

اثر مدیریت بر لاش‌ریزه، اندوخته کربن خاک و برخی از ویژگی‌های خاک توده‌های گلابی وحشی  
(*Pyrus syriaca* and *P. globra*) (بررسی موردی: جنگل ده کهنه سپیدان، استان فارس)

مهرداد زرافشار\*<sup>۱</sup>، یعقوب ایرانمنش<sup>۲</sup>، مهدی پورهاشمی<sup>۳</sup>، سیدکاظم بردبار<sup>۴</sup>، محمدرضا نگهدارصابر<sup>۵</sup>،  
محمدجواد روستا<sup>۶</sup>، کوکب عنایتی<sup>۷</sup> و علیرضا عباسی<sup>۸</sup>

- ۱- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (M.zarafshar@areeo.ac.ir)
- ۲- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. (y.iranmanesh@areeo.ac.ir)
- ۳- دانشیار، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pourhashemi@rifr-ac.ir)
- ۴- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (s.bordbar@areeo.ac.ir)
- ۵- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (m.negahdarsaber@areeo.ac.ir)
- ۶- دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (mjavadrousta@areeo.ac.ir)
- ۷- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (enayatik@yahoo.com)
- ۸- کارشناس، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (a.abasi@areeo.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۰

### چکیده

خاک اکوسیستم‌های جنگلی منبع عظیمی برای ذخیره کربن اتمسفر بوده که در صورت مدیریت صحیح سهم آن در مقابله با گرمایش زمین فزونی خواهد گرفت. در این پژوهش، سهم اندوخته کربن در خاک و لاش‌ریزه در دو توده قرق‌شده ۵۰ ساله (کمتر دخالت‌شده) و قرق‌نشده (دخالت‌شده) گلابی وحشی مقایسه شد. همچنین، ویژگی‌های خاک شامل درصد رطوبت، چگالی ظاهری، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و درنهایت تنفس میکروبی خاک نیز بررسی شد. در هر توده، نمونه‌های خاک در ۵ و ۱۰ تکرار برداشت و خصوصیات آن‌ها با استفاده از آزمون T غیرجفتی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج به‌طور واضح نشان داد که ذخیره کربن خاک و کربن آلی

لاش‌ریزه چوبی در توده کمتر دخالت‌شده به دلیل تراکم بیشتر پوشش درختی بیش از دو برابر توده دخالت‌شده بود. با این وجود، کربن آلی لاش‌ریزه بین دو توده یکسان بود. مقدار فسفر و نیتروژن خاک در توده کمتر دخالت‌شده به- ترتیب ۶ و ۲ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود. نه تنها درصد رطوبت خاک در توده کمتر دخالت‌شده (۳۶ درصد) بیشتر از توده دخالت‌شده (۲۱ درصد) بود، بلکه مقدار تنفس میکروبی خاک در توده کمتر دخالت‌شده حدود ۳۱ درصد بیشتر از توده دخالت‌شده بود. در نهایت می‌توان گفت اعمال مدیریت قرق در توده‌های جنگلی گلابی وحشی نه تنها سبب افزایش اندوخته کربن خاک تا بیش از دو برابر شده، بلکه حاصل‌خیزی آن را بهبود داده که این یافته اهمیت مدیریت قرق توده‌های جنگلی زاگرس در راستای حفظ عملکردهای خاک را گوشزد می‌کند.

**واژه‌های کلیدی:** تنفس میکروبی، ذخیره کربن، عملکرد جنگل، قرق.

خاک شوند (Liski et al., de Vries et al., 2009)

نقش اکوسیستم‌های جنگلی در چرخه کربن جهانی بسیار حائز اهمیت بوده، چراکه درختان طی فرآیند فتوسنتز دی‌اکسید کربن اتمسفر را در زی‌توده خود ذخیره می‌کنند. حدود نیمی از این کربن ذخیره‌شده پس از تنفس درختان به اتمسفر بازگشت داده شده و مابقی کربن ذخیره‌شده در پیکره درختان توسط لاش-ریزه و ریشه‌ها به خاک اکوسیستم‌های جنگلی برگشته و در آنجا ذخیره می‌شود. بنابراین، در مقیاس جهانی حدود یک‌سوم کربن آلی در خاک رویشگاه‌های جنگلی ذخیره می‌شود (Grüneberg et al., 2019). طبق نظر (Schlesinger 1991)، سهم کربن آلی ذخیره شده در خاک رویشگاه‌های جنگلی بیشتر از مجموع سهم زی‌توده گیاهی و اتمسفر بوده و این مقدار حدود  $10^{15} \times 5 - 1/2$  تن کربن در یک متر بالایی خاک جنگل تخمین زده شده است (Amundson, 2001). بنابراین، می‌توان گفت که ترسیب کربن در خاک جنگل می‌تواند به‌عنوان یک سیاست و راه‌کار مقابله با تغییر اقلیم محسوب شده، چراکه سهم عظیمی در کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر دارد (Janzen, 2004). از این-رو، هرگونه مدیریت، حفاظت، تخریب و تغییر کاربری در جنگل‌ها می‌تواند عملکرد و پتانسیل خاک جنگل را تحت تأثیر قرار دهد که این مهم باید مورد پژوهش قرار گرفته تا راه‌کارهای مدیریتی در راستای سیاست-های مقابله با تغییر اقلیم در اختیار مدیران قرار گیرد.

