

## مقایسه رشد و موفقیت کاج الدار (*Pinus eldarica* Medw.) در توده‌های خالص و مخلوط با اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis* Dehnh.) در جنگلکاری‌های پارک شهید پایدار اردکان

فائزه‌السادات خلیفه سلطانیان<sup>۱</sup>، بهمن کیانی<sup>۲\*</sup>، محمدحسین حکیمی میبیدی<sup>۳</sup> و آفاق تابنده ساروی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. پست الکترونیک: bnkiani@yazd.ac.ir

۳- استادیار، گروه مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۴- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۸

### چکیده

در پژوهش پیش‌رو درختان کاج الدار (*Pinus eldarica* Medw.) در توده‌های خالص (با دو تراکم) و مخلوط با اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis* Dehnh.) از نظر رویش، ابعاد و وضعیت کیفی بررسی و مقایسه شدند. بدین منظور نمونه‌برداری به روش منظم- تصادفی انجام شد و مشخصات کمی توده سر یا شامل قطر برابر سینه، ارتفاع و قطر تاج به همراه صفات کیفی از جمله دوشاخگی، پوسیدگی و پیچیدگی تنه اندازه‌گیری و ثبت شدند و براساس آنها ضریب پایداری، سطح مقطع در ارتفاع برابر سینه، حجم و رویش مشخصات کمی محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. نتایج نشان داد که از نظر تمام صفات به‌استثنای ارتفاع کل و رویش ارتفاعی، اختلاف معنی‌داری بین توده‌ها وجود داشت. بر این اساس، توده مخلوط نسبت به دو توده خالص از نظر مقادیر مشخصات کمی برتر بود. میزان پایداری، قطر و رویش قطری، حجم و رویش حجمی، رویه زمینی و رویش آن و سطح تاج در این توده بیشتر بود و تنها از نظر میانگین رویش ارتفاعی و ارتفاع کل اختلاف وجود نداشت. از نظر ارتفاع تنه نیز توده خالص و متراکم کاج بیشترین هرس طبیعی و تنه بدون شاخه را داشت. بیشترین پیچیدگی تنه و دوشاخگی در توده مخلوط و بیشترین پوسیدگی در توده خالص و متراکم مشاهده شد. به‌طور کلی کاشت این گونه به‌طور مخلوط ارجحیت دارد که به دلیل استفاده بهتر از ظرفیت رویشگاه است و از نظر زیبایی‌شناختی و محیط زیستی نیز مورد تأیید است.

واژه‌های کلیدی: ترکیب، جنگلکاری، رویش، فاصله کاشت، کاج الدار.

### مقدمه

این مناطق است (Khalkhali, 1999). افزایش روز افزون جمعیت و متعاقب آن بیشتر شدن نیازها از یک سو و کاهش روزافزون مساحت منابع طبیعی کشور از سوی دیگر، اهمیت و جایگاه جنگلکاری را به‌خوبی روشن می‌کند. جنگلکاری علاوه بر این‌که می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی مدیریتی برای

با توجه به قرار گرفتن بخش وسیعی از کشور در کمربند خشک نیمکره شمالی و شرایط خاص آب و هوایی حاکم بر آن، محدودیت‌هایی در رشد گیاهان به‌وجود آمده است. از جمله اقدامات احیایی، کشت گونه‌های گیاهی مناسب در

است (Roohi Moghaddam *et al.*, 2007). با توجه به این‌که توده‌های خالص و مخلوط که هم‌سن باشند، کمتر یافت می‌شود، تاکنون مطالعات کافی در مورد عملکرد همه گونه‌های جنگلی در توده‌های خالص و مخلوط انجام نشده است و در این زمینه جای کار بسیاری وجود دارد.

از جمله پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه می‌توان به تحقیق Bielak و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد که توده‌های خالص و مخلوط نوتل (*Picea abies*) و کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*) را در لهستان مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که توده‌های مخلوط در سال‌های خشکسالی و شرایط نامساعد اقلیمی، رویش و محصول بیشتری نسبت به توده‌های خالص دارند، اما در سال‌هایی که شرایط مطلوب است، تفاوت زیادی بین آنها وجود ندارد. با توجه به شرایط اقلیمی، توده‌های مخلوط مناسب‌تر به نظر می‌رسند. در پژوهش دیگری Pretzsch و همکاران (۲۰۱۵) رشد و محصول توده‌های خالص و مخلوط کاج جنگلی و راش اروپایی (*Fagus sylvatica*) را در اروپا مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که در توده‌های مخلوط، حجم سرپا ۱۲ درصد، رویش سطح مقطع ۱۲ درصد و رویش حجمی نیز هشت درصد بیشتر از توده‌های خالص است. افزایش رویش حجمی توده‌های مخلوط نسبت به خالص در پژوهش Del Rio و Sterba (۲۰۰۹) نیز در مورد توده‌های کاج جنگلی و بلوط (*Quercus pyrenaica*) مورد تأکید قرار گرفته است و بیان شده است که درصد درختان کاج باید افزایش یابد، زیرا بلوط کندرشد است و افزایش نسبت کاج به بهره‌وری جنگل کمک می‌کند.

