

## برآورد رویش سالانه شعاعی، زی توده و رویش کربن در فرم‌های مختلف درختی گونه برودار (*Quercus brantii* Lindl.)

یوسف عسکری<sup>۱\*</sup>، علی سلطانی<sup>۲</sup> و رضا اخوان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

<sup>۲</sup> دانشیار علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

<sup>۳</sup> دانشیار بخش تحقیقات علوم جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۵)

### چکیده

با مقایسه الگوی رشد حلقه‌های رویشی در درختان هر منطقه، می‌توان زمان دقیق تشکیل حلقه‌ها را مشخص کرد. در این پژوهش از دو منطقه دهدز و باشت به ترتیب واقع در زاگرس مرکزی و جنوبی، ۱۸ پایه در هر منطقه (به نسبت مساوی تک پایه و جست گروه) انتخاب شد و پس از ثبت پارامترهای کمی آنها، عملیات قطع و جداسازی انجام گرفت. برای برآورد رویش سالانه شعاعی و زی توده، نمونه‌ها به صورت دیسک در ارتفاع ۰/۳ متر درخت تهیه و در آزمایشگاه پس از آماده‌سازی سطح آنها، عرض حلقه‌ها با استفاده از میز اندازه‌گیری (LINTAB 6) همراه با برنامه TSAPWIN، با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. براساس نتایج به دست آمده، متوسط مقدار رویش سالانه شعاعی برودار برای فرم‌های رویشی تک پایه و جست گروه در رویشگاه خالص به ترتیب ۱/۷۳ و ۱/۹۵ میلی‌متر و در رویشگاه آمیخته به ترتیب ۲/۰۴ و ۱/۹۸ میلی‌متر محاسبه شد. مقدار رویش سالانه زی توده برای فرم‌های رویشی تک پایه و جست گروه در رویشگاه‌های خالص به ترتیب ۶/۳۴ و ۶/۵۲ کیلوگرم و در رویشگاه آمیخته به ترتیب ۷/۲۰ و ۶/۸۴ کیلوگرم در سطح درخت است و رویش کربن در حدود ۴۸ درصد مقدار زی توده بوده است. نتایج تجزیه واریانس رویش سالانه شعاعی و زی توده برای فرم‌های مختلف رویشی در رویشگاه‌های متفاوت حاکی از نبود اختلاف آماری معنی‌دار بین فرم‌های رویشی مورد بررسی است. ارزیابی نرخ رویش سالانه در فرم‌های مختلف رویشی و افزایش یا کاهش رشد در سنین مختلف از دیگر موضوعات مهم و کاربردی در برآورد رویش است که در این پژوهش بدان پرداخته شده است.

**واژه‌های کلیدی:** حلقه رویشی، رویش کربن، رویشگاه آمیخته، زی توده.

### مقدمه

همین مقدار ناچیز نیز با عوامل مخرب زیادی دست به گریبان است که موجودیت جنگل‌ها را تهدید می‌کند. در دهه‌های گذشته، گرم شدن کلی هوا، خشکسالی‌های مداومی را در کشور پدید آورده است. این پدیده (خشکسالی) به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل بر رشد گیاهان از جایگاه ویژه‌ای در میان تنش‌های محیطی برخوردار است (Mosleh Arany et al., 2012; )

ایران در منطقه خشک نیمکره شمالی زمین واقع شده است. این مساله سبب شده که به طور طبیعی سطح جنگل‌ها در این کشور کم باشد؛ بنابراین جنگل‌ها در ایران جایگاه ویژه‌ای دارند؛ چراکه از طرفی تنها حدود ۷ درصد از سطح کشور را پوشش داده‌اند (Marvi Mohajer, 2006) و از طرف دیگر،

میلی-متر رویش شعاعی) و ۶۶ سانتی-متر رویش ارتفاعی دارند. (Fallahi et al., 2012). به بررسی رویش قطری گونه بلوط دارمازو در دو توده کمتر دست خورده و بهره برداری شده در جنگل های زاگرس شمالی (سردشت) مبادرت کردند و دریافتند که متوسط رویش سالیانه قطری در توده کمتر دست خورده ۳/۴۷ و در منطقه بهره برداری شده ۲/۷۳ است. همچنین نتایج نشان داد که میانگین رویش سالانه قطر و میانگین تعداد در طبقات قطری در دو توده کمتر دست خورده و بهره برداری شده اختلاف معنی داری دارد.

در مورد موجودی کربن و زی توده، Iranmanesh et al. (2013). با هدف ارزیابی روش های برآورد زی توده و موجودی کربن در اندام های هوایی گونه بلوط ایرانی در جنگل های لردگان استان چهارمحال و بختیاری، ۳۰ پایه بلوط (۱۶ تک پایه و ۱۴ جست گروه) را انتخاب کردند. نتایج این تحقیق ضمن تعیین متوسط زی توده و اندوخته کربن بلوط ایرانی در دو فرم تک پایه و جست گروه، وضعیت کربن موجود در خاک و لاش ریزه رویشگاه را نیز مشخص کرد. براساس نتایج، میانگین زی توده درختان تک پایه در حدود ۲/۵ برابر درختان جست گروه برآورد شد.

Aguilar et al. (2012) زی توده روی زمینی اندام های مختلف توده های دو گونه بلوط با فرم شاخه زاد (*Quercus castanea* و *Quercus laeta*) را در مناطق مرکزی مکزیک بررسی کردند و معادلات توانی با متغیر قطر برابر سینه را برای برآورد زی توده ارائه دادند. مقدار ضریب تعیین قطر برابر سینه بیشتر از ۹۲ درصد شد.

Zhang et al. (2009) تغییرات کربن ذخیره شده کل و رویش سالانه را در پنج نوع تیپ جنگلی مختلف در جنوب غربی چین شامل پنج تیپ توس طبیعی (*Betula alba*)، توده مخلوط نوئل (*Picea abies*) - توس (*Betula alba*)، جنگلکاری

(Ostakh et al., 2014)، این پدیده در سال های اخیر در جنگل های زاگرس شیوع پیدا کرده و هر روز بر وسعت آن افزوده می شود (Taghvayipour et al., 2016) که تأثیر آن در سال های اخیر بر بسیاری از گونه های بلوط که مهم ترین و گسترده ترین سازند جنگلی زاگرس هستند (Owliaie et al., 2011) مشاهده شده است. بلوط ایرانی از اصلی ترین گونه های درختی تشکیل دهنده جنگل های زاگرس است (Owliaie et al., 2011) که متأسفانه در سال های اخیر با مشکلات زیادی از جمله خشکیدگی، آفت زدگی و زوال روبه رو شده و این مشکلات به گونه ای بوده که تهدید کننده آینده این جنگل هاست.