خاک شونند (Liski et al., de Vries et al., 2009) که این موضوع به اهمیت مدیریت صحیح اراضی جنگلی در راستای ترسیب بیشتر کربن اتمسفر در خاک دلالت دارد. البته شایان ذکر است که توانایی خاک‌های جنگلی در ترسیب کربن متفاوت بوده و به توانایی خاک در تثبیت کربن آلی وابسته است (Grüneberg et al., 2019). پژوهش (Eskandari Shahraki et al., 2016) نشان داد در صورتی‌که مدیریت صحیح در اکوسیستم‌های جنگلی اعمال شود، ترسیب کربن خاک در آن‌ها افزایش یافته و درمقابل تخریب جنگل‌ها سبب کاهش این پتانسیل می‌شود، به‌طوری‌که مدیریت قرق سبب افزایش چهار برابری اندوخته کربن در خاک در مقایسه با توده تخریب‌شده بود. در یک نگاه کلی هر گونه دخالت در توده‌های جنگلی از قبیل بهره‌برداری چوب و تنک‌کردن درختان بر پویایی کربن خاک تأثیرگذار است (Nave et al., 2002; Johnson et al., 2010) و بی‌شک حفاظت و مدیریت اصولی اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند سبب بهبود عملکرد جنگل‌ها در ترسیب کربن شود. به‌بیان دیگر، ترسیب کربن در خاک اکوسیستم‌های جنگلی روشی کم‌هزینه در راستای مقابله با تغییر اقلیم و گرمایش زمین است و از آنجایی‌که پتانسیل ذخیره - کربن در توده‌های جنگلی با مدیریت توده ارتباط تنگاتنگی دارد، اهمیت این موضوع بسیار زیاد می‌شود. با عنایت به شکننده‌بودن اکوسیستم‌های زاگرس و همچنین دخالت‌های شدید انسانی بر انواع توده‌های جنگلی، در برخی از مناطق مدیریت قرق توده‌های جنگلی مورد توجه قرار گرفته که می‌تواند سبب کاهش نسبی تخریب در این توده‌های ارزشمند شود. در پژوهش پیش‌رو، اندوخته کربن در خاک و لاش-ریزه در دو توده قرق نشده (دخالت‌شده) و قرق (کمتر

نقش اکوسیستم‌های جنگلی در چرخه کربن جهانی بسیار حائز اهمیت بوده، چراکه درختان طی فرآیند فتوسنتز دی‌اکسید کربن اتمسفر را در زی‌توده خود ذخیره می‌کنند. حدود نیمی از این کربن ذخیره‌شده پس از تنفس درختان به اتمسفر بازگشت داده شده و مابقی کربن ذخیره‌شده در پیکره درختان توسط لاش-ریزه و ریشه‌ها به خاک اکوسیستم‌های جنگلی برگشته و در آنجا ذخیره می‌شود. بنابراین، در مقیاس جهانی حدود یک‌سوم کربن آلی در خاک رویشگاه‌های جنگلی ذخیره می‌شود (Grüneberg et al., 2019). طبق نظر (Schlesinger 1991)، سهم کربن آلی ذخیره شده در خاک رویشگاه‌های جنگلی بیشتر از مجموع سهم زی‌توده گیاهی و اتمسفر بوده و این مقدار حدود  $10^{15} \times 5 - 1/2$  تن کربن در یک متر بالایی خاک جنگل تخمین زده شده است (Amundson, 2001). بنابراین، می‌توان گفت که ترسیب کربن در خاک جنگل می‌تواند به‌عنوان یک سیاست و راه‌کار مقابله با تغییر اقلیم محسوب شده، چراکه سهم عظیمی در کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر دارد (Janzen, 2004). از این-رو، هرگونه مدیریت، حفاظت، تخریب و تغییر کاربری در جنگل‌ها می‌تواند عملکرد و پتانسیل خاک جنگل را تحت تأثیر قرار دهد که این مهم باید مورد پژوهش قرار گرفته تا راه‌کارهای مدیریتی در راستای سیاست-های مقابله با تغییر اقلیم در اختیار مدیران قرار گیرد.

بررسی اندوخته کربن خاک می‌تواند به‌عنوان یک شاخص و معیار در ارزیابی مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی مورد توجه قرار گیرد، چراکه مقدار آن نسبت به تغییرات کاربری و نوع مدیریت بسیار حساس است (Tate et al., 2007). براساس نظر پژوهش‌گران، عوامل اقلیمی و محیطی از قبیل بارندگی و دما و عوامل انسانی می‌توانند سبب افزایش اندوخته کربن

پوشش گیاهی و شرایط توپوگرافی مشابهت زیادی به هم دارند. مشخصات عمومی هر دو در جدول ۱ ارائه شده است.

#### روش نمونه برداری

برای بررسی اندوخته کربن و ویژگی های خاک در دو قطعه یک هکتاری، پنج نمونه خاک به طور منظم از عمق ۰-۳۰ سانتی متری برداشت شد (IPCC, 2003) فاصله نمونه ها با یکدیگر حدود ۸۰ متر بوده به طوری که کل عرصه یک هکتاری پوشش داده شود (شکل ۱). نمونه های خاک بلافاصله در پلاستیک ریخته و پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا از الک دو میلی متری عبور داده و قسمتی از هر نمونه برای اندازه گیری تنفس میکروبی در یخچال نگهداری و بقیه برای تعیین ویژگی های مورد نظر آماده شدند. برای بررسی اندوخته کربن لاش ریزه، یک قاب نمونه برداری به مساحت یک متر مربع تهیه و در هر قطعه یک هکتاری ۱۰ نمونه به طور منظم برداشت شد (شکل ۱). در داخل هر قاب تمام نمونه های لاش ریزه به طور کامل جمع آوری شده و پس از تقسیم آن ها به دو گروه شامل لاش ریزه های کوچک و ریز (شامل کلیه لاش برگ ها، لایه های هوموس و کلیه قطعات چوبی کوچک با قطر کمتر از یک سانتی متر) و قطعات چوبی بزرگ (قطر بیشتر از یک سانتی متر) در عرصه وزن تر نمونه ها اندازه گیری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند.

#### اندازه گیری های آزمایشگاهی

جرم مخصوص ظاهری طبق روش کلوخه و پارافین، محتوی رطوبت به روش توزین، کربن آلی خاک (روش والکی-بلاک) با اکسایش تر کربن آلی، نیتروژن کل به روش کج‌دال (Bremner and Mulvaney, 1982)، شوری عصاره اشباع خاک با دستگاه هدایت-سنج الکتریکی و فسفر قابل جذب به روش اولسن (Homer and Pratt, 1961). نسبت C/N نیز از تقسیم

دخالته شده) گلابی وحشی در منطقه ده کهنه استان فارس مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود آیا (۱) مدیریت قرق سبب اختلاف معنی دار آماری در اندوخته کربن خاک در توده جنگلی شده است؟، (۲) اندوخته کربن لاش ریزه تحت تأثیر مدیریت قرق قرار گرفته است؟ و (۳) کدام یک از مشخصه های مورد بررسی خاک در مدیریت قرق به طور معنی داری بهبود یافته است؟. همچنین، ویژگی های خاک شامل مقدار رطوبت، نیتروژن کل، فسفر و تنفس میکروبی در دو توده یاد شده بررسی و مقایسه شد. خاطرنشان می شود که توده های مورد بررسی در این پژوهش بخشی از ذخیره گاه ژنتیکی گلابی وحشی در استان فارس بوده و تاکنون تأثیر مدیریت قرق بر خصوصیات خاک آن مورد بررسی قرار نگرفته است.

