۴۶ و ۴۳/۵۲ درصد افزایش داد. به طور میانگین، عملیات پخش سیلاب باعث ۱/۵۴ برابر شدن (افزایش ۵۴/۳۱ درصدی) ارزش اقتصادی مجموع کربن و نیتروژن ذخیره شده در خاک گردید. ارزش اقتصادی ترسیب کربن توسط گونه‌های دست‌کاشت سرو نقره‌ای، کاج، زبان گنجشک و زیتون در پژوهش انجام شده به وسیله‌ی آزادی ریمله و همکاران (۳) به ترتیب ۲۸/۷۵، ۲۸/۰۰، ۱۸/۱۱ و ۱/۶۵ میلیارد ریال برآورد گردید. نتایج پژوهش زرافشار و همکاران (۷) نیز نشان داد هر هکتار خاک زیر پوشش گونه‌های سدروس و بلوط ایرانی، به ترتیب معادل ۳۸۷/۹ و ۳۴۸/۶ تن گاز دی‌اکسید کربن را ترسیب کرده و ارزش اقتصادی ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک این دو کاربری، به ترتیب معادل ۳/۲۵۸ و ۲/۹۳۲ میلیارد ریال در هکتار برآورد گردید.

است. با توجه به این جدول، مشخص می‌شود کاربری‌های جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس، آکاسیا، آتریپلکس دست‌کاشت و مرتع در شرایط پخش سیلاب در مقایسه با شرایط بدون پخش سیلاب، ارزش اقتصادی بیشتری ایجاد کرده‌اند. در این میان، در شرایط پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب، کاربری جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس به ترتیب با ارزش اقتصادی معادل ۱/۵۳۳ و ۱/۰۳۶ میلیارد ریال، بیشترین و کاربری مرتع، به ترتیب با ارزش اقتصادی معادل ۰/۷۴۲ و ۰/۵۱۷ میلیارد ریال، کمترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. پخش سیلاب بر کاربری‌های جنگل دست‌کاشت آکاسیا، اوکالیپتوس، مرتع دست‌کاشت با آتریپلکس و مرتع، ارزش اقتصادی ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک را در مقایسه با شرایط بدون پخش سیلاب، به ترتیب به میزان ۵۳/۵۹، ۴۸/۰۰

جدول ۶- ارزش اقتصادی مجموع کربن و نیتروژن ذخیره شده در خاک کاربری‌های مختلف (میلیارد ریال)

وضعیت کاربری	میزان ذخیره‌ی کربن	معدل گاز دی‌اکسید کربن	میزان ذخیره‌ی نیتروژن	معدل گاز دی‌اکسید کربن	جمع ستون‌های ۴ و ۶	ارزش اقتصادی مقدار کربن و نیتروژن ذخیره شده
آکاسیا	۳۳/۱۴	۸۴/۹۲	۱۸/۹۱	۳۴/۵۸	۱۰۹/۵۰	۰/۹۲۰
پخش اوکالیپتوس	۴۰/۲۳	۱۴۷/۶۴	۲۶/۸۳	۳۴/۸۸	۱۸۲/۵۲	۱/۵۳۳
سیلاب آتریپلکس	۲۴/۱۲	۸۸/۵۲	۲۷/۵۰	۳۵/۷۵	۱۲۴/۲۷	۱/۰۴۴
مرتع	۱۳/۹۶	۵۱/۲۳	۲۸/۵۴	۳۷/۱۰	۸۸/۳۳	۰/۷۴۲
آکاسیا	۱۰/۲۳	۳۷/۵۴	۲۵/۹۷	۳۳/۷۶	۷۱/۳۰	۰/۵۹۹
بدون پخش اوکالیپتوس	۲۲/۴۹	۸۲/۵۴	۳۱/۴۲	۴۰/۸۵	۱۲۳/۳۹	۱/۰۳۶
پخش آتریپلکس	۱۲/۰۳	۴۴/۱۵	۲۲/۸۴	۲۹/۶۹	۷۰/۸۴	۰/۵۹۵
سیلاب مرتع	۶/۲۱	۲۲/۷۹	۲۹/۸۳	۳۸/۷۸	۶۱/۵۷	۰/۵۱۷

