

## ارزیابی اثرات اقدامات مدیریتی آبخیزداری در ترسیب کربن در استان کردستان

صلاح الدین زاهدی

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان (zahedi51@gmail.com)

### چکیده

یکی از مهمترین ابزارهای سازگاری و یا اصلاح پیامدهای حاصل از تغییر اقلیم، ترسیب کربن توسط اکوسیستم های طبیعی به کمک ابزارهای مدیریتی کارا نظیر عملیات مدیریتی مرتع و آبخیزداری است. این پژوهش با هدف ارزیابی و تعیین کمی ترسیب کربن در انواع مختلف عملیات اصلاحی و احیائی مکانیکی مانند انواع مختلف سازه های کنترل روان آب و رسوب از قبیل بندها و سدهای کوتاه اصلاحی ملاتی، گابیونی، بانکت بندی و ترانس بندی، در استان کردستان اجراء گردید. نمونه برداری در واحدهای کاری با اعمال روش نمونه گیری سیستماتیک تصادفی از اندامهای هوایی، ریشه، لاشبرگ و خاک انجام و نمونه ها مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفتند. نتایج تجزیه آماری داده ها حاکی است که میزان ذخیره کربن پوشش گیاهی در تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد می باشند. همچنین نتایج کل عملکرد ترسیب کربن، شامل پوشش گیاهی و خاک، نشان می دهد که مقدار ترسیب کربن بر اثر عملیات آبخیزداری افزایش یافته است. این افزایش در تیمارهای بانکت بندی و سد های رسوبگیر گابیونی بطور معنی داری بیشتر از شاهد آزمایش بوده و در مقایسه با آن در کلاس برتری قرار می گیرند. میانگین حداکثر کربن ترسیب یافته در واحد سطح ۷۲۶۶ کیلوگرم در هکتار بوده که ۶۵ درصد آن مربوط به ترسیب کربن در خاک است. بطور کلی نتیجه گیری می شود که عملیات آبخیزداری بویژه بانکت بندی بعنوان اقدامی در جهت حفاظت از اکوسیستم طبیعی، دارای قابلیت بالایی در ترسیب کربن بوده و خاک نیز مهمترین مخزن کربن در این عملیات بشمار می آید.

**واژه های کلیدی:** عملیات آبخیزداری، ترسیب کربن در خاک، ترسیب کربن در پوشش گیاهی

## مقدمه

فرسایش خاک در حوزہ های استان کردستان متفاوت بوده، در بعضی از واحدهای هیدرولوژیکی بالغ بر ۷۰ تن، در بعضی نقاط ۱/۷۶ تن و متوسط فرسایش سالیانه در استان ۱۸/۵۸ تن در هکتار برآورد شده است. کردستان با ۱/۷ درصد مساحت کشور حدود ۷ درصد حجم روانابهای کشور را داراست. ۵۳ درصد حجم هرزآبهای خارج شده از مرزهای کشور از رودخانه های کردستان خارج می شود. آمارها بیانگر ۱/۵ برابر بودن شاخص فرسایش ویژه این استان در مقایسه با کشور بوده و فرسایش ویژه استان سالیانه حدود ۱۳ الی ۲۳ تن در هکتار برآورد می گردد. قدمت عملیات مدیریتی آبخیزداری در استان جهت مقابله با فرسایش به قبل از انقلاب اسلامی بر می گردد اما بعد از انقلاب شدت یافت و هرساله مبالغی از بودجه در استان به این امر اختصاص یافته است.

ترسیب کربن توسط خاک، جنگل ها، مراتع و اکوسیستم های طبیعی راهکاری منطبق با اصول توسعه پایدار و حفظ محیط زیست است که امروزه در مقیاس جهانی به آن توجه ویژه ای شده و نقطه امیدی است که به کاهش کربن اتمسفری و اصلاح وضع موجود کمک کند. به همین دلیل ترسیب کربن، به عنوان ارزش افزوده جهت پروژه های اصلاح، احیاء و مدیریت عرصه های منابع طبیعی در حوزہ های آبخیز در نظر گرفته می شود.

