

مقایسه خصوصیات رویشی کمی و کیفی درختان اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و

## خاک در جنگل کاری خالص و آمیخته، حوضه رودخانه سیمره

## چکیده

نیاز روزافزون جامعه به چوب و فرآورده‌های آن و کاهش سطح جنگل‌ها موجب شده که جنگل کاری از جایگاه خاصی در برنامه‌ریزی‌ها برخوردار باشد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر جنگل کاری خالص و آمیخته (اکالیپتوس و سرو نقره‌ای) بر خصوصیات رویشی و خاک توده‌ها در منطقه سیمره، استان ایلام بود. این مطالعه در سال ۱۳۹۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار جنگل کاری خالص اکالیپتوس، جنگل کاری آمیخته اکالیپتوس و سرو نقره‌ای در سه تکرار اجرا گردید. در مجموع ۴۲ قطعه نمونه پیاده شد. خصوصیات کمی اندازه‌گیری شده عبارت از قطر برابر سینه، قطر یقه، ارتفاع درخت، تاج پوشش، ضریب پایداری، ضریب کاهش قطری، حجم، وزن خشک برگ، سطح برگ، پهنای دواير سالیانه و دانسیته چوب بودند. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از هر قطعه سه نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد سپس یک نمونه ترکیبی برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج نشان داد که میانگین قطر برابر سینه، قطر یقه، ارتفاع، حجم و پهنای دواير سالیانه اکالیپتوس به‌طور معنی‌داری در توده خالص بیشتر از آمیخته بود ( $P < 0/05$ ). بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی و به کمک خصوصیات رویشی اکالیپتوس، دو گروه در طول محورهای اول و دوم تفکیک شدند که این گروه‌ها هر کدام انطباق بالایی با محل نمونه‌برداری (توده خالص یا آمیخته) نشان دادند. بررسی خصوصیات خاک بین دو توده نشان داد که میزان پتاسیم، نیتروژن، فسفر، کربن آلی و درصد رطوبت اشباع به‌طور معنی‌داری در توده خالص بیشتر بود. در مجموع، ویژگی‌های رویشی در جنگل کاری خالص از آمیخته نمود بهتری داشته و می‌توان به توسعه آن اقدام نمود.

**واژگان کلیدی:** جنگل کاری خالص و آمیخته، ویژگی‌های رویشی، ویژگی‌های

خاک، تجزیه مؤلفه اصلی، مناطق نیمه‌خشک.

نگار یاری<sup>۱</sup>

مهدی حیدری<sup>۲\*</sup>

جواد میرزایی<sup>۳</sup>

حمیدرضا ناجی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
- ۲، ۳. دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۴. استادیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

## \*مسئول مکاتبات:

m.heidari@ilam.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۱

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

## مقدمه



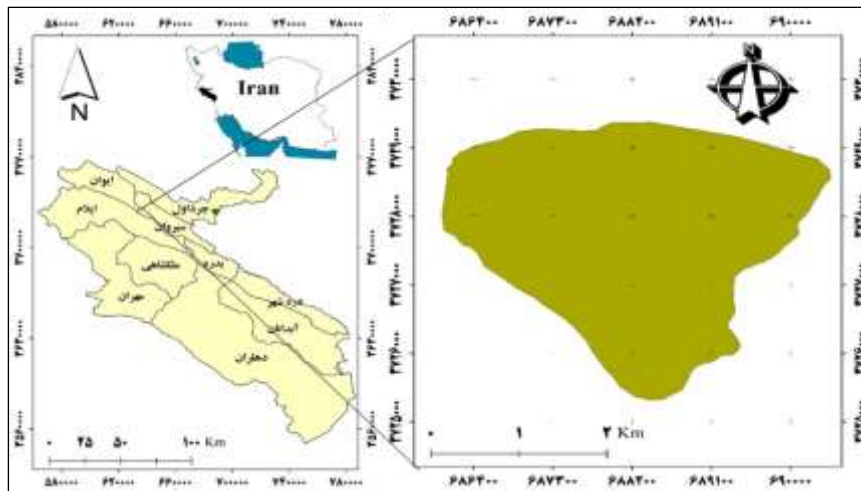
ایران کشور پهناوری است که سطح وسیعی از آن را مناطق خشک و نیمه خشک پوشانده است و با توجه به شرایط اقلیمی و ازدیاد جمعیت طی چند دهه گذشته، پوشش گیاهی آن دچار تخریب فراوان شده است. بنابراین، کشور مایکی از کشورهای فقیر از لحاظ منابع جنگلی به حساب می آید (صالحی زانیانی و همکاران، ۱۳۹۳). تعیین رویش گونه‌ها، یکی از مباحث مهم در مدیریت و برنامه ریزی جنگل است (Pretzsch, 2015). یکی از مهم ترین کاربردهای آن برآورد توان فعلی یا پیش بینی استعداد استقرار گونه‌ها، امکان برنامه ریزی تولید و برداشت محصول جنگل است (Forrester, 2016; Shrivastava and Jha, 2010; *et al.*). اما، کاربرد دیگر آن که بخصوص در بخش اقتصاد و مدیریت جنگل اهمیت فراوان دارد، مدیریت بیولوژیک و پرورش توده های جنگلی است (رستمی شاهراجی، ۱۳۸۰).

به طور بالقوه، جنگل کاری با گونه های بومی و غیربومی برای ارتقاء زادآوری زیراشکوب، بهبود خصوصیات ادافیکی خاک و افزایش تنوع زیستی توصیه شده است (وطنی و همکاران، ۱۳۸۶). جنگل کاری موجب تأمین تولیدات محسوس (از طریق افزایش تولید چوب و چوب سوخت، علوفه و محصولات دیگر) و نامحسوس (ترسیب کربن، تعادل هیدرولوژیکی، احیا جنگل، حاصلخیزی خاک و پایداری اراضی) می شوند و به عنوان راهکاری برای احیای جنگل های مخروبه بوده است (Pitto, Oscar, 2001; Montagnini, 2000; Viera *et al.*, 2019). افزایش روزافزون جمعیت و بالا رفتن نیاز چوب و فرآورده های آن از یک طرف و تخریب عرصه های جنگلی و خارج کردن آن از چرخه تولید چوب، اهمیت جنگل کاری را دوچندان می کند. به طور کلی، جنگل کاری در مناطق خشک و نیمه خشک اهداف مختلفی شامل حفاظت خاک، تولید چوب، احداث پارک های جنگلی و گردشگاه های عمومی و ایجاد کمربند سبز را دنبال می کند (کنشلو، ۱۳۸۰). درختان به کمک تاج پوشش خود خاک را از عوامل مخرب طبیعی مانند فرسایش بادی حفظ کرده و به کمک ریشه و لاش برگ های ریخته شده به سطح خاک مانع از تبخیر شدید آب شده و باعث حفظ رطوبت در خاک می شوند (کرد، ۱۳۸۵). از سوی دیگر، درختان با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک زیر تاج پوشش و افزایش مواد آلی باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها شده و بدین طریق حاصلخیزی خاک را بهبود می بخشند (Butler, *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2018).