کاج الدار (*P. eldarica* Medw.) از جمله گونه‌هایی است که به‌خوبی توانسته است شرایط سخت محیطی شهرستان اردکان و آب شوری که برای آبیاری آن استفاده می‌شود را تحمل کند. این گونه بومی گرجستان است و به‌نام کاج ایرانی یا کاج تهران نیز شهرت یافته است و حدود چند قرن از کشت آن در ایران می‌گذرد. بذر آن در بهار ۱۳۳۹ از گرجستان وارد ایران شد و در خزانه سازمان مطالعات اکولوژی نوشهر برای مقایسه با درختان محلی کشت شد.

احیای اراضی تخریب‌یافته و حفظ حاصلخیزی آنها مورد توجه باشد، می‌تواند اهداف دیگری مانند توسعه تجاری محصولات جنگل (از جمله چوب هیزمی، چوب خمیر کاغذ و الوار)، تولید زی‌توده، تنوع زیستی و خدمات اکولوژیکی مانند جذب دی‌اکسیدکربن جو و افزایش کربن خاک را نیز برآورده سازد (Yiqing *et al.*, 2005).

گذشت سه دهه از جنگلکاری در مناطق مختلف کشورمان به‌ویژه کاشت سوزنی‌برگان که در دهه ۴۰ در سطوح وسیعی انجام شد، مطالعه و بررسی دقیق گونه‌های کشت‌شده را ضروری می‌کند. اگرچه کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته جهان از دهه‌های آغازین قرن بیستم به تبعات سوء ناشی از جنگل‌زدایی واقف هستند و آن را خطر جدی برای حیات کره زمین تلقی کرده‌اند، اما کاهش سطح جنگل‌های جهان کماکان ادامه دارد، تا جایی که در دهه پایانی قرن گذشته، بحران محیط زیستی جهان ناشی از جنگل‌زدایی، جهانیان را با این واقعیت روبه‌رو ساخت که ادامه حیات بر روی کره خاکی در گرو حفظ جنگل‌ها است. آگاهی از مشخصات کمی و کیفی جنگلکاری‌ها از اصول مدیریت جنگل است و بسیاری از گزینه‌های جنگل‌شناسی از جمله اصلاح وضعیت توده‌ها، انتخاب گونه، ارزیابی میزان موفقیت جنگلکاری، تعیین میزان سازگاری گونه، حاصلخیزی رویشگاه، نرخ رویش توده و درصد زنده‌مانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین ارزیابی جنگلکاری‌های انجام‌شده می‌تواند نقش مهمی در ایجاد جنگلکاری‌های با کیفیت و کمیت بهتر در آینده ایفا کند. مطالعات زیادی اهمیت تنوع گونه‌ای در عملکرد و خدمات جنگل را مورد تأیید قرار داده‌اند (Gamfeldt *et al.*, 2013). توده‌های جنگلکاری مخلوط با داشتن تنوع گونه‌ای بیشتر، به طبیعت نزدیک‌تر هستند و خدمات اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی بهتری نسبت به تک‌کشتی ارائه می‌دهند (Forrester, 2014). به‌طور معمول محصول جنگل‌های مخلوط ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از جنگل‌های خالص (برحسب حجم توده) است و این یافته مالکان را به کشت مخلوط درختان ترغیب می‌کند. این مسأله در پژوهش‌های متعددی مشاهده شده

از سطح دریا واقع شده و حدود ۲۴ هکتار وسعت دارند. میانگین بارندگی سالانه منطقه براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی اردکان ۶۰/۳ میلی‌متر است. متوسط بیشینه دما ۲۷/۸ درجه و متوسط کمینه آن ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و براساس روش دومارتن دارای اقلیم خشک است (Dehghan Chenari, 2007). این جنگلکاری‌ها از یک سو به منظور فعالیت‌های تفریحی و ایجاد فضای سبز و از سوی دیگر برای تثبیت شن‌های روان در این مناطق توسعه یافته و با کاج تهران، اکالیپتوس و پده کاشته شده‌اند (شکل ۱). شیب عرصه صفر تا چهار درصد و دارای سطحی هموار است. توده‌های جنگلکاری به صورت غرقابی و در فاصله ۱۸ روز یک‌بار آبیاری می‌شوند.

خاک عرصه عمیق و به رنگ قهوه‌ای روشن با بافت سبک شنی و شنی-لومی است. در بیشتر قسمت‌ها، حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد سنگریزه در خاک سطحی و حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد سنگریزه در طبقات زیرین خاک وجود دارد. این خاک‌ها دارای یک لایه شور (قابلیت هدایت الکتریکی حدود ۸۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر) هستند و اسیدیته آنها بین ۷/۵ تا ۷/۸، میزان رس آنها پنج تا ۱۴ درصد، میزان شن آنها ۶۵ تا ۷۵ درصد و مقدار مواد آلی آنها کم است (Dehghan Chenari, 2007).