در کشور ما، عملیات اصلاحی و احیائی اجرا شده در عرصه های منابع طبیعی، با هدف حفاظت آب و خاک، کنترل سیل و اصلاح پروفیل طولی آبراهه ها با اجرا و مدیریت سازمان جنگل ها م مراتع و آبخیزداری کشور، بسیار متنوع و قابل ملاحظه است. از جمله این عملیات می توان به بذرکاری و بذرپاشی، کپه کاری و قرق مراتع، پخش سیلاب، سامانه های استحصال آب باران و آبهای سطحی و تراس بندی و بانکت بندی، سازه های مکانیکی اصلاحی که به منظور کنترل رواناب و رسوب و غیره احداث می شوند اشاره کرد. به نظر می رسد عملیات یاد شده در ترسیب منابع کربنی موثر هستند بنابراین، در سطوح منطقه ای، ملی و بین المللی، ارزش افزوده و توجیه اقتصادی بسیاری از این عملیات مدیریتی در حوزہ های آبخیز قابل باز تعریف است. امروزه مناسب ترین گزینه های اقلیمی جهت ترسیب کربن، مناطق خشک و نیمه خشک می باشند و افزایش میزان بیوماس گیاهان خشبی در این مناطق، به دلیل کاهش هزینه ترسیب گاز کربنیک، دارای مزیت فراوان است. این موضوع موجب شده که سازمانهای بین المللی مانند FAO و UNDP این مناطق را برای اجرای برنامه های ترسیب کربن به منظور کاهش گازهای گلخانه ای انتخاب نمایند. در کشور ما نیز در عرصه های جنگلی و مرتعی جهت حفاظت از منابع آب و خاک، طرح های بیولوژیکی، بیومکانیکی و مکانیکی (سازه ای) متنوعی به روشهای سنتی و نوین و همچنین نوآوریهای بومی اعمال گردیده است که اثرات بسیاری بر فرآیند ترسیب کربن داشته است که مطالعه آنها ضروری است.

فروزه و حشمتی (۱۳۸۷) به بررسی اثرات پروژه پخش سیلاب گریایگان فسا بر وضعیت تولید بیوماس و کربن آلی خاک پرداختند نتایج مطالعه آنان نشان داد که در منطقه پخش سیلاب مقادیر تولید بیوماس ۴ برابر بیش از شاهد بوده و درصد کربن آلی نیز به طور متوسط افزایشی معادل ۷۰ درصد را نسبت به شاهد نشان داده است.

جنیدی جعفری (۱۳۸۸) نشان داد که عملیات پخش سیلاب در مقایسه با احداث فارو که اثر معنی دار و مثبتی در ترسیب کربن نشان داده بود، اثر مشهودی در این فرآیند نشان نداده است. نامبرده دلیل عدم تاثیر عملیات پخش سیلاب بر فرآیند ترسیب کربن را مربوط به نقایص فنی در اجرای این پروژه اعلام کرده است. ایشان همچنین نشان داده است که خاک، بیوماس و لاشبرگ به ترتیب ۸۷، ۱۲/۹ و ۱ درصد کربن ترسیب یافته را در خود جای داده اند.

فوزوه و همکاران (۱۳۷۸) در پژوهشی توان ترسیب کربن را در سه گونه مرتعی کشت شده در ایستگاه پخش سیلاب در گریایگان فسا مقایسه کردند. نتایج نشان دادند که گونه درمنه دشتی بالاترین توان در ترسیب کربن را دارد و در بین اندامهای مختلف گیاه نیز بخشهای خشبی نظیر ساقه، بیشترین ضریب ترسیب را دارا می باشد.

بردبار (۱۳۸۳) پتانسیل ترسیب کربن را در جنگل کاری دیم در دو گونه اکالیپتوس و آکاسیا در شرایط خشک و نیمه خشک در سیستم پخش سیلاب منطقه گریبایگان فسا و نورآباد ممسنی بررسی نمود. نتایج نشان داد که گونه اکالیپتوس توانسته در شرایط رویشگاهی مختلف از ۲/۲۷ تا ۸/۰۸ تن و آکاسیا ۱/۵ تن کربن در هکتار در سال را ترسیب نماید.