درخت اکالیپتوس یکی از درختان سریع رشد است که در شرایط اکولوژیکی ایران به خوبی رشد کرده است. به دلیل سازگاری بالای اکالیپتوس با شرایط اقلیمی و اکولوژیکی مختلف (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷) و نقش آن در تعدیل آب و هوا، جلوگیری از فرسایش خاک، تولید چوب صنعتی و در نهایت تولید ماده اولیه چوبی برای صنعت خمیر، جنگل کاری با این گونه از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳). لذا، جنگل کاری با این درختان در ایران از اهمیت بالایی برخوردار است (صاره و همکاران، ۱۳۸۵). با این وجود، مطالعات کمی در این زمینه در کشور و بخصوص در ناحیه رویشی زاگرس انجام شده است. با توجه به تفاوت شرایط اکولوژیکی از جم له خاک (Mohr and Simon, 2005; Zagatto *et al.*, 2019) و رقابت نوری (روحی مقدم و همکاران، ۱۳۸۶) در توده های خالص و آمیخته که می تواند بر اساس شرایط اقلیمی و ادافیکی هر منطقه اثرات متفاوتی بر خصوصیات رویشی گونه های هدف داشته باشد (صیاد و همکاران، ۱۳۸۵)، لذا در این مطالعه به بررسی الف: خصوصیات رویشی اکالیپتوس در جنگل کاری خالص و آمیخته با سرو نقره ای و نیز ب: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در این توده ها در ناحیه رویشی زاگرس پرداخته شد.

## مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از پارک جنگلی سیمره در استان ایلام و شهرستان چرداول با مختصات جغرافیایی ۳۳° ۴۱' ۲۰" و ۳۳° ۳۹' ۰۹" عرض شمالی و ۴۷° ۰۳' ۰۰" و ۴۷° ۰۰' ۰۰" طول شرقی است. مساحت محدوده مورد مطالعه کمتر از دو هکتار و متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۲۳۰ متر است. این پارک جنگلی در سال ۱۳۷۵ در شهرستان چرداول و در نزدیکی رودخانه سیمره احداث گردید.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه در کشور و استان.

بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی سرابله، متوسط بارندگی طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲) ۵/۵۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. بیشترین بارش ماهانه بلندمدت مربوط به اسفندماه با ۱۰۸/۱ میلی‌متر است. در دوره آماری موجود، کمترین میزان بارندگی ۷/۲۹۰ میلی‌متر و بیشترین بارش سالانه نیز ۶۹۷/۲ میلی‌متر بود.

برای انجام این تحقیق پس از جنگل‌گردشی در محدوده پارک جنگلی سیمره، توده‌های خالص اکالیپتوس و آمیخته اکالیپتوس با سرو نقره‌ای که طی سال ۱۳۷۵ با نهال‌های یک‌ساله جنگل‌کاری شده بودند، تعیین شد. فاصله کاشت در هر دو توده یکسان و ۳\*۳ متر بود (کتابچه طرح، ۱۳۷۵). در این مطالعه، داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار شامل جنگل‌کاری خالص اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) و جنگل‌کاری آمیخته (اکالیپتوس- سرو نقره‌ای *Cupressus arizonica*) و سه تکرار برداشت گردید. در هر تیمار با شروع تصادفی دو ترانسکت عمود بر هم به طول ۱۵۰ متر پیاده شد. در محل تقاطع ترانسکت‌ها و بر روی هر ترانسکت در فواصل ۵۰ متر قطعات نمونه مربع شکل به ابعاد ۴۰۰ مترمربع (۲۰\*۲۰ متر) جدا شد. در مجموع، هفت قطعه‌نمونه و با احتساب تکرارهای هر تیمار ۲۱ قطعه‌نمونه در هر تیمار برداشت شد.

خصوصیات کمی درختان اکالیپتوس به‌عنوان گونه هدف شامل قطر برابر سینه (سانتیمتر)، قطر یقه (سانتی‌متر)، ارتفاع کل (متر)، سطح تاج پوشش (مترمربع)، ضریب پایداری، ضریب کاهش قطری، حجم تنه (مترمکعب)، وزن خشک برگ (گرم)، سطح برگ (سانتیمتر مربع برگ‌گرم)، پهنای دواير سالیانه (میلی‌متر) و دانسیته چوب (گرم بر سانتیمتر مکعب) بودند. قطر برابر سینه و قطر یقه با نوار قطر سنج، ارتفاع کل درختان اکالیپتوس با استفاده از دستگاه سونتو (مدل سونتو ۵/۳۶۰pc) ، مساحت تاج پوشش با اندازه‌گیری دو قطر عمود بر هم و سپس محاسبه سطح و ضریب پایداری با تقسیم ارتفاع به قطر، محاسبه شدند. برای محاسبه ضریب کاهش قطری از رابطه ۱ استفاده شد:

$$df = \frac{d_{1.3} - d_m}{\frac{h}{2} - 1.30} \quad \text{رابطه ۱:}$$

حجم تنه از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h f \quad \text{رابطه ۲:}$$

محاسبه شد (که در آن V: حجم، d: قطر برابر سینه، h: ارتفاع و f: ضریب شکل (0/5) است.