\*\* با توجه به این که هر تن کربن معادل ۳/۶۷ تن دی‌اکسید کربن است و میزان مالیات بر کربن به‌ازای هر تن گاز دی‌اکسید کربن، معادل ۲۰۰ دلار در نظر گرفته شده است. ابتدا ارقام ستون ۵ را در ضریب ۳/۶۷ ضرب کرده تا میزان دی‌اکسید کربن معادل به‌دست آید، سپس اعداد به‌دست آمده در عدد ۲۰۰ ضرب شد تا ارزش زیست‌محیطی کربن ذخیره شده بر حسب دلار به‌دست آید. براساس نرخ رسمی هر دلار، ۴۲۰۰۰ ریال، با ضرب اعداد به‌دست آمده در این عدد، ارقام ستون ۶ محاسبه و سپس برحسب میلیارد ریال بیان گردید.

کاربری جنگل دست‌کاشت اوکالیپتوس در مقایسه با سایر کاربری‌ها در دو وضعیت با پخش سیلاب و بدون پخش سیلاب، بیشترین تأثیر را در افزایش درصد کربن‌الی (۱/۶۸ درصد) و میزان ذخیره‌ی کربن‌الی (۴۰/۲۳ مگا گرم در هکتار) و نیتروژن کل در خاک (۳۱/۴۲ مگا گرم در هکتار) داشته است. بنابراین می‌توان گفت کاشت درختان اوکالیپتوس در عرصه‌های پخش سیلاب، باعث افزایش مقدار ماده‌ی آلی و نیتروژن خاک از طریق اضافه نمودن شاخ و برگ، بقایای ریشه‌ی درختان، بقایای گیاهان رشد کرده در زیراشکوب درختان و به‌دنبال آن افزایش فعالیت جانوران خاکزی، قارچ‌ها و باکتری‌ها شده است. افزایش ۳۴ و ۲۴ برابری جمعیت کل باکتری‌ها، افزایش ۹/۸ و ۴/۲ برابری تعداد باکتری‌های نیتريت‌ساز به‌ترتیب در مکان‌هایی که اوکالیپتوس کاشته شده و مراتع طبیعی همراه با پخش سیلاب و افزایش ۱/۷ برابری تعداد باکتری‌های نیتريت‌ساز در محل‌هایی که اوکالیپتوس کاشته شده و با پخش سیلاب آبیاری می‌شوند در مقایسه با مرتع بدون پخش سیلاب (شاهد) گزارش شده است (۵۹). علاوه بر این، خاک زیر همه‌ی پوشش‌های بررسی شده مقادیر بالای نیتروژن را نشان می‌دهد (جدول ۵) که علت آن را به سازند آعاجاری نسبت می‌دهند زیرا دشت گربایگان از این سازند تشکیل شده است. مقادیر غیر عادی بالای نیتريت

یکی از دلایل تفاوت مقدار ذخیره‌ی کربن و نیتروژن در خاک زیر پوشش‌های آکاسیا، اوکالیپتوس، آتریپلکس و گیاهان مرتعی بررسی شده را می‌توان علاوه بر تفاوت در مقدار زی‌توده تولیدی، به متفاوت بودن ترکیب شیمیایی بقایای این گیاهان نسبت داد. زیرا ترکیب شیمیایی (به‌عنوان مثال میزان کربن، لیگنین‌ها، نیتروژن و منگنز) بقایای روزمینی و زیرزمینی و ترشحات ریشه‌ای به‌طور قابل توجهی بین گونه‌های گیاهان متفاوت است و بر سینتیک تجزیه‌ی مواد آلی در مقیاس‌های زمانی از یک سال تا ده سال تأثیر می‌گذارد (۹،۳۲،۴۲). معمولاً مقدار زیاد لیگنین منجر به تجمع مواد آلی ذره‌ای (POM) در خاک شده (۲۰) و سهم گیاه را در مواد آلی خاک افزایش می‌دهد. مقدار منگنز موجود در لاشبرگ، تجزیه‌ی لیگنین را از طریق تشکیل پراکسیدازهای منگنز عامل اکسیداسیون لیگنین تحریک می‌کند (۶،۳۳). مقادیر زیاد نیتروژن در لاشبرگ و بقایای گیاهان به‌طور کلی، میزان تجزیه‌ی اولیه آن‌ها را افزایش می‌دهد و منجر به تجمع بقایای میکروبی می‌شود که در خاک باقی می‌مانند. هم‌زمان، مقادیر بالای نیتروژن در باقی‌مانده‌های گیاهی، تجزیه‌ی خاص لیگنین‌ها را مهار می‌کند (۷،۲۳،۴۵) که احتمالاً به‌دلیل ترکیب مجدد نیتروژن با مولکول‌های لیگنین که تا حدی تجزیه شده‌اند (۷).