ناصری و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای که به منظور بررسی اثرات پروژه های مکانیکی آبخیزداری از قبیل سدهای اصلاحی گابیونی، سدهای سنگی ملاتی و سدهای کوچک خاکی بر پدیده ترسیب کربن داشته اند اعلام کرده اند که بیشتر کربن ترسیب شده توسط این اقدامات در خاک (۰/۹۹) صورت گرفته است و سدهای کوچک خاکی بالاترین کارکرد را داشته اند.

مرادی شاهقریه و طهماسبی (۱۳۹۴) در مطالعه ای با عنوان "بررسی تاثیر قرق بر میزان ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع نیمه - استپی استان چهارمحال و بختیاری" نشان داده اند که میزان زیتوده هوایی، کربن خاک و کل کربن ترسیب شده در اکوسیستم در مراتع نیمه استپی گندمی بصورت معنی داری بیشتر از مراتع نیمه استپی بوته زار می باشد. همچنین نتایج نشان داد میانگین ترسیب کربن کل و خاک در هر دو منطقه مورد مطالعه در تیمار قرق تفاوت آماری معنی داری با تیمار غیرقرق دارد.

این مطالعه به منظور ارزیابی اثر پروژه های مدیریتی مرتع و آبخیزداری در استان، در ترسیب کربن و کمی کردن اثرات آنها صورت گرفته است. این کار علاوه بر اینکه ظرفیت عملیات اصلاحی را در ترسیب کربن مشخص می نماید ما را در انتخاب و معرفی پروژه های بهینه در مناطق مختلف اقلیمی کشور با رویکرد ترسیب کربن یاری می نماید.

## مواد و روشها

### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گاودره از زیر حوزه های قشلاق سنندج در شهرستان سنندج، استان کردستان و در غرب ایران قرار دارد. شکل (۱) موقعیت حوضه مورد مطالعه را نشان می دهد. انتخاب حوضه مورد مطالعه بر اساس فراوانی و تنوع اجرای پروژه های احیائی و اصلاحی صورت گرفت.

### جمع آوری داده های میدانی

در این مرحله برداشت تاج پوشش، لاشبرگ و ریشه گونه های مختلف گیاهی مستقر شده در مناطقی که پروژه های مرتع و آبخیزداری اجرا شده اند صورت گرفت. عملیات اصلاحی و احیائی انجام شده در حوضه گاودره شامل موارد زیر می باشند:

(الف) عملیات بیولوژیکی: که شامل بذر کاری و کپه کاری، بذر پاشی، حفاظت و قرق می باشد.

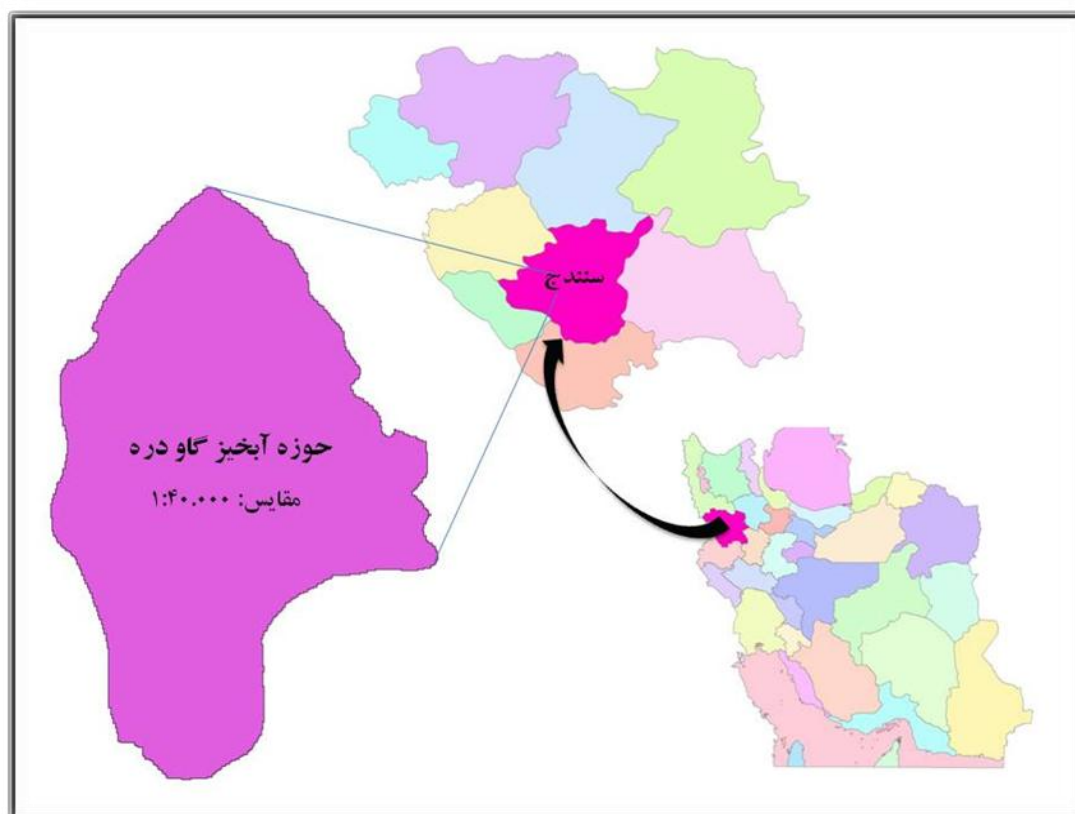
(ب) عملیات بیومکانیکی: که شامل احداث بانک های شیبدار و تراس بندی است که در سرتاسر حوزه پراکنش اجرایی دارند.