#### مواد و روش ها

##### معرفی منطقه مورد بررسی

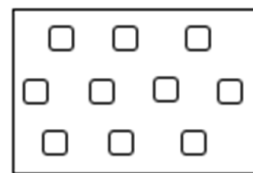
جنگل گلابی وحشی در منطقه ده کهنه، منطقه ای محصور با وسعت ۴۶۶ هکتار، در سپیدان در شمال استان فارس بین عرض جغرافیایی "۳۲° ۲۱' ۳۰" تا "۰۰° ۲۳' ۳۵" شمالی و طول جغرافیایی "۴۶° ۴۶' ۵۱" تا "۴۹° ۴۱' ۵۱" شرقی با حداکثر ۲۵۵۴ و حداقل ۲۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده و دارای جهت شمالی و شیب متوسط ۴۰ درصد است. این منطقه به عنوان یک ذخیره گاه ژنتیک گونه های گلابی وحشی شامل امرود (*Pyrus syriaca* var. *syriaca*) و انچوچک (*P. glabra*) بوده که از سال ۱۳۵۲ تحت مدیریت قرق است (Hamzhepour et al., 2010). قطعه نمونه ای به مساحت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) از جنگل قرق ده کهنه با عرصه ای به همین مساحت که در نزدیکی این جنگل قرار داشت (عرصه دخالت شده) در نظر گرفته شد. هر دو عرصه یاد شده از نظر ترکیب

درصد کربن آلی به درصد نیتروژن هر نمونه خاک محاسبه شد. همچنین تنفس میکروبی نمونه‌های خاک (انتشار CO<sub>2</sub>) در ظروف شیشه‌ای دربسته با به دام انداختن دی‌اکسید کربن در محلول هیدروکسید سدیم و سپس تیتراسیون آن اندازه‌گیری شد (Page et al., 1992).

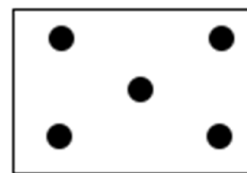
جدول ۱- ویژگی‌های عمومی دو توده گلابی وحشی مورد بررسی

Table 1. General characteristics of the two studied stands of wild pear

توده Stand	شیب متوسط (درصد) Medium slope (Percent)	تعداد در هکتار Number of Trees per hectare	بافت خاک Soil texture	فراوان‌ترین گونه‌های درختی The most frequent tree species
کمتردخالت‌شده Less degraded	15-20	253	رسی لومی Clay loam	ارژن، گلابی وحشی، ون، زالزالک، کیکم <i>Amygdalus elaeagnifolia</i> , <i>Pyrus syriaca</i> and <i>glabra</i> , <i>Fraxinus rotundifolia</i> , <i>Crataegus</i> spp, <i>Acer monspessulanum</i>
دخالت‌شده Degraded	20-30	200	رسی لومی Clay loam	زالزالک، ارژن، ون، کیکم، گلابی وحشی <i>Crataegus</i> spp, <i>Amygdalus elaeagnifolia</i> , <i>Fraxinus rotundifolia</i> , <i>Acer monspessulanum</i> , <i>Pyrus syriaca</i> and <i>glabra</i>



نمونه‌های لاش‌ریزه  
Litter samples



نمونه‌های خاک  
Soil samples

شکل ۱- طرح نمونه‌برداری خاک و لاش‌ریزه از توده‌های گلابی وحشی منطقه ده‌کهنه

Figure 1. Soil and litter sampling designs from wild pear stands at Dehkoneh region

به روش احتراق در کوره‌الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت اندازه‌گیری و از اختلاف وزن نمونه پیش و پس از احتراق، کربن آلی هر نمونه تعیین شد.

#### تجزیه و تحلیل آماری

اطلاعات جمع‌آوری شده پس از ساماندهی در نرم‌افزار Excel ذخیره و نمودارهای مورد نظر ترسیم شد. در ادامه، داده‌های مورد نظر توسط آزمون T غیرجفتی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل آماری شد. شایان ذکر است که پیش از انجام آزمون آماری

اندوخته کربن نمونه‌های خاک توسط رابطه ۱ محاسبه شد (Kooch et al., 2012).

$$Cs = OC \times BD \times D \times 0.1 \quad (1) \text{ رابطه}$$

که در آن: OC کربن آلی (گرم در کیلوگرم خاک)، BD جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) × درصد سنگریزه، D ضخامت لایه خاک (سانتی‌متر) و ۰/۱ ضریب تبدیل است.

نمونه‌های لاش‌ریزه و قطعات چوبی بزرگ به صورت جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه در آون قرار گرفته و بلافاصله وزن خشک نمونه‌ها محاسبه شد. درصد کربن نمونه‌های لاش‌ریزه

مذکور، همگنی و نرمال بودن داده‌ها به ترتیب توسط آزمون لون و شاپیرو-ویلک بررسی شد.