برای تعیین خصوصیات وزن خشک و سطح برگ، از هر قطعه نمونه یک درخت اکالیپتوس به صورت تصادفی انتخاب شد. از قسمت پایین تاج هر درخت ۸ برگ (هر جهت تاج ۲ برگ) جدا شد (در مجموع ۳۳۶ برگ). این نمونه‌ها در پلاستیک قرار داده شدند و به آزمایشگاه علوم جنگل دانشگاه ایلام منتقل یافتند. پس از خشک کردن برگ‌ها در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، نمونه‌ها با استفاده از ترازوی حساس (مدل jms 220)، تا دقت یک‌هزارم گرم توزین شدند. سطح برگ با دستگاه Delta Tarea Meter اندازه‌گیری شد. سپس سطح ویژه برگ (SLA) برحسب سانتی‌متر مربع بر گرم از تقسیم سطح برگ‌ها به وزن خشک آن‌ها محاسبه شد (Arias et al., 2007). برای محاسبه پهنای دواير سالیانه سه دیسک از ارتفاع برابر سینه انتخاب شد، سپس پهنای دواير سالیانه در محور شعاعی درخت از مغز به سمت پوست با استفاده از بینوکولار اندازه‌گیری شد. دانسیته از تقسیم وزن به حجم نمونه‌ها محاسبه شد. خصوصیات کیفی شامل تقارن تاج، شاقولی و انحنا در تنه اصلی نیز با کد دهی تعیین گردیدند.

از هر قطعه نمونه اصلی سه نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. سپس یک نمونه مرکب برای انجام آزمایش‌های خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل بافت، کربن آلی، اسیدیته، وزن مخصوص ظاهری، شوری، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و درصد رطوبت اشباع به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه‌گیری خصوصیات ذکر شده در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه ایلام به روش‌های استاندارد انجام شد. نمونه‌های خاک خشک گردیدند و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند، سپس pH خاک با نسبت ۱ به ۲/۵ با استفاده از دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) با نسبت ۱ به ۵، نیتروژن کل با روش کج‌دال (Westerman, 1990)، فسفر خاک با روش اولسن (Olsen Sommers, 1990) and پتاسیم قابل جذب با عصاره‌گیری به وسیله آمونیم استات یک نرمال، کربنات کلسیم یا آهک با کاربرد روش خنثی کردن با اسیدکلریدریک، میزان کربن آلی با روش والکی بلاک (Walkley, 1934)، تعیین بافت خاک با تعیین درصد رس، شن و سیلت به روش هیدرومتری انجام گرفت. وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه و با خشک کردن در آون (در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) در مدت ۲۴ ساعت و رطوبت خاک به روش خشک کردن در آون محاسبه شد (Duffera et al., 2007).

قبل از انجام هرگونه تجزیه و تحلیل، تست نرمال بودن و همگنی داده‌ها به وسیله آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و لون انجام شد. در ادامه، برای مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و کمی درختان در دو توده از آزمون t (Independent Samples T-Test) استفاده شد. خصوصیات کیفی پایه‌های اکالیپتوس شامل تقارن تاج، شاقولی و انحنا در تنه اصلی نیز ثبت شد. برای مقایسه دو گروه خالص و آمیخته از نظر خصوصیات کیفی (از نظر تقارن و عدم تقارن، شاقولی بودن و عدم شاقولی بودن، سیلندریک بودن و داشتن انحنا) از آزمون نشانه (Sign Test) استفاده شد. تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) برای خلاصه کردن داده‌های محیطی و بررسی تبیین میزان وابستگی درصد الگوی تغییرات توده‌ها به داده‌های محیطی به کار گرفته شد. با نمایش قطعات نمونه توده‌ها بر مبنای خصوصیات محیطی در دیاگرام PCA الگوی تغییر و تمایز آن‌ها از نظر خصوصیات محیطی بررسی گردید. تجزیه و تحلیل چند متغیره با استفاده از نرم‌افزار PC-ORD و مقایسه خصوصیات کمی درختان و خاک توده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

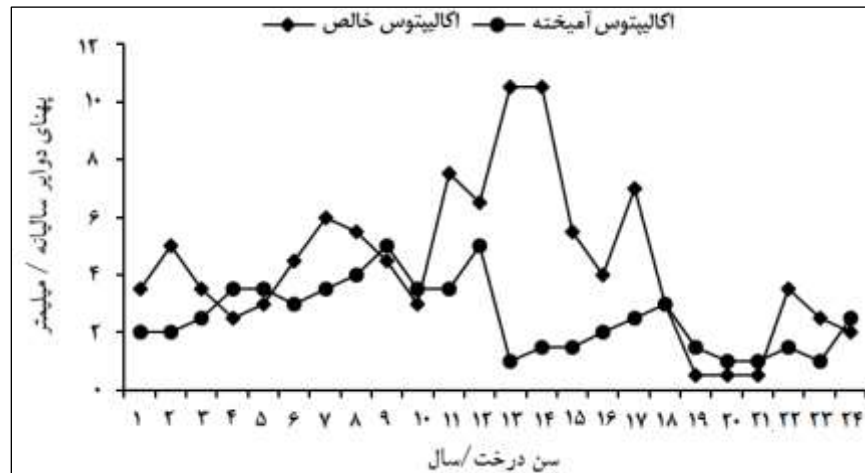
## نتایج

خصوصیات کمی اکالیپتوس در توده‌های خالص و آمیخته تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که میانگین قطر برابر سینه، قطر یقه، ارتفاع، حجم و پهنای دواير سالیانه اکالیپتوس به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) در توده خالص بیشتر از آمیخته بود (جدول ۱). میانگین پهنای دواير سالیانه در توده اکالیپتوس خالص بیشتر از اکالیپتوس آمیخته با سرو نقره‌ای بود (شکل ۲). روند تغییرات دانسیته نیز کاملاً به یکدیگر مشابه بوده و در محدوده ۰/۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب تا ۱/۰۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نوسان بود (شکل ۳).

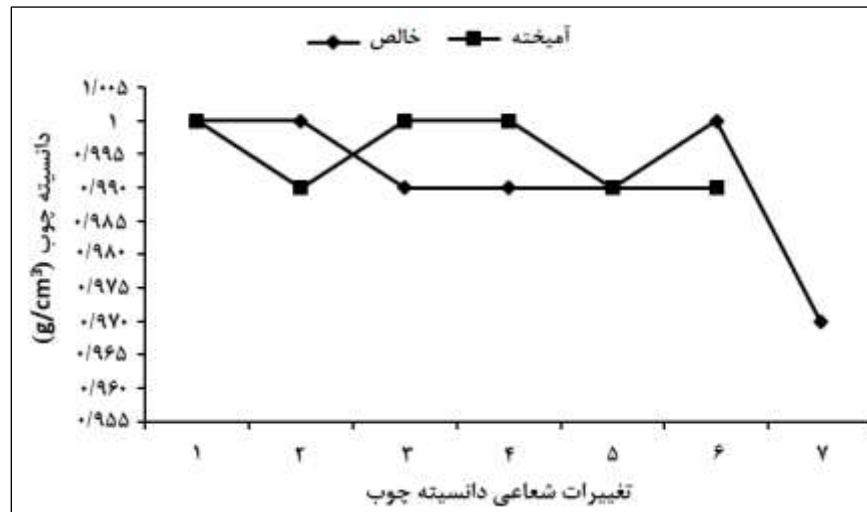
جدول ۱: خصوصیات کمی اکالیپتوس در توده‌های خالص و آمیخته.