## منابع

- Amelung, W., S. Brodowski, A. Sandhage Hofmann and R. Bol. 2008. Combining biomarker with stable isotope analysis for assessing the transformation and turnover of soil organic matter. *Adv. Agron.* 100: 155-250.
- Andreetta, A., M.F. Dignac and S. Carnicelli. 2013. Biological and physico-chemical processes influence cutin and suberin biomarker distribution in two Mediterranean forest soil profiles. *Biogeochemistry*, 112: 41-58.
- Azadi Rimaleh, A., S.M. Hojati, H. Jalilvand and H. Naghavi. 2014. Investigation on soil carbon sequestration and understory biodiversity of hard wood and soft wood plantations of Khoramabad city (Makhamalkoh site). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(4): 702-715 (In Persian).
- Badgery, W.B., A.T. Simmons, B.M. Murphy, A. Rawson, K.O. Andersson, V.E. Lonergan and R. Van de Ven. 2013. Relationship between environmental and land-use variables on soil carbon levels at the regional scale in central New South Wales, Australia. *Soil Research*, 51: 645-656.
- Badeian, Z. 2006. Relation between carbon stock and pH in the organic and mineral soil layers of a mixed forest of beech. A master thesis in faculty of natural forest, Tehran University, 69 pp (In Persian).
- Berg, B. 2014. Decomposition patterns for foliar litter - a theory for influencing factors. *Soil Biol Biochem*, 78: 222-232.
- Berg, B., M.P. Davey, A. De Marco, B. Emmett, M. Fauturi, S.E. Hobbie, M.B. Johansson, C. Liu, C. McClaugherty, L. Norell, F.A. Rutigliano, L. Vesterdal and A.V. De Santo. 2010. Factors influencing limit values for pine needle litter decomposition: a synthesis for boreal and temperate pine forest systems. *Biogeochemistry*, 100: 57-73.
- Berthrong, S.T., G. Pinheiro, E.G. Jobbagy and R.B. Jackson. 2012. Soil C and N changes with afforestation of grasslands across gradients of precipitation and plantation age. *Ecological Applications*, 22: 76-86.
- Birouste, M., E. Kazakou, A. Blanchard and C. Roumet. 2012. Plant traits and decomposition: are the relationships for roots comparable to those for leaves. *Ann Bot*, 109: 463-472.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 595-624.
- Callesen, I., J. Liski, K. Raulund-Rasmussen, M.T. Olsson, L. Tau-Strand, L. Vesterdal and C.J. Westman. 2003. Soil carbon stores in Nordic well-drained forest soils—relationships with climate and texture class. *Global Change Biology*, 9: 358-370.
- Carter, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*, 94: 38-47.
- Chang, X.F., S.P. Wang, X.X. Zhu, S.J. Cui, C.Y. Luo, Z.H. Zhang and A. Wilkes. 2014. Impacts of management practices on soil organic carbon in degraded alpine meadows on the Tibetan Plateau. *Jour. Biogeosciences Discuss*, 11: 417-440.
- Chapela, I.H., L.J. Osher, T.R. Horton and M.R. Henn. 2001. Ectomycorrhizal fungi introduced with exotic pine plantations induce soil carbon depletion. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 1733-1740.
- Chen, X. and Q. Hu. 2004. Groundwater influences on soil moisture and surface evaporation. *Journal of Hydrology*, 297: 285-300.
- Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R.B. Myneni, S. Piao and P. Thornton, 2013. Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Clemmensen, K.E., A. Bahr, O. Ovaskainen, A. Dahlberg, A. Ekblad, H. Wallander, J. Stenlid, R.D. Finlay, D.A. Wardle and B.D. Lindahl. 2013. Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest. *Science*, 339: 1615-1618.
- Clemmensen, K.E., R.D. Finlay, A. Dahlberg, J. Stenlid, D.A. Wardle and B.D. Lindahl. 2015. Carbon sequestration is related to mycorrhizal fungal community shifts during long-term succession in boreal forests. *New Phytol*, 205: 1525-1536.
- Conant, R.T., K. Paustian and E.T. Elliott. 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11: 343-355.
- Cotrufo, M.F., J.L. Soong, A.J. Horton, E.E. Campbell, M. Haddix, D.H. Wall and A.J. Parton. 2015. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nat Geosci*, 8: 776-780.
- Davidson, E. and I. Ackerman. 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 20: 161-193.

