فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۳، پائیز ۱۴۰۰

۲۱۷-۲۳۶

# ارزشیابی اقدام‌های آبخیزداری از نظر ترسیب‌کربن زیتوده و دیدگاه آبخیزنشینان در مورد بهبود وضعیت آبخیز (مطالعه موردی: زیرحوضه ده‌چناشک - حوضه آبخیز چهل‌چای)

**زینب کریمی [۱]، واحدبردی شیخ [۱*]، امیر سعدالدین [۱] و نغمه مبرقعی [۲]**

[۱] گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲] گروه محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴

**کریمی، ز.، و. شیخ، ا. سعدالدین و ن. مبرقعی. ۱۴۰۰.** ارزشیابی اقدام¬های آبخیزداری از نظر ترسیب‌کربن زیتوده و دیدگاه آبخیزنشینان در مورد بهبود وضعیت آبخیز (مطالعه موردی: زیرحوضه ده‌چناشک - حوضه آبخیز چهل‌چای). فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۳): ۲۱۷-۲۳۶

**سابقه و هدف:** افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن جو به‌عنوان اصلی‌ترین عامل تغییرات اقلیمی است که تخریب در زیست‌بوم‌های طبیعی و بروز مشکل‌های مختلف محیط‌زیستی مانند برهم خوردن تعادل چرخه آب، عناصر غذایی و کربن در طبیعت را در پی داشته است. پوشش‌گیاهی سطح زمین نقش اساسی در تثبیت کربن دارد که به شدت تحت‌تأثیر اقدام‌های مدیریتی بشر قرار گرفته و در طول زمان به تدریج تخریب یافته و مشکل‌های زیادی را در رفتار حوضه‌های آبخیز به‌وجود آورده است. بنابراین در سراسر دنیا اصلاح و احیای حوضه‌های آبخیز از طریق اجرای اقدام‌های متنوع مکانیکی و بیولوژیکی مدنظر سیاست‌گذاران، مدیران وکارشناسان قرار گرفته است. از جمله این اقدام‌ها می‌توان به انجام پروژه‌های آبخیزداری متنوع (نهال‌کاری، علوفه‌کاری و تراس‌بندی) با مشارکت صاحبان منافع به‌منظور بهبود شرایط در زیرحوضه ده‌چناشک از حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان که یکی از آبخیزهای بحرانی استان بشمار می‌رود، اشاره کرد. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور سنجش اثرهای پوشش زمین‌ها و اقدام‌های گوناگون مدیریتی بر میزان ذخیره کربن خاک و همچنین بررسی دیدگاه بهره برداران درباره بهبود وضعیت آبخیز به‌صورت مقایسه‌ای در دو زیرحوضه ده‌چناشک (تیمار) و چمانی بالا (شاهد) صورت گرفت.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش حاضر، اثر اقدام‌های مدیریتی بر میزان ترسیب‌کربن در مکان‌های تحت اقدام‌های مدیریتی (تیمار) و انواع مختلف پوشش زمین‌ها (جنگلی، زراعت و باغی) بررسی شده است. زمین‌های زراعی و باغی به‌عنوان شاهد و فعالیت‌های تراس‌بندی با کشت محصول‌های زراعی و باغی از نظر ترسیب‌کربن مقایسه شدند. همچنین اثر اقدام‌های مدیریتی بر بهبود پوشش‌گیاهی و کاهش فرسایش خاک از دیدگاه آبخیزنشینان و با استفاده از روش پرسشنامه ارزیابی گردید. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی - سیستماتیک انجام شد. در امتداد هر ترانسکت به‌طور تصادفی سه پلات انداخته شد. در هر پلات، زیتوده بالای سطح زمین، شامل اندام هوایی گیاهان زراعی و درختان محاسبه گردید.

* Corresponding Author: *Email Address*: *sheikh@gau.ac.ir*
http://dx.doi.org/10.52547/ENVS.2021.36527

**نتایج و بحث**: نتایج نشان داد میانگین ترسیب‌کربن زیتوده (تن در هکتار) در دو زیرحوضه تیمار و شاهد به‌ترتیب در جنگل‌های متراکم (۵/۱۰ و ۴/۹۱)، کم‌تراکم (۴/۹۸ و ۴/۸۰) و تخریب‌یافته (۴/۲۷ و ۳/۹۵) بیشتر از باغ‌های گردو (۳/۰۸ و ۲/۸۵) و سیب (۲/۲۱ و ۲/۰۰) و زمین‌های زراعی کشت شده با یونجه (۱/۵۵ و ۱/۵۰)، گندم (۱/۴۰ و ۱/۳۲)، عدس (۱/۳۸ و ۱/۳۰) و جو (۱/۲۶ و ۱/۱۹) می‌باشد. در مورد اقدام‌های آبخیزداری اجرا شده در زیرحوضه تیمار، میانگین ترسیب‌کربن (تن در هکتار) در باغ‌های احداثی گردو (۲/۷۲) بیشتر از باغ‌های گلابی (۱/۸۸) و گیلاس (۱/۶۶) و زمین‌های تراس‌بندی شده با کشت یونجه (۱/۶۵)، گندم (۱/۵۰) و عدس (۱/۴۰) می‌باشد. همچنین مقایسه آماری با استفاده از آزمون T در بین جنگل‌های متراکم، کم‌تراکم و زمین‌های تخریب‌یافته و باغ‌های سیب و زمین‌های زراعی کشت‌شده با جو، از نظر ترسیب‌کربن اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p=0.05$). در مورد مقایسه باغ‌های احداثی گردو، گلابی و گیلاس و زمین‌های تراس‌بندی شده با عدس، یونجه و گندم در مقایسه با زمین‌های شاهد از نظر مقدار ترسیب‌کربن تفاوت معناداری به‌دست آمد ($p=0.05$). از طرف دیگر، ارزیابی دیدگاه آبخیزنشینان در مورد اثر اقدام‌های مدیریتی اجرا شده بیانگر نقش بسزای آن‌ها در بهبود شرایط منطقه از نظر پوشش‌گیاهی، تثبیت خاک و کاهش فرسایش است.

**نتیجه‌گیری:** از بین اقدام‌های آبخیزداری انجام‌شده، توسعه باغ‌ها بویژه باغ‌های گردو در زمین‌های زراعی شیبدار به‌دلیل قابلیت بالاتر در جذب و نگهداشت کربن و جلوگیری از فرسایش خاک به‌عنوان یکی از گزینه‌های مدیریتی با اولویت بالا برای اجرا در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** اقدام‌های آبخیزداری، ترسیب‌کربن، فرسایش خاک، دیدگاه آبخیزنشینان، حوضه آبخیز چهل چای

## مقدمه

جهان امروزه با مجموعه‌ای از چالش‌های محیط‌زیستی روبرو است. بسیاری از این چالش‌ها منجر به بحران‌های محیط‌زیستی شده‌اند و در نتیجه آسیب‌ها و زیان‌های جبران‌ناپذیری بر محیط‌زیست وارد کرده‌اند (Falahatkar *et al.*, 2013). از جمله پرخطرترین بحران‌های محیط‌زیستی که به‌صورت جدی حیات انسان را در کره زمین تهدید می‌کند، مسئله انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌طور ویژه دی‌اکسیدکربن است که با شتاب بسیار در سراسر جهان در حال افزایش است (Shahidipour, 2011). پالایش کربن به روش‌های صنعتی مانند فیلترکردن نیز هزینه‌های سنگینی در بر دارد (Cannell, 2003). بنابراین به‌منظور کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفری و ایجاد تعادل در نسبت گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید به روش‌های طبیعی، جذب و ترسیب گردد (Forozeh *et al.*, 2008). ترسیب (ذخیره) کربن عبارت است از تغییر دی‌اکسیدکربن اتمسفری به شکل ترکیبات آلی کربن‌دار توسط گیاهان و تسخیر آن برای مدت زمان معین. این فرآیند طی عمل فتوسنتز توسط گیاهان صورت می‌گیرد. گیاهان با جذب آب و دی‌اکسیدکربن اتمسفری و مهار انرژی ساطع شده از خورشید، توسط کلروفیل و طی فرآیند فتوسنتز به ترسیب کربن اتمسفری می‌پردازند و دی‌اکسیدکربن را به هیدرات‌های کربن تبدیل می‌کنند (Lal, 2003). زیست‌کره خاکی حاوی حدود ۱۵۰۰ میلیارد تن کربن در عمق یک متری خاک‌ها و حدود ۶۰۰ میلیارد تن کربن در اندام‌های پوشش‌گیاهی می‌باشد، که این دو در مجموع سه برابر مقدار کربن موجود در اتمسفر است. بنابراین، هر تغییری در ذخیره کربن گیاهان به‌طور قابل‌توجهی بر میزان دی‌اکسیدکربن اتمسفر تأثیر می‌گذارد (Schuman *et al*, 2002s).

عملیات بیومکانیکی آبخیزداری به تلفیقی از عملیات مکانیکی و بیولوژیک اطلاق می‌شود که سبب بهبود پوشش گیاهی و تثبیت خاک می‌شود. در حقیقت در این نوع عملیات نقش بازدارنده و کوتاه‌مدت جلوگیری از فرسایش خاک به عملیات مکانیکی و نقش تثبیت درازمدت آن به عملیات بیولوژیک واگذار می‌شود. به سخن دیگر، کار مکانیکی مقدمه و بستر کار بیولوژیک قرار گرفته و کار بیولوژیک کامل‌کننده و تداوم‌دهنده‌ی

کار مکانیکی خواهد بود (Rahbar *et al.*, 2016). در کشور ما، عملیات بیومکانیکی آبخیزداری متعددی در عرصه‌های منابع‌طبیعی، با هدف احیای عرصه‌ها و حفاظت آب و خاک، توسط سازمان جنگل‌ها، مرتع‌ها و آبخیزداری کشور اجرا شده است. از جمله این عملیات، تراس‌بندی زمین‌های شیبدار و کشت محصول‌های زراعی و باغی روز تراس‌ها می‌باشد. به‌نظر می‌رسد این عملیات، با توجه به نقش آن‌ها در حفاظت آب و خاک و احیای پوشش‌گیاهی، در ترسیب منابع کربنی اتمسفر نیز مفید باشد (Rahbar *et al.*, 2016). بنابراین، ضروری است در یک مطالعه جامع، توانائی و پتانسیل عملیات بیومکانیکی آبخیزداری انجام‌شده در منطقه‌های مختلف کشور، در ترسیب‌کربن تعیین گردد. همچنین این پژوهش ما را در انتخاب و معرفی پروژه‌های بهینه و شناسائی نقاط قوت و ضعف در مناطق مختلف کشور با رویکرد ترسیب‌کربن یاری می‌نماید.

بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر اقدام‌های آبخیزداری بر میزان ترسیب‌کربن به‌حالت مقایسه در مکان‌های تحت اقدام‌های آبخیزداری با انواع مختلف پوشش زمین‌ها در دو زیرحوضه تیمار و شاهد و انتخاب عملیات بیومکانیکی موفق در ترسیب‌کربن در سطح منطقه و پیشنهاد آن به بخش‌های اجرائی می‌باشد. ضمن اینکه دیدگاه آبخیزنشینان نسبت به اثر اقدام‌های آبخیزداری بر بهبود پوشش‌گیاهی و حفظ خاک به‌صورت کیفی و با استفاده از روش پرسشنامه و مصاحبه حضوری مورد بررسی قرار گرفت.

## پیشینه پژوهش

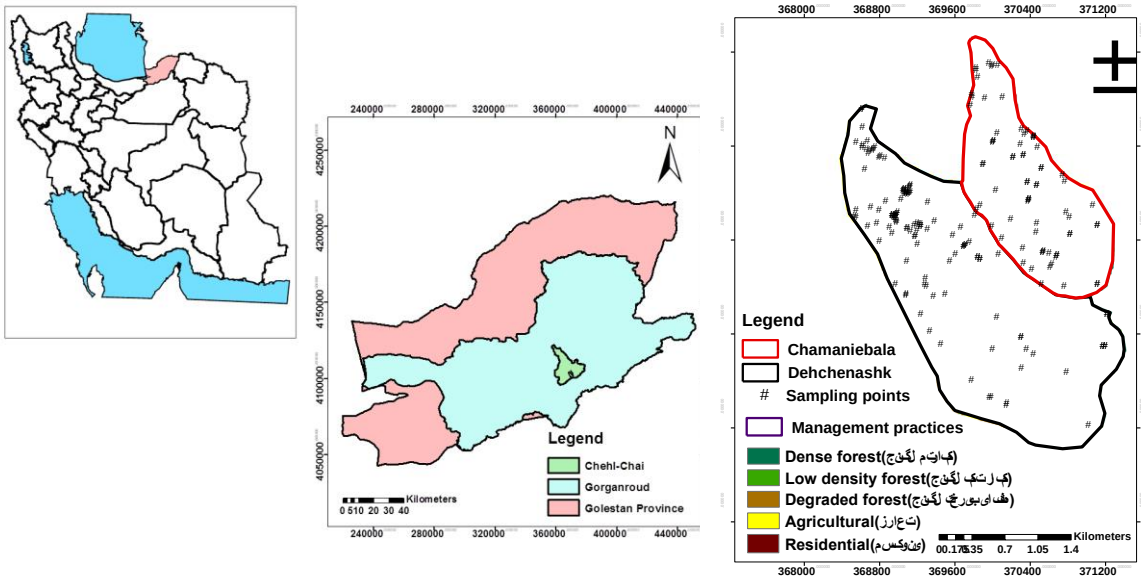
با توجه به اهمیت موضوع ترسیب کربن توسط گیاهان، مطالعات زیادی در سطح دنیا و کشور در این زمینه بویژه اثر اقدام‌های مدیریت پوشش گیاهی بر ترسیب کربن صورت گرفته است. Moradi (2015) Tahmasebi and Shahgharie در مقاله‌ای با عنوان تأثیر قرق بر میزان ترسیب‌کربن و صفات فیزیکی و شیمیایی خاک در مرتع‌های نیمه- استپ استان چهارمحال و بختیاری را بررسی کرده و نتیجه گرفتند میزان زیتوده هوایی، کربن خاک و کل کربن ترسیب شده در اکوسیستم در مرتع‌های نیمه‌استپ گندمی به‌صورت معنی‌داری بیشتر از مرتع‌های نیمه‌استپ بوته‌زار برآورد گردید. میزان زیتوده هوایی، کربن زیتوده هوایی، درصد پوشش و کربن خاک منطقه نیمه‌استپ گندمی به‌ترتیب ۱/۹۹، ۰/۹۵، ۶۷/۹۱ و ۵۴/۰۸ تن در هکتار بیشتر از منطقه‌نیمه‌استپ بوته‌زار می‌باشد. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد میانگین ترسیب‌کربن کل و خاک در هر دو منطقه مورد مطالعه در تیمار قرق تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار بدون قرق دارد. Pahlavan yali *et al.* (2016) در مقاله‌ای با عنوان برآورد کمی ترسیب‌کربن خاک در سه نوع کاربری (باغ مرکبات، شالیزار و جنگل) در قسمتی از زمین‌های رامسر در شمال ایران دریافتند که در بین کاربری‌های مختلف از نظر مقدار ترسیب کربن خاک، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. همچنین مقدار کل ترسیب‌کربن خاک در واحد سطح جنگل بیشتر از باغ مرکبات و شالیزار می‌باشد. Agharazi (2017) پژوهشی را با عنوان تأثیر عملیات بیومکانیکی بر کربن خاک در حوضه پاکل استان مرکزی بررسی کرده و نتیجه گرفتند میانگین کل کربن ذخیره‌شده در خاک عملیات بیومکانیک ۳۳/۶۵ تن در هکتار است که از این مقدار، ۳۰ درصد آن کربن بیوماس هوایی و زیرزمینی، دو درصد کربن لاشبرگ، ۳۸/۹ درصد کربن در عمق ۱۵-۰ و ۲۹/۱ درصد کربن در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر است. همچنین، مقدار کربن آلی خاک شاهد ۳۰/۱۶ تن بر هکتار به‌دست آمده که از این مقدار چهار درصد کربن بیومس هوایی و زیرزمینی، سه درصد کربن لاشبرگ، ۶۲ درصد کربن در عمق ۱۵-۰ و ۳۱ درصد کربن در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر است. Shahrokh *et al.* (2017) در

مقاله‌ای با عنوان اثربخشی عملیات کنتور فارو بر ترسیب‌کربن خاک و بیوماس مرتع‌های خلیفان مهاباد بیان کردند که بین اجزای گیاهی شامل فورب، گراس و لاشبرگ تیمار شاهد و فارو از نظر ترسیب‌کربن، در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد و میزان ترسیب‌کربن در سایت اجرای عملیات اصلاحی کنتور فارو نسبت به منطقه شاهد بالاتر بود. دلیل این امر را تأثیر مثبت عملیات اصلاحی بر کنترل رواناب سطحی، ذخیره‌سازی بارش در خاک و استفاده از رطوبت اضافی جمع‌آوری شده در داخل فاروها برای رشد گونه‌های مرغوب مرتعی، افزایش بیوماس گیاهی و در نتیجه بهبود شرایط منطقه و افزایش ترسیب‌کربن منطقه اجرای کنتور فارو برشمردند. Tahmors *et al.* (2018) به ارزیابی کمی اثر فعالیت‌های آبخیزداری بر ترسیب و ذخیره کربن به‌منظور کاهش تغییرات اقلیمی در حوضه آبخیز شاهرود پرداختند. آن‌ها دریافتند در همه تیمارها خاک بیشترین و لاشبرگ کمترین مشارکت را در بین اجزای سهیم در ترسیب‌کربن کل در همه تیمارها داشته است. همچنین، علوفه‌کاری و کپه‌کاری به‌ترتیب با ۱۵۲ و ۱۴۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار بذرپاشی با ۷۴ کیلوگرم در هکتار کمترین ترسیب‌کربن توسط لاشبرگ را داشته‌اند. در نهایت، نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد مرتع‌های طبیعی، که وضعیت خوبی از نظر پوشش‌گیاهی و خاک دارند، در هر دو عمق خاک و همچنین به‌طور کلی (خاک + بیوماس‌گیاهی + لاشبرگ) با ۶۴۷/۸۴ تن در هکتار تا عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک بیشترین مقدار ترسیب کربن کل را دارند. Rousta *et al.* (2018) به بررسی ارزش محیط زیستی کربن ذخیره شده در خاک عرصه‌های مختلف پخش سیلاب دشت گربایگان فسا پرداختند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در کاربری جنگل متراکم اوکالیپتوس همراه با پخش سیلاب در مقایسه با شاهد، نشان داد که بیشترین مقدار کربن ۴۴/۲ تن در هکتار، یعنی معادل ۱۶۲/۲ تن گاز دی‌اکسیدکربن هوا در خاک ترسیب شده است، در صورتی که در کاربری شاهد (مرتع بی پخش سیلاب)، مقدار ترسیب‌کربن ۶/۰۷ تن در هکتار کربن تعیین شد. با توجه به گذشت ۳۵ سال از اجرای برنامه پخش سیلاب در این عرصه‌ها، هر هکتار از عرصه جنگل متراکم اوکالیپتوس به‌طور متوسط سالانه۴/۶ تن گاز دی‌اکسیدکربن را به‌صورت ماده آلی در خاک ترسیب کرده و نقش مهمی در کاهش آلودگی هوا ایفاء نموده است. همچنین ارزش اقتصادی محیطی زیستی کل کربن ترسیب شده در خاک عرصه‌های جنگل متراکم اوکالیپتوس ۱/۳۶ میلیارد ریال در هکتار با میانگین ۳۸/۸۵ میلیون ریال در هکتار در سال است. Farzi *et al.* (2019) در مقاله خود به بررسی اثرهای اقدام‌های آبخیزداری روی ترسیب‌کربن خاک در حوضه آبخیز ارنگه استان البرز پرداختند. نمونه‌برداری از پوشش‌گیاهی در سه تیمار مکانیکی شامل بند گابیونی، کف‌بند ملاتی، دیوار سنگی و یک تیمار شاهد صورت گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار گابیون، سنگ‌ملاتی و دیوار سنگی‌ملاتی در دو عمق خاک اختلاف معنی‌داری نداشتند. اما از نظر مقدار ترسیب کربن آلی در تیمارهای گابیون و سنگ‌ملاتی در دو عمق خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده کردند. بدین‌صورت که تیمار گابیون بیشترین مقدار ترسیب‌کربن در عمق ۳۰ - ۱۵ سانتی‌متری را به خود اختصاص داده است. Toru and Kibret (2019) طی پژوهشی به بررسی توان ترسیب‌کربن کاربری‌های مختلف شامل پوشش جنگلی، مرتع‌ها و زمین‌های زراعی در حوضه آبخیز هادس (اتیوپی شرقی) پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین میزان ترسیب‌کربن در گیاهان چوبی چند ساله می‌باشد. میانگین کل کربن ترسیب‌یافته از ۱۳۸/۹۵ تن در