متغیر	توده‌ی خالص انحراف معیار±میانگین	توده‌ی آمیخته انحراف معیار±میانگین	آماره‌ی t	سطح معنی‌داری
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۴±۲۸/۴۴	۵±۲۲/۶۴	۴/۵۸	۰/۰۰۰
قطر بقیه (سانتی‌متر)	۳۰/۵±۸/۷۲	۲۰/۷±۰۴/۰۱	۵/۴۲	۰/۰۰۰
ارتفاع (متر)	۱۰/۱±۷/۱۱	۸/۰±۹۲/۷۹	۵/۹۶	۰/۰۰۰
تاج پوشش (درصد)	۸/۱±۴۱/۲۹	۸/۰۳±۰۷/۴۸	۰/۴۱۵	۰/۶۸۱
ضریب قد کشیدگی	۳۸/۰±۲۱/۳۴	۴۰/۰±۵۴/۰۲	۰/۲۹۱	۰/۷۷۳
ضریب کاهش قطری	۱/۰±۲۱/۳۷	۱/۰±۱۶/۴۴	۰/۴۱۶	۰/۶۸
حجم (مترمکعب)	۰/۰±۳۱/۰۲	۰/۰±۱۵/۰۲	۶/۰۱	۰/۰۰۲
وزن خشک برگ (گرم)	۰/۰±۴۸/۲۰	۰/۰±۴۲/۰۶	۱/۲۶	۰/۲۱۳
سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	۲۲/۱۰±۷۱/۰۱	۲۲/۳±۴۰/۳۱	۰/۱۳۱	۰/۸۹۷
پهنای دواير سالیانه (میلی‌متر)	۴/۰±۳۶/۳۹	۲/۰±۵۰/۲۴	۰/۵۶۹	۰/۰۰۳
دانسیته چوب (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۰/۰±۹۹/۰۰۴	۰/۰±۹۹/۰۰۷	۰/۶۶۵	۰/۱۶۰

معنی‌داری در سطح  $P < 0.05$  با خط زیر اعداد مشخص شده است.



شکل ۲: تغییرات پهنای دواير سالیانه در طی سال‌های مختلف.



شکل ۳: رابطه بین تغییرات دانسیته چوب نسبت به تغییرات شعاعی دانسیته چوب.

مطابق نتایج بررسی تقارن تاج بین دو توده اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج بررسی فراوانی (فراوانی مشاهدات در هر گروه) در این خصوص مشخص کرد، تعداد مشاهداتی که در آن فراوانی توده آمیخته کمتر از توده خالص است ۲۸ و تعداد مشاهداتی که فراوانی توده آمیخته از خالص بیشتر است ۸ و در ۶ مورد تعداد فراوانی بین دو توده باهم برابر است. بنابراین، در نهایت می‌توان بیان کرد که فراوانی بیشتر توده خالص نسبت به توده آمیخته و معنی‌داری این تفاوت در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵ دلالت بر این دارد که تقارن تاج توده خالص بیشتر از توده آمیخته است. نتایج بررسی شاقولی بودن نمایانگر اختلاف معنی‌دار بین دو توده بود. نتایج فراوانی در این خصوص نشان داد که تعداد مشاهداتی که در آن فراوانی توده آمیخته کمتر از توده خالص است ۲۱ و تعداد مشاهداتی که فراوانی توده آمیخته از خالص بیشتر است ۱۴ و در ۷ مورد تعداد فراوانی بین دو توده باهم برابر است. لذا، شاقولی بودن توده خالص بیشتر از توده آمیخته است. نتایج بررسی انحنای تنه بر اساس آزمون نشانه مشخص کرد اختلاف معنی‌داری بین دو توده خالص و آمیخته وجود ندارد.

مقایسه خصوصیات خاک توده‌های خالص و آمیخته

مطابق نتایج مقدار پتاسیم، فسفر، نیتروژن، کربن آلی، رطوبت اشباع در توده خالص بیشتر از آمیخته بود. (جدول ۲).

در این تحلیل از محور اول و دوم که بیشترین مقدار ویژه را داشتند (به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۶۴) استفاده شد (جدول ۳). بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی دو گروه در طول محوره‌های اول و دوم تفکیک شده‌اند که بیشترین تمایز در طول محور اول می‌باشد (شکل ۴). بیشترین قطعات نمونه گروه اول مربوط به توده آمیخته است. این گروه در جهت مثبت محور اول قرار گرفته و با این محور بیشترین همبستگی را دارد (جدول ۴). گروه دوم که اکثر قطعات نمونه آن مربوط به توده خالص است با جهت منفی محور اول بیشترین همبستگی را دارد (جدول ۵). بالا بودن قطر برابر سینه، قطر یقه، حجم تنه، ارتفاع کل درخت و پهنای دواير سالیانه در توده خالص بیشترین نقش را در تشکیل این گروه دارند (شکل ۴).

جدول ۲: مقایسه خصوصیات خاک دو توده خالص و آمیخته.