22. Derrien, D., C. Marol, M. Balabane and J. Balesdent. 2006. The turnover of carbohydrates in a cultivated soil estimated by  $^{13}\text{C}$  natural abundances. *Eur. J. Soil Sci*, 57: 547-557.
23. Dignac, M.F., I. Kögel-Knabner, K. Michel, E. Matzner and H. Knicker. 2002. Chemistry of soil organic matter as related to C/N in Norway spruce forest (*Picea abies* (L) karst.) floors and mineral soils. *J Plant Nutr Soil Sci*, 165: 281-289.
24. Dinakaran, J. and N.S.R. Krishnayya. 2008. Variations in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils, *Current Science*, 94(9): 1144-1150.
25. Egerton-Warburton, L.M., J.I. Querejeta, M.F. Allen and S.L. Finkelman. 2005. Mycorrhizal Fungi, In: *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 533-542.
26. Fernandez, C.W. and P.G. Kennedy. 2015. Moving beyond the black-box: fungal traits, community structure, and carbon sequestration in forest soils. *New Phytol*, 205: 1378-1380.
27. Fernandez, C.W., J.A. Langley, S. Chapman, M.L. McCormack and R.T. Koide. 2016. The decomposition of ectomycorrhizal fungal necromass. *Soil Biol Biochem*, 93: 38-49.
28. Ghahari, G.R. 2019. Vegetation monitoring of Kowsar research aquifer management station, Annual report of research project, Annual Report for Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 55 pp (In Persian).
29. Gougoulias, C., J.M. Clark and L.J. Shaw. 2014. The role of soil microbes in the global carbon cycle: tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12): 2362-2371.
30. Guo, J., B. Wang, G. Wang, Y. Wu and F. Cao. 2019. Afforestation and agroforestry enhance soil nutrient status and carbon sequestration capacity in eastern China. *Land Degradation and Development*, 31(3): 392-403.
31. Johnson, D.W. and P.S. Curtis. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 140: 227-238.
32. Jones, D.L., C. Nguyen and R.D. Finlay. 2009. Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil-root interface. *Plant and Soil*, 321: 5-33.
33. Keiluweit, M., P. Nico, M.E. Harmon, J. Mao, J. Pett-Ridge and M. Kleber. 2015. Long-term litter decomposition controlled by manganese redox cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112: 5253-5260.
34. Kowsar, S.A. 1992. Desertification control through floodwater spreading in Iran. *Unasylva*, 168(43): 27-30.
35. Laganière, J., D.A. Angers and D. Par. 2010. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 16: 439-453.
36. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123: 1-22.
37. Langley, J.A., S.K. Chapman and B.A. Hungate. 2006. Ectomycorrhizal colonization slows root decomposition: the post-mortem fungal legacy. *Ecol Lett*, 9: 955-959.
38. Lehmann, J. and M. Kleber. 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528: 60-68.
39. Lei, Z., D. Yu, F. Zhou, Y. Zhang, D. Yu, Y. Zhou and Y. Han. 2019. Changes in soil organic carbon and its influencing factors in the growth of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation in Horqin Sandy Land, Northeast China. *Sci Rep*, 11;9(1): 16543
40. Li, D., S. Niu and Y. Luo. 2012. Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: a meta-analysis. *New Phytologist*, 195: 172-181.
41. Liu, S.G., N. Bliss., E. Sundquist and T.G. Huntington. 2003. Modeling carbon dynamics in vegetation and soil under the impact of soil erosion and deposition. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(2): 1074.
42. Machinet, G.E., I. Bertrand, Y. Barriere, B. Chabbert and S. Recous. 2011. Impact of plant cell wall network on biodegradation in soil: role of lignin composition and phenolic acids in roots from 16 maize genotypes. *Soil Biol Biochem*, 43: 1544-1552.
43. Mahmoudi Taleghani, E., G. Zahedi Amiri, E. Adeli and K. Sagheb Talebi. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. *Iranian journal of Forests and Poplar Research*, 15(3): 241-252 (In Persian).
44. Mao, R., D. Zeng, Y. Hu, L. Li and D. Yang. 2010. Soil organic carbon and nitrogen stocks in an age-sequence of poplar stands planted on marginal agricultural land in Northeast China. *Plant and Soil*, 332: 277-287.
45. Martins, M.R. and D.A. Angers. 2015. Different plant types for different soil ecosystem services. *Geoderma*, 237-238: 266-269.
46. Mathieu, J.A., C. Hatté, J. Balesdent and E. Parent. 2015. Deep soil carbon dynamics are driven more by soil type than by climate: a worldwide meta-analysis of radiocarbon profiles. *Glob Chang Biol*, 21: 4278-4292.
47. Mc Lauchlan, K. 2006. The nature and longevity of agricultural impacts on soil carbon and nutrients: a review. *Ecosystems*, 9: 1364-1382.
48. Meersmans, J., B. Van Wesemael, F. De Ridder, M. Fallasdotto, S. Debaets and M. Vanmolle. 2009. Changes in organic carbon distribution with depth in agricultural soils in northern Belgium, 1960-2006. *Global Change Biology*, 15(11): 2739-2750.