در زمینه رویش، هر ساله به تنه درختان مناطق معتدل یک لایه چوب اضافه می شود؛ این لایه های چوبی در مقطع عرضی درختان، به شکل دوایر هم مرکز درمی آید که به آنها دوایر رویشی یا حلقه های سالیانه گفته می شود (Safdari et al., 2005). سن تقریبی درختان جنگل های مناطق معتدل را می توان با شمردن حلقه های رویش برآورد کرد، چراکه در این مناطق با توجه به ساختار آناتومیکی درخت و شرایط آب و هوایی، هر یک از دوایر رویشی نشان دهنده یک سال از زندگی درخت است (Poursartip et al., 2014).

برآورد زی توده و مقدار ترسیب و رویش درخت در ارزیابی ساختار، شرایط و حاصلخیزی جنگل و نیز در برآورد ذخیره و تغییر کربن استفاده می شود (Navar, 2009). تاکنون در زمینه رویش زی توده و رویش کربن گونه برودار تحقیقی صورت نگرفته، اما در زمینه برآورد زی توده و همچنین رویش تحقیقات متعددی انجام گرفته است. برای مثال Gorji et al. (2014)، به مطالعه رویش و تحلیل جنگل شناسی توده جوان بلوط (بلندمازو) در ناحیه جنگلی نیرنگ نوشهر پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که درختان با قطر کمتر از ۲۰ سانتی متر، به طور میانگین سالانه ۶ میلی متر رویش قطری (۳

محدودیت رشد و تأثیر بر ساختار گیاه می‌شود (Ostakh et al., 2014; Garcla et al., 2009).

شناسایی الگوی رشد درختان در درازمدت، از روش‌های مهم در تعیین مقدار زی‌توده و کربن در بالای سطح زمین است. گونه بلوط ایرانی یا برودار (*Quercus brantii* Lindl.) به‌عنوان یک گونه کم‌نیاز توانسته در مناطق وسیعی از جنگل‌های زاگرس استقرار یابد، ولی رویش قطری و به‌تبع آن رویش حجمی این گونه، حتی در یک عرض جغرافیایی محدود، وابستگی معنی‌داری به عوامل رویشگاهی دارد. هدف این تحقیق، برآورد مقدار رویش شعاعی سالانه، رویش سالانه زی‌توده و موجودی کربن در فرم‌های تک‌پایه و جست‌گروه در دو رویشگاه متفاوت در زاگرس جنوبی و مرکزی و همچنین مقایسه آنها با هم است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه پژوهش

به‌منظور ارزیابی مقدار رویش سالانه فرم‌های رویشی مختلف گونه برودار از گاه‌شناسی درختی استفاده شد. بدین منظور نمونه‌ها (رویشگاه‌ها) براساس مقدار واریانس و همچنین هزینه نمونه‌برداری و با استفاده از روش نمونه‌برداری دومرحله‌ای<sup>۱</sup> یا چندگامی (Zobeiri, 2007) انتخاب شدند. در حقیقت انتخاب نمونه‌ها به‌صورت سلسله‌مراتبی (واحدهای اولی، دومی، سومی و...) بود. در مرحله اول جنگل‌های زاگرس به‌عنوان قسمتی از جنگل‌های ایران و سپس مناطق مرکزی و جنوبی زاگرس برای نمونه‌برداری انتخاب شدند. با توجه به نوع سلسله‌مراتبی انتخاب نمونه‌ها، (Van Laar & Akça, 2007) انتخاب استان‌ها و سپس رویشگاه‌ها به‌صورت تصادفی انجام گرفت. نتیجه به‌کارگیری این روش، دو رویشگاه خالص و آمیخته برودار (*Quercus brantii*) بود: رویشگاه بلوط بلند نزدیک شهر دهدز که از این پس

نوئل (*Picea abies*)، جنگل کلیماکس دست‌نخورده (*Old growth*)، و جنگل توس (*Betula alba*) - نراد (*Abies alba*) برآورد کردند. براساس نتایج، جنگل قدیمی طبیعی بیشترین مقدار کربن در بالای سطح زمین را در خود ذخیره کرده بود که اختلاف معنی‌داری با جنگل نراد - توس، جنگلکاری نوئل، جنگل مخلوط نوئل - توس و جنگل توس طبیعی داشت. همچنین میانگین رویش سالانه در جنگل مخلوط توس - نراد اختلاف معنی‌داری با دیگر تیپ‌های جنگلی داشت.

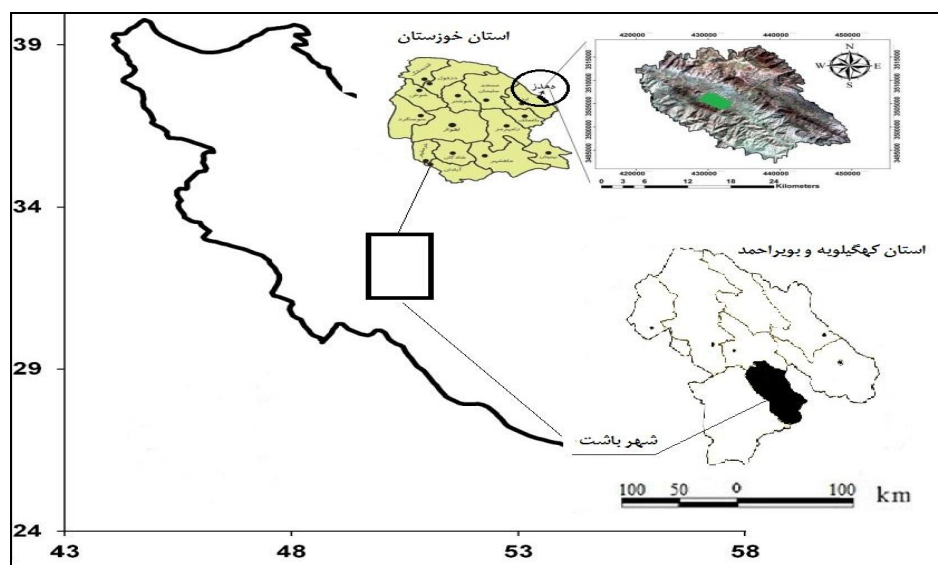
ارزیابی اطلاعات اقلیمی براساس حلقه‌های سالیانه، اطلاعاتی درباره اتفاقات گذشته یا آینده در اختیار می‌گذارد. حلقه رویشی نتیجه رویش جدید لایه زاینده است که میان پوست و چوب به صورت یک ردیف سلول همیشه در حال تقسیم و تمایزیابی قرار دارد. در هر دوره رویش، لایه زاینده یک ردیف سول چوب جدید پیرامون ساقه اضافه می‌کند. محصول این رویش در مناطق معتدل در فصل بهار، چوبی به نام چوب بهاره یا چوب آغازین با رنگ روشن است که با فراهم بودن شرایط رشد، به‌سرعت شکل می‌گیرد، سلول‌های درشت با دیواره سلولی نازک و چگالی کمتر دارد (Toghraie, 2013). در مناطق معتدل هر ساله بر قطر ساقه افزوده می‌شود و همواره جدیدترین حلقه‌های رویشی، مجاور پوست تشکیل خواهند شد. در برخی درختان، مانند بلوط، پدیده دواپر گمشده در موارد بسیار حاد از جمله آفت زدگی و خشکیدگی دیده می‌شود (Toghraie, 2013). همچنین گاهی تغییرات متناوب آب‌وهوایی در یک دوره رویش (مانند خشکسالی نیمه تابستان) سبب تشکیل چند حلقه رویشی در یک سال می‌شود که به آنها دواپر دروغین می‌گویند.