متغیر	توده خالص (انحراف معیار ± میانگین)	توده آمیخته (انحراف معیار ± میانگین)	آماره t	سطح معنی داری
اسیدیتنه	۷/۰ ± ۲۲/۰۶	۷/۰ ± ۲۶/۰۶	-۲/۰۵	۰/۴۶
شوری (ds/m)	۰/۰ ± ۸۹/۱۹	۰/۰ ± ۷۳/۳۰	۱/۹۴	۰/۵۸
پتاسیم (ppm)	۷۹۵/۳۹ ± ۰/۱۳۷	۷۴۶/۶۷ ± ۳۰/۲۳	۴/۱۶	۰/۰۱
فسفر (ppm)	۱۰/۰ ± ۰۵/۱۳	۹/۰ ± ۸۷/۰۶	۵/۴۱	۰/۰۲
نیتروژن (درصد)	۰/۰ ± ۴۸/۱۰	۰/۰ ± ۲۹/۰۸	۶/۷۰	۰/۰۳
کربن آلی (درصد)	۴/۱ ± ۸۶/۰۱	۲/۰ ± ۹۲/۸۴	۶/۷۰	۰/۰۰۱
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	۱/۰ ± ۴۲/۹۸	۱/۰ ± ۴۴/۱۱	-۰/۵۱	۰/۶۱
رطوبت اشباع (درصد)	۴۲/۵ ± ۶۸/۴۰	۳۱/۳ ± ۰۲/۲۸	۸/۴۴	۰/۰۰۰
شن (درصد)	۵۲/۱ ± ۱۶/۵۲	۵۳/۱ ± ۸۸/۸۵	-۳/۲۹	۰/۲
سیلت (درصد)	۲۲/۳ ± ۱۰/۴۰	۲۰/۳ ± ۹۵/۹۹	۱/۰۰	۰/۳۱
رس (درصد)	۲۵/۳ ± ۷۳/۲۰	۲۵/۲ ± ۱۵/۶۶	۰/۶۳	۰/۵۳

معنی داری در سطح  $P < ۰/۰۵$  با خط زیر اعداد نشان داده شده است.

جدول ۳: میزان درصد واریانس و مقادیر ویژه برای محورهای حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی.

محورها	درصد واریانس	مقادیر ویژه
۱	۷۸/۲۷	۰/۹۱
۲	۱۲/۸۱	۰/۶۴
۳	۶/۹۴	۰/۳۴
۴	۱/۸۲	۰/۰۹

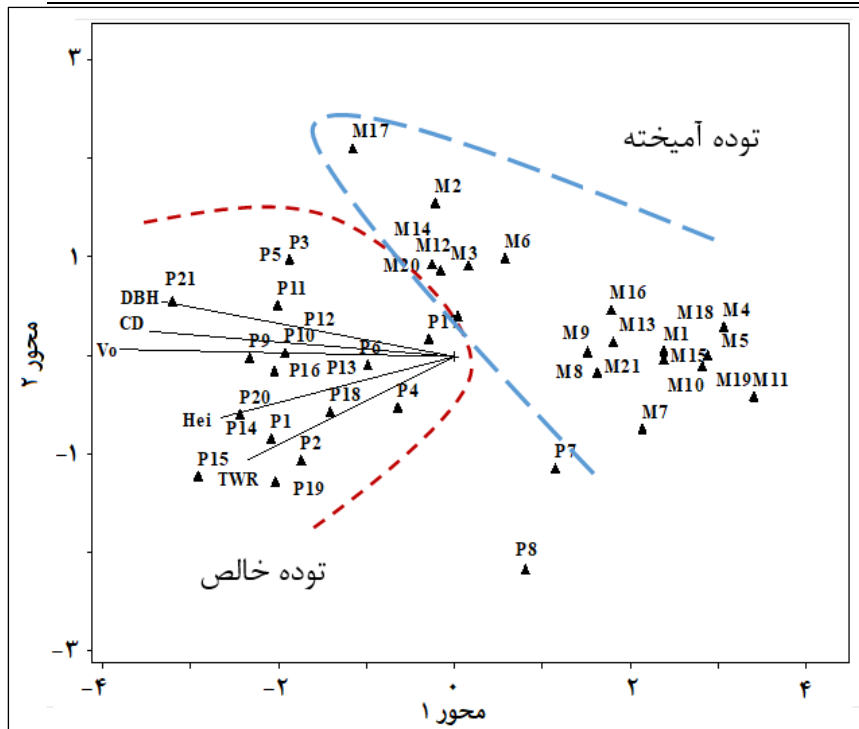
با توجه به مطالب فوق ارتفاع و پهنای دوایر سالیانه با محور اول و دوم همبستگی منفی دارند و قطر برابر سینه، حجم و قطر یقه با محور اول همبستگی منفی و با محور دوم همبستگی مثبت دارند (جدول ۴).

جدول ۴: همبستگی متغیرهای رویشی اکالیپتوس با محور اول و دوم تحلیل مؤلفه‌های اصلی.

متغیر	میزان همبستگی محور اول	میزان همبستگی محور دوم
قطر برابر سینه (سانتی متر)	** -۰/۹۱	ns ۰/۳۷
قطر یقه (سانتی متر)	** -۰/۹۳	ns ۰/۲۵
ارتفاع (متر)	** -۰/۸۱	ns -۰/۳۱
حجم (مترمکعب)	** -۰/۹۷	ns ۰/۱۴
پهنای دوایر سالیانه (میلی متر)	* -۰/۷۶	* -۰/۵۱
دانسیته (گرم/سانتی متر)	ns ۰/۲	ns -۰/۳
شاخص سطح برگ (سانتی متر مربع)	ns ۰/۱۱	ns -۰/۲۱
ضریب پایداری	ns -۰/۳۰	ns ۰/۱۸
ضریب کاهش قطری	ns ۰/۱۶	ns ۰/۱۹



ns --/۲۲	ns ۰/۳۳	وزن خشک برگ (گرم)
ns ۰/۲۴	ns --/۲۷	تاج پوشش (مترمربع)



شکل ۴: نمودار تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی.

M: قطعات نمونه توده آمیخته، P: قطعات نمونه توده خالص، TWR: پهناى دواير ساليانه، Hei: ارتفاع درخت، V: حجم تنه، CD: قطر يقه و DBH: قطر برابر سينه

### بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، دو توده جنگل کاری خالص با گونه اکالیپتوس و مخلوط اکالیپتوس و سرو نقره‌ای به منظور بررسی میزان رویش، تولید و نیز ویژگی‌های خاک مورد مطالعه قرار گرفتند. علاوه بر این، تأثیر ترکیب درختی بر میزان رویش قطری دواير ساليانه نیز مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات گذشته نشان دادند که تغییر در خصوصیات رویشی، تولید توده و خصوصیات چوب می‌تواند متأثر از مدیریت جنگل کاری و رقابت بین گونه‌ای باشد (Jiang et al., 2007; Naji et al., 2014; Liao et al., 2019).