49. Moslemi, S M., S.Gh. Jalali, S.M. Hojjati and Y. Kooch. 2020. The effect of different forest types on soil properties and biodiversity of grassland cover and regeneration in central hyrcanian forests (Case Study: Seri-Alandan-Sari). *Ecology of Iranian Forests*, 7(4): 10-27 (In Persian).
50. Murty, D., M.U.F. Kirschbaum, R.E. Mc Murtrie and H. Mc Gilvray. 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology*, 8: 105-123.
51. Naderi, A., S.A. Kowsar and A.A. Sarafraz. 2000. Reclamation of a sandy desert through floodwater spreading. I. sediment induced changes in selected soil chemical and physical properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2: 9-20.
52. Nelson, D.W. and L.P. Sommers. 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter, In: Page, A.L. (ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 2*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Journal, 9: 537-579.
53. Nobakht, E., M.R. Pourmajidian, S. Hodjati and A. Fallah. 2010. Comparison of carbon sequestration in the pure plantations of conifer and broadleaves (Case study: plantation plan of Dehmian, Mazandran). 11 pp (In Persian).
54. Pan, G., H. Lu, L. Li, J. Zheng, X. Zhang, K. Cheng, X. Liu and Z.J. Bian Rongjun. 2015. Soil Carbon Sequestration with Bioactivity: A New Emerging Frontier for Sustainable Soil Management. *Advances in Earth Science*, 30(8): 940-951.
55. Parvizi, Y. and M. Goji. 2013. The effect of rainfed management factors on soil organic carbon in the Merk basin of Kermanshah. *Journal of Land Management*, 1(1): 81-89 (In Persian).
56. Post, W.M. and K.C. Kwon. 2000. Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6: 317-327.
57. Ren, L., H. Wang, G. Ding, G. Gao and X. Yang. 2012. Effects of *Pinus tabulaeformis* Carr. plantation density on soil organic carbon and nutrients characteristics in rocky mountain area of northern China. *Arid Land Geography*, 35: 456-464.
58. Rivers, N. 2014. The Case for a carbon tax in Canada, Canada 2020. Article available at <http://canada2020.ca/canada-carbon-tax/>.
59. Roustaa, M.J. 2007. Study of bacterial population in different land uses of soil and flood spreading. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*, 21(1): 121-128 (In Persian).
60. Sadeghi, A., A. Salehi and S.A. Mousavi Koupar. 2015. Effect of poplar monoculture and poplar with peanut as an agroforestry cultivation on soil chemical properties. *Ecology of Iranian Forests*, 3(6): 28-35 (In Persian).
61. Sanderman, J. and J.A. Baldock. 2010. Accounting for soil carbon sequestration in national inventories: a soil scientist's perspective. *Environmental Research Letters*, 5(3): 1-21.
62. Schimel, D.S., B.H. Braswell, E.A. Holland, R. Mc Keown, D.S. Ojima, T.H. Painter, W.J. Parton and A.R. Townsend. 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 8(3): 279-293.
63. Schlesinger, W.H. and E.S. Bernhardt. 2013. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change* (3rd edn). Academic Press, Elsevier, New York.
64. Schmidt, M.W.I., M.S. Torn, S. Abiven, T. Dittmar, G. Guggenberg, I.A. Janssens, M. Kleber, I. Kögel-Knabner, J. Lehmann, M. Manning, P. Nannipieri, D.P. Rasse, S. Weiner and S.E. Trumbore. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49-56.
65. Shabanian, N., M. Heydari and M. Zeinivandzadeh. 2010. Effect of afforestation with broad leaved and conifer species on herbaceous diversity and some physico-chemical properties of soil (Case study: Dushan afforestation-Sanandaj). *Journal of Forest and Poplar Research*, 18(3): 437-446 (In Persian).
66. Shen, H., W. Zhang, X. Yang, X. Liu, J. Cao, X. Zeng, X. Zhao, X. Chen and W. Zhang. 2014. Carbon storage capacity of different plantation types under sandstorm source control program in Hebei Province, China. *Chinese Geographical Science*, 24: 454-460.
67. Shi, J. and L. Cui. 2010. Soil carbon change and its affecting factors following afforestation in China. *Landscape and Urban Planning*, 98: 75-85.
68. Snyder, C.S., T.W. Bruulsema, T.L. Jensen and P.E. Fixen. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133: 247-266.
69. Thevenot, M., M.F. Dignac and C. Rumpel. 2010. Fate of lignins in soil: a review. *Soil Biol Biochem*, 42: 1200-1211.
70. UNDP. 2000. Carbon sequestration in the decertified rangelands of Hossein Abad, through community based management, program coordination, pp: 1-7.
71. Varamesh, S., S.M. Hosseini, N. Abdi and M. Akbarinia. 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 (In Persian).
72. Walter, K., A. Don and H. Flessa. 2015. No general soil carbon sequestration under Central European short rotation coppices. *Global Change Biology Bioenergy*, 7: 727-740.