هکتار در گیاهان زراعی تا ۴۹۶/۲۶ تن در هکتار در جنگل طبیعی متغیر بود و موجودی به‌نسبت بالاتری از میزان ترسیب‌کربن گیاهان در جنگل‌های طبیعی بود. مطالعه آن‌ها اهمیت میزان ذخیره کربن را در کاربری‌های مختلف بیان و گیاهان چوبی چند ساله را به‌عنوان بهترین گزینه مدیریتی برای افزایش ترسیب‌کربن پیشنهاد می‌کنند. Abebe *et al*. (2020) به بررسی اثر کاربری (بوته‌زار، زمین‌های زراعی و باغی، مرتع‌ها) و توپوگرافی (مرتفع، میانه و پست) بر میزان ترسیب‌کربن خاک در حوضه Blue Nile پرداختند. آن‌ها دریافتند میزان ترسیب‌کربن در کاربری‌ها و موقعیت‌های مختلف توپوگرافی متفاوت می‌باشد. بیشترین و کمترین مزان ترسیب‌کربن در بوته‌زارها (با ارتفاع پست) و زمین‌های زراعی (مرتفع) مشاهده شد. به‌عبارتی، در زمین‌های زراعی و باغی به‌دلیل شخم مکرر، نبود مدیریت مناسب و بهره‌برداری بیش از حد، ترسیب‌کربن کاهش و منجر به حذف زیتوده گردیده است. بنابراین به‌دلیل تخریب و فعالیت‌های انسانی، نیاز به مدیریت و مداخلات فوری در منطقه با هدف بهبود زمین‌های زراعی می‌باشد. Terefe *et al*. (2020) در مقاله خود به بررسی تأثیر فعالیت‌های مدیریت کشاورزی بر ترسیب‌کربن خاک و پایش از طریق مدل‌های شبیه‌سازی و سنجش از دور در حوضه آبخیز گدا (اتیوپی) پرداختند. آن‌ها دریافتند میزان زیتوده گیاهی و ترسیب‌کربن در زیرحوضه‌ها و کاربری‌های مختلف به میزان قابل توجهی متفاوت بوده ($P < 0.001$) و بیشترین مقدار ترسیب‌کربن مربوط به زیرحوضه دارای فعالیت‌های مدیریتی (تیمار) می‌باشد. سهم خاک در عمق ۳۰ - ۱۵ سانتی‌متری بیشتر از عمق ۱۵ - ۰ سانتی‌متری در کاربری و زیرحوضه دارای اقدام‌های مدیریتی می‌باشد. همچنین، با توجه به بهبود زیتوده و ترسیب‌کربن در زیرحوضه دارای اقدام‌های مدیریتی، به‌منظور بهبود شرایط در کاربری‌های شاهد و کاهش دی‌اکسید کربن و جذب بیشتر کربن، فعالیت‌های مدیریتی به‌عنوان یک اقدام محافظتی در منطقه ضروری است.

## منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز چهل‌چای با مساحت ۲۵۶۸۳/۱ هکتار، در موقعیت جغرافیایی ´۵۷ °۳۶ تا ´۱۵ °۳۷ عرض شمالی و ´۲۲ °۵۵ تا ´۳۷ °۵۵ طول شرقی، یکی از زیرحوضه‌های بزرگ حوضه آبخیز گرگان‌رود می‌باشد. این حوضه دارای کمترین ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰ متر و بیشترین ارتفاع آن ۲۵۴۷ متر از سطح دریا می‌باشد. مقدار متوسط بارندگی در کل منطقه مورد مطالعه بالغ بر ۷۶۶/۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنین، این حوضه دارای دو کاربری عمده جنگل و زراعت می‌باشد. زراعت در زمین‌ها با شیب تند (متوسط شیب ۳۰/۵۴ درصد) یکی از مشکل‌های حوضه می‌باشد که سبب افزایش شدید سیل‌خیزی و فرسایش خاک در حوضه شده است. بنابراین با توجه به مشکل‌های موجود در حوضه آبخیز چهل‌چای، پروژه‌های آبخیزداری زیادی در تعدادی از زیرحوضه‌های این آبخیز برای بهبود شرایط موجود صورت گرفته است. یکی از این زیرحوضه‌ها که در آن پروژه‌های متنوعی اجرا شده است، زیرحوضه ده‌چناشک می‌باشد. از جمله اقدام‌های بیولوژیکی انجام‌شده در این زیرحوضه، نهال‌کاری (گردو، گلابی و گیلاس) و تراس‌کاری (گندم، جو، یونجه و عدس) می‌باشد. بنابراین این زیرحوضه به‌عنوان زیرحوضه تیمار و زیرحوضه چمانی بالا که در مجاور آن قرار گرفته و در آن هیچ‌گونه پروژه آبخیزداری اجرا نشده است، به‌عنوان زیرحوضه شاهد انتخاب شدند. شکل ۱ موقعیت زیرحوضه ده‌چناشک و چمانی‌بالا را در ایران و استان گلستان و نقاط نمونه‌برداری را در هر کاربری و مکان‌های تحت اقدامات مدیریتی نشان می‌دهد. همچنین تصاویری از منطقه‌های تیمار و شاهد در شکل ۲، نشان داده شده است.




**شکل ۱- موقعیت و نقاط نمونه‌برداری زیرحوضه ده‌چناشک و چمانی‌بالا واقع در ایران**

**Fig. 1- Location and sampling points of the Dehchenashk (treatment) and Chamaniebala (control) sub-watersheds in Iran**

**شکل ۲- تصاویری از زیرحوضه تیمار و شاهد**

**Fig. 2- Pictures of the treatment and control sub-watersheds**

## مواد و روش‌ها

دو زیرحوضه تیمار و شاهد دارای شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و کاربری زمین‌ها (جنگل و زراعت) مشابه می‌باشند. محصول‌های باغی و زراعی کشت شده در زیرحوضه‌ها شامل گردو، سیب، گندم، جو، یونجه و عدس می‌باشد. در این میان، در زمین‌های کم بازده و شیب‌های تند زیرحوضه تیمار، تراس‌کاری با محصول‌های گندم، یونجه و عدس و نهال‌کاری (گردو، گلابی و گیلاس) صورت گرفته است. بنابراین به‌منظور سنجش تأثیر انواع اقدام‌های بیولوژیکی و کاربری‌های مختلف بر میزان زیتوده و اندوخته کربن، ابتدا نقشه کاربری زمین‌ها دو زیرحوضه تیمار و شاهد با استفاده از تصاویر ماهواره LANDSAT/ TM/ ETM+ تهیه گردید. سپس با شناخت کلی تصویر و با استفاده از روش‌های مختلف پردازش تصویر، هر یک از کلاس‌ها در مرحله‌های جداگانه و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده از یک‌دیگر تفکیک گردیدند (Sabin, 1996). در نهایت با توجه به هدف پژوهش و نوع پوشش‌های موجود در منطقه‌های مورد بررسی، ۵ طبقه شامل زمین‌های کشاورزی، جنگل متراکم، جنگل کم‌تراکم، جنگل تخریب‌یافته و منطقه‌های مسکونی در تصویر تفکیک و طبقه‌بندی شد (شکل ۱). سپس برای انجام پژوهش، در هر کاربری نمونه‌برداری‌های لازم صورت گرفت (جدول ۱). لازم به بیان است که نمونه‌برداری در هر نقطه با سه تکرار انجام شد.

**جدول ۱- مکان و مجموع نقاط نمونه برداری دو زیرحوضه تیمار و شاهد**

**Table 1. Number of sampling locations per land use and treatment type in two sub-watersheds**

| پوشش Land cover | توضیح Explanation | تیمار (Treatment) | | شاهد (Control) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | نقاط (Points) | مجموع (Sum) | نقاط (Points) | مجموع (Sum) |
| جنگلی Forest | پرتراکم، کم‌تراکم و تخریب‌یافته Dense, low-density and destroyed | 9 | 27 | 9 | 27 |
| زراعی Agriculture | گندم، جو، یونجه و عدس *Triticum aestivum, Hordeum vulgare, Medicago sativa, and Lens culinaris* | 12 | 36 | 12 | 36 |
| باغات Orchard | گردو و سیب *Juglans regia and Malus pumila* | 6 | 18 | 6 | 18 |
| تراس‌کاری Terracing | گندم، یونجه و عدس *Triticum aestivum, Medicago sativa, and Lens culinaris* | 9 | 27 | - | - |
| باغات احداثی Orchard's plantation | گردو، گلابی و گیلاس *Juglans regia, Pyrus communis, and Cerasus avium* | 9 | 27 | - | - |
| | مجموع Total | 45 | 135 | 27 | 81 |

## برآورد زیتوده

### زیتوده گیاهان زراعی

پس از شناسایی مقدماتی و تعیین حدود منطقه‌های مورد بررسی، به‌منظور برآورد زیتوده هوایی از روش تصادفی - سیستماتیک استفاده شد. بنابراین در هریک از تیمارها در دو زیرحوضه تیمار و شاهد، سه ترانسکت ۵۰ متری را در جهت گرادیان تأثیرگذاری که شیب منطقه بود تعیین و سپس ۹ پلات با مساحت ۱ مترمربع (براساس تغییرات پوشش‌گیاهی، هزینه و زمان نمونه‌گیری، منبع-های موجود و سوابق مطالعات مشابه، اندازه پلات یک مترمربعی انتخاب گردید)، روی آن‌ها قرار داده شد. لازم به بیان است که نمونه‌برداری‌ها با نظر کارشناس در دو زیرحوضه صورت و پراکنش گونه‌های گیاهی در منطقه-های مورد نظر همگن بوده است. بنابراین به‌منظور برآورد زیتوده بالای سطح زمین شامل اندام هوایی گیاه، از روش اندازه‌گیری مستقیم (قطع و توزین) استفاده شد. بدین صورت که در هر پلات یک مترمربعی گیاه مورد نظر از یک سانتی‌متری سطح خاک قطع و درپاکت‌های کاغذی قرار داده شد. سپس در آزمایشگاه توزین گردید و بدین‌ترتیب وزن تر اولیه گیاه به‌دست آمد.