میانگین قطر در توده خالص و آمیخته به ترتیب ۲۸ و ۲۲ سانتی‌متر محاسبه شد. با مقایسه میانگین قطر و رویش در دو توده می‌توان نشان داد که میزان رویش در توده خالص بیشتر و اختلاف معنی‌داری بین دو توده وجود داشته و یکی از دلایل مهم آن می‌تواند به دلیل عدم رقابت در توده خالص باشد، ولی در توده آمیخته با توجه به ترکیب گونه‌ای، رقابت بالاتر بود. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج پور مجیدیان (۱۳۷۰) همسو بود. در این مطالعه میانگین رویش ارتفاع برای دو توده خالص و آمیخته ارتفاع در توده خالص ۰/۲۸ و ۰/۲۲ متر محاسبه گردید. بررسی انجام‌شده نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو توده وجود داشته و این اختلاف را می‌توان به خالص و آمیخته بودن توده‌ها اشاره نمود. با توجه به اینکه گونه اکالیپتوس گونه‌ای نورپسند می‌باشد و وجود رقابت نوری یکی از دلایل بالاتر بودن ارتفاع در توده خالص نسبت به توده آمیخته می‌باشد. میانگین رویش قطری (قطر در ارتفاع برابر سینه درخت و پهناى دواير ساليانه) به‌طور واضح نشان‌دهنده رشد بهتر و سریع‌تر درختان اکالیپتوس در توده خالص در مقایسه با توده آمیخته بود. در توده‌های آمیخته، زمان مورد نیاز برای رسیدن تاج درختان به یکدیگر کوتاه‌تر از توده‌های خالص



است و این به‌طور معنی‌داری هم بر رویش قطری درختان و هم الگوی تغییرات خصوصیات رویشی تأثیر می‌گذارد (Piotto, 2008; Naji *et al.*, 2015). زیرا، تاج درختان در توده‌های مخلوط بیشتر در جهت عرضی گسترده می‌شوند و زود رسیدن تاج‌ها به یکدیگر، رقابت درون‌گروهی را افزایش می‌دهد (Guariguata *et al.*, 1995). در مقایسه دو توده، میزان ضریب پایداری در توده خالص و آمیخته به ترتیب ۳۲/۴ و ۳۵/۶ درصد بوده و اختلاف معنی‌داری وجود داشت. توده خالص پایدارتر از توده آمیخته بود، که می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت بالاتر ساقه در توده خالص در مقایسه با توده مخلوط باشد. نسبت ارتفاع درخت به قطر به‌عنوان یک ویژگی مهم برای سنجش کیفیت چوب نیز در نظر گرفته می‌شود (Kijidani *et al.*, 2010; Jiang *et al.*, 2007).

نتایج بررسی دانسیته چوب نشان داد که ترکیب (خالص و آمیخته بودن) اثر معنی‌داری بر دانسیته چوب در جهت شعاعی (از مغز به پوست) نداشته است، هرچند در قطر برابر سینه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تغییر در دانسیته چوب اکالیپتوس در مدیریت‌های مختلف بسیار کم می‌باشد و به نرخ رویش وابستگی ندارد. این تغییرات بیشتر وابسته به ویژگی‌های درونی (ژنتیکی) بوده و تابعی از سن درخت تا تابعی از رشد قطری آن. نتایج این تحقیق همسو با نتایج (Raymond and Muneri, 2000) و (Debell *et al.*, 2001) می‌باشد. افت ناگهانی دانسیته در آخرین نمونه چوبی مرتبط با توده خالص به ماهیت چوب نزدیک پوست (برون‌چوب) برمی‌گردد که معمولاً از دانسیته کمتری در مقایسه با قسمت‌های درونی‌تر برخوردارند (Gominho *et al.*, 2001).

از نظر شادابی تاج، تقارن تاج و همچنین کیفیت و سلامت تنه درختان توده خالص نسبت به توده آمیخته از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار است. در این حالت می‌توان بیان کرد که آمیختگی در توده باعث کاهش خصوصیات کیفی توده می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده همسو با نتایج جلالی و همکاران (۱۳۸۰) و مهدوی راد (۱۳۸۷) می‌باشد.

توده‌های جنگلی با توجه به نوع و ترکیبی که دارند باعث به وجود آمدن تغییراتی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود. همچنین شدت این تغییرات می‌تواند تحت تأثیر سن توده هم باشد (زرین کفش، ۱۳۶۸) نتایج این مطالعه نشان داد که خصوصیات خاک از جمله اسیدیته، شوری، وزن مخصوص ظاهری و بافت در دو توده تفاوت معنی‌داری نداشتند که نتایج حاصل همسو با نتایج (Sanchez *et al.*, 1985) است. بافت و اسیدیته از خصوصیات ثابت و با تغییرپذیری کم در خاک هستند (شاهویی، ۱۳۸۵) و بنابراین تغییر نکردن آن‌ها منطقی به نظر می‌رسد. در مطالعه حاضر، در توده خالص به علت پوشش تاجی بازتر و نفوذ بیشتر نور به سطح خاک، میزان هوازادگی مواد آلی بیشتر شده و در نتیجه مقدار آن‌ها در خاک افزایش می‌یابد. تغییرات در میزان عناصر خاک می‌تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، درختان و میزان تاج پوشش آن‌ها باشد (بخشی پور و همکاران، ۱۳۹۱). بالا بودن پتاسیم در توده خالص می‌تواند ناشی از بیشتر بودن ماده آلی در این توده باشد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۲).

همچنین از نظر میزان فسفر، در توده خالص و آمیخته اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که میزان آن در توده خالص بیش‌تر از توده آمیخته بود. میزان عنصر فسفر خاک دارای ارتباط مستقیم با فعالیت میکروارگانیسم‌ها به‌ویژه قارچ‌های مایکوریزی است (بخشی پور و همکاران، ۱۳۹۱). میزان کربن آلی در توده خالص بیشتر از توده آمیخته بود. این نتیجه می‌تواند به نقش پوششی (حفاظتی) بیشتر توده خالص در جلوگیری از هدرروی کربن مرتبط باشد (ورامش و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین مقدار ازت خاک در توده خالص نسبت به آمیخته بیشتر بود. با توجه به رابطه مستقیم کربن آلی خاک و میزان ازت خاک و نیز بالا بودن کربن آلی در توده خالص به‌عنوان منبع عناصر غذایی نظیر ازت این نتیجه منطقی است (نوبخت و همکاران، ۱۳۹۰).