(ج) عملیات مکانیکی: که شامل سازه های توری سنگی (گابیون) و سازه های سنگ و سیمانی (ملاتی) است و در بسیاری نقاط حوزه و در آبراهه ها احداث شده اند.

تهیه نقشه واحدهای کاری بلااستفاده از نقشه اجرائی پروژه و نقشه های شیب و جهت صورت گرفت. نمونه برداری مستقیم خاک و بیوماس (تاج پوشش و ریشه) و لاشبرگ در سایت انتخاب شده و سایت شاهد به صورت سیستماتیک، تصادفی با استفاده از نقشه واحدهای کاری انجام شد. سایت های شاهد در مجاور محل های اجرای پروژه ها بوده و حتی المقدور دارای ویژگی های توپوگرافی و خاک نسبتاً یکسان با آن می باشد.

تعداد نقاط نمونه برداری (پروفیل و پلات) در این طرح برای پروژه های انتخابی و نقاط شاهد بطور میانگین ۳۰ تا ۴۰ نقطه می باشد. نمونه برداری خاک با حفر پروفیل در نقاط ه دف و شاهد صورت گرفت. تهیه نمونه از افق سطح زمین (عمق ۰-۳۰ سانتی متر) و خاک زیرسطحی تا عمق توسعه ریشه انجام شد. نمونه برداری خاک به دو روش دست خورده و دست نخورده (جهت محاسبه وزن مخصوص ظاهری (Bd) انجام شد. مقادیر وزن مخصوص ظاهری برای محاسبه ترسیب کربن خاکی ضروری است.

برای تهیه نمونه‌های دست نخورده از ابزار Core sampler یا روش کلوخه خشک استفاده شد. نمونه‌برداری بیوماس و لاشبرگ در مجاورت پروفیل، در پلاتهای ۱×۱ متر انجام شد. در هر پلات، تراکم بوته، ترکیب گونه‌ای، درصد سطح تاج پوشش و لاشبرگ تعیین و تعدادی بوته معرف از هر گونه انتخاب و با کل ریشه جمع‌آوری گردید.



شکل ۱- منطقه مطالعه

### مطالعات آزمایشگاهی

در این مرحله نمونه‌های گیاهی خشک و توزین شد. در ادامه بیوماس تاج پوشش و ریشه به روش میانگین وزنی محاسبه گردید. برای تعیین ضرایب تبدیل کربن در نمونه‌های بیوماس، نمونه‌های گیاه و لاشبرگ در آون خشک، توزین و آسیاب شدند. مقدار کمی از نمونه‌ها در کوره سوزانده شده و سپس ضریب تبدیل کربن برای هر نمونه محاسبه و در خاتمه کربن بیوماس و لاشبرگ در هکتار محاسبه گردید.