### زیتوده درختان باغی

بنابر معادله (۱)، گیاه با جذب ۲۶۴ گرم دی‌اکسید کربن، به میزان ۱۶۲ گرم آمیلاز، یا ماده خشک گیاهی تولید می‌کند.

$$CO_2\ (264g) + H_2O\ (108g) \rightarrow C6H_{12}O_6$$
$$(180g) + O_2\ (193g) \rightarrow \text{Amylase}\ (162g) \qquad (۱)$$

بنابراین به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک به میزان ۱/۶۳ کیلوگرم توسط درختان تثبیت می‌شود. بنابراین به‌منظور برآورد زیتوده و کربن درختان باغی (گردو، سیب، گلابی و گیلاس) در دو زیرحوضه تیمار و شاهد از روش تصادفی - سیستماتیک استفاده گردید. برای نمونه‌برداری در محل‌هایی که درختان احداث شده بودند، پس از اندازه‌گیری ارتفاع درخت (H)، قطر برابر سینه (DBH) و سطح مقطع (g) درختان، مقدار زیتوده درختان با استفاده از معادله‌های (۲ و ۳) محاسبه گردید (Parsapour et al., 2013). V، g، H و ρ به‌ترتیب حجم

درختان ($m^3$)، سطح مقطع ($m^2$)، ارتفاع (m) و چگالی ($kg/cm^3$) می‌باشد.

$$V= g \times H \quad (۲)$$

$$m= \rho \times V \quad (۳)$$

## زیتوده زمین‌های جنگلی

برآورد زیتوده برای تشخیص ساختار جنگل مهم بوده و به‌عنوان یک سنجه مهم برای ارزیابی رویشگاه از نظر بیواکولوژیکی و اقتصادی در نظر گرفته می‌شود (Cole and Ewel, 2006). دقیق‌ترین شیوه برای تخمین زیتوده درخت، روشی است که در آن درخت را قطع و آن را به تفکیک اندام‌ها تقسیم، خشک و توزین می‌نمایند (Basuki et al., 2009). اما این روش به‌دلیل دشواری و هزینه زیاد و نیز تطابق نداشتن با ضوابط محیط‌زیستی چندان مطلوب نیست. در بین روش‌های موجود برای برآورد زیتوده درخت، روش‌هایی نیز وجود دارند که معایب روش قطع کامل را ندارند و تخریب کمتری را سبب می‌شوند. یکی از این روش‌ها که در این پژوهش نیز به آن پرداخته شده است، روش استفاده از روابط آلومتریک [۱] است که رابطه‌ای بین وزن و اندازه هر یک از اندام‌ها است (Anonymous, 2005). در واقع روابط آلومتریک ابزاری برای برآورد وزن کل درخت و یا اندام‌های درخت از طریق متغیرهای مستقلی مانند قطر برابر سینه و یا ارتفاع است که در توده قابل اندازه‌گیری هستند (Komiyama *et al*., 2008). بنابراین در این پژوهش به‌منظور برآورد زیتوده درختان سرپا [۲] در زمین‌های جنگلی حفاظت شده، از معادله ۴ استفاده گردید (Subedi *et al*., 2010). D، قطر درخت در ارتفاع برابر سینه (cm) می‌باشد.

$$AGTB=0/112\times (\rho D^2H)^{0/916} \quad (۴)$$

## برآورد ترسیب‌کربن

بر پایه معادله ۱، هنگامی که گیاه یک تن ماده خشک تولید می‌کند، میزان $Co_2$ جذب شده و اکسیژن آزاد شده تعیین می‌شود. گیاهان ۲۶۴ گرم $Co_2$ را برای تولید ۱۶۲ گرم ماده خشک جذب می‌کنند. به‌عبارت دیگر، ۱/۶۳ گرم Co2 و ۱/۲ گرم اکسیژن برای تشکیل یک گرم ماده خشک لازم است (Amirnejad, 2004). لازم به بیان است برآورد مقدار ماده خشک برای پوشش‌های مختلف در بخش زیتوده توضیح داده شده است. همچنین برای محاسبه توان جذب $Co_2$ توسط گیاه، باید کل ترسیب‌کربن (C) را محاسبه کرد. میزان C از معادله ۵ به‌دست می‌آید. $C_1$، $C_2$، $C_3$ و $C_4$ به‌ترتیب کربن ترسیب شده در اندام‌های هوائی، زیرزمینی، لاشبرگ و علوفه سطح و خاک می‌باشد. برای محاسبه $C_2$ نیاز به زیست‌توده زیرزمینی می‌باشد، که این میزان را به‌طور معمول حدود یک پنجم زیست‌توده هوائی را به‌عنوان در نظر می‌گیرند (FAO, 2002). برای محاسبه $C_3$، رقم پنج درصد $C_1$ در نظر گرفته شد (MacDicken, 1997). در نهایت، برای محاسبه $C_4$ از گزارش‌های سازمان خواربار کشاورزی جهانی FAO (2002) و Hargreaves *et a*l. (2003) استفاده شده است که مقدار آن یک تن در هکتار در نظر گرفته شده است. یک تن کربن در هکتار معادل ۳/۶۷ تن $Co_2$ (نسبت وزنی کربن به دی‌اکسیدکربن ۱۲ به ۴۴ می‌باشد).

$$C= C_1+C_2+C_3+C_4 \quad (۵)$$

## تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا داده‌های اطلاعاتی حاصل از نمونه‌برداری‌های مقدار زیتوده و کربن ترسیب‌یافته، در نرم‌افزار Excel 2010 تشکیل شد. سپس جهت بررسی و مقایسه معنی‌داری میزان زیتوده و کربن ترسیب‌یافته بین انواع زمین‌ها دو زیرحوضه تیمار و شاهد و مکان‌های تحت اقدام‌های مدیریتی از آزمون T-test و برای مقایسه گروه‌های مختلف میانگین زیتوده و ترسیب‌کربن در زمین‌های مختلف، از آزمون دانکن در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. در نهایت پس از گرفتن نتایج نهایی، تأثیرگذاری هر یک از اقدام‌های مدیریتی و پوشش‌های مختلف بر میزان ترسیب‌کربن منطقه تحلیل و تعیین گردید.

### ارزیابی اقدامات بیولوژیک انجام‌شده از دیدگاه آبخیزنشینان

در پژوهش حاضر، افزون بر اثر اقدام‌های بیولوژیک اجرا شده بر میزان اندوخته کربن، دیدگاه آبخیزنشینان به روش کیفی در مورد بهبود شرایط منطقه مورد بررسی قرار گرفت. جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش شامل روستاییان ساکن در زیرحوضه ده‌چناشک که در آن طرح‌های آبخیزداری اجرا شده (تیمار) و چمانی‌بالا (شاهد) می‌باشد. جمعیت زیرحوضه‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب ۹۳۰ و ۴۸۰ نفر است که از طریق فرمول کوکران حجم نمونه آماری به‌ترتیب ۹۰ و ۴۰ نفر به‌دست آمد که این افراد به‌صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده برای تکمیل پرسشنامه‌ها انتخاب شدند. همچنین محورهای پرسش‌ها در این پژوهش، بر مبنای طیف لیکرت، پاسخ‌هایی از خیلی‌کم (۱) تا خیلی‌زیاد (۵) را در برداشت و برای نظرات کاملا مخالف افراد، گزینه خیر در نظر گرفته شد (Karimi., 2019). روایی پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان و متخصصان خبره مورد تأیید و پایایی پرسشنامه‌ها نیز از طریق آلفای کرونباخ ۰/۹۲ به‌دست آمد. توصیف و تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده نیز با استفاده از آزمون من - ویتنی در نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### زیتوده