بین پهنای حلقه‌ها و شرایط اکولوژیکی محیط رابطه مستقیمی وجود دارد که دلیل اصلی آن تأثیری است که رشد گیاه از شرایط محیط جنگل می‌پذیرد. این شرایط در طول زندگی گیاه وجود دارد و در زمان‌هایی موجب

<sup>1</sup> Two Stage Sampling

روش آمبرژه، اقلیم منطقه نیمه مرطوب است (Nouri et al., 2013). تیپ غالب درختی، گونه برودار و خاک منطقه نیز از نوع رسی و رسی لومی است. (ب) رویشگاه آمیخته: جنگل‌های مجاور روستای چهارراه گشین از نظر جغرافیایی در طول ۵۱ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۰ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی قرار گرفته و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا برابر ۸۳۵ متر است (ارتفاع از ۷۰۰ تا ۱۱۰۰ متر متغیر است). مقدار بارش سالیانه به طور متوسط ۶۳۴ میلی‌متر است که در فصل زمستان در ارتفاعات (کوه خامی) به صورت برف است (شکل ۱). متوسط دمای سالیانه نیز ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. همانند رویشگاه خالص، تیپ غالب درختی، گونه برودار و خاک منطقه از نوع رسی و رسی لومی است.

آن را رویشگاه خالص می‌خوانیم؛ و رویشگاه کوه دهک چهارراه گشین در شهرستان باشت که از این پس آن را رویشگاه آمیخته معرفی می‌کنیم. (الف) رویشگاه خالص: جنگل‌های منطقه بلوط بلند در مرز بین استان‌های چهارمحال و بختیاری و خوزستان در زاگرس مرکزی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه درازای شرقی واقع شده‌اند (شکل ۱). مرکز این مناطق جنگلی در ارتفاع ۱۶۴۱ متری از سطح دریا (ارتفاع از ۹۰۰ متر تا ۲۵۰۰ متر متغیر است) قرار دارد. مقدار بارش سالیانه به طور متوسط ۶۹۴ میلی‌متر است که در فصل زمستان در ارتفاعات به صورت برف می‌بارد. متوسط دمای سالیانه نیز ۲۴ درجه سانتی‌گراد است. براساس



شکل ۱- نقشه مناطق تحقیق در نقشه استانی و کشوری

پوشش داده شوند. ۱۸ پایه در هر منطقه (به نسبت مساوی تک پایه و جست گروه) انتخاب شد و پس از ثبت پارامترهای کمی، عملیات قطع و جداسازی انجام گرفت. شایان ذکر است که تک پایه‌ها همه دانه‌زاد بودند. پس از قطع، تنه جدا شده و دیسک‌ها از ارتفاع

### شیوه اجرای پژوهش

نقاط نمونه برداری با ابعاد شبکه ۱۰۰×۱۰۰ متر به صورت سیستماتیک و به نحوی طراحی و انتخاب شد که تمام طبقات قطری دانه‌زاد یا تک پایه و تمام طبقات قطر تاجی درختان جست گروه یا شاخه‌زاد

اندام‌های هوایی به تفکیک پنج بخش ذکر شده در بالا توزین شدند.

نمونه‌ها (تنه، شاخه‌های اصلی و فرعی، سرشاخه‌ها و میوه‌ها) پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا با ترازوی رقومی (دقت ۰/۰۱ گرم) وزن شده و سپس در آون با درجه حرارت ۸۵ درجه سانتی‌گراد تا خشک شدن کامل و رسیدن به وزن پایدار قرار داده شدند. قطعات خشک‌شده توزین شدند و از روی وزن خشک و تر نمونه وزن خشک کل تعیین شد. برای اندازه‌گیری درصد کربن آلی نمونه‌ها از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. نمونه‌های خشک‌شده پس از توزین، به مدت ۴ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و پس از خاکستر شدن کامل، دوباره وزن شدند. با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی (۵۴ درصد)، مقدار کربن آلی اندام‌های مختلف درختان و در نهایت، ضریب تبدیل وزن خشک به کربن آلی این اندام‌ها محاسبه شد (MacDicken, 1997).

برای اندازه‌گیری رویش سالانه، سطح دیسک ابتدا با سنبله ۱۰۰ و سپس با سنبله ۴۰۰ هموار و واضح شد تا تفکیک حلقه‌ها امکان‌پذیر شود. پهنای حلقه‌های رویشی در دو جهت رو به سمت دره و عمود بر آن، از سمت پوست به سمت مغز با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر به وسیله بینوکولار و میز اندازه‌گیری LINTAB و نرم‌افزار تحلیل سری‌های زمانی تی‌سپ (TSAP)، (Rinn, 1996) اندازه‌گیری شد. برای شناسایی لایه‌های دروغین یا ازدست‌رفته، همگام‌سازی حلقه‌ها از طریق سال شاخص انجام گرفت (Mbow et al., 2013). پس از همگام‌سازی، عرض حلقه‌های سالانه اندازه‌گیری و جمع شد تا مقدار رویش کل به دست آید. رویش شعاعی در یک سال با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد:

$$CAI = CWR_T - CWR_{T-1} \quad \text{رابطه ۱}$$

۰/۳ متری تهیه شد. اطلاعات زی‌توده در سطح درخت، بعد از اندازه‌گیری زی‌توده کل درخت (حاصل از مجموع زی‌توده قسمت‌های مختلف درخت قطع‌شده) و همچنین سن هر درخت محاسبه و در انتها میانگین‌گیری شد.

براساس تعریف پنل بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوا (IPCC, 2001) ساقه تمامی زی‌توده زنده بالای خاک شامل تنه، کنده، شاخه‌ها، پوسته، و بذر درختان، زی‌توده اندام‌های هوایی درخت را شامل می‌شود. برای تقسیم درخت به قسمت‌های مختلف، عوامل خاصی مانند محتوای رطوبتی، غلظت کربن، عملیاتی بودن و نیازمندی‌های کاری در نظر گرفته می‌شوند (Snowdon et al., 2002). در این پژوهش با توجه به ساختار رویشی بلوط، درختان نمونه به پنج بخش جداگانه شامل تنه، شاخه اصلی، شاخه فرعی، سرشاخه و برگ تقسیم شدند.