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر نوع مدیریت جنگل‌کاری بر عملکرد خصوصیات روزمینی و خاک در دو توده خالص اکالیپتوس و آمیخته اکالیپتوس با سرو نقره‌ای پرداخت. نتایج نشان داد که بسیاری از ویژگی‌ها متأثر از نوع ترکیب توده‌ای می‌تواند تغییر نماید. هرچند که این تغییرات در سنین بالاتر و در دهه سوم رویش قابل‌ملاحظه‌تر است. در مجموع، ویژگی‌های روزمینی مرتبط با رویش در توده خالص به‌طور معنی-

داری از همان ویژگی‌ها در توده آمیخته بیشتر و بهتر بود. از جمله ویژگی‌های رویش قطری (متوسط قطر درخت در یقه، برابر سینه و پهنای دواپر سالیانه)، ارتفاع درخت و حجم رویش که در توده خالص بیشتر از توده آمیخته بود. در ارتباط با خاک دو رویشگاه، توده خالص از مقدار رطوبت، مواد آلی و عناصر غذایی بیشتری نسبت به توده آمیخته برخوردار بود. هرچند، دلیل اصلی عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در بقیه ویژگی‌های خاک می‌تواند به سن توده‌ها و تغییر پذیری کم برخی خصوصیات مانند بافت خاک نسبت داد که بر اساس مطالعات اخیر اختلافات در سنین بالاتر قابل مشاهده‌تر خواهد بود. نتایج این مطالعه می‌تواند در مدیریت جنگل کاری‌ها و توصیه آن برای کاشت گونه‌های سریع‌الرشدی همانند اکالیپتوس به صورت خالص (با توجه به خصوصیات بهتر آن به‌عنوان گونه هدف نسبت به توده آمیخته) سودمند باشد.

### سپاس‌گزاری

این مقاله با حمایت مالی دانشگاه ایلام و همکاری سرکار خانم مهندس افروز هواسی و آقای مهندس علی چابک انجام شده است که از همه این عزیزان صمیمانه قدردانی می‌نماییم.

### منابع

- بخشی پور، ر.، رمضانپور، ح. و لشکربلوکی، ا.، ۱۳۹۱. بررسی تأثیر جنگل کاری‌های کاج تدا و صنوبر بر برخی خصوصیات خاک‌های جنگلی (مطالعه موردی: منطقه فیدره لاهیجان). مجله جنگل ایران. ۴ (۴): ص ۳۳۲-۳۳۱.
- پور مجیدیان، م.، ۱۳۷۰. تحقیق پیرامون نتایج حاصل از جنگل کاری *Picea abies* در منطقه کلاردشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۶۲ ص.
- جلالی، س. غ.، اکبری نیا، م. و حسینی، س. م.، ۱۳۸۰. بررسی مقایسه‌ای جنگل کاری‌های تک‌گونه‌ای و آمیخته پهن‌برگ و سوزنی‌برگ از نظر تولید کمی و کیفی چوب، طرح پژوهشی خاتمه یافته، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۵ ص.
- حسینی، س. ض.، اخوان حجازی، ف. س.، طلایی پور، م. و بازیار، ب.، ۱۳۹۳. بررسی بیومس روی سطح زمین چوب اکالیپتوس کاملدولنسسیس (*Eucalyptus camaldulensis*) در گریایگان فسا، استان فارس، ایران. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۲۱ (۱): صفحات ۱۲۱-۱۳۶.
- حیدری، م.، پوربابائی، ح.، صالحی، ع. و اسماعیل زاده، ا.، ۱۳۹۲. کاربرد روش خوشه‌بندی دومرحله‌ای برای بررسی اثر مدیریت حفاظتی جنگل‌های بلوط ایلام بر خصوصیات خاک. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۱ (۲): صفحات ۳۲۹-۳۴۳.
- روحی مقدم، ع.، حسینی، م.، ابراهیمی، ع.، رحمانی، ا. و طبری، م.، ۱۳۸۶. اثر درجات مختلف آمیختگی بر ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل کاری بلند مازو - آزاد. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۷: صفحات ۱۵۶-۱۶۸.
- رستمی شاهراجی، ت.، ۱۳۸۰. ارزیابی استراتژی جنگل کاری‌های کنونی استان گیلان، همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، صفحات ۳۸۱-۳۷۱.
- زرین کفش، م.، ۱۳۶۸. حاصلخیزی خاک و تولید. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۹ ص.
- شاهویی، س. ص.، ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیات خاک‌ها. تألیف برادی، ن؛ ویل، ر. چاپ اول. انتشارات دانشگاه کردستان، ۹۰۰ ص.
- عصاره، م. ح.، وطن‌پور، ز.، کیارسستمی، خ. و قمری زارع، ع.، ۱۳۸۵. ریز ازدیادی شبه فتواتوتروفیک در سه گونه اکالیپتوس. پژوهش و سازندگی، ۷۳: ۱۵۰ ص.
- صالحی زانیانی، م. و جوزی، ف.، ۱۳۹۳. اهمیت مدیریت پایدار جنگل در جنگل‌های زاگرس، دومین همایش ملی-دانشجویی علوم جنگل، انجمن علمی دانشجویی جنگلداری دانشگاه تهران، ۱۰ ص.