### نتایج

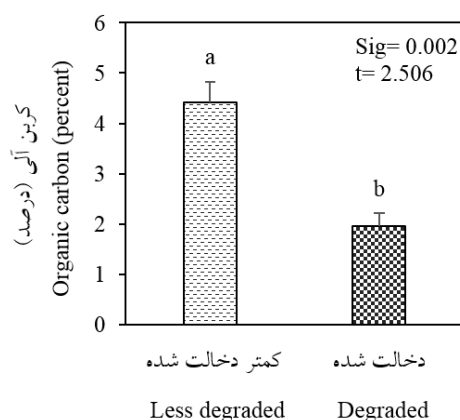
مقایسه کربن آلی و اندوخته کربن در دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده

نتایج آزمون T غیرجفتی نشان داد که بین دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده از نظر کربن آلی خاک اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. به طوری که در توده کمتر دخالت‌شده، کربن آلی خاک حدود ۴۴ گرم در هر کیلوگرم و در مقابل در توده دخالت‌شده این مقدار حدود ۲۰ گرم در هر کیلوگرم بود (شکل ۲-الف). همچنین، نتایج آماری ضمن تأیید اختلاف معنی‌دار آماری در مقدار اندوخته کربن خاک دو توده مورد پژوهش نشان داد که مقدار بیشتر (حدود ۱۹۵ تن در هکتار) مربوط به توده کمتر دخالت‌شده و مقدار کمتر (حدود ۸۵ تن در هکتار) مربوط به توده دخالت‌شده بود (شکل ۲-ب).

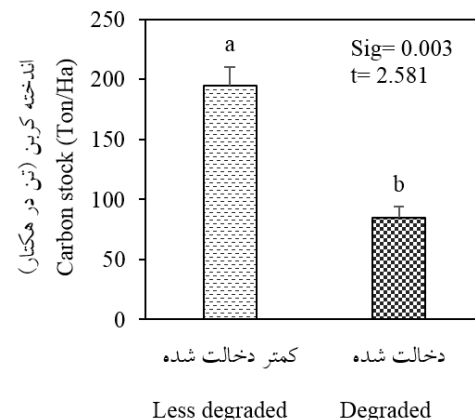
مقایسه ویژگی‌های خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده

اگرچه از نظر جرم مخصوص ظاهری خاک بین دو توده مورد پژوهش تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد و برای هر دو عرصه حدود ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود، اما محتوی رطوبت خاک در توده کمتر-دخالت‌شده (حدود ۳۷ درصد) از نظر آماری بیشتر از توده دخالت‌شده (حدود ۲۲ درصد) بود (شکل ۳). درصد نیتروژن خاک در توده کمتر دخالت‌شده ۰/۵۵ درصد و در توده دخالت‌شده ۰/۲۴ درصد بود که از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. مقدار فسفر قابل‌دسترس در خاک توده دخالت‌شده حدود ۳/۳ گرم بر هر کیلوگرم از خاک بود، در حالی که این مقدار برای توده کمتر دخالت‌شده حدود ۲۰ گرم بر هر کیلوگرم خاک بود و این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. متوسط تنفس میکروبی در خاک توده کمتر دخالت‌شده حدود ۳۶۵ و در توده دخالت‌شده حدود ۲۵۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر کیلوگرم خاک بود، که این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود (شکل ۳). در آخر، از نظر نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بین دو توده اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد.

(الف)

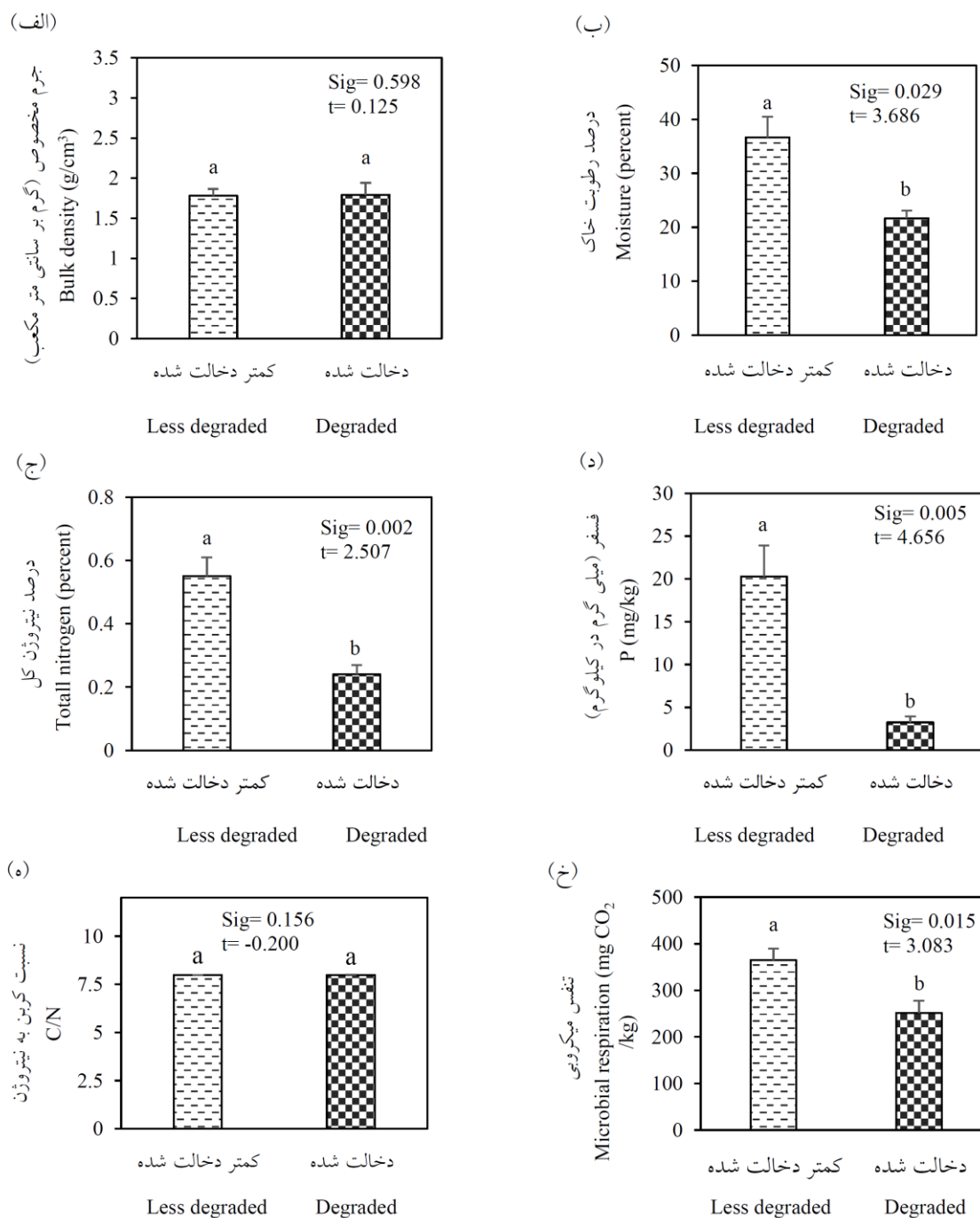


(ب)