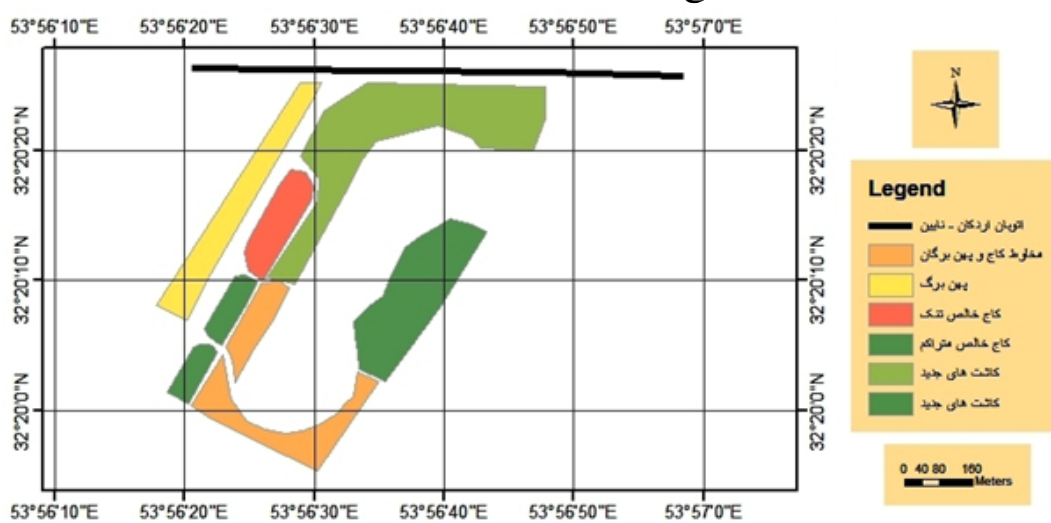
کاج الدار در برابر شرایط نامساعد محیطی سازش یافته است و در نقاط مختلف مرطوب و نیمه‌خشک به خوبی رشد می‌کند. در بیشتر خاک‌ها رشد می‌کند، اما تمایل زیادی به خاک‌های عمیق و به نسبت سنگین دارد. کم‌آبی و فقر خاک را نیز تحمل می‌کند (Kiaee, 2014) و در برابر یخبندان مقاوم است.

پارک جنگلی شهید پایدار اردکان به منظور بهبود و توسعه پوشش گیاهی در منطقه و ایجاد فضای تفرجگاهی توسط اداره کل منابع طبیعی ایجاد شد و از سال ۱۳۵۹ جنگلکاری با استفاده از کاج الدار، اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis* Dehnh.) و پده در آن انجام شد. پژوهش پیش‌رو به بررسی وضعیت کمی و کیفی کاج الدار در توده‌های خالص و مخلوط پرداخته است و اثر ترکیب توده را از نظر خالص و مخلوط بودن در رشد و عملکرد این گونه بررسی کرده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

جنگلکاری‌های پارک جنگلی شهید پایدار اردکان در ۸ کیلومتر هشت جاده اردکان-نابین و در محدوده جغرافیایی ۱۵° ۵۶' ۵۳" تا ۱۵° ۵۶' ۴۸" طول شرقی و ۳۲° ۲۷' ۲۰" تا ۳۲° ۲۷' ۲۰" عرض شمالی و در ارتفاع ۱۰۴۰ متر



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت قطعات جنگلکاری

## روش پژوهش

پس از بازدید منطقه، سه قطعه برای آماربرداری مشخص شد که قطعه اول توده مخلوط کاج الدار با پهن‌برگان (۱/۸ هکتار)، قطعه دوم توده خالص کاج الدار با فاصله کاشت ۱/۵×۱/۵ متر (۱/۴۵ هکتار) و قطعه سوم توده خالص کاج الدار با فاصله کاشت ۳×۴ متر (۱/۶۵ هکتار) بود و هر سه توده ۲۱ ساله بودند. برای نمونه‌برداری ابتدا در هر قطعه، یک ردیف به‌طور تصادفی انتخاب شد و سپس بقیه ردیف‌ها

به‌طور منظم به‌صورت یک‌درمیان به‌طور کامل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. متغیرهای مورد اندازه‌گیری شامل قطر برابر سینه تا دقت ۰/۵ سانتی‌متر، ارتفاع درختان تا دقت دسی‌متر، ارتفاع تنه بدون شاخه تا دقت دسی‌متر و قطرهای تاج تا دقت پنج سانتی‌متر بودند. براساس متغیرهای مذکور ضریب پایداری (رابطه ۱)، حجم (رابطه ۲) و رویه زمینی (رابطه ۳) درختان نیز محاسبه شد (Zobeiri, 1999).

$$S = h / dbh \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$V = 0.4 \times d^2 \times h \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$BA = \pi / 4 \times d^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