73. Wang, Sh., X. Wang and Zh. Ouyang. 2012. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the upstream watershed of Miyun Reservoir, North China. *Journal of Environmental Sciences*, 24(3): 387-395.
74. Wang, X., C. Wang and Y. Han. 2015. Effects of tree species on soil organic carbon density: A common garden experiment of five temperate tree species. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 39: 1033-1043.
75. Yang, Y., A. Mohammad, J. Feng, R. Zhou and J. Fang. 2007. Storage, patterns and environmental controls of soil organic carbon in China. *Biogeochemistry*, 84: 131-141.
76. Yazdian, A.R. and S.A. Kowsar. 2003. The Agha Jari Formation: A potential source of ammonium and nitrate nitrogen fertilizers. *Journal of Agricultural Sciences and Technology*, 5: 153-163.
77. Zarafshar, M., M.J. Rosta, M. Matinizadeh, S.K. Bordbar, K. Enayati, Y. Kooch, M. Nehgahdar Saber and A. Abbasi. 2020. Comparison of carbon and nitrogen sequestration in soils under plantations, natural forest, and agricultural farm land uses in Arjan Plain in the Fars Province. *Ecology of Iranian Forest*, 8(16): 165-172 (In Persian).
78. Zhao, W., Z.M. Hu, H. Yang, L.M. Zhang, Q. Guo, Z.Y. Wu, D.Y. Liu and Sh.G. Li. 2016. Carbon density characteristics of sparse *Ulmus pumila* forest and *Populus simonii* plantation in Onqin Daga Sandy Land and their relationships with stand age. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 40(4): 318-326.
79. Zhao, X., X. Sun, X. Kang and H. Wang. 2012. Dynamics of soil organic carbon and total nitrogen contents in short-rotation triploid *Populus tomentosa* plantations. *Acta Ecologica Sinica*, 32: 4714-4721.