شاخه‌های بزرگ‌تر از ۵ سانتی‌متر، شاخه اصلی محسوب می‌شوند و شاخه‌های بین ۱ تا ۵ سانتی‌متر، شاخه فرعی و شاخه‌های کوچک‌تر از ۱ سانتی‌متر سرشاخه را تشکیل می‌دهند (Bakhtiarvand & Sohrabi, 2012; Iranmanesh et al., 2013).

تنه (Bole): در نمونه‌برداری از تنه، سه دیسک از پایین، میانه و بالا (جایی که تنه دیگر تشخیص‌پذیر نیست) در طول تنه به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه شد. برگ (Leaf): ۳۰۰ برگ به‌طور تصادفی از قسمت‌های مختلف تاج بدون در نظر گرفتن اندازه برگ برداشت شد.

سرشاخه‌ها (Twig): ۳۰ نمونه از سرشاخه‌های توزین‌شده به‌طور تصادفی برداشت شد.

شاخه‌های اصلی (Branch): ۳۰ شاخه اصلی انتخاب و به ترتیب ضخامت کنار هم مرتب شدند؛ سپس با فاصله مشخص نمونه‌هایی انتخاب و به قطعات ۵ سانتی‌متری تقسیم شدند که و از بین آنها ۳۰ قطعه به‌طور تصادفی انتخاب شد.

پس از قطع و تکه تکه کردن تاج درخت، همه

حلقه رویشی در سال  $i$  نسبت به سال پیش از آن است.

### روش تحلیل

تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و مقایسه میانگین زی توده اندام هوایی در دو فرم رویشی با استفاده از آزمون  $t$  مستقل انجام گرفت. کلیه محاسبات آماری از قبیل محاسبات مربوط به معادلات آلومتری (رگرسیون) در نرم افزار SPSS20 و رسم نمودارها در محیط Excel 2013 انجام گرفت. برای معادلات آلومتری (اندازه‌گیری رویش سالانه زی توده و کربن) با استفاده از متغیرهای اندازه‌گیری شده از درخت سرپا، معادلات رگرسیونی بر مبنای حداقل مربعات برازش داده شد. در این تحقیق از مدل‌های مختلف از جمله مدل توانی با رابطه<sup>۳</sup>،  $y = b_0 x^{b_1}$  که  $y$  و  $x$  متغیرهای وابسته و مستقل و  $b_0$  و  $b_1$  ضرایب رگرسیون هستند، استفاده شد.

### نتایج

خصوصیات درختان قطع شده برای فرم‌های رویشی مختلف رویشگاه خالص در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که پیشتر نیز ذکر شد، درختان تک‌پایه بر مبنای قطر برابر سینه و درختان جست‌گروه بر مبنای میانگین قطر تاج طبقه‌بندی شدند.

CAI رویش سالانه فعلی،  $CWR_T$  جمع کل عرض حلقه‌های سالانه در سال مورد نظر و  $CWR_{T-1}$  جمع عرض حلقه‌های سالانه در یک سال قبل آن است.

جمع رویش سالانه شعاعی با دقت سانتی‌متر برای فرم‌های مختلف رویشی در رویشگاه‌های متفاوت و در تمام سنین محاسبه شد؛ سپس با استفاده از روابط آلومتری کل زی توده و کربن هر گونه، رویش سالانه زی توده و کربن در هر سال به دست آمد. در حقیقت بعد از استخراج معادله آلومتری (بر اساس قطر برابر سینه)، عدد مربوط به مقدار رویش در هر سال وارد معادله مذکور می‌شود و بدین ترتیب مقدار رویش در هر سال به دست می‌آید.

تطابق زمانی اولیه بین عرض حلقه‌های رویشی در دو نمونه درخت انجام گرفت و منحنی میانگین رویش شعاعی هر درخت به دست آمد؛ سپس سری‌های زمانی به دست آمده از همه نمونه‌ها با هم مقایسه شد و تا حد امکان تطابق زمانی لازم بین آنها صورت گرفت (Yamaguchi et al., 1989). وجود شباهت رویشی بین رویشگاه‌ها با محاسبه ضرایب درصد تطابق واریانس‌ها یا  $GLK^1$  بین دو منطقه با استفاده از رابطه<sup>۲</sup> بررسی شد:

$$GLK = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{ix} - G_{iy}| \quad \text{رابطه ۲}$$

$|G_{ix} - G_{iy}|$  علامت اختلاف بین مقادیر پهنای

جدول ۱- آمار توصیفی پایه‌های قطع شده در فرم‌های مختلف رویشی در رویشگاه خالص

چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)			ارتفاع (متر)			قطر برابر سینه (cm) / میانگین قطر تاج (m)			فرم رویشی
Max	Min	Mean±SE	Max	Min	Mean±SE	Max	Min	Mean±SE	
۰/۸۶۳	۰/۸۴	۰/۸۵۵±۰/۰۹	۹/۶	۳/۴	۶/۴۹±۰/۷۲	۴۰	۷	۲۲/۶±۳/۴۶	تک‌پایه
۰/۸۸۶	۰/۸۰	۰/۸۶۰±۰/۰۳	۸/۲۳	۳/۲	۶/۶±۰/۵۴	۸/۵۵	۱/۹	۵/۹۳±۰/۶۵	جست‌گروه

SE- اشتباه معیار؛ Mean- میانگین؛ Max- بیشترین مقدار و Min- کمترین مقدار

<sup>1</sup> Gleichlauefigkeit

علاوه بر رویشگاه خالص، خصوصیات درختان قطع شده برای فرم‌های رویشی مختلف رویشگاه آمیخته در جدول ۲ نیز ذکر شده است. حداکثر ارتفاع درختان جست‌گروه نسبت به رویشگاه خالص بیشتر است.

جدول ۲- آمار توصیفی پایه‌های برودار قطع شده در فرم‌های مختلف رویشی در توده آمیخته

چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)			ارتفاع (متر)			قطر برابر سینه (cm) / میانگین قطر تاج (m)			فرم رویشی
Max	Min	Mean±SE	Max	Min	Mean±SE	Max	Min	Mean±SE	
۰/۸۵۶	۰/۸۲۸	۰/۸۵۱±۰/۰۷	۹/۹۰	۳/۲۵	۷/۲۳±۰/۷۷	۴۱	۶	۲۲/۵±۳/۷۲	تک پایه
۰/۸۷۴	۰/۷۸۰	۰/۸۵۴±۰/۰۵	۸/۴۲	۲/۹۵	۶/۲±۰/۵۹	۸/۴۲	۲/۰۷	۵/۹۸±۰/۶۳	جست‌گروه

SE- اشتباه معیار؛ Mean- میانگین؛ Max- بیشترین مقدار و Min- کمترین مقدار

برای رویش سالانه زی‌توده و کربن، معادلات آلومتریک مربوط براساس قطر برابر سینه استخراج شد (جدول ۳). معادلات مذکور بیشترین همبستگی را با قطر برابر سینه داشتند.