## نتایج

براساس نتایج، توده کاج خالص و متراکم از نظر درصد چندشاخگی کمترین درصد و کاج و اکالیپتوس بیشترین درصد را داشتند. از نظر پیچیدگی تنه، توده کاج و اکالیپتوس بیشترین درصد و توده کاج خالص و متراکم کمترین درصد را به‌خود اختصاص دادند، اما از نظر پوسیدگی، توده کاج خالص و تنک بیشترین و توده کاج و اکالیپتوس کمترین پوسیدگی را داشتند (جدول ۱). بر این اساس باید گفت که از نظر کیفی، توده کاج خالص و متراکم وضعیت بهتری نسبت به بقیه توده‌ها داشت. نتایج مقایسه مشخصات کمی در جدول ۲ مشاهده می‌شود. همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، توده مخلوط کاج و اکالیپتوس اختلاف معنی‌داری با دو توده دیگر داشت و درختان آن قطورتر بودند. این توده از نظر رویه زمینی، سطح تاج، حجم و میزان پایداری نیز برتر از دو توده دیگر بود و اختلاف معنی‌داری با آنها داشت. از نظر ارتفاع کل، اختلاف توده‌ها معنی‌دار نبود، اما ارتفاع تنه در توده‌های خالص و متراکم کاج بیشتر بود. وجود اختلاف معنی‌دار بین دو توده خالص با فواصل کاشت ۱/۵ × ۱/۵ و ۳ × ۴ متر نیز نشان می‌دهد که درختان کاج الدار در فواصل

در این روابط: S ضریب پایداری، h ارتفاع کل درخت برحسب متر، dbh قطر برابر سینه برحسب متر، V حجم درخت برحسب سیلو، d قطر برابر سینه برحسب متر و BA رویه زمینی برحسب متر مربع است.

مشخصات کیفی درختان شامل دوشاخگی، پیچیدگی تنه و پوسیدگی (در صورت وجود به‌صورت بله و خیر و بدون انجام درجه‌بندی خاص) برای تمام درختان ثبت شد و سپس نسبت‌گیری برای توده‌های مختلف انجام شد. با توجه به مشخص بودن سن توده‌ها (۲۱ سال)، از تقسیم مقادیر صفات کمی به سن، رویش متوسط سالانه قطر، ارتفاع، رویه زمینی و حجم نیز محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS<sub>21</sub> انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-سمیرنوف بررسی شد و در صورت لزوم تبدیل داده‌ها انجام شد. برای بررسی همگنی واریانس داده‌ها نیز از آزمون لیون استفاده شد. پس از بررسی پیش‌فرض‌ها، برای مقایسه مشخصات کمی بین سه توده از آزمون تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد (Kiani, 2014).

بیشتر رشد و عملکرد بهتری داشتند. البته از نظر ارتفاع کل، بین این دو توده اختلاف معنی‌داری نبود.

جدول ۱- نتایج بررسی کیفیت درختان در سه توده

گروه	چندشاخگی (درصد)	پیچیدگی تنه (درصد)	بوسیدگی (درصد)
کاج خالص و مترکم	-	۳/۶	۱/۸
کاج خالص و تنک	۲/۳	۵/۸	۳/۵
کاج و اکالیپتوس	۲/۸	۱۸/۳	-

جدول ۲- مقایسه سه توده از نظر مشخصات کمی (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

F	کاج مخلوط با اکالیپتوس	کاج خالص و تنک	کاج خالص و مترکم	مشخصه
۶۶/۴ **	۲۱/۳ $\pm$ ۴ <sup>a</sup>	۱۹/۶ $\pm$ ۳/۸ <sup>b</sup>	۱۵/۲ $\pm$ ۳/۳ <sup>c</sup>	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)
۶۴/۶ **	۳۶۹/۱ $\pm$ ۱۳۸/۲ <sup>a</sup>	۳۱۲/۳ $\pm$ ۱۱۴/۸ <sup>b</sup>	۱۹۰/۲ $\pm$ ۷۸/۴ <sup>c</sup>	رویه زمینی (سانتی‌متر مربع)
۸۵/۶ **	۱۷/۸ $\pm$ ۶/۵ <sup>a</sup>	۱۱/۶ $\pm$ ۴/۸ <sup>b</sup>	۶/۹۷ $\pm$ ۳/۸ <sup>c</sup>	سطح تاج (متر مربع)
۰/۰۵۹ <sup>ns</sup>	۹/۰۹ $\pm$ ۱/۲ <sup>a</sup>	۹/۰۱ $\pm$ ۰/۹ <sup>a</sup>	۹/۱۲ $\pm$ ۱/۱ <sup>a</sup>	ارتفاع کل (متر)
۲۸۵/۰۷ **	۲/۴ $\pm$ ۰/۳۷ <sup>c</sup>	۲/۹ $\pm$ ۰/۴۱ <sup>b</sup>	۴/۱ $\pm$ ۰/۵۸ <sup>a</sup>	ارتفاع تنه (متر)
۴۸/۶۱ **	۰/۱۷ $\pm$ ۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۱۴ $\pm$ ۰/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>c</sup>	حجم (سیلو)
۷۲/۴ **	۴۴/۲۷ $\pm$ ۱۰/۶۶ <sup>c</sup>	۴۷/۶۹ $\pm$ ۱۰/۲ <sup>b</sup>	۶۲/۱۵ $\pm$ ۱۱/۳ <sup>a</sup>	ضریب پایداری