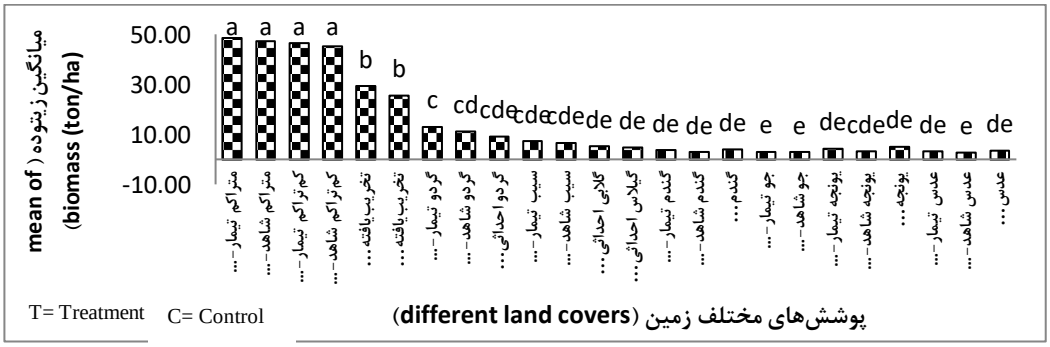
برآورد و پایش زیتوده برای مطالعات تغییر اقلیم، تولید، چرخه کربن، تخصیص مواد غذایی و انباشت سوخت، رفتار آتش و غیره در زیست‌بوم‌های زمینی ضروری است. در واقع اندازه‌گیری زیتوده گیاهان، یکی از نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و بررسی‌های جریان انرژی در بوم‌سازگان به حساب می‌آید و در سالیان اخیر این موضوع مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Zianis *et al*., 2005). بنابراین، اندازه‌گیری و ارزیابی زیتوده انواع گیاهان، با توجه به مقدار متفاوت زیتوده برای هر گونه، می‌تواند به‌عنوان راهکاری اساسی در ارزشیابی برنامه‌های مدیریتی باشد. مقدار زیتوده در انواع مختلف پوشش زمین‌ها، افزون بر اینکه بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان می‌باشد، بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی گیاهان نیز تأثیر می‌گذارد (Husch *et al*., 2003). لازم به بیان است، میزان زیتوده تحت تأثیر اقدام‌های مدیریتی مناسب در انواع مختلف پوشش زمین‌ها قرار دارد. بنابراین، اختلاف در زیتوده را نمی‌توان فقط به ویژگی‌های خاک و آب و هوای هر منطقه نسبت داد، بلکه به انتخاب گونه‌هایی که مورد استفاده قرار گرفته‌اند و همچنین به روش‌های مدیریتی مناسب بستگی دارد. بنابراین، برای ارزیابی زیتوده در زمین‌های تحت اقدام‌های مدیریتی در مقایسه با سایر کاربری‌ها، از هر کاربری نمونه برداری شد. براساس نتایج آزمون T، مقایسه آماری بین دو گروه تیمار و شاهد در بین زمین‌های جنگل‌های متراکم (۰/۱۹)، کم‌تراکم (۰/۱۵) و تخریب‌یافته (۰/۱۰) و باغ‌های سیب (۰/۱۲) و زمین‌های زراعی کشت‌شده با جو (۰/۳۴) از نظر مقدار زیتوده در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. ضمن اینکه، در بین باغ‌های احداثی گردو (۰/۰۰)، گلابی (۰/۰۴) و گیلاس (۰/۰۲) و زمین‌های تراس‌کاری شده با عدس (۰/۰۱)، یونجه (۰/۰۳) و گندم (۰/۰۵) در مقایسه با زمین‌های باغی و زراعی شاهد از نظر مقدار زیتوده تفاوت معنی‌داری به‌دست آمد ($p=0.05$). همچنین نتایج نشان داد میزان زیتوده به ترتیب در زیست‌بوم‌های جنگلی، باغ‌ها و زمین‌های زراعی کاهش می‌یابد. در واقع جنگل‌ها با پوشش متراکم، بیشترین میزان زیتوده را به خود اختصاص داده‌اند و میانگین زیتوده در جنگل‌های متراکم، بیشتر از جنگل‌های کم‌تراکم و تخریب‌یافته می‌باشد. میانگین زیتوده جنگل‌های متراکم، کم‌تراکم و تخریب‌یافته زیرحوضه تیمار به‌ترتیب برابر با ۴۸/۶۳، ۴۶/۴۷ و ۲۹/۲۴ تن در هکتار و در زیرحوضه شاهد به‌ترتیب ۴۷/۲۷، ۴۵/۲۳ و ۲۵/۵۷ تن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۳). در

مورد زمین‌های باغی و زراعی، به‌ترتیب باغ‌های گردو، سیب، گلابی، گیلاس، یونجه، گندم، عدس و جو بیشترین میزان زیتوده را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین در مورد اقدام‌های آبخیزداری اجرا شده، میزان زیتوده باغ-های گردو (۹/۰۱ تن در هکتار) بیشتر از باغ‌های گلابی (۵/۲۰ تن در هکتار) و گیلاس (۴/۷۰ تن در هکتار) و زمین‌های تراس‌کاری شده با یونجه (۵/۰۱ تن در هکتار)، گندم (۴/۰۲ تن در هکتار) و عدس (۳/۴۵ تن در هکتار) می‌باشد به‌عبارتی، بعد از زمین‌های جنگلی، انواع پوشش‌های دارای اقدام‌های آبخیزداری نسبت به زمین-های زراعی شاهد، مقادیر بیشتری از زیتوده را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین براساس تفکیک گروه‌ها از طریق آزمون دانکن، زمین‌های جنگلی هر کدام یک گروه مستقل را تشکیل دادند و در مورد اقدام‌های آبخیزداری نیز، تمامی اقدام‌ها در یک گروه قرار گرفتند و اختلاف معناداری در نتایج آن‌ها مشاهده نگردید.

**جدول ۲- مقایسه میانگین زیتوده در پوشش‌های مختلف زمین‌های دو زیرحوضه (براساس نتایج آزمون T در سطح ۵ درصد)**

**Table 2. Comparison of mean biomass in different land covers of the two sub-watersheds (based on T-test results at the level of 5%)**

| پوشش زمین‌ها Land cover | | اختلاف میانگین Mean difference | انحراف معیار Standard deviation | معنی‌داری Sig. |
|---|---|---|---|---|
| جنگل Forest | متراکم Dense | 0.99 | 0.31 | 0.19 |
| | کم‌تراکم Low-density | 0.85 | 0.24 | 0.15 |
| | تخریب‌یافته Destroyed | 0.52 | 0.16 | 0.10 |
| زراعی Agriculture | گندم *Triticum aestivum* | 0.91 | 0.46 | 0.05 |
| | جو *Hordeum vulgare* | 0.65 | 0.45 | 0.34 |
| | یونجه *Medicago sativa* | 1.25 | 0.57 | 0.03 |
| | عدس *Lens culinaris* | 0.55 | 0.22 | 0.00 |
| باغی Orchard | گردو *Juglans regia* | 2.70 | 1.31 | 0.00 |
| | سیب *Malus pumila* | 0.72 | 0.38 | 0.12 |
| | گلابی *Pyrus communis* | 1.81 | 0.84 | 0.04 |
| | گیلاس *Cerasus avium* | 1.84 | 0.76 | 0.02 |




**شکل ۳- مقایسه میانگین زیتوده در پوشش‌های مختلف زمین‌های دو زیرحوضه تیمار و شاهد**

**Fig. 3- Comparison of mean biomass in different land covers of treatment and control sub-watersheds**

**ترسیب‌کربن**

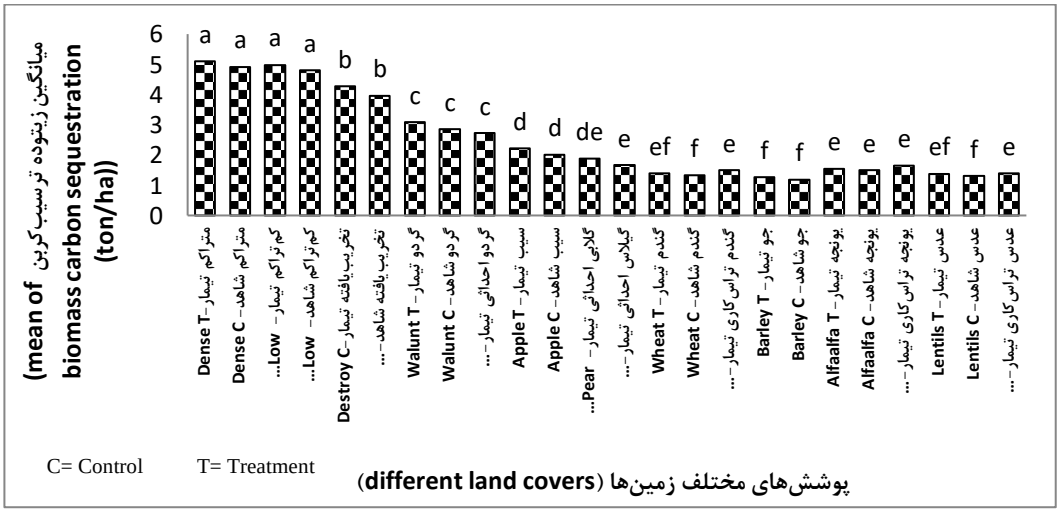
مقدار ترسیب‌کربن در واحد زمان به ویژگی‌های رشد گونه‌های گیاهی و شیوه‌های مدیریت، تغییر کاربری زمین‌ها، نوع عملیات احیایی، شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک و ذخیره قبلی کربن در خاک بستگی دارد (Post, 2000). بنابراین احیای زمین‌ها تخریب‌شده و بایر به‌دلیل اینکه منجر به کاهش فرسایش، افزایش تولید بیولوژیک و بهبود کیفیت آب و خاک می‌شود، می‌تواند نقش بسیار مهمی نیز در راستای توسعه پایدار و سلامت زیست‌بوم ایفاء نماید. همچنین ترسیب‌کربن در بیوماس و خاک نیز که سبب تعدیل اثر گلخانه‌ای می‌گردد، می‌تواند به‌عنوان منفعت و سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیای زمین‌های تخریب‌شده مطرح گردد (Lal *et al*., 2008). به‌عبارتی، اثرگذاری هر کدام از این اقدام‌ها در امر تثبیت‌کربن متفاوت و ارزیابی ترسیب‌کربن در انواع پوشش‌های زمین‌ها به‌منظور ارزشیابی عملیات احیایی آبخیزداری ضروری است. در پژوهش حاضر، ترسیب‌کربن خاک و زیتوده در ۱۵ کاربری اندازه‌گیری و برآورد گردید. براساس نتایج آزمون T، در بین زمین‌های جنگل‌های متراکم (۰/۱۷)، کم‌تراکم (۰/۰۹) و تخریب‌یافته (۰/۱۶) و باغ‌های سیب (۰/۲۱) و زمین‌های زراعی کشت‌شده با جو (۰/۲۷) از نظر ترسیب‌کربن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۳). ضمن اینکه، در بین باغ‌های احداثی گردو (۰/۰۵)، گلابی (۰/۰۳) و گیلاس (۰/۰۵) و زمین‌های تراس‌کاری شده با عدس (۰/۰۰)، یونجه (۰/۰۱) و گندم (۰/۰۳) در مقایسه با زمین‌های زراعی شاهد از نظر مقدار ترسیب‌کربن اختلاف معنی‌داری به‌دست آمد ($p= 0.05$). همچنین، نتایج نشان می‌دهد هر کاربری تأثیر متفاوتی بر ترسیب‌کربن دارد. نتایج مربوط به ترسیب‌کربن نشان می‌دهد بیشترین میزان کربن ترسیب‌یافته در دو زیرحوضه تیمار و شاهد به‌ترتیب مربوط به زمین‌های جنگل‌های متراکم (۵/۱۰ و ۴/۹۱)، کم‌تراکم (۴/۹۸ و ۴/۸۰) و تخریب‌یافته (۴/۲۷ و ۳/۹۵) است (شکل ۳). به‌عبارتی گیاهانی که دارای بافت چوبی‌اند، از توانایی بیشتری در ترسیب‌کربن برخوردار بوده و هر چه نسبت اندام‌های چوبی و سطح تاج پوشش در گیاه بیشتر باشد، توان آن در ترسیب‌کربن افزایش می‌یابد (Indufor, 2002). ضمن اینکه تفاوت معناداری در نتایج پوشش‌های جنگلی دو زیرحوضه مشاهده نشد. به‌عبارتی، جنگل‌ها با پوشش متراکم به‌عنوان فعال‌ترین زیست‌بوم مطرح شدند و در نتیجه بیشترین میزان ترسیب‌کربن را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج مطالعات مشابه توسط سایر محققان (Pahlavan yali *et al*., 2016; Toru and Kibret 2019) نیز نشان می‌دهد که در بین انواع پوشش‌های گیاهی مختلف، جنگل‌های انبوه با پوشش متراکم درختی، بیشترین مقدار ترسیب‌کربن را به خود اختصاص داده‌اند که با یافته‌های پژوهش حاضر، هم‌خوانی دارد. همچنین بعد از پوشش‌های درختی، باغ‌های گردو، سیب، گلابی و گیلاس و زمین‌های زراعی یونجه، گندم، عدس و جو، بیشترین میزان ترسیب‌کربن را دارا می‌باشند. به‌عبارتی، گیاهانی که زیتوده بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند، دارای ترسیب‌کربن بیشتری می‌باشند. در واقع می‌توان بیان نمود در زیرحوضه تیمار، باغ‌های گردو (۳/۰۸ تن در هکتار) بیشتر از باغ‌های سیب (۲/۲۱ تن در هکتار) و زمین‌های زراعی یونجه (۱/۵۵ تن در هکتار)، گندم (۱/۴۰ تن در هکتار)، عدس (۱/۳۸ تن در هکتار) و جو (۱/۲۶ تن در هکتار)، کربن را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین در مورد فعالیت‌های آبخیزداری اجرا شده زیرحوضه تیمار، مقدار کربن ترسیب‌یافته در باغ‌های گردو (۲/۷۲ تن در هکتار)، بیشتر از باغ‌های گلابی (۱/۸۸ تن در هکتار)، و گیلاس (۱/۶۶ تن در هکتار) و زمین‌های تراس کاری شده با یونجه (۱/۶۵ تن در هکتار)، گندم (۱/۵۰ تن در هکتار) و عدس (۱/۴۰ تن در هکتار) می‌باشد (شکل ۴). نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر محققان (Tahmasebi and Moradi Shahgharie 2015; Agharazi, 2017; Shahrokh *et al*., 2017; Rousta *et al*., 2018; Terefe *et al*., 2020) مبنی بر بالا بودن میزان ترسیب‌کربن در مکان‌های تحت اقدام‌های آبخیزداری نسبت به زمین‌های شاهد هم‌خوانی