جدول ۳- تحلیل رگرسیون برای تعیین مدل برآورد زی‌توده سالانه در فرم‌های مختلف رویشی

معادله	R <sup>2</sup>	Std. Error	F	Sig.	فرم رویشی / رویشگاه
$Y = ۰/۶۹۲ \times X^{۲/۰۰۵}$	۰/۹۶	۰/۱۳۵	۵۸۵	***	تک پایه (خالص)
$Y = ۳/۸۱۴ \times X^{۱/۷۱۷}$	۰/۸۸	۰/۳۱۸	۴۸	***	جست‌گروه (خالص)
$Y = ۱/۱۰۷ \times X^{۱/۸۳۲}$	۰/۹۵	۰/۱۴۴	۵۰۷	***	تک پایه (آمیخته)
$Y = ۰/۸۹۵ \times X^{۲/۲۹۴}$	۰/۷۶	۰/۴۵۳	۲۲/۴	***	جست‌گروه (آمیخته)

Y زی‌توده درخت به کیلوگرم، X متغیر مستقل (میانگین قطر برابر سینه)، R<sup>2</sup> ضریب تبیین تطبیق یافته، F آماره تجزیه واریانس، Std. Error انحراف معیار و Sig. معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱ است.

وارد محاسبات شدند؛ این نسبت برای درختان تک پایه به نسبت مساوی هفت پایه در هر رویشگاه بود.

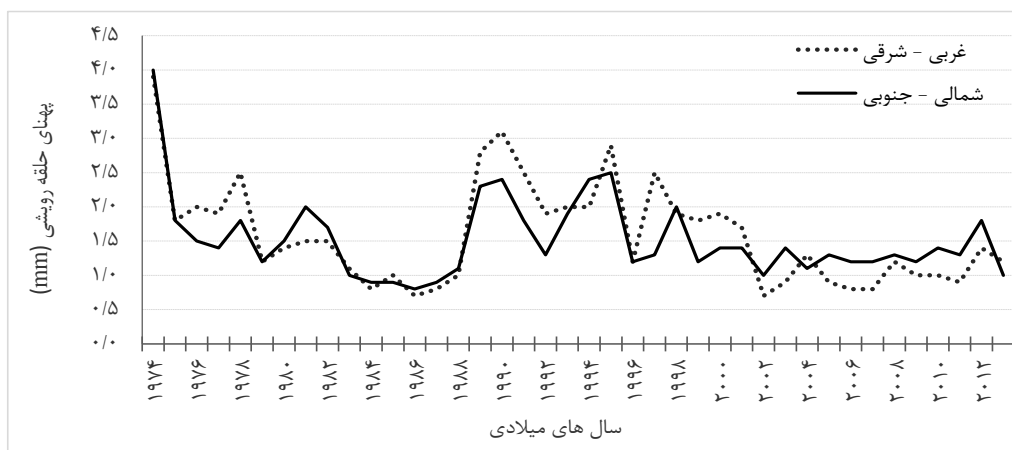
۷ درخت (۱۴ نمونه) از مجموع ۳۶ درخت هم به علت انطباق نداشتن در مرحله انطباق گیری (بین دو نمونه یک درخت) حذف شدند. نمونه‌ای از درختان حذف شده در شکل ۳ مشخص شده است.

در هر دو رویشگاه، جست‌گروه‌ها به‌طور میانگین دارای سه جست بودند که میانگین قطر قطورترین جست آنها کمتر از ۲۵ سانتی‌متر بود.

برای ۲۹ درخت (۱۵ جست‌گروه و ۱۴ تک پایه) در دو رویشگاه، مقایسه بصری دو نمونه پهنای حلقه‌های رویشی نشان‌دهنده تطابق زمانی و همبستگی مناسب بود (شکل ۲). از ۱۵ جست‌گروه، هشت درخت در رویشگاه آمیخته و هفت درخت در رویشگاه خالص



شکل ۲- نمونه منحنی‌های رویش حلقه‌های سالیانه حاصل از دو نمونه عمود بر هم در جهات مختلف در رویشگاه آمیخته



شکل ۳- منحنی‌های رویش حاصل از دو نمونه عمود بر هم غیرمنطبق در جهات مختلف در رویشگاه خالص

حداکثر رویش سالانه در درختان جست گروه بیشتر از تک پایه است.

در جدول ۴ میانگین، انحراف از معیار، حداقل و حداکثر داده‌های مربوط به رویش سالانه شعاعی برآورد شده است. همان‌طور که مشخص است،

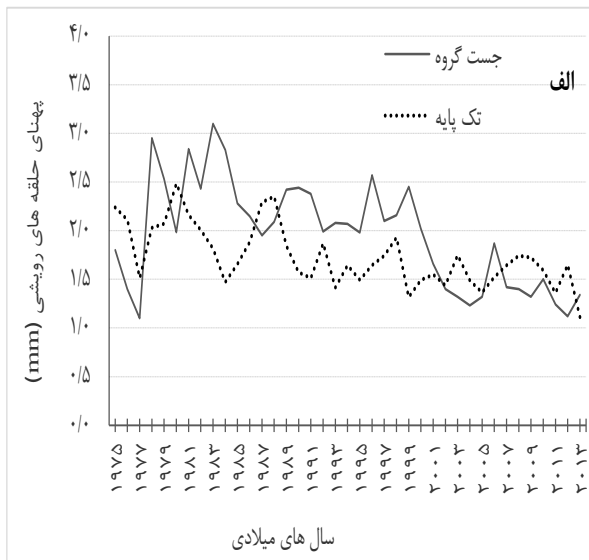
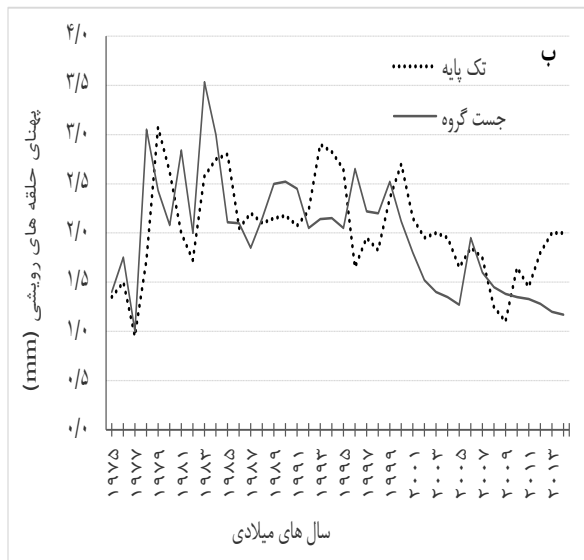
جدول ۴- برآورد پارامترهای کمی رویش سالانه شعاعی در رویشگاه‌های مختلف و فرم‌های متفاوت رویشی

رویشگاه	فرم رویشی	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
آمیخته	تک پایه	۲/۰۳	۰/۴۹۶	۰/۹۵	۳/۰۷
	جست گروه	۱/۹۷	۰/۵۸۱	۱/۰۰	۳/۵۳
خالص	تک پایه	۱/۷۳	۰/۳۱۰	۱/۱۰	۲/۴۸
	جست گروه	۱/۹۵	۰/۵۴۳	۱/۱۰	۳/۱۰



رویشگاه، روندی مشابه در افزایش و کاهش پهنای حلقه‌های رویشی دارند. به این صورت از سال‌های دهه هفتاد میلادی به این طرف، اندازه پهنای حلقه‌ها کاهش تدریجی داشته است (شکل ۴).