- صیاد، ا.، حسینی، م.، مختاری، ج. و مهدوی، ر.، ۱۳۸۵. مقایسه رویش و ویژگی‌های کمی و کیفی جنگل‌کاری‌های خالص و آمیخته صنوبر دلتوییدیس و توسکای بیلاقی. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی شماره ۷۱.
- کریمی، ا.، جعفرزاده، ع.، کلبی، س. و جلیلود، ح.، ۱۳۸۷. بررسی زراعت اکالیپتوس و نقش آن در جلوگیری از تخریب جنگل‌ها. دومین همایش منطقه‌ای منابع طبیعی و محیط‌زیست. ۱۲ ص.
- کرد، ب. و کیالاشکی، ع.، ۱۳۸۵. بررسی تأثیر عوامل محیطی بر خصوصیات کیفی جنگل‌کاری پارک طبیعت پردیسان. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۲: صفحات ۲۷-۳۸.
- مهدوی راد، ح.، ۱۳۸۷. بررسی وضعیت کمی و کیفی و تنوع زیستی توده‌های دست کاشت زبان‌گنجشک، افرا پلت، شیردار و توسکا بیلاقی در حوضه آبخیز تالار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۰ ص.
- نوبخت، ع.، پورمجیدیان، م.ر.، حجتی، س.م. و فلاح، ا.، ۱۳۹۰. مقایسه مقدار ترسیب کربن خاک در جنگل‌کاری خالص سوزنی‌برگ و پهن‌برگ (مطالعه موردی: طرح جنگلداری دهمیان، مازندران). مجله جنگل ایران. دوره سوم، شماره اول. صفحات ۲۳-۱۳.
- Arias, D., Cavo – Alvarado, J. and Dohrenbusch, A. 2007. Calibration of LAI -2000. to estimate leaf area index (LAI) and assessment of its relationship with stand productivity in sex native and introduced tree species in Costa Rica. Forest Ecology and Management. 247: 185-193.**
- Butler, R., Montagnini, F. and Arroyo, P., 2008.** Woody understory plant diversity in pure and mixed native tree plantations at La Selva Biological Station, Costa Rica. Forest Ecology and Management. 255: 2251–2263.
- Dean S. DeBell, D. S., Keyes, C. R. and Gartner, B. L. 2001.** Wood density of Eucalyptus saligna grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate, Australian Forestry Vol. 64, No.2 pp. 106-110.
- Duffera, M., Jeffrey, G. W. and Weisz, R., 2007.** Spatial variability of Southeastern U.S. Coastal Plain soil physical properties: Implications for site-specific management. Geoderma. 137: 327–339.
- Forrester, D., Medhurst, J., Wood, M., Beadle, C.Va. and Iencia, J., 2010.** Grown and Physiological responses to silviculture for Producing solid-wood Products from Eucalyptus Plantation, An Australian Perspective. Forest Ecology and Management. 1819-1835.
- Gominho, J., Figueira, J., Rodrigues, J. C. and Pereira, H., 2001.** Within-Tree Variation of Heartwood, Extractives and Wood Density in The Eucalypt Hybrid Urograndis (*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*). Wood and Fiber Science, 33(1): 1-6.
- Guariguata, M., Rheingans, R. and Montagnini, F., 1995.** Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. Restoration Ecology, 3: 252–260.
- Jiang, Z.H., Wang, X. Q., Fei, B. H., Ren, H. Q. and Liu, X. E., 2007.** Effect of stand and tree attributes on growth and wood quality characteristics from a spacing trial with *Populus xiaohei*. Annals of Forest Science. 64:807–814.
- Kijidani, Y., Hamazuna, T., Ito, S., Kitahara, R., Fukuchi, Sh., Mizoue, N. and Yoshida, Sh., 2010.** Effect of height-to-diameter ratio on stem stiffness of Sugi (*Cryptomeria japonica*) cultivars. Journal of Wood Science. 56 (1):1-6.
- Liao, Y., Fan, H., Wei, X., Wu, J., Duan, H., Fu, X., Liu, W., Wang, H., Zhan, X., Tang, P. and Li, F., 2019.** Competition increased fine root biomass in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations in Subtropical China. Forest ecology and management, 435: 151-157.
- Mohr, D., Simon, M. and Topp, W., 2005.** Stand composition affects soil quality in oak stands on reclaimed and natural sites. Geoderma. 129: 45-53.
- Montagnini, F., 2000.** Accumulation in above ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical low land. Forest Ecology and Management, 134: 257-270.

- Naji, H.R., Suhaimi bakar, E., Soltani, M., Ebadi, S. E, Abdul-Hamid, H., Karbalaee, S. and Sahri, M. H. 2014.** Effect of initial planting density and tree features on growth, wood density and anatomical properties from a *Hevea brasiliensis* trial plantation. *Forest Products Journal*. 64 (1-2): 41-47.
- Naji, H.R., Fallah Nia, M., Kiaei, M., Abdul-Hamid, H., Soltani, M. and Faghihi, A., 2015.** Effect of intensive planting density on tree growth, wood density and fiber properties of maple (*Acer velutinum* Boiss.), *iForest*, doi: 10.3832/ifer1333-008.
- Olsen, S. R., Sommers, L. E., 1990.** Phosphorous. In: Page A.L., Method of soil Analysis. Part 2. 2ndAgronMonoger, ASA, Madison, WI. 403- 431.
- Oscar , C., 2001.** An analysis of externalities in agroforestry systems in the presence of land degradation. *Ecological Economics*. 39: (1) 131-143.
- Piotto, D., 2008.** A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management*. 255 (3-4): 781-786.
- Piotto, D., Viques, E., Montagnini, F. and Khanna, M., 2004.** Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: A comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management*. 190: 359-372.
- Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Rotzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Con, T., Chayanne, A., Seifert, T., Toit, B., Farn den, C. and Pauleit, S., 2015.** Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centers, Parks, and forests. *Urban Forestry and Urban Greening*. 466-479.
- Shrivastava, S. and Jha, A. K., 2016.** Growth performance of tree species in mixed plantations raised in Fallowland, Chapra, India. *American Journal of Research Communication*. 4(4): 16-29.
- Raymond, C. A. and Muneri, A., 2000.** Effects of fertilizer on wood properties of *Eucalyptus globulus*. *Canadian Journal of ForestResearch* 30, 136-144.oil fertility. *Annals of Forest Science*.59: 233-253.
- Sanchez, P. A., Palm, C. A., Davey C. B., Szott, L. T. and Russell, E. C., 1985.** Tree crops as soil improvers in the humid tropics, in: Cannell M. G. R. and Jackson J.E. (Eds), Attributes of tree as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon, England, pp. 327-350.
- Viera, M. and Rodríguez-Soalleiro, R., 2019. A Complete Assessment of Carbon Stocks in Above and Belowground Biomass Components of a Hybrid *Eucalyptus* Plantation in Southern Brazil. *Forests*, 10 (7): 536.
- Walkley, A. and Black, I. A., 1934.** An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 34: 29-38.
- Westerman, R. E. L., 1990.** Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America, MandisonWisconsin, USA, 784 pp.
- Zagatto, M. R. G., de Araujo Pereira, A. P., de Souza, A. J., Pereira, R. F., Baldesin, L. F., Pereira, C. M., Lopes, R. V. and Cardoso, E. J. B. N., 2019.** Interactions between mesofauna, microbiological and chemical soil attributes in pure and intercropped *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* plantations. *Forest ecology and management*. 433: 240-247.
- Zhang, W., Qiao, W., Gao, D., Dai, Y., Deng, J., Yang, G., Han, X. and Ren, G., 2018.** Relationship between soil nutrient properties and biological activities along a restoration chronosequence of *Pinus tabulaeformis* plantation forests in the Ziwuling Mountains, China. *Catena*, 161: 85-95.