در مرحله بعد کربن آلی خاک (SOC) با روش والکی بلاک تعیین و برای هر لایه و در هکتار با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

$$Cs=10000\times\%SOC\times Bd\times d$$

(۱)

در این معادله  $d$  عمق،  $Bd$  وزن مخصوص ظاهری و  $Cs$  ذخیره کربن است.

سپس با میانگین گیری وزنی، ذخیره کربن خاک در کل پروفیل و در واحد سطح محاسبه شده و در نهایت برای کل عرصه هر سایت، میزان ذخیره کربن خاک یا کربن ترسیب یافته محاسبه شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

محاسبه مقدار کربن ترسیب یافته با مقایسه شاخص های ترسیب در طرح های مطالعه تی و سایت های شاهد با مقایسه میانگین ها و با روش های آماری کلاسیک صورت گرفت. در نهایت مقایسه کمی طرح های مطالعه شده با یکدیگر از نظر شاخص های ترسیب کربن و اولویت بندی پروژه های اجرا شده و تعیین پروژه های برتر با روش های کلاسیک آماری، آنالیز واریانس انجام و مقایسه میانگین ها با آزمون آماری دانکن انجام شد.

### نتایج

#### نتایج کربن پوشش گیاهی

نتایج حاصل از آنالیز واریانس میزان ذخیره کربن در زیتوده گیاهی شامل: پوشش هوایی، لاشبرگ و ریشه) نشان می دهد که اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد بین تیمارهای مورد آزمایش وجود دارد. به نحویکه کربن بیشتری در قسمتهای مختلف پوشش گیاهی ناشی از اقدامات آبخیزداری در مقایسه با شاهد آزمایش که بدون اجرای پروژه های آبخیزداری می باشد، ذخیره شده است. این میزان افزایش در مورد تیمار سوم یا بانکت بندی بدون کاشت درخت، به لحاظ آماری و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می باشد. در مورد سایر تیمارهای آزمایشی کربن بیشتری در پیکره گیاهی ذخیره گردیده، اما این افزایش از نظر آماری معنی دار نمی باشد (جدول ۱). همچنین نتایج آزمون مقایسه میانگین تیمارهای مورد آزمایش نشان می دهد که حداقل اختلاف معنی دار بودن یا  $L.S.D$  برابر با ۴۹۸ کیلوگرم کربن ذخیره شده در هکتار می باشد.