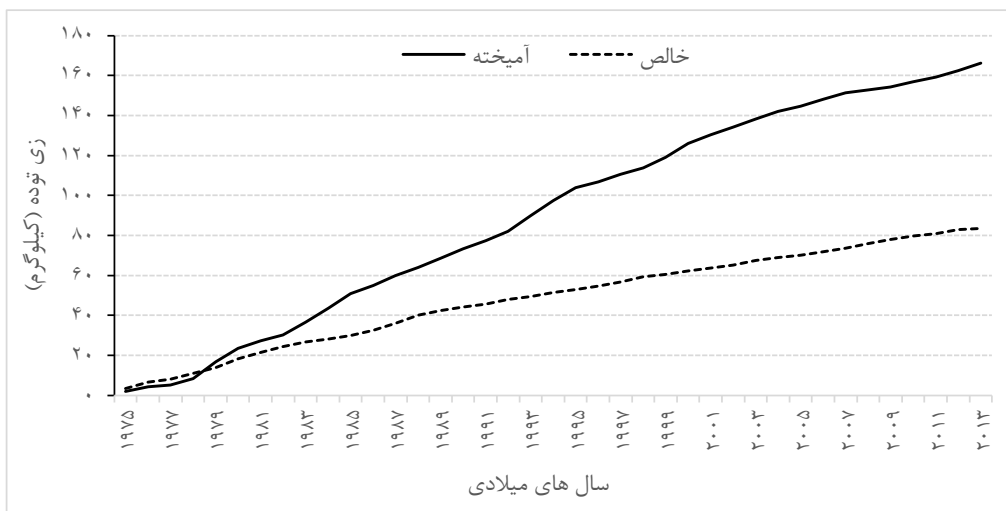
دامنه سنی درختان در رویشگاه خالص ۱۴۵-۴۰ سال و در رویشگاه آمیخته ۱۰۶-۳۷ است. نتایج سری‌های زمانی میانگین اندازه پهنای درختان با فرم رویشی تک پایه و جست گروه نشان داد که هر دو



شکل ۴- سری زمانی میانگین پهنای حلقه‌های رویشی درختان تک پایه و جست گروه در رویشگاه خالص (الف) و آمیخته (ب)

شد (شکل ۵). نتایج بیانگر افزایش رویش سالانه شعاعی در رویشگاه آمیخته و به تبع آن، مقدار زی توده برآوردی است.

علاوه بر نمودار سری زمانی پهنای حلقه‌های رویشی، با استفاده از معادلات آلومتریک حاصل از جدول ۳، نمودار تغییرات تجمعی زی توده فرم‌های تک پایه در دو رویشگاه خالص و آمیخته نیز برآورد



شکل ۵- نمودار برآوردی تغییرات تجمعی زی توده در فرم رویشی تک پایه در دو رویشگاه مختلف

یکسانی برخوردارند. دامنه این اعداد بین حداقل ۶۸ تا حداکثر ۹۰ درصد در دو منطقه است. هرچه مقدار این آماره بیشتر باشد، هماهنگی بین نمونه‌ها بیشتر است.

نتایج ضرایب GLK برای ۲۸ درخت در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایجی که جدول مذکور نماینده بخشی از آن است، به نظر می‌رسد تغییر اندازه‌های ضریب GLK نمونه‌های رویشی هر درخت و تمامی درختان با یکدیگر از هماهنگی

جدول ۵- مقادیر ضریب GLK بین درختان دو فرم رویشی در دو رویشگاه

رویشگاه	فرم رویشی	درخت ۱	درخت ۲	درخت ۳	درخت ۴	درخت ۵	درخت ۶	درخت ۷
آمیخته	تک پایه	۶۸/۰۰	۶۹/۵۰	۸۰/۶۰	۸۴/۰۰	۷۸/۳۰	۷۲/۴۰	۷۹/۰۰
	جست گروه	۷۱/۰۰	۸۳/۵۰	۸۶/۸۰	۷۸/۹۰	۶۸/۱۰	۷۲/۳۰	۷۴/۲۰
خالص	تک پایه	۷۱/۹۰	۸۵/۵۰	۸۶/۲۰	۶۹/۳۰	۸۰/۰۰	۸۱/۲۰	۷۸/۷۰
	جست گروه	۷۵/۴۰	۹۰/۱۰	۷۸/۷۰	۷۴/۴۰	۷۵/۱۰	۸۳/۶۰	۷۶/۰۰

تمامی مقادیر در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دارند (منظور از درخت ۱ و غیره درختان اندازه‌گیری شده در فرم‌های مختلف رویشی و رویشگاه‌های متفاوت است).

ندارد (جدول ۶). هدف مقایسه مذکور، بررسی اثر نوع فرم رویشی و همچنین ترکیب توده (خالص یا آمیخته) بر رویش سالانه شعاعی، زی توده و کربن است.

نتایج تجزیه واریانس رویش سالانه شعاعی و زی توده برای فرم‌های مختلف رویشی در رویشگاه‌های متفاوت در جدول ۶ آورده شده است. بین مقدار رویش شعاعی و رویش سالانه زی توده در فرم‌های رویشی مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری وجود