شکل ۲- متوسط (± اشتباه معیار) کربن آلی و اندوخته کربن خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده گلابی وحشی

Figure 2. Mean value ( $\pm$ SE) of organic carbon and carbon storage between two less degraded and degraded stands of wild pear



شکل ۳- متوسط (±SE) برخی ویژگی‌های خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده گلابی وحشی

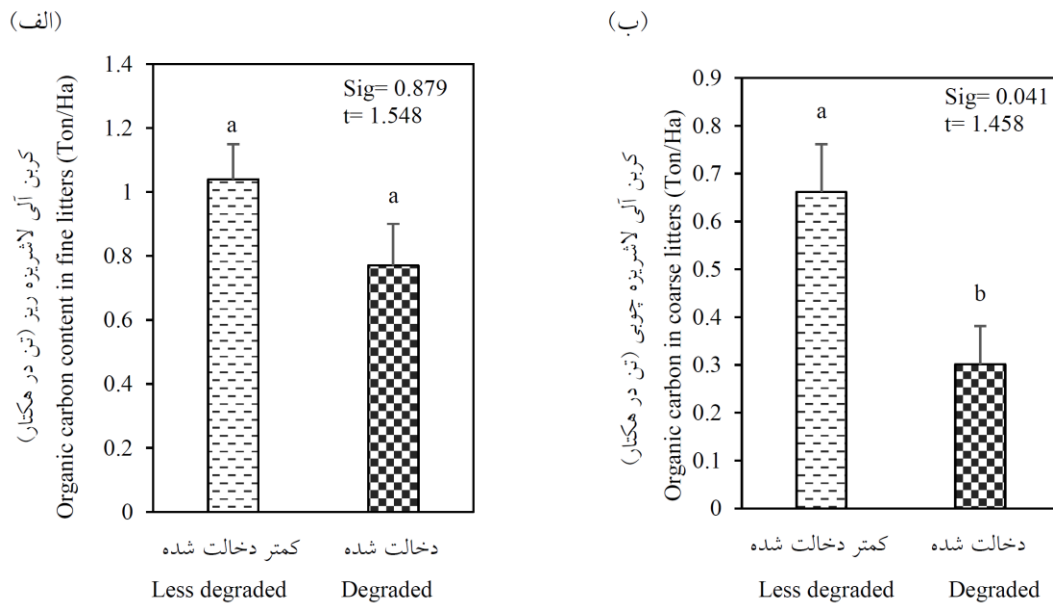
Figure 3. Mean value (±SE) of some soil characteristics between two less degraded and degraded stands of wild pear

اندوخته کربن لاش‌ریزه اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت و مقدار آن برای توده کمتر دخالت‌شده حدود یک و برای توده تخریب‌شده ۰/۷۸ تن در هکتار به- دست آمد (شکل ۴- الف). از سوی دیگر، بین دو توده

مقایسه اندوخته کربن لاش‌ریزه در دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده نتایج آزمون T غیرجفتی نشان داد که بین دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده گلابی وحشی از نظر

۰/۶۶ و در عرصه دخالت شده حدود ۰/۳ تن در هکتار برآورد شد (شکل ۴-ب).

مورد پژوهش از نظر اندوخته کربن لاشریزه قطعات چوبی اختلاف معنی دار آماری مشاهده شد. اندوخته کربن لاشریزه چوبی توده کمتر دخالت شده حدود



شکل ۴- متوسط (± اشتباه معیار) اندوخته کربن لاشریزه چوبی و ریز در دو توده دخالت شده و کمتر دخالت شده گلابی

وحشی

Figure 4. Mean value ( $\pm$ SE) of carbon storage in fine and coarse litters between two less degraded and degraded stands of wild pear

تغییر در مدیریت اراضی سبب اثر معنی دار بر کربن آلی خاک به ویژه در لایه سطحی آن می شود (Wang et al., 2013) که این یافته در پژوهش پیش رو نیز کاملاً مشهود بود، چراکه نتایج نشان داد که مقدار متوسط کربن آلی در توده کمتر دخالت شده حدود ۲/۲ برابر بیشتر از توده دخالت شده است. همچنین، مقدار متوسط اندوخته کربن در توده کمتر دخالت شده ۲/۳ برابر بیشتر از توده دخالت شده برآورد شد که حاکی از اهمیت مدیریت قرق در ترسیب کربن خاک است. در شرایط قرق، تراکم درختان و درختچه های توده بیشتر بوده و به دلیل مصون بودن نسبی توده جنگلی از تخریب، شرایط برای بهبود کربن آلی خاک و پیرو آن اندوخته کربن فراهم تر خواهد بود که این یافته با نتایج

#### بحث

براساس نظر پژوهش گران، با اندازه گیری ویژگی های خاک و مقایسه آن ها با خاک مناطق دست نخورده، می توان تأثیر انواع مدیریت اراضی را بررسی و ارزیابی کرد (Mandal et al., 2010)، بنابراین در این پژوهش به منظور درک اثر حفاظت و قرق توده های جنگلی گلابی وحشی، اندوخته کربن خاک و لاشریزه و همچنین ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در دو توده دخالت شده و کمتر دخالت شده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاکی از اثرهای مثبت و بهبوددهنده مدیریت قرق بر اغلب شاخص های مورد بررسی بود که البته تأثیر این مدیریت بر روی همه مشخصه های مورد بررسی یکسان نبود.