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار.  
حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۳ مقایسه رویش مشخصات درختان را بین توده‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه سه توده از نظر رویش متوسط سالانه مشخصات کمی (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

F	کاج مخلوط با اکالیپتوس	کاج خالص و تنک	کاج خالص و مترکم	رویش متوسط سالانه
۶۶/۴ **	۱/۰۱ $\pm$ ۰/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۹۳ $\pm$ ۰/۱۸ <sup>b</sup>	۰/۷۲ $\pm$ ۰/۱۶ <sup>c</sup>	قطر (سانتی‌متر)
۶۴/۶ **	۱۷/۵ $\pm$ ۶/۵ <sup>a</sup>	۱۴/۸ $\pm$ ۵/۴ <sup>b</sup>	۹/۰۵ $\pm$ ۳/۷ <sup>c</sup>	رویه زمینی (سانتی‌متر مربع)
۰/۲۶۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ $\pm$ ۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۴۲ $\pm$ ۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۴۳ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>a</sup>	ارتفاع (متر)
۴۸/۶ **	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۰۷ $\pm$ ۰/۰۰۲ <sup>b</sup>	۰/۰۰۴ $\pm$ ۰/۰۰۲ <sup>c</sup>	حجم (سیلو)

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار.  
حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

براساس نتایج مندرج در جدول ۳ مشخص شد که رویش قطری، رویه زمینی و حجمی در توده کاج و اکالیپتوس اختلاف معنی‌داری با دو توده دیگر داشت و درختان در این توده رشد بیشتری داشتند. البته از نظر رویش

بهبود می‌یابد. البته در پژوهش Jalali و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی مقایسه‌ای جنگلکاری خالص و آمیخته صنوبر نتیجه عکس به دست آمد و مشخص شد که رشد قطری و ارتفاعی در توده‌های خالص صنوبر بیشتر از توده‌های آمیخته آن است. این وضعیت در پژوهش Soheili Esfahani و Fallah (۲۰۱۴) نیز برای کبوده شیرازی در منطقه کرچگان اصفهان وجود داشت. تضاد موجود در مورد صنوبر به احتمال زیاد به فرم رویشی و نحوه توزیع ماده خشک در طول درخت برمی‌گردد. به این معنی که درخت‌های صنوبر، افزایش نور در داخل توده ممکن است تأثیر کمتری در رویش حجمی درخت نسبت به کاج داشته باشد و بر همین اساس، جنگلکاری‌های صنوبر براساس تجربه به‌طور معمول به‌صورت خالص و مترکم کاشته می‌شوند و سپس با عملیات پرورشی اقدام به فضادهی به درختان می‌شود. به‌علاوه سن توده در زمان آماربرداری اهمیت زیادی دارد و به‌طور معمول درختان با افزایش سن به فضای بیشتری نیاز دارند. به‌همین علت در بسیاری از پژوهش‌ها، سن توده به‌طور دقیق ذکر می‌شود (Land *et al.*, 2004).

در پژوهش پیش‌رو توده مخلوط دارای ارتفاع تنه کمتری نسبت به توده خالص بود و اختلاف معنی‌داری بین ارتفاع کل در توده مخلوط و خالص دیده نشد. علت این امر ورود نور بیشتر به داخل توده در حالت مخلوط است که باعث رشد شاخه‌های فرعی در پایین تنه و کاهش ارتفاع تنه بدون شاخه می‌شود. بر این اساس، برای تولید چوب‌آلات تیری که وجود تنه سیلندریک اهمیت دارد، کمتر در نظر گرفتن فاصله کاشت اهمیت زیادی دارد. در پژوهش Land و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر فواصل کاشت بر رشد کاج تدا (*P. taeda*) بررسی شد و مشخص شد که با افزایش سن، ارتفاع نیز افزایش می‌یابد، اما این افزایش مستلزم افزایش فواصل کاشت از طریق تنک کردن است، به نحوی که درخت بتواند تاج خود را در بین درختان دیگر جای دهد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که توده

ارتفاعی، اختلاف توده‌ها معنی‌دار نبود. این اختلاف بین دو توده کاج خالص با فواصل کاشت متفاوت نیز مشاهده شد. به این ترتیب که رویش متوسط سالانه در توده تنک بیشتر از توده مترکم بود، اما از نظر ارتفاعی تفاوتی بین دو توده نبود.