دارد. همچنین کربن ترسیب‌یافته در زیرحوضه شاهد در سطح زمین‌های باغ‌های گردو و سیب و زمین‌های زراعی یونجه، گندم، عدس و جو به‌ترتیب برابر با ۲/۸۵، ۲/۰۰، ۱/۵۰، ۱/۳۲، ۱/۳۰ و ۱/۱۹ تن در هکتار می‌باشد. تفکیک گروه‌ها از طریق آزمون دانکن نیز نشان داد جنگل‌های متراکم، کم‌تراکم و تخریب‌یافته به‌طور جداگانه در گروه‌های مجزا از زمین‌های زراعی و باغی قرار گرفتند. همچنین در مورد اقدام‌های آبخیزداری اجرا شده، باغ‌های احداثی گردو در یک گروه مستقل و سایر اقدام‌ها نیز با هم یک گروه را تشکیل داده‌اند.

**جدول ۳- مقایسه میانگین ترسیب‌کربن زیتوده در پوشش‌های مختلف زمین‌های دو زیرحوضه (براساس نتایج آزمون T در سطح ۵ درصد)**

**Table 3. Comparison of mean biomass carbon sequestration in different land covers of the two sub-watersheds (based on T-test results at the level of 5%)**

| معنی‌داری<br>Sig. | انحراف معیار<br>Standard deviation | اختلاف میانگین<br>Mean difference | نوع پوشش<br>Land cover | |
|---|---|---|---|---|
| 0.17 | 0.19 | 0.52 | متراکم<br>Dense | جنگل<br>Forest |
| 0.09 | 0.35 | 0.82 | کم‌تراکم<br>Low-density | |
| 0.16 | 0.73 | 1.60 | تخریب‌یافته<br>Destroyed | |
| 0.00 | 1.04 | 2.79 | گندم<br>*Triticum aestivum* | زراعی<br>Agriculture |
| 0.27 | 0.85 | 1.56 | جو<br>*Hordeum vulgare* | |
| 0.01 | 0.45 | 0.76 | یونجه<br>*Medicago sativa* | |
| 0.00 | 0.33 | 1.02 | عدس<br>*Lens culinaris* | |
| 0.05 | 1.27 | 2.24 | گردو<br>*Juglans regia* | باغی<br>Orchard |
| 0.21 | 0.88 | 1.40 | سیب<br>*Malus pumila* | |
| 0.03 | 0.64 | 1.41 | گلابی<br>*Pyrus communis* | |
| 0.00 | 0.54 | 1.26 | گیلاس<br>*Cerasus avium* | |




**شکل ۴- مقایسه میانگین زیتوده در پوشش‌های مختلف اراضی دو زیرحوضه تیمار و شاهد**

**Fig. 4- Comparison of mean biomass carbon sequestration in different land covers of treatment and control sub-watersheds**

**اثر اقدامات انجام‌شده از دیدگاه آبخیزنشینان**

به‌منظور ارزیابی اثر اقدام‌های بیولوژیک انجام شده در زیرحوضه تیمار و مقایسه آن با زیرحوضه شاهد، از سه متغیر شامل جلوگیری از بیابانی شدن منطقه، جلوگیری از سیلاب و فرسایش خاک، بهبود تغییرات پوشش گیاهی استفاده گردید (جدول ۴). لازم به بیان است براساس اطلاعات به‌دست آمده، از مجموع ۱۳۰ پاسخگوی مورد مطالعه ۶۳/۱ درصد آقا و ۳۶/۹ درصد خانم می‌باشند. افراد با سن ۳۰ تا ۴۰ سال، با فراوانی ۵۴/۶ درصد بیشترین تعداد پاسخگویان را تشکیل می‌دهند. از نظر سطح تحصیلات، بیشترین فراوانی (۳۹/۲ درصد) مربوط به پاسخگویانی است که تحصیلات دیپلم دارند، ۳۸/۴ درصد تحصیلات دانشگاهی و ۱۳/۸ تحصیلات ابتدائی داشتند و ۸/۵ درصد بی‌سواد بودند. نتایج حاصل از بررسی مقایسه‌ای میانگین ارزیابی پاسخگویان نسبت به متغیرهای مطرح‌شده در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد تمامی متغیرهای این سنجه در زیرحوضه تیمار نسبت به شاهد دارای امتیاز بالاتری (براساس طیف لیکرت) از دیدگاه بهره‌برداران می‌باشند. در ادامه برای سنجش معناداری نظرهای پاسخگویان دو زیرحوضه تیمار و شاهد نسبت به پاسخ‌های آنان در مورد متغیرهای این سنجه و مقایسه میانگین‌ها، از آزمون من - ویتنی استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. ارزیابی تأثیر اقدام‌های بیولوژیک انجام‌شده در زیرحوضه تیمار نسبت به شاهد با توجه به میانگین نظرهای پاسخگویان (جدول ۴) نشان داد اقدام‌های انجام شـده به‌دلیل بهبتود و افزایش پوشـش‌گیاهی (Motamed vaziri *et al.*, 2011; Nadimi *et al.*, 2012; Meshesha and Birhanu, 2015) منجر به کاهش بیابانی‌شدن منطقه، کاهش وقوع سیلاب‌ها و هدررفت خاک در سطح زیرحوضه تیمار و آسیب‌پذیری کمتر ساکنان روستا شده است و نتایج مشابه محققان (Motamed 2006; Nadimi 2012 Sreedevi *et al*., vaziri *et al*., 2011; *et al*.,) مبنی بر تأثیر مثبت اقدام‌های آبخیزداری، نتایج این بخش از پژوهش را تأیید می‌کند. در حالی که در زیرحوضه شاهد مشکل‌های ناشی از رواناب و تبعات منفی آن و نارضایتی مردم محلی از شرایط مدیریت نشده به چشم می‌خورد. بنابراین مردم ساکن در زیرحوضه شاهد با توجه به مشاهده تأثیر معنی‌دار اقدام‌های آبخیزداری در زیرحوضه تیمار، علاقمند به انجام اقدام‌های مشابه در زیرحوضه شاهد با همکاری و مشاوره اداره منابع طبیعی و آبخیزداری بودند. در واقع اقدام‌های مدیریتی اجرا شده در منطقه، با داشتن هدف‌های چند منظوره، افزون بر بهبود شرایط منطقه از نظر پوشش‌گیاهی، تثبیت خاک و کاهش فرسایش، در تثبیت کربن نقش بسزایی داشتند.