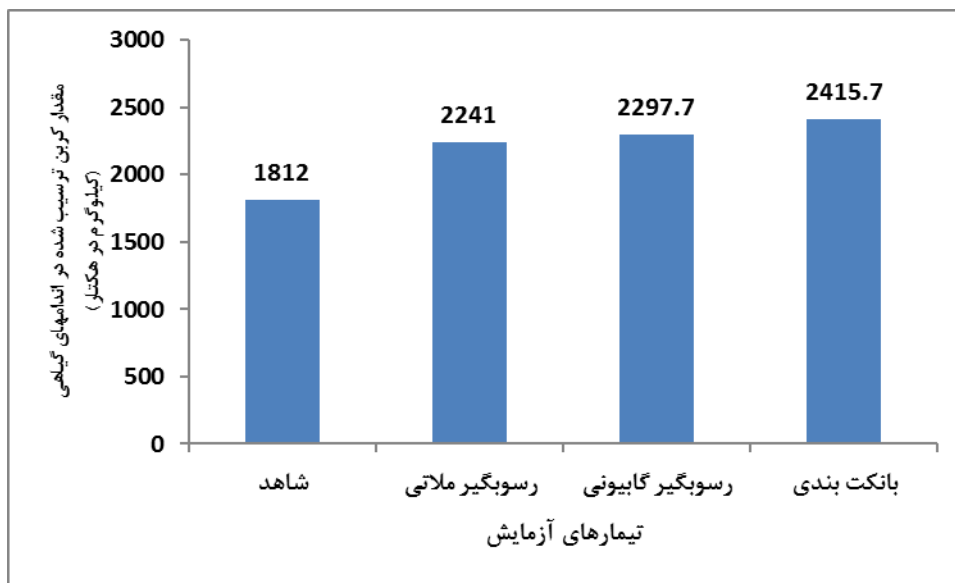
$$L.S.D5\% = 498 \text{ Kg/ha}$$

بر این اساس طی گروه بندی تیمارهای آزمایشی، تیمار بانکت بندی با میانگین ۲۴۱۰ کیلوگرم در هکتار در کلاس A و سایر تیمارها یعنی سدروسوب گیر گابیونی و رسوب گیر ملاتی با میانگین های به ترتیب ۲۲۹۷ و ۲۲۴۱ نسبت به شاهد با میانگین عملکرد ۱۸۱۲ کیلوگرم کربن ذخیره شده در هکتار دارای افزایش عملکرد بوده. اما از آنجاییکه این افزایش عملکرد به لحاظ آماری معنی دار نبوده است لذا در کلاس مشترک AB قرار گرفته اند (شکل ۲).

جدول (۱) تجزیه آماری ذخیره کربن در زیتوده گیاهی آزمایش اقدامات آبخیزداری

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	FC	سطح احتمال ۵ درصد (P)
کربن ذخیره شده گیاهی	۳	۶۲۴۱۷۶	۲۰۸۰۵۹	۲/۹۷	۰/۰۵

$$C.V. = 12.56$$



شکل (۲) مقایسه میانگین ذخایر کربن گیاهی در تیمارهای آزمایشی

### نتایج کربن خاک

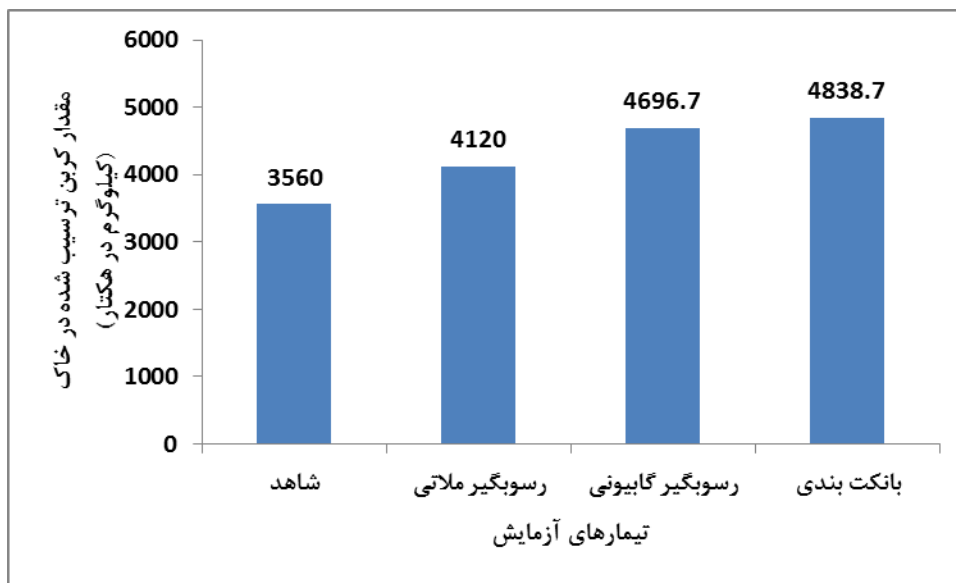
نتایج تجزیه آماری میزان کربن آلی (OC) موجود در خاک تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری به لحاظ آماری در میان تیمارهای آزمایشی مشاهده نمی‌گردد. بنحوی که کربن ترسیب یافته در خاک‌های مربوط به تیمارهای بانکت بندی، رسوبگیر ملاتی و رسوبگیر گابیونی نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهد (جدول ۲). ولیکن این افزایش به لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشد. اما کربن ترسیب یافته در خاک‌های مربوط به تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داده و به لحاظ آماری معنی دار می‌باشد (شکل ۳)