Eskandari Shahraki et al. (2016) همسو است. آن‌ها با بررسی مقدار ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف در منطقه چهارطاق اردل استان چهارمحال و بختیاری به این نتیجه رسیدند که جنگل قرق‌شده در مقایسه با جنگل تخریب‌شده و حتی جنگل طبیعی غیرقرق دارای بیشترین مقدار ترسیب کربن بود. همچنین پژوهش دیگر در زاگرس شمالی نشان داد که مقدار ترسیب کربن در توده‌های حفاظت‌شده از توده‌های تحت بهره‌برداری بیشتر است (Pato et al., 2017). به نظر می‌رسد تراکم بیشتر درختان در توده کمتر دخالت‌شده سبب بازگشت باقی‌مانده گیاهی (شاخ و برگ و لاش‌برگ) بیشتر به خاک شده و در ادامه مواد آلی بیشتری به خاک جنگل بازگشت داده می‌شود (Laik et al., 2009). از سوی دیگر، Kooch et al. (2020) نیز گزارش کردند که ترسیب کربن خاک در توده‌های جنگلی تخریب‌شده کمتر از توده‌های کمتر-تخریب‌شده است که در این پژوهش نیز مشاهده شد. برخلاف انتظار، جرم مخصوص ظاهری خاک در دو عرصه مورد پژوهش یکسان بود. انتظار بر این است که با حضور و عبور مداوم افراد بومی و چرای دام در توده دخالت‌شده، جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش یابد، اما تفاوتی مشاهده نشد. شاید کم‌رنگ شدن مدیریت قرق در سالیان اخیر در منطقه و حضور موردی افراد بومی و عبور دام توجیه‌کننده این عدم تفاوت باشد. در مقابل، رطوبت خاک در توده کمتر-دخالت‌شده حدود ۴۰ درصد بیشتر از توده دخالت‌شده بود که این یافته با تراکم و تاج‌پوشش بیشتر درختان و در نتیجه آن کاهش تبخیر و تعرق خاک قابل توجیه است (Zarafshar et al., 2020). از سوی دیگر، بیشتر بودن شیب توده تخریب‌شده نسبت به توده کمتر تخریب‌شده نیز می‌تواند تا حدودی در تفاوت رطوبت خاک نقش داشته باشد.

بر اساس نظر Jha et al. (1984)، اغلب خاک‌هایی که دارای کربن آلی زیاد هستند، الزاماً درصد نیتروژن زیادی نیز دارند. این یافته در پژوهش پیش‌رو مشهود بود، به طوری که مقدار نیتروژن کل خاک در توده کمتر دخالت‌شده حدود ۲/۳ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود که با نتایج کربن آلی آن نیز هم‌خوانی داشت. افزایش نیتروژن خاک می‌تواند سبب بهبود کمیت و کیفیت لاش‌برگ و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده و در آخر منجر به افزایش کربن آلی خاک شود (Lorenz and Rattan, 2010). از طرفی دیگر، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) برای هر دو توده مورد پژوهش کاملاً یکسان و حدود ۷/۹۹ بود. طبق تقسیم‌بندی ارائه‌شده از سوی Yerima and Van Ranst (2005)، از آنجایی که این نسبت کمتر از ۱۰ است، می‌توان بیان داشت که کیفیت مواد آلی در هر دو عرصه در وضعیت خوب قرار دارد.

عناصر غذایی خاک نیز شاخص بسیار مهمی برای ارزیابی تأثیر مدیریت و کاربری‌های مختلف هستند (Zarafshar et al., 2020)، بنابراین در این پژوهش فسفر خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتر-دخالت‌شده گلابی وحشی مقایسه شد. نتایج نشان داد که فسفر خاک در توده کمتر دخالت‌شده حدود شش برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود که این موضوع بر اهمیت مدیریت قرق در بهبود عناصر غذایی خاک تأکید می‌کند. یکی از ویژگی‌های درختان پهن‌برگ بومی این است که ریشه این درختان قادر است مقدار زیادی از فسفر را از سنگ بستر جدا کرده و آن‌ها را پس از لاش‌برگریزی به لایه‌های سطحی خاک برگرداند (Salim et al., 2018)، بنابراین می‌توان بیان داشت که هرچه تراکم درختان پهن‌برگ در یک توده بیشتر باشد، فسفر بیشتری پس از خزان برگ‌ها به خاک بازگشت داده شده که این می‌تواند فسفر بیشتر

گرفت تا نقش قرق در این منبع ارزشمند کربن ارزیابی شود. اگرچه کربن آلی لاشریزه در هر دو توده دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبود، ولی این تفاوت در لاشریزه چوبی معنی‌دار و چشم‌گیر بود، به طوری که در توده کمتر دخالت‌شده مقدار آن ۲/۲ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود. به نظر می‌رسد تراکم بیشتر درختان گلابی در توده کمتر دخالت‌شده نسبت به توده دخالت‌شده و برگشت فراوان شاخه‌ها به زمین سبب این تفاوت معنی‌دار شده است. از سوی دیگر، حضور بیشتر افراد بومی در عرصه قرق‌نشده و جمع‌آوری چوب‌های خشک موجود در کف جنگل به منظور تهیه سوخت یکی از دلایل اساسی کمتر بودن قطعات چوبی در این عرصه قرق‌نشده است. براساس نظر (2011) Bigler and Veblen، سهم لاشریزه و چوب مرده در چرخه کربن توده‌های جنگلی حائز اهمیت است، بنابراین می‌توان بیان کرد که با قرق توده‌های گلابی - وحشی ضمن حفظ این پایه‌های درختی، امکان برداشت لاشریزه درشت توسط جنگل‌نشینان کمتر شده و در آخر نقش جنگل در اندوخته کربن حفظ می‌شود.

یافته‌های پژوهش پیش‌رو به طور واضح نشان داد که اعمال مدیریت قرق در توده‌های جنگلی گلابی - وحشی، به عنوان توده‌های جنگلی نادر در رویشگاه زاگرس سبب می‌شود تا کربن آلی، اندوخته کربن، نیتروژن کل خاک و همچنین کربن آلی لاشریزه چوبی بیش از دوبرابر، فسفر خاک حدود شش برابر، رطوبت خاک حدود ۴۰ درصد و در نهایت تنفس میکروبی خاک تا ۳۱ درصد افزایش می‌یابد. مدیریت قرق سبب حفظ پایه‌های درختی و درختچه‌ای و به سبب آن برگشت بقایای گیاهی بیشتر به خاک، نگهداری رطوبت در خاک و ارتقاء فعالیت‌های میکروبی شده و در نتیجه موجب بهبود اندوخته کربن و حاصل‌خیزی

در توده قرق با تراکم درختی و درختچه‌ای بیشتر را توجیه کند. براساس یافته‌های (Silver 1998)، نرخ تجزیه مواد آلی در خاک‌های جنگلی غنی از فسفر بیشتر است، بنابراین می‌توان گفت که مدیریت قرق سبب افزایش تراکم درختان، در ادامه افزایش فسفر در لایه‌های سطحی خاک و در آخر تجزیه بیشتر مواد آلی شده که در انتهای این فرآیند کربن آلی و نیتروژن خاک نیز بیشتر می‌شود.