**جدول ۴- توزیع فراوانی نظرهای پاسخگویان نسبت به اثر اقدام‌های مدیریتی**

**Table 4. Frequency distribution of stakeholder's point of views to the effect of managerial measures**

| ردیف Row | متغیرها Variables | زیرحوضه‌ها Sub-watersheds | رتبه‌بندی پاسخ‌ها Ranking of answers | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | خیر No | خیلی‌کم Very low | کم Low | متوسط Fair | زیاد High | خیلی‌زیاد Very high | میانگین Average |
| 1 | جلوگیری از بیابانی شدن منطقه Prevention of desertification in the region | تیمار Treatment | 0.00 | 0.00 | 4.40 | 42.90 | 23.10 | 28.60 | 3.76 |
| | | شاهد Control | 0.00 | 17.10 | 68.30 | 12.20 | 0.00 | 0.00 | 1.95 |
| 2 | جلوگیری از سیلاب و فرسایش خاک Prevention of floods and soil erosion | تیمار Treatment | 0.00 | 0.00 | 6.70 | 53.30 | 18.90 | 21.10 | 3.54 |
| | | شاهد Control | 0.00 | 37.50 | 55.00 | 7.50 | 0.00 | 0.00 | 1.70 |

**ادامه جدول ۴- توزیع فراوانی نظرهای پاسخگویان نسبت به اثر اقدام‌های مدیریتی**

**Table 4. Frequency distribution of stakeholder's point of views to the effect of managerial measures**

| ردیف Row | متغیرها Variables | زیرحوضه‌ها Sub- watersheds | رتبه‌بندی پاسخ‌ها Ranking of answers | ردیف Row | متغیرها Variables | رتبه‌بندی پاسخ‌ها Ranking of answers | زیرحوضه‌ها Sub-watersheds | ردیف Row | متغیرها Variables |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | بهبود تغییرات پوشش گیاهی Improvement of vegetation changes | تیمار Treatment | 0.00 | 0.00 | 4.40 | 28.90 | 28.90 | 26.70 | 3.77 |
| | | شاهد Control | 0.00 | 30.00 | 67.5 | 0.00 | 2.50 | 0.00 | 1.72 |

**جدول ۵- مقایسه معناداری متغیرهای اثر اقدام‌های مدیریتی در زیرحوضه تیمار و شاهد**

**Table 5. Significance comparison of the effects of managerial measures in the treatment and control sub-watersheds**

| متغیرها Variables | زیرحوضه‌ها Sub- watersheds | میانگین رتبه‌ها Average of ratings | معنی‌داری Sig. |
|---|---|---|---|
| جلوگیری از بیابانی شدن منطقه Prevention of desertification in the region | تیمار Treatment | 83.57 | 0.00 |
| | شاهد Control | 24.84 | |
| جلوگیری از سیلاب و فرسایش خاک Prevention of floods and soil erosion | تیمار Treatment | 83.77 | 0.00 |
| | شاهد Control | 24.40 | |
| بهبود تغییرات پوشش گیاهی Improvement of vegetation changes | تیمار Treatment | 83.26 | 0.01 |
| | شاهد Control | 25.55 | |

## نتیجه‌گیری

پایش و ارزیابی اقدام‌های آبخیزداری انجام شده در حوضه‌های آبخیز از جنبه‌های گوناگون، برای بخش‌های مختلف اجرایی و تحقیقاتی منابع‌طبیعی کشور بسیار مهم و ضروری می‌باشد. با توجه به پیامدهای متعدد تغییرات اقلیمی ناشی از تمرکز گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر که امروزه به یک چالش بزرگ در سطح جهان تبدیل شده است، در بسیاری از کشورها بویژه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، کارشناسان و محققان در تلاش هستند تا در رسیدن به شیوه‌های مؤثر و علمی در تثبیت دی‌اکسیدکربن اتمسفر و ترسیب‌کربن، از یکدیگر سبقت بگیرند. حتی نهادهای بین‌المللی، کشورهای جهان سوم را از طریق اعطای تسهیلات و کمک‌های مالی برای تحقق این امر تشویق می‌کنند. از طرفی نتایج پژوهش حاضر نشان از اثر مثبت فعالیت‌های آبخیزداری بر میزان ترسیب‌کربن دارد و می‌تواند به‌عنوان راهکار مهمی در کاهش گازهای گلخانه‌ای مطرح شود. همچنین ترسیب‌کربن به این روش می‌تواند از ارزان‌ترین و عملی‌ترین راهکارها برای کاهش دی‌اکسیدکربن در جو باشد. در واقع احیای پوشش‌گیاهی از طریق اقدام‌های متنوع مدیریتی بیولوژیکی در سطح آبخیزها، یکی از اقدام‌های بسیار مهم برای تحقق این امر می‌باشد. از آنجا که اثرگذاری هر کدام از این اقدام‌ها در امر تثبیت کربن متفاوت می‌باشد، بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور سنجش اثرهای پوشش زمین‌ها و اقدام‌های گوناگون مدیریتی بر میزان ذخیره کربن خاک و همچنین بررسی دیدگاه بهره برداران درباره بهبود وضعیت آبخیز به‌صورت مقایسه‌ای در دو زیرحوضه تیمار و شاهد صورت گرفت. از طرفی

فرسایش خاک به نوبه خود سبب از بین رفتن کربن خاک می‌شود و هرگونه عملیات مدیریتی و اصلاحی که مانع فرسایش خاک بشود یک قدم مثبت در جهت افزایش میزان کربن ترسیب شده خواهد بود. از این‌رو حفظ و گسترش پوشش‌گیاهی از طریق انجام اقدام‌های مدیریتی، به‌دلیل اینکه نقش مؤثری در کاهش هدررفت خاک دارد، امری ضروری و مهم می‌باشد. بنابراین با اعمال اقدام‌های بیولوژیک در زمین‌های رها شده و شیب‌های تند زیرحوضه تیمار، افزون بر کاهش فرسایش، به ترسیب‌کربن منطقه کمک شایانی شده است. بیان این نکته ضروری است که هر چند اجرای عملیات آبخیزداری از سال ۱۳۸۴ در این منطقه از هدررفت مقدار قابل توجهی از کربن آلی جلوگیری کرده است، هنوز تا دست‌یابی به پتانسیل منطقه، فاصله وجود دارد. از بین اقدام‌های آبخیزداری انجام‌شده، باغ‌های گردو، به‌دلیل قابلیت بالاتر در جذب و نگهداشت کربن نسبت به سایر اقدام‌ها و زمین‌های شاهد (بجز پوشش جنگلی)، به‌عنوان یکی از گزینه‌های مدیریتی با اولویت بالا برای جلوگیری از فرسایش خاک و تثبیت‌کربن در بخش‌های بیشتری از دامنه‌های پر شیب منطقه تیمار پیشنهاد می‌گردد.

در نهایت، با توجه به اینکه حوضه آبخیز چهل‌چای یکی از نقاط مورد استفاده جهت عملیات تراس‌کاری است، جهت بالا بردن اعتبار نتایج، مطالعه بیشتر در مورد ترسیب‌کربن در منطقه‌های تراس‌کاری شده مناطق دیگر استان و کشور پیشنهاد می‌گردد. همچنین، با توجه به نقش زیاد کاربری زمین‌های در میزان ترسیب‌کربن حوضه، پیشنهاد می‌شود خسارت اقتصادی آن‌ها در اثر فرسایش مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

## سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از رساله دوره دکتری آبخیزداری تحت عنوان "اثر اقدامات اصلاحی بر خدمات آبخیز چهل‌چای، استان گلستان، ایران" دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان بوده است که به این وسیله تشکر می‌شود.

## پی‌نوشت‌ها

[1] Allometric equations
[2] AGTB

## منابع

Abebe, G., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Takeshi, T., Wondie, M., Adgo, E., Masunaga, T., Tsubo, M., Ebabu, K., Berihun, M.L. and Tassew, A. 2019. Effects of Land Use and Topographic Position on Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks in Different Agro-Ecosystems of the Upper Blue Nile Basin. Sustainability, 12 (24), 1-18.

Agharazi, H., 2017. Biomechanical operation effect on soil carbon of Pakal Basin, Markazi Province. Watershed Engineering and Management. 10 (4), 529-536. (In Persian with English abstract).

Allison, L.E., 1965. Organic carbon. In: Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, 1367.

Amirnejad, H., 2004. Determining total economic value of the forest ecosystem of northern Iran with emphasis on environmental-ecological valuation and conservation values. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran.

Anonymous., 2005. Manual of biomass survey and analysis. Forestry Research and Development Agency and Japan International cooperation Agency, 23 p.

Basuki, T.M., Van Laake, P.E., Skidmore, A.K., and Hussin. Y.A., 2009. Allometric equations for

estimation the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. Forest Ecology and Management, 257, 1684-1694.

Cannell, G.R., 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset theoretical, potential and achievable capacities globally in Europe and UK. Biomass and Bioenergy, 24, 97-116.

Falahatkar, S., Hosseini, S.M., Ayoubi, S. and Salman Mahiny, A., 2013. The impact of primary terrain attributes and land cover/use on soil organic carbon density in a region of northern Iran. Journal of Water and Soil, 27 (5), 963-972. (In Persian with English abstract).

FAO, 2002. Agriculture in the world, towards 2030-2015. (Translated by Hooman Fathi). Publications of Research Planning and Agricultural Economics Research Institute, Ministry of Jihad Agriculture 191 p.

Farzi, H., Tamartash, R., Jafarian, Z. and Tatian, M.R., 2019. Effects of Watershed Management Measures on Functional Diversity Indices and Soil Carbon Sequestration (case Study: Arangeh Watershed, Alborz Province). 14th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran, 16th-17th July, Urmia, Iran.

Forozeh, M.R., Heshmati, G.A., Ghanbarian, G.A. and Mesbah, S.H., 2008. Comparison of carbon sequestration capacity of three plant species of sunflower, black guinea and plain artichoke In the dry rangelands of Iran (case study: Garbayegan plain of Fasa). Journal of Environmental Science. 34 (46), 65-72.

Hargreaves, K.J., Milne, R. and Cannell, M., 2003. Carbon balances of afforested peatland in Scotland. Journal of forestry. 76 (3), 299-318.

Husch, B., Beers, T.W. and Kershaw, J.A., 2003. Forest Mensuration. 4th Edition, John Wiley and Sons Inc., 443 p.

INDUFOR, 2002. Assessing Forest Based carbon sinks in the Kyoto protocol Forest Management and Carbon sequestration. Discussion paper, 115p.

Karimi, Z. and Sheikh, V.B., 2019. Evaluation of the attitude stakeholders' of natural resources and environment projects (case Study: Hablehroud Watershed). Journal of Watershed Engineering and Management. 11(2), 477-467. (In Persian with English abstract).

Komiyama, A., Ong, J.E. and Poungparn, S., 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. Aquatic Botany. 89(2), 128–137.