جدول (۲) تجزیه آماری ذخیره کربن در خاک آزمایش اقدامات آبخیزداری

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی F	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	FC	سطح احتمال ۵ درصد (P)
کربن ذخیره شده گیاهی	۳	۳۰۸۲۳۴۲	۱۰۲۷۴۴۷	۲/۱۸	۰/۱۶۷

C.V. = 15.94

L.S.D 0.05 = 1291 kg/ ha



شکل (۳) مقایسه میانگین ذخایر کربن خاک در تیمارهای آزمایشی

### بحث و نتیجه گیری

پوشش گیاهی در این آزمایش ترکیبی از انواع علوفه ای چندساله، بوته ای چند ساله و دائمی مانند بومادران، کنگر، بروموس، فستوکا، استیپا، ارواح گون ها و بوته های ناشی از کاشت بذر جاشیر می باشند. نتایج مربوط به کربن ذخیره شده در اندام های گونه های گیاهی مختلف نشان داد که میزان کربن ترسیب یافته با پوشش گیاهی رابطه مستقیم، مثبت و معنی داری دارد از آنجاییکه گونه های گیاهی بوته ای بیشتر در اراضی بانکت بندی شده مشاهده گردیده و این بوته ها دارای قابلیت ترسیب کربن به مراتب بیشتری می باشند. تیمار بانکت بندی در کلاس بالاتری از لحاظ ترسیب کربن نسبت به سایر تیمارها قرار می گیرد. این قضیه نشان دهنده رابطه خاص مابین ذخیره کربن پوشش گیاهی و تیمارهای آزمایش از یک سو و قابلیت متفاوت فرم های رویشی (علفی، بوته ای) و همچنین تاثیر گستردگی سطوح اندام های هوایی می باشد بطوریکه فرم های رویشی بوته ای با دارا بودن برگ های بیشتر و گستردگی تاج پوشش کربن بیشتری را در مقایسه با علفی ها جذب کرده اند که متناقض با نتیجه بدست آمد ده از مطالعه مرادی شاهقریه و طهماسی (۱۹) است که بیان کرده اند میزان ترسیب کربن توسط گندمیان بالاتر از گونه های بوته ای است که احتمالاً بدلیل تراکم متفاوت و فراوانی در سطح دو تیپ مختلف بوده که چنین نتیجه ای رو اعلام کرده اند اما با مطالعه وانگ و همکاران (۲۵) و ژائو و همکاران (۲۶) که اهمیت بوته ای ها در ترسیب کربن را فراتر از گراس ها گزارش کرده اند همخوانی دارد. همچنین نتایج بدست آمده از این مطالعه منطبق با نتایج پژوهش تمرتاش و همکاران (۲۴) است که نشان داده اند که میزان ترسیب کربن در گونه ها و اندام های گیاهی، متفاوت بوده و با افزایش سطح تاج پوشش و درصد چوبی شدن، افزایش می یابد. بر این اساس میزان ترسیب کربن خاک و اندام های گیاهی در تیپ رویشی درختچه ای انار وحشی با ۲۰/۸ تن در هکتار بیش از تیپ بوته زار درمنه شن دوست با ۱۰/۷۵ تن در هکتار و گیاه علفی جو با ۲/۹۳ تن در هکتار بوده است. آنها نتیجه گیری کرده اند که افزایش هدایت الکتریکی خاک در گونه های درمنه شن دوست و جو باعث کاهش میزان ترسیب شده ولی در مورد گونه انار وحشی اثر معکوس داشته است. از نظر عوامل خاکی تیمارهای آزمایشی، ترسیب کربن در خاک تیمارهای مورد عمل بویژه بانکت بندی افزایش قابل ملاحظه ای را به میزان ۱۲۷۸ کیلوگرم در هکتار نشان می دهد. این امر با توجه به حداقل اختلاف جهت معنی دار بودن آزمایش به لحاظ آماری ( $L.S.D = 1291.4 \text{ kg/ha}$ ) تیمار را در مرز معنی دار شدن قرار می دهد که با نتایج کار ناصری و همکاران (۲۰) که اثر