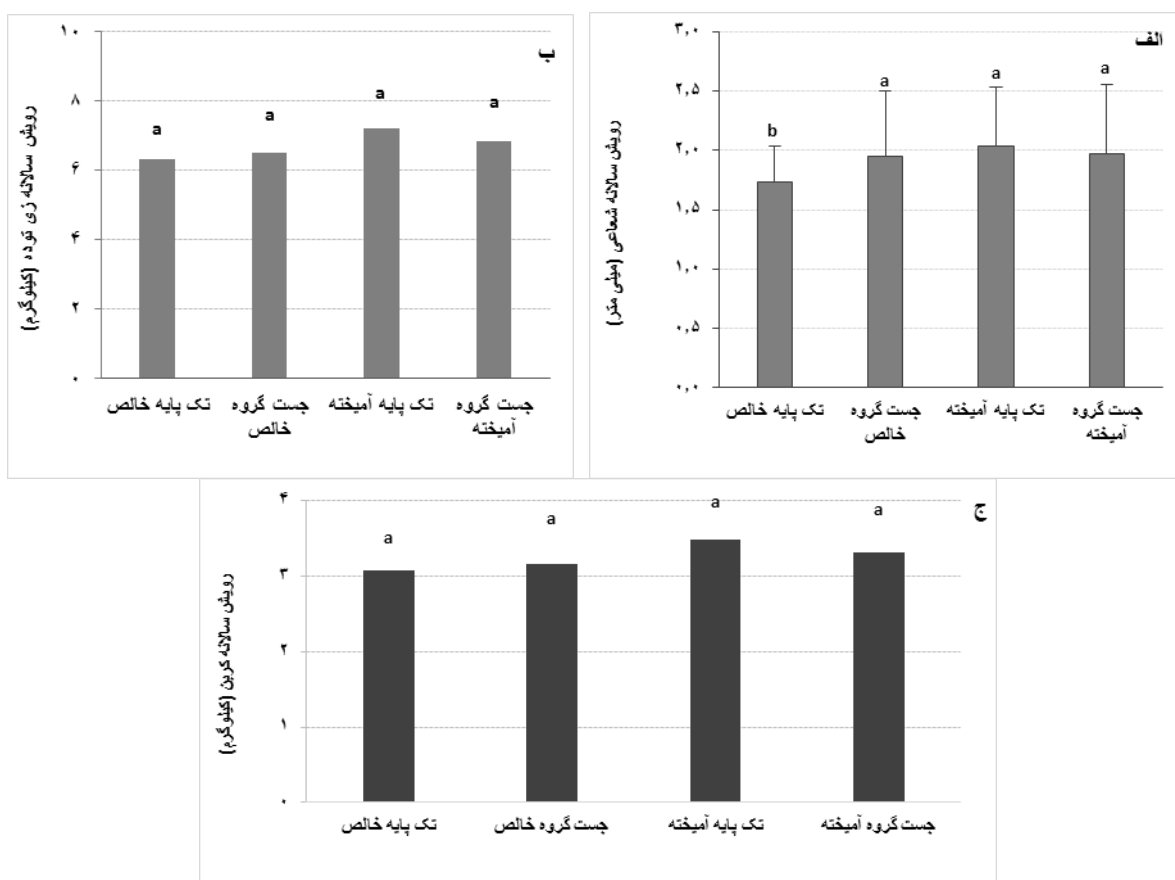
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس رویش سالانه قطر، مقدار زی توده و موجودی کربن در رویشگاه‌های متفاوت و فرم‌های مختلف

متغیر بررسی شده	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
رویش سالانه قطر	بین گروه	۱۱/۲۰	۳	۳/۷۳	۱۱/۱۷	۰/۴۱۲ <sup>ns</sup>
	درون گروه	۸/۳۵	۲۵	۰/۳۳۴		
	کل	۱۹/۵۵	۲۸			
رویش سالانه زی توده	بین گروه	۳۹۵۵/۷۸	۳	۱۳۱۸/۵۹	۵/۳۳	۰/۴۸۳ <sup>ns</sup>
	درون گروه	۶۱۷۹/۸۰	۲۵	۲۴۷/۱۹		
	کل	۱۰۱۳۵/۵۸	۲۸			
رویش سالانه کربن	بین گروه	۹۴۸/۹۳	۳	۳۱۶/۳۱	۴/۹۸	۰/۵۲۵ <sup>ns</sup>
	درون گروه	۱۵۸۸/۹۱	۲۵	۶۳/۵۵		
	کل	۲۴۹۷/۸۴	۲۸			

<sup>ns</sup> = معنی‌دار نیست

تک‌پایه و جست‌گروه در رویشگاه‌های خالص و آمیخته برودار به ترتیب ۱/۷۳، ۱/۹۵، ۲/۰۳ و ۱/۹۷ میلی‌متر، میانگین رویش سالانه زی‌توده به ترتیب ۶/۳۴۰، ۶/۵۱۵، ۷/۱۹۵ و ۶/۸۳۵ کیلوگرم در سطح درخت و رویش سالانه کربن بعد از اندازه‌گیری حدود ۴۸ درصد زی‌توده برآورد شد.

میانگین رویش سالانه شعاعی و همچنین زی‌توده درختان تک‌پایه در رویشگاه آمیخته، نسبت به فرم‌های مختلف رویشی بیشتر است (شکل ۶)، شایان ذکر است که این افزایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نیست. البته در مجموع در هر دو رویشگاه، رویش درختان جست‌گروه بیشتر از تک‌پایه است. مقدار رویش سالانه شعاعی برای فرم‌های رویشی



شکل ۶- میانگین رویش سالانه شعاعی (الف)، رویش سالانه زی‌توده (ب) و رویش سالانه کربن (ج) در فرم‌های مختلف رویشی (حروف یکسان (a و b) نشان‌دهنده نبود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. میله‌های خطا، مقادیر انحراف معیارند)

آن حلقه رشد درخت و میزان رویش قطری است که می‌توان آن را در پایان فصل رویش با ابزار و روش‌های خاص مطالعه کرد. تاکنون پژوهش‌های زیادی درباره مطالعه رویش شعاعی در گونه‌های سوزنی‌برگ (Deslauriers et al., 2003; Rossi et al., 2006; 2008; Gricar, 2007; De Luis et al., 2007;

## بحث

با در نظر گرفتن رویش توده جنگلی یا درخت، چگونگی تکامل آن را تعیین یا حتی برای آینده پیش‌بینی می‌کنند (Namiranian, 2010). رویش شعاعی درختان از جمله فعالیت‌های پویایی است که در طول فصل رویش اتفاق می‌افتد. با این حال حاصل

خطای نسبی نمونه برداری را در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ۱۰/۷ درصد برآورد کردند.