فعالیت میکروبی خاک یکی دیگر از شاخص‌های معتبر در ارزیابی مدیریت اراضی است (Liang et al., 2012) بنابراین، تنفس میکروبی خاک در دو توده مورد بررسی اندازه‌گیری شد. مقدار میانگین تنفس میکروبی خاک در توده کمتر دخالت‌شده حدود ۳۱ درصد بیشتر از توده دخالت‌شده بود (۳۶۴/۷ در مقابل ۲۵۱/۳ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم خاک). تنفس میکروبی خاک در توده‌های جنگلی تحت تأثیر رطوبت خاک (Pabst et al., 2016)، کربن آلی (Samuelson et al., 2009)، حاصل‌خیزی (Bolot et al., 2015) و تراکم تاج‌پوشش درختی (Kooch and Bayranvand, 2019) است. اغلب مشخصه‌های مؤثر در تنفس میکروبی در توده کمتر دخالت‌شده بیشتر از توده دخالت‌شده بود، از این رو اختلاف در مقدار تنفس میکروبی نیز قابل توجیه است. هم‌سو با نتایج این تحقیق، (Zarafshar et al., 2020) گزارش کردند که تخریب جنگل و تغییر کاربری از جنگل به کشاورزی سبب کاهش تنفس میکروبی خاک تا حدود دو تا سه برابر می‌شود.

بازگشت عناصر غذایی و کربن آلی توسط لاش-ریزه درختان به خاک و تجزیه آن‌ها به عنوان آخرین مرحله چرخه عناصر غذایی در اکوسیستم‌های جنگلی مطرح است (Farhadi, 2006). در این پژوهش، سهم کربن آلی لاشریزه درختان نیز مورد پژوهش قرار

راستای ترسیب کربن و نیتروژن در خاک بیش از پیش تأکید می‌شود.

خاک می‌شود. با توجه به پدیده تغییر اقلیم و افزایش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، اهمیت قرق و حفاظت اکوسیستم‌های جنگلی در جنگل‌های زاگرس در

## References

- Amundson, R., The carbon budget in soils. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **2001**, 29 (1), 535-562.
- Bigler, C.; Veblen, T. T., Changes in litter and dead wood loads following tree death beneath subalpine conifer species in northern Colorado. *Canadian Journal of Forest Research* **2011**, 41 (2), 331-340.
- Bolat, I.; Kara, Ö.; Sensoy, H.; Yüksel, K., Influences of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) afforestation on soil microbial biomass and activity. *iForest-Biogeosciences and Forestry* **2015**, 9 (1), 171.
- Bremner J. M.; Mulvaney, C. S., Nitrogen-total. In: Page A. L., Miller R. H., Keeney D. R. (Eds.), *Methods of Soil Analyses. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, 1982. pp. 595-624.
- de Vries, W.; Solberg, S.; Dobbertin, M.; Sterba, H.; Laubhann, D.; Van Oijen, M.; Evans, C.; Gundersen, P.; Kros, J.; Wamelink, G., The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration by European forests and heathlands. *Forest Ecology and Management* **2009**, 258 (8), 1814-1823.
- Farhadi, F., The determination of nutrient return to forest floor by litterfall in permanent plot of forest assessment in Caspian Forest. A master thesis in Gorgan University of agriculture and natural resources. 2006. 61 P.
- Grüneberg, E.; Schöning, I.; Riek, W.; Ziche, D.; Evers, J., Carbon Stocks and Carbon Stock Changes in German Forest Soils. In *Status and Dynamics of Forests in Germany*, Springer, Cham: 2019; pp 167-198.
- Hamzehpour, M.; Sagheb-Talebi, K.; Bordbar, K.; Joukar, L.; Pakparvar, M.; Abbasi, A., Impact of environmental factors on distribution of wild pear (*Pyrus glabra* Boiss.) in Sepidan region, Fars province. *Iranian journal of forest and poplar research* **2010**, 18 (4), 499-516.
- Homer, C. D.; Pratt, P. F., *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*. University of California, Agricultural Sciences Press, Berkeley, 1961. pp. 309
- IPCC., Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. Penman, J. et al. (eds.). IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan. 2003.
- Janzen, H., Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agriculture, ecosystems & environment* **2004**, 104 (3), 399-417.
- Jha, R. C.; Sharma, N. N.; Maurya, K. R., Effect of sowing dates and mulching materials on the yield of turmeric. Proc. PLACROSYM-V. 1984. pp. 495-498.
- Johnson, D.; Knoepp, J. D.; Swank, W. T.; Shan, J.; Morris, L.; Van Lear, D.; Kapeluck, P., Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environmental Pollution* **2002**, 116, S201-S208.
- Kooch, Y.; Hosseini, S. M.; Zacccone, C.; Jalilvand, H.; Hojjati, S. M., Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola Forest (North of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring* **2012**, 14 (9), 2438-2446.
- Kooch, Y.; Mehr, M. A.; Hosseini, S. M., The effect of forest degradation intensity on soil function indicators in northern Iran. *Ecol. Indic.* **2020**, 114, 106324.
- Kooch, Y.; Bayranvand, M., Labile soil organic matter changes related to forest floor quality of tree species mixtures in Oriental beech forests. *Ecol. Indic.* **2019**, 107, 105598.
- Laik, R.; Kumar, K.; Das, D.; Chaturvedi, O., Labile soil organic matter pools in a calciorthent after 18 years of afforestation by different plantations. *Applied Soil Ecology* **2009**, 42 (2), 71-78.
- Liang, Q.; Chen, H.; Gong, Y.; Fan, M.; Yang, H.; Lal, R.; Kuzyakov, Y., Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-