پروژه های مکانیکی را بر ترسیب کربن در خاک مطالعه کردند مطابقت دارد. بنابراین می توان دریافت که میزان ترسیب کربن در خاک تیمارهای مورد آزمایش بر حسب شرایط وضعیت خاک، خاک تثبیت شده در بانکت بندی، خاک ناشی از رسوبات انتقال یافته در بندهای اصلاحی و نیز فرسایش خاک در تیمار شاهد متفاوت خواهد بود. کربن کل شامل مجموعه کربن ترسیب یافته در پوشش گیاهی و خاک در سطح احتمال ( $P < 0.05$ ) در تیمارهای آزمایشی بانکت بندی و سدهای گابیونی نسبت به شاهد افزایش نشان می دهند و بر همین اساس حداکثر میزان ترسیب کربن در تیمار بانکت بندی به میزان ۷۲۶۶ کیلوگرم بر هکتار مشاهده شده است. مقایسه شرایط اقلیمی منطقه مطالعه (مناطق نیمه خشک) با مناطق مرطوب، علیرغم تولید پوشش گیاهی بیشتر در مناطق مرطوب، تجزیه مواد آلی خاک در مناطق نیمه خشک نسبتاً به کندی صورت گرفته و لذا کربن برای مدت طولانی تری ذخیره می گردد.

#### فهرست منابع

- بردبار، کاظم، ۱۳۸۳. **بورسی توان ذخیره کربن در جنگل کاری های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس**. رساله دکترای جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.
- جنیدی جعفری، حامد، ۱۳۸۸. **بررسی تاثیر عوامل بوم شناختی و مدیریتی بر میزان ترسیب کربن در رویشگاههای گونه درمنه دشتی، مطالعه موردی: مراتع استان سمنان**، رساله دکتری مرتعداری، دانشگاه تهران.
- فروزه، محمدرحیم و حشمتی، غلامعلی. ۱۳۸۷. **بررسی تاثیر عملیات پخش سیلاب بر برخی ویژگیهای پوشش گیاهی و خاک سطحی (مطالعه موردی: گربایگان فسا)**، پژوهش و سازندگی، ۷۹: ۱۱-۲۰.
- فروزه، محمدرحیم، حشمتی، غلامعلی، قنبریان، غلامحسین و مصباح، سیدحمید، ۱۳۸۷. **مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه گل آفتابی، سیاه گینه و درمنه وحشی در مراتع خشک ایران (مطالعه موردی: گربایگان فسا)**، محیط شناسی، ۴۶: ۶۵-۷۲.
- تمرتاش، رضا، طاطیان، محمدرضا و یوسفیان، مانده. ۱۳۹۱. **تأثیر گونه های رویشی مختلف در ترسیب کربن در مراتع جلگه ای میانکاله**. محیط شناسی، سال سی و هشتم، شماره ۶۲، تابستان ۹۱، صفحه ۴۵-۵۴.
- مرادی شاهقری، مهدی و طهماسبی، بژمان، ۱۳۹۴. **بررسی تاثیر قرق بر میزان ترسیب کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع نیمه -استنی استان چهارمحال و بختیاری**، فصلنامه اکوسیستم های طبیعی ایران، سال ششم، شماره چهارم، صص: ۹۷-۱۰۹.
- Nasari, Somayeh., Jafari, Mohammad., Tavakoli, Hossien and Arzani, Hossein, 2014. **Effects of mechanical erosion control practices on soil and vegetation carbon sequestration (case study: Catchment Basin of Kardeh- Iran)**. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES). Vol. 5, No. 2, pp: 122-135.
- Wang, Shaoqiang., Tian, Hanqin., Liu, Jiyuan., Zhuang, Dafang., Zhang, Shuwen., Hu, Wenyan. 2002. **Land-use change and it's effect on carbon storage in Northeast China: An analysis based on Landsat TM data**. Science in China (Series C), 45(7): 40-47.
- Zhao, Wei., Zhang, Rui., Huang, Chuanqin., Wang, Baiqun., Cao, Hua., Koopal, Luuk K and Tan, Wenfeng. 2016. **Effect of different vegetation cover on the vertical distribution of soil organic and inorganic carbon in the Zhifanggou Watershed on the loess plateau**, Catena 139: 191-198.