## بحث

در پژوهش پیش‌رو مشخص شد که میانگین قطر، رویه زمینی، حجم، مساحت تاج و میزان پایداری درختان کاج در توده‌های مخلوط بیشتر از توده‌های خالص بود. علت این امر را می‌توان این‌طور بیان داشت که در توده‌های مخلوط به دلیل وجود پهن‌برگان، نور بیشتری به داخل توده وارد می‌شود و منجر به تحریک رشد می‌شود. البته کاهش رقابت درون‌گونه‌ای نیز در این میان تأثیرگذار است. در توده‌های مخلوط با پهن‌برگان، هوموس شیرین تولیدشده توسط درختان پهن‌برگ، باعث تقویت خاک می‌شود و از این طریق به رشد بیشتر و بهتر درختان سوزنی‌برگ کمک می‌شود. نتایج پژوهش Lyapova (۱۹۸۹) نیز که در توده‌های ۱۲ ساله بلوط انجام شد، نشان داد که رشد درختان در توده‌های مخلوط بیشتر است. همچنین در پژوهش پژوهش Piotto و همکاران (۲۰۰۴) که به بررسی رشد در توده‌های خالص و مخلوط گیاهان بومی در کاستاریکا پرداختند، مشخص شد که گونه‌های بومی رشد قطری بهتری در توده‌های آمیخته دارند و نیز رویه زمینی در سنین بیشتر، برای توده‌های مخلوط بیشتر از خالص است.

در پژوهش Kume و همکاران (۱۹۹۸) هنگامی که تیک (*Tectona grandis*) در ترکیب با *Leucaena* *lavcocephala* کشت شد، ارتفاع درخت تیک بعد از ۴۴ ماه در حدود ۴۵ درصد و قطر برابر سینه آن به میزان ۷۱ درصد نسبت به کشت خالص افزایش نشان داد. در پژوهش Roohi Moghaddam و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی توده آمیخته بلوط و آزاد گزارش کردند که رویش ارتفاعی و قطری بلوط در حالت آمیخته با آزاد از حالت کاشت خالص آن بیشتر است و به‌علاوه در این حالت وضعیت آزاد هم

شرایط را برای ورود نور و افزایش رشد درختان کاج فراهم کرده است، اما در کیفیت آنها اثر منفی داشته است. بررسی کیفیت چوب در توده‌های خالص و مخلوط برای پژوهش‌های آینده می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، اما در توده‌های خالص به دلیل ورود نور کمتر، شاخه‌دوانی کمتری اتفاق افتاده و تنه بدون شاخه طول بیشتری داشت. البته مساحت بیشتر تاج در توده‌های مخلوط، به نوعی می‌تواند بیان‌کننده پتانسیل فتوسنتز بیشتر باشد که رشد و عملکرد بیشتر درختان را به دنبال خواهد داشت.

در مجموع باید گفت که درختان کاج در توده‌های مخلوط بهترین عملکرد را داشته‌اند. از نظر تولید چوب، بیشترین حجم در توده مخلوط کاج و اکالیپتوس بود، بنابراین اگر هدف تولید چوب باشد، بهتر است کاج‌الدار به صورت مخلوط با پهن‌برگان کاشته شود. در پژوهش Amoroso و Turnblom (۲۰۰۶) جنگلکاری‌های خالص و مخلوط *Pseudotsuga menziessii* و *Tsuga heterophylla* در شمال غرب اقیانوس آرام بررسی شد و مشخص شد که در توده‌های مخلوط به علت ایجاد نوعی اشکوب‌بندی و استفاده بیشتر از ظرفیت رویشگاه، مقدار تولید بیشتر است. به دلیل همین اشکوب‌بندی، رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای در توده‌های خالص است و همین امر تولید را افزایش می‌دهد. البته لازم به ذکر است که توده‌های مخلوط در تراکم زیاد، تولید بیشتری دارند.

به طور کلی ضریب پایداری کمتر نشان‌دهنده پایداری بیشتر توده است. در بسیاری از مطالعات، ضریب پایداری بیشتر از ۱۰۰ نشانه ناپایداری زیاد، بین ۸۰ تا ۱۰۰ نشانه ناپایداری و کمتر از ۸۰ نشانه پایداری درختان بیان شده است (Kabiri Koupaei et al., 2009; Mohammadi et al., 2014). همچنین در مورد اغلب گونه‌های سوزنی‌برگ، درختان با ضریب پایداری کمتر از ۸۰، مقاوم در برابر بادافتادگی محسوب می‌شوند (Wonn, 2001; Toupin et al., 2008). بر این اساس می‌توان گفت که هر سه توده مورد مطالعه پایدار بودند، اما در توده مخلوط پایداری بیشتر بود.

مخلوط دارای بیشترین رویش قطری، رویه زمینی و حجمی بود. گزارش Roohi Moghaddam و همکاران (۲۰۰۷) در ایستگاه تحقیقات چمستان درخصوص کشت خالص و آمیخته بلوط با شش گونه همراه حاکی از آن بود که بلوط حتی وقتی با گونه‌های سریع‌الرشدتر از خود ترکیب شود، نه تنها حذف نمی‌شود، بلکه رویش ارتفاعی آن تحریک می‌شود و کیفیت آن نیز بهبود می‌یابد. همچنین Sayyad و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کاشت آمیخته توسکا با صنوبر تأثیری بر رویش توسکا نداشته است، اما بر رویش قطری و ارتفاعی صنوبر مؤثر بوده است. بر این اساس می‌توان گفت که تأثیرپذیری درختان از ترکیب توده تا حد زیادی بستگی به سرشت اکولوژیک آنها دارد.