- maize system in the North China Plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **2012**, 92 (1), 21-33.
- Liski, J.; Perruchoud, D.; Karjalainen, T., Increasing carbon stocks in the forest soils of western Europe. *Forest Ecology and Management* **2002**, 169 (1-2), 159-175.
- Lorenz, K.; Lal, R., *Carbon sequestration in forest ecosystems*. Springer: 2009.
- Mandal, D.; Singh, R.; Dhyani, S.; Dhyani, B., Landscape and land use effects on soil resources in a Himalayan watershed. *Catena* **2010**, 81 (3), 203-208.
- Nave, L. E.; Vance, E. D.; Swanston, C. W.; Curtis, P. S., Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management* **2010**, 259 (5), 857-866.
- Pabst, H.; Gerschlauser, F.; Kiese, R.; Kuzyakov, Y., Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Land degradation & development* **2016**, 27 (3), 592-602.
- Page A.; Miller, R. H.; Keeney, D. R., Method of Soil Analysis, part 2: Chemical and Microbiological Properties, Second Edition, Sixth Printing, Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA. 1992.
- Pato, M.; Salehi, A.; Zahedi A. G.; Banj, S. A., The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests. *Journal of Forest Research and Development* **2017**, 2 (4), 367-377.
- Salim, M.; Kumar, S.; Kumar, P.; Gupta, M., A comparative study of soil physicochemical properties between eucalyptus, teak, acacia and mixed plantation of Jhilmil Jheel wetland, Haridwar-Uttarakhand. *Int J Sci Res* **2018**, 8 (1), 378-385.
- Samuelson, L.; Mathew, R.; Stokes, T.; Feng, Y.; Aubrey, D.; Coleman, M., Soil and microbial respiration in a loblolly pine plantation in response to seven years of irrigation and fertilization. *Forest Ecology and Management* **2009**, 258 (11), 2431-2438.
- Schlesinger, W., The global carbon cycle. *Biogeochemistry, an analysis of global change* **1991**.
- Shahraki, A.; Kiani, B.; Iranmanesh, Y., Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2016**, 24 (3).
- Silver, W. L., The potential effects of elevated CO<sub>2</sub> and climate change on tropical forest soils and biogeochemical cycling. In *Potential Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems*, Springer: 1998; pp 197-221.
- Tan, Z.; Lal, R.; Smeck, N.; Calhoun, F., Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma* **2004**, 121 (3-4), 187-195.
- Tate, K. R.; Ross, D.; Saggarr, S.; Hedley, C.; Dando, J.; Singh, B. K.; Lambie, S. M., Methane uptake in soils from Pinus radiata plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: effects of land-use change, and soil texture, water and mineral nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry* **2007**, 39 (7), 1437-1449.
- Wang, Q.; Xiao, F.; He, T.; Wang, S., Responses of labile soil organic carbon and enzyme activity in mineral soils to forest conversion in the subtropics. *Annals of forest science* **2013**, 70 (6), 579-587.
- Yerima, B. P.; Van Ranst, E., *Introduction to soil science: Soils of the tropics*. Trafford publishing: 2005.
- Zarafshar, M.; Bazot, S.; Matinizadeh, M.; Bordbar, S. K.; Rousta, M. J.; Kooch, Y.; Enayati, K.; Abbasi, A.; Negahdarsaber, M., Do tree plantations or cultivated fields have the same ability to maintain soil quality as natural forests? *Applied Soil Ecology* **2020**, 151, 103536.

## The impact of wild pear (*Pyrus syriaca* and *P. globra*) stand management on carbon storage of soil and litters and some soil characteristics (case study: Dehkohne forest of Sepidan, Fars Province)

M. Zarafshar<sup>\*1</sup>, Y. Iranmanesh<sup>2</sup>, M. Pourhashemi<sup>3</sup>, S.K Bordbar<sup>4</sup>, M. Negahdarsaber<sup>5</sup>, M.J. Rousta<sup>6</sup>, K. Enayati<sup>7</sup> and A. Abbasi<sup>8</sup>

1- Assistant Professor, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (M.zarafshar@areeo.ac.ir)

2- Assistant Professor, Department of natural resources, Chaharmahl-Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrkord, I. R. Iran. (y.iranmanesh@areeo.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forest, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran, I. R. Iran. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

4- Assistant Professor, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (s.bordbar@areeo.ac.ir)

5- Assistant Professor, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (m.negahdarsaber@areeo.ac.ir)

6- Associate Professor, Department of soil conservation and watershed management, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (mjavadrousta@areeo.ac.ir)

7- Super expert, Department of soil conservation and watershed management, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (enayatik@yahoo.com)

8- Expert, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (a.abasi@areeo.ac.ir)

Received: 09.05.2020      Accepted: 15.08.2020

### Abstract

Soil in forest ecosystems is a giant source for storage of atmospheric carbon that would increase its contribution against climate warming under proper management. In the current research, soil and litter contribution in carbon sequestration were compared between a 50 years old enclosure (less degraded) and un- enclosure (degraded) wild pear stands. Besides, some soil characteristics including soil moisture, bulk density, organic carbon, total nitrogen, phosphorus, and soil microbial respiration were studied. In each stand, 5 soil samples and 10 litter samples were collected from each plot and the characteristics were compared with T-student independent analysis. The results clearly indicated that soil carbon storage and carbon storage in coarse litter due to greater tree covers in enclosure field were two times higher than un- enclosure. Meanwhile, carbon storage in fine litter was same in the both stands. Phosphorus content and total nitrogen in soil of enclosure field were 6 and 2 times higher than un- enclosure, respectively. Moisture content Not only was higher in less degraded field (36%) in comparison with degraded one (21%) but also soil microbial respiration in less degraded field was higher around 31% when compared with degraded field. Finally, it can be proposed that enclosure management not only can improve soil carbon storage more than two times but also can increase soil fertility. This finding highlights the importance of enclosure management in Zagros region for maintaining of soil functions.

**Keywords:** Enclosure, Carbon storage, Soil respiration, Forest function.

---

\* Corresponding author

Tel: +989126055424