در تحقیق حاضر، حداکثر رویش سالانه شعاعی مربوط به درختان فرم جست گروه است (جدول ۴). البته در مجموع هم میانگین رویش سالانه درختان شاخه‌زاد در دو رویشگاه بیشتر از درختان دانه‌زاد است (شکل ۶). نتایج این تحقیق با پژوهش Taban (1975) همخوانی دارد. پژوهش مذکور که در منطق، سردشت و پیرانشهر انجام گرفت، نشان داد که متوسط رویش شعاعی سالانه درختان دانه‌زاد ۲/۱ میلی‌متر و متوسط رویش قطری سالانه ۴/۲ میلی‌متر است، درحالی که این مقدار برای درختان شاخه‌زاد ۲/۲ میلی‌متر برای رویش شعاعی سالانه و ۴/۴ میلی‌متر برای رویش قطری است. به نظر می‌رسد پایه‌های شاخه‌زاد رویش شعاعی و قطری بیشتری به‌ویژه در سال‌های ابتدایی رویش دارند. رویش درختان در جنگل ممکن است تحت تأثیر عوامل مختلف زیادی قرار گیرد؛ میزان رویش زی توده در سطح درخت به میزان رشد درختان بستگی دارد که وابسته به ظرفیت تولیدی رویشگاه (West, 2009)، عمق خاک، پاسخ به متغیرهای نوری، بادهای دائمی در جنگل (Schweingruber, 1993)، زوال جنگل، ظرفیت فتوسنتزی و سطح برگ درختان است (Hoogesteger & Karlsson, 1992; Trumble, 1993). همچنین منابع در دسترس درختان اثر قوی بر نرخ رشد درختان دارد (Keeling et al., 2008). فصل رشد کوتاه، حلقه‌های رشد باریک با تراکم کم ایجاد می‌کند، درحالی که شرایط گرم‌تر به حلقه‌های پهن‌تر با تراکم چوب پایانی بیشتر، منجر می‌شود (Fritts, 1976).

در جنگل‌های شاخه‌زاد، به‌ویژه در جست‌گروه‌های کم‌قطر، به‌طور معمول تعداد زیادی جست، ساختار یک جست‌گروه را تشکیل می‌دهند که برای بقای خود به کنده مادری متکی‌اند. وفور جست‌های کم‌قطر در هر جست‌گروه بلوط از یک‌سو و تأمین نیازهای

پهن‌برگ (Makinen et al., 2008; Sadari et al., 2013; Marion et al., 2007; Van der werf et al., 2007; Cufar et al., 2011; Sass-Klassen, 2011; Oladi and Pourtahmasi, 2012) صورت گرفته است.

در این پژوهش مقدار رویش سالانه شعاعی، زی توده و رویش کربن برای فرم‌های رویشی تک‌پایه و جست‌گروه در رویشگاه‌های خالص و آمیخته برودار در شکل ۶ مشخص شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده بین فرم‌های مختلف رویشی از نظر میزان رویش سالانه شعاعی و زی توده، اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. تاکنون تحقیق مدونی در زمینه رویش زی توده و کربن در جنگل‌های زاگرس انجام نگرفته است. در تنها تحقیق صورت‌گرفته در ایران (Shahrokhzadeh et al., 2015) رویش سالانه قطری برای راش، ممرز و بلندمازو را به‌ترتیب ۲/۱۱، ۱/۶۰ و ۳/۲۶ میلی‌متر برآورد کرد. همچنین میزان رویش زی توده را برای راش، ممرز و بلندمازو به‌ترتیب ۱۵/۶۴، ۱۰/۲۶ و ۴۳/۱۴ کیلوگرم در سطح درخت برآورد کردند. در برآورد زی توده علاوه بر اهمیت میزان ذخیره زی توده، رویش سالانه زی توده از اهمیت زیادی برخوردار است.

البته در زمینه رویش قطری و شعاعی، تحقیقات فراوانی در منطقه زاگرس انجام گرفته است؛ برای مثال (Jahanbazi et al., 2000) برای بررسی میزان رویش قطری درختان دانه‌زاد بلوط ایرانی در استان چهارمحال و بختیاری، ۴۵ نمونه رویشی را با استفاده از متده سال‌سنج برداشت کرده و میانگین رویش شعاعی این درختان را (طی ده سال آخر) ۲/۶۵ سانتی‌متر، میانگین رویش قطری با پوست را ۵/۶ میلی‌متر در سال و میانگین رویش قطری بدون پوست را ۵/۳۰ میلی‌متر در سال برآورد کردند. Ghazanfari et al. (2005) با برداشت ۳۴ جفت نمونه رویشی و ۱۱ دیسک از درختان وی‌ول در منطقه هواره خول زاگرس شمالی میزان رویش جاری سالیانه قطر را در این درختان ۳/۵۰ میلی‌متر و

از سال ۲۰۰۸ به بعد روند کلی رشد درختان به‌طور تقریبی مشابه بوده است، ولی از این سال به بعد در منحنی رویش درختان افت رویش مشخصی مشاهده می‌شود که احتمالاً به دلیل تأثیر آفات و شروع پدیده زوال در درختان است (شکل ۴). از این سال به بعد با وجود افزایش بارندگی در برخی سال‌ها، افزایش رویش در درختان مشاهده نمی‌شود که به آن معناست که با توجه به تأثیر عوامل ایجادکننده زوال و در نتیجه کاهش فعالیت لایه زاینده درخت، درختان توان رویش مجدد خود را از دست داده‌اند و حتی با بهبود شرایط اقلیمی امکان ازسرگیری رویش در آنها وجود ندارد. به‌نظر می‌رسد رشد قطری در درختان بخش روزه‌ای همچون بلوط که نتیجه فعالیت سلول‌های ناحیه کامبیومی و متعاقب آن میزان حلقه‌های رویش سالانه، تعداد و اندازه سلول و نسبت سلول‌های چوب آغاز به چوب پایان است، صرف‌نظر از بحث‌های ژنتیکی، به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی (Fonti et al., 2007) و همچنین شرایط رویشگاه (Eckstein, 2004; Tardif and Conciatori, 2006; Tradif et al., 2010) است.

در اکثر تحقیقات، فقط تأثیر دما و بارندگی بر رویش حلقه‌های سالانه ارزیابی شده است. علاوه‌بر عوامل اقلیمی ذکر شده، به‌نظر می‌رسد ارتفاع از سطح دریا نیز باید لحاظ شود. در این پژوهش میانگین ارتفاع از سطح دریا در رویشگاه آمیخته ۸۳۵ و در رویشگاه خالص ۱۶۴۰ متر است. میانگین رویش قطری در این دو رویشگاه تقریباً نزدیک به هم و با اندکی تفاوت، در رویشگاه آمیخته بیشتر از رویشگاه خالص است (میانگین دو فرم رویشی، ۱/۸۴ در رویشگاه خالص و ۲ میلی‌متر در رویشگاه آمیخته). این نتیجه با یافته‌های Ghadery et al. (2013) یکسان است. آنها نشان دادند که در ارتفاعات بیشتر از ۱۴۰۰ متر، میزان رویش قطری بلوط وی‌ول به‌دلیل نامناسب بودن شرایط اکولوژیکی و کم بودن دما در ارتفاعات بالا، کم است. (Pourtahmasi et al. (2008)

غذایی این جست‌ها از خاک جنگل از طریق کنده قوی مادری از سوی دیگر، به‌مرور زمان موجب فقر مواد غذایی، کاهش حاصلخیزی خاک و افزایش رویش در سال‌های اولیه آن می‌شود (Cochet, 1959; Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003).

درختان بلوط با دسترسی به رطوبت کافی