## Comparison of Soil Carbon and Nitrogen Stocks in Gareh-Bygone Plain of Fasa in Fields with and without Flood Spreading

Mohammad Javad Rosta<sup>1</sup>, Seyed Masoud Soleimanpour<sup>2</sup>, Maryam Enayati<sup>3</sup> and Mojtaba Pakprvar<sup>4</sup>

1- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, (Corresponding Author: m.roosta@areeo.ac.ir)

2 and 4- Assistant professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

3- M.Sc. Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Received: 31 January, 2021      Accepted: 7 April, 2021

### Extended Abstract

**Introduction and objective:** Land use change is a major factor in changes in soil organic carbon and nitrogen storage and the global carbon cycle. The aim of this study was to investigate the changes in soil organic carbon and nitrogen storage after afforestation and rangeland cultivation along with flood spreading.

**Material and Methods:** This investigation was carried out on the sandy lands of Gareh-Bygone Plain of Fasa located at southeastern of Fars province. A total of 45 soil composite samples were collected from Acacia, Eucalyptus, Atriplex and Planted Range from a depth of 0-30 cm in two conditions with and without flood spreading. The organic carbon and the total nitrogen content were measured in laboratory. Then, the amount of carbon and nitrogen storage was calculated and their economic value was determined by carbon tax method. The data were analyzed using SAS software as a factorial experiment in a completely randomized block design and the means were compared with Duncan's test at  $p < 0.05$ .

**Results:** The results showed that the effect of flood spreading on the percentage of organic carbon and the amount of organic carbon storage in the soil was significant at the  $p < 0.01$ , not significant on the percentage of the total nitrogen, but its effect on the amount of nitrogen storage at the  $p < 0.05$  was significant. The effect of land use (vegetation type) on all these indices were significant at the  $p < 0.01$ . The interaction effect of flood spreading and land use on the percentage of organic carbon and soil nitrogen storage at the  $p < 0.01$  was significant, but its effect on the amount of carbon storage and the percentage of total nitrogen was not significant. The amount of organic carbon storage in the soils of Acacia, Eucalyptus, Atriplex and Range, from 10.23, 22.49, 12.3 and 6.21 Mg/ha in conditions without flood spreading, respectively, increased to 23.14, 40.23, 24.12 and 13.96 Mg/ha in flood spreading conditions. The spread of floods on these land uses increased the economic value of carbon and nitrogen storage equal to 53.59, 48.00, 75.46 and 43.52 percent, respectively.

**Conclusion:** On average, flood spreading increased the economic value of total carbon and nitrogen storage in the soil equal to 54.31%.

**Keywords:** Carbon storage, Eucalyptus, Flood spreading, Gareh Bygone Plain, Nitrogen storage