در پژوهش پیش‌رو، توده مخلوط کاج و اکالیپتوس بیشترین و توده کاج خالص و متراکم کمترین پیچیدگی تنه و دوشاخگی را به خود اختصاص دادند که نشان‌دهنده حرکت درختان کاج به فضاهای نوری ایجادشده توسط تاج پهن‌برگان در توده مخلوط و برعکس حرکت عمودی آنها در توده خالص و متراکم بود که نور به صورت منظم در تمام قسمت‌های توده تقسیم شود. به طور کلی از نظر کیفی، کاج خالص و متراکم نسبت به دو توده دیگر از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار بود. البته لازم به ذکر است که براساس مشاهدات میدانی، دوشاخگی درختان کاج‌الدار به طور عموم در یک چهارم بالایی درخت دیده شد.

در پژوهش Peters و Becker (۱۹۹۵) بیان شد که برای تولید تنه بدون گره و سالم بلوط، سایه دائمی گونه همراه (ممرز) ضرورت دارد و آمیختن بلوط با گونه همراه، به دلیل انجام هرس طبیعی شاخه‌ها، کیفیت تنه بلوط را بهبود می‌بخشد و بر مرغوبیت آن برای صنعت روکش می‌افزاید. البته باید گفت که در جنگل‌های طبیعی به ویژه دست‌نخورده، شرایط اکولوژیک به طور کامل متفاوت است. در منطقه مورد مطالعه با توجه به این‌که گونه همراه (اکالیپتوس) گونه‌ای حساس به سرما است، برخی از درختان به مرور زمان حذف می‌شوند و این گونه اثر اصلاح‌کنندگی بر تنه درختان کاج ندارد، بنابراین اگرچه این حذف شدن با تنک کردن توده

- Communications, 4: 1-8.
- Jalali, Gh.A., Hosseini, S.M., Akbarinia, M. and Ashkiki, B., 2003. Comparative investigation of pure and mixed plantations of poplar about qualitative and quantitative wood production. *Pejouhesh & Sazandegi*, 16(1): 82-88 (In Persian).
  - Kabiri Koupaei, K., Marvie Mohadjer, M.R., Zahedi Amiri, Gh., Namiranian, M. and Etamad, V., 2009. A comparison on the quantitative and qualitative morphological characteristics of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in a pure and mixed stand (Gorazbon district, north of Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(3): 422-435 (In Persian).
  - Khalkhali, S.M., 1999. Investigation of interaction between soil specifications and plants in two plantations of *Atriplex cansens*. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 245p (In Persian).
  - Kiaee, M., 2014. Investigation on wood properties of Eldar pine (*Pinus eldarica* Medw) and its relations to soil chemical and physical characteristics (in western of mazandarn province plantation). *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 29(2): 199-207 (In Persian).
  - Kiani, B., 2014. Applying Modern Statistics in Natural Resources. Yazd University Press, Yazd, 522p (In Persian).
  - Kume, B., Kumer, S.S. and Fisher, R.F., 1998. Intercropping teak with *Leucaena* increases tree growth and modifies soil characteristics. *Agroforestry Systems*, 42(6): 81-89.
  - Land, S.B., Roberts S.D. and Duzan H.W., 2004. Genetic and Spacing Effects on Loblolly Pine Plantation Development through Age 17. Thechnical Report SRS-71, Published by U.S.D.A., Forest Service, Southern Research Station, Asheville, 413-419.
  - Lyapova, L., 1989. Growth of mixed *quercus frainetto* plantation. *Gorsko-Sstopansvo*, 45(6): 3-4.
  - Mohammadi, J., Shataee, Sh. and Namiranian, M., 2014. Comparison of quantitative and qualitative characteristics of forests structure and composition in natural and managed forest stands (Case study: Shast Kalate forests of Gorgan). *Journal of Wood and Forest Science*

در واقع درختان این توده، ارتفاع تاج بیشتری داشتند و در ارتفاع برابر با توده‌های خالص، قطورتر بودند. این مسأله پایداری آنها در مقابل عامل‌های محیطی مانند بادهای شدید را افزایش می‌دهد. بنابراین اگر پایداری اکولوژیکی مورد نظر باشد، کاشت کاج تهران به‌طور مخلوط ارجحیت دارد. از نظر مشخصات کیفی، توده کاج خالص و متراکم وضعیت بهتری داشت و بر این اساس اگر هدف تولید تیر باشد، کاشت خالص و متراکم بهتر است. با توجه به این‌که از نظر صفات کیفی توده‌های متراکم کاج وضعیت بهتری داشتند، پیشنهاد می‌شود که کشت همراه سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در ابتدا در فواصل کمتر انجام و به تدریج عملیات پرورشی به‌منظور فزاینده‌ی به درختان انجام شود.

#### References

- Amoroso, M.M. and Turnblom, E.C., 2006. Comparing productivity of pure and mixed Douglas-fir and western hemlock plantations in the Pacific northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(6): 1484-1496.
- Bielak, K., Dudzinska, M. and Pretzsch, H., 2014. Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) can be more productive than monocultures evidence from over 100 years of observation of long-term experiments. *Forest Systems*, 23(3): 573-589.
- Dehghan Chenari, M., 2007. Effect of pure and mixed plantations of conifer-broadleaves on soil specifications and biodiversity in Shahid Paidar Park, Ardakan. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, 68p (In Persian).
- Del Rio, M. and Sterba, H., 2009. Comparing volume growth in pure and mixed stands of *Pinus sylvestris* and *Quercus pyrenaica*. *Annals of Forest Sciences*, 66(5): 502-513.
- Forrester, I.D., 2014. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: From pattern to process. *Forest Ecology and Management*, 312: 282-292.
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L. and Kjellander, P., 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature*



- and quantitative characteristics of oak-zelkova plantation. Pajouhesh & Sazandegi, 77: 155-168 (In Persian).
- Sayyad, E., Hosseini, S.M., Mokhtari, J. and Mahdavi, R., 2006. Comparison of growth and qualitative specifications of pure and mixed stands of *Populus deltoids* and *Alnus glutinosa*. Pajouhesh & Sazandegi, 71: 2-10 (In Persian).
  - Soheili Esfahani, S. and Fallah, A., 2014. Investigation of quantitative and qualitative specifications of *Populus alba* L and *Populus nigra* L. in plantations of west Isfahan. Forest and Wood Products, 67(2): 233-244 (In Persian).
  - Toupin, R., Filip, G., Erkert, Th. and Barger, M., 2008. Field Guide for Danger Tree Identification and Response. Published by U.S.D.A., Forest Service, Pacific Northwest Region, USA, 68p.
  - Wonn, H.T., 2001. Height: diameter ratios and stability relationships for four northern Rocky mountain tree species. Western Journal of Applied Forestry, 16(2): 87-94.
  - Yiqing, L., Ming, X., Zou, X., Peijun, S. and Yaoqi, Z., 2005. Comparing soil organic carbon dynamics in plantation and secondary forest in wet tropics in Puerto Rico. Global Change Biology, 11: 239-248.
  - Zobeiri, M., 1999. Forest Inventory. University of Tehran Press, Tehran, 401p (In Persian).
  - and Technology, 21(1): 65-83 (In Persian).
  - Peters, S. and Becker, G., 1995. Die Holzqualität weitständer und Engständer erwachsener Stieleichen aller Gemeine. Forstzeitung, 50: 716-717 (In German).
  - Piotto, D., Viquez, P., Montagnini, F. and Kanninen 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., Del Río, M., Ammer, Ch., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K., Brazaitis, G., Coll, L., Dirnberger, G., Droßler, L., Fabrika, M., Forrester, D.I., Godvot, K., Heym, M., Hurt, V., Kurylyak, V., Lof, M., Lombardi, F., Matovic, B., Mohren, F., Motta, R., den Ouden, J., Pach, M., Ponette, Q., Schütze, G., Schweig, J., Skrzyszewski, J., Sramek, V., Sterba, H., Stojanovic, D., Svoboda, M., Vanhellemont, M., Verheyen, K., Wellhausen Zlatanov, T. and Bravo-Oviedo, A., 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. European Journal of Forest Research, 134(5): 927-947.
  - Roohi Moghaddam, A., Hosseini, S.M., Ebrahimi, A., Rahmani, A. and Tabari, M., 2007. The effect of mixing rates on qualitative

## Comparing growth and success of Eldarican pine (*Pinus eldarica* Medw.) in pure and mixed stands with river red gum (*Eucalyptus camadulensis* Dehnh.) in Shahid-Paidar Park, Ardakan

F. Khalife Soltanian<sup>1</sup>, B. Kiani<sup>2\*</sup>, M.H. Hakimi Meybodi<sup>3</sup> and A. Tabande Saravi<sup>4</sup>

1- M.Sc. Student Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

2\*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran. E-mail: bnkiani@yazd.ac.ir

3- Assistant Prof., Department of Desert Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

4- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

Received: 09.11.2015

Accepted: 30.01.2016

### Abstract

In this research, Eldarican pine (*Pinus eldarica* Medw.) pure stands with two densities were sampled along with a mixed stand with river red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) in a systematic randomized design. Quantitative traits of trees including diameter at breast height (dbh), height and crown diameters were measured, followed by calculating the basal area, volume, stability index, crown area and annual increment of quantitative variables. In addition, qualitative traits including forking, twisting and trunk decay were also recorded for each tree. Analysis of variance (ANOVA) and Duncan tests were applied to analyze data and compare groups. Results indicated a significant difference between stands for all traits except for height and mean height increment. Furthermore, the mixed stand was superior in dbh and its mean annual increment, basal area and its increment, volume and its increment, stability and crown area. Branchless trunk of trees was significantly longer in pure dense stand compared to the others. Most forking and twisting was seen in mixed stand, yet the highest decay was observed for the pure dense stand. Finally, the study concluded that a mixed scenario should be preferred for Eldarican pine due to its better usage of the site capacity, in particular by owing to the fact that mixed stands are considered to be of more sustainability from an environmental and landscape management perspective.

**Keywords:** Afforestation, Eldarican pine, increment, mixture, planting space.