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

Lal, R., 2008: Carbon sequestration in soil. Forest Ecology and Management. 3, 20.

MacDicken, K.G., 1977. Aguide to Monitoring Carbon Storage in Foresty and Agroforesty Projects. Winrock International for Agricultral Development, Forest Carbon Monitoring Program.

Meshesha, Y.B. and Birhanu, B.S., 2015. Assessment of the effectiveness of watershed management intervention in Chena Woreda, Kaffa Zone, Southwestern Ethiopia. Journal of Water Resource and Protection. 7, 1257-1269.

Moradi Shahgharie. M. and Tahmasebi. P., 2015. Investigation of exclosure effect on carbon sequestration and physical and chemical properties of soil in semi-steppe rangelands of Chaharmahal and Bakhtiari province. Journal of Natural Ecosystems Iran. 6(4), 109-97. (In Persian with English abstract).

Motamed vaziri., B., Mirzaei, M.A., Sharifi, F. and Mohebi. A., 2011. The effect of the implementation of watershed management projects on vegetation changes and sustain mass movements. Journal of Remote Sensing and GIS planning Journal. 2, 3. (In Persian with English abstract).

Nadimi, N., Zahtabian, G. and Malekian, A., 2012. Evaluation of the role of watershed management biological measures On flood reduction. (case study: Yangje Watershed). Watershed Research (Research and Construction). 96, 97-107.

Pahlavan Yali, Z., Zarrin Kafsh, M. and Moeini, A., 2016. Quantitative estimation of soil carbon sequestration in three land uses types (Orchard, Paddy, Rice and Forest) in a part of Ramsar lands, northern Iran. Journal of Water and Soil. 30(3), 758-768. (In Persian with English abstract).

Parsapour, M.K., Sohrabi, H., Soltani, A. and Iranmanesh, Y., 2013. Allometric equations for estimating biomass in four poplar species at Charmahal and Bakhtiari province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 21(3), 528-517. (In Persian with English abstract).

Post, W.M. and Kwon, K.C., 2000. Soil carbon sequestration and land-use change, processes and potential. Global Change Biolog. 6(3), 317-327.

Rahbar, G.H., Sadat Azimi, M. and Behnoudi, S., 2016. Evaluation the efficiency of terracing practices on carbon sequestration for climate changes mitigation. 5th Conferences Rainwater Catchment System, 24th and 25th February, Gilan-Rasht, Iran. (In Persian with English abstract).

Rousta, M.J., Enayati, K., Soleimanpour, S.M. and Mesbah, S.H., 2019. The environmental value of stored carbon in the soil of floodwater spreading fields of Gareh-Bygon Plain, Fasa, Iran. Watershed Management Research. 32(1), 31-41. (In Persian with English abstract).

Sabin, F.F., 1996. Remote Sensing. Principal and Interpretation 3rd Ed., W.H.Freman and company, New York, USA. p. 494.

Sadeghi, S.H.R., Forootan, F. and Sharifi, F., 2004. Watershed Management actions the performance evaluation of qualitative method (case study: Catchment kan). Geographical Research Quarterly. 79, 38-47. (In Persian with English abstract).

Schuman, G.E., Janzen, H. and Herrick, J.E., 2002. Soil carbon information and potential carbon sequestration by rangelands. Environmental Pollution. 116, 391-396.

Sreedevi, T.S., Wani, R., Sudi, M., Patel, T., Jayesh, S. and Singh, S., 2006. On-site and off-site impact of watershed development: A case study of Rajasamadhiyala, Gujarat, India. Global Theme on Agro-ecosystems Report no. 20, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1-44.

Shahidipour, A., 2011. Investigation of the relationship between the emission of pollutants gases, energy consumption and value added in Irans economic sectors with emphasis on the intensity of pollution, M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.

Shahrokh, S., Souri, M., Moetamedi, J. and Eftekhari, A., 2017. Effects of contour furrow on soil and biomass carbon sequestration (case study: Khalifan Rangelands, Mahabad). Iranian Journal of Range and Desert Research. 24(1), 98-109. (In Persian with English abstract).

Subedi, B.P., Pandey, S.S., Pandey, A., Bahadur Rana, E., Bhattarai, S., Raj, Banskota, T., Charmakar, S. and Tamrakar, R., 2010. Asia Network for Sustainable agriculture and bio

resources. Federation of Community Forest Users, Nepal, Internationalcenter for Integratedmountain Development, Norwegian Agency for Development Cooperation, Guidelines for Measuring Carbon Stocks in Community-managed Forests. p. 16.

Tahmors, M., Jafari, M., Ahmadi, H., Azarnivand, H. and Nazari Samani, A., 2018. Quantitative evaluation of the effect of watershed management activities on carbon sequestration and storage in climate change reduce (case study: Parroud watershed - Shahroud watershed tributary). Ecohydrology. 5(1), 161-172. (In Persian with English abstract).

Terefe, H., Argaw, M., Tamene, L. and Mekonnen, K., 2020. Sustainable land management interventions lead to carbon sequestration in plant biomass and soil in a mixed croplivestock system: the case of Geda watershed, central highlands of Ethiopia. Ecological Processes. 9(34), 1-12.

Toru, T. and Kibret, K., 2019. Carbon stock under major land use/land cover types of Hades sub-watershed, eastern Ethiopia. Carbon Balance and Management. 14(7), 1-14.

Yang, Y., Chen, Y., Li, Zh. and Chen, Y., 2018. Land-use/cover conversion affects soil organic-carbon stocks: A case study along the main channel of the Tarim River, China. PLoS ONE 13(11), e0206903.

United States Geological Survey (USGS), 2003. Carbon sequestration. Available online at: http//www.USGS.gov/.

Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M., 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. Silva Fennica. Monographs. 4, 52.

Environmental Sciences Vol.19 / No.3 / Autumn 2021

**217-236**

# Evaluation of watershed management interventions on biomass carbon sequestration and stakeholders' perception about watershed condition improvement (case study: Dehchenashk sub-watershed, Chehl Chai watershed)

**Zeinab Karimi [1], Vahedberdi Sheikh [1*], Amir Sadoddin[1] and Naghmeh Mobarghaee Dinan [2]**

[1] Department of Watershed Management, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] Department of environment, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2020.11.21 Accepted: 2021.02.02

**Karimi, Z., Sheikh, V., Sadoddin, A. and Mobarghaee Dinan, N., 2021**. Evaluation of watershed management interventions on biomass carbon sequestration and stakeholders' perception about watershed condition improvement (case study: Dehchenashk sub-watershed, Chehl Chai watershed). Environmental Sciences. 19(3): 217-236

**Introduction:** Increasing the atmospheric carbon dioxide concentration is a major cause of climate change that has led to degradation in natural ecosystems and incidence of various environmental problems such as imbalances in hydrologic, nutrients, and carbon cycles in nature. Land surface cover, which has an important role in carbon sequestration, has been strongly influenced by human activities and gradually degraded over time and created a number of challenges in the behavior of watersheds. Therefore, worldwide rehabilitation and restoration of watersheds through the implementation of a variety of mechanical and biological measures have been considered by policymakers, managers, and technical experts. For instance, various watershed management projects (tree sapling, permanent forage cultivation, and terracing) have been implemented with the participation of stakeholders to improve conditions in the Dehchenashk sub-watershed of the Chehl-Chai watershed, where is considered as the most critically degraded watershed of the Golestan Province, northeastern Iran. Therefore, this research was carried out to evaluate the effects of land cover and various management measures on the amount of carbon sequestration in surface soil layer through a comparative analysis between two sub-watersheds of Dehchenashk (treatment) and Chamanie-bala (control).

[*] Corresponding Author: *Email Address*: *sheikh@gau.ac.ir*
http://dx.doi.org/10.52547/ENVS.2021.36527

**Material and methods:** In the present study, the effect of management measures on carbon sequestration in areas under management measures (treatment) and types of land use (forest, croplands, and orchards) was studied. The croplands and orchards as controls and terracing and tree saplings activities (biological measures) as the treatment measures were compared in terms of carbon sequestration. Sampling was conducted using randomly selected plots along the defined transects. Within each plot, above-ground biomass was measured for crops and trees. Also, the effect of management measures on improving land cover and reducing soil erosion from viewpoints of the local stakeholders was carried out using the questionnaire survey.

**Results and discussion:** The results showed that the average of biomass carbon sequestration (ton/ha) in both treatment and control sub-watersheds in dense (5.10 and 4.91), low-density (4.98 and 4.80), and degraded forests (4.27, 95 and 95) was more than walnut (*Juglans regia*) (3.08 and 2.85) and apple (*Malus pumila*) (2.21 and 2.00) orchards, and croplands cultivated with alfalfa (*Medicago sativa*) (1.55 and 1.50), wheat (*Triticum aestivum*) (1.40 and 1.32), lentil (*Lens culinaris*) (1.38 and 1.30), and barley (*Hordeum vulgare*) (1.26 and 1.19), respectively. Regarding biological practices carried out in the treatment sub-watershed, the average carbon sequestration in walnut orchards (2.72) was higher than pear (*Pyrus communis*) (1.88) and cherry (*Cerasus avium*) (1.66) orchards and terraced lands cultivated with alfalfa (1.65), wheat (1.50) and lentil (1.40). Also, statistical comparison using T-test between high density, low-density, and degraded forests and apple orchards and barley croplands showed no statistically significant difference at 5% level. The amount of sequestrated biomass carbon in walnut, pear, and cherry orchards and terraced lands cultivated with lentil, alfalfa, and wheat showed significant differences in comparison with the control lands. Moreover, the evaluation of viewpoints of the local stakeholders on the effect of management measures implemented in the Deh-Chanashk sub-watershed, indicated that they believe that the implemented watershed management practices have played a significant role in improving the sub-watershed condition in terms of land cover, soil stabilization, and soil erosion reduction.

**Conclusion:** Therefore, among the watershed management measures undertaken, extending the orchard plantation, particularly walnut plantation, to croplands on the steep slopes is recommended as a high priority management option across the study region due to higher ability to carbon sequestration as well as soil erosion prevention.

**Keywords:** Watershed management, Carbon sequestration, Soil erosion, Chehel-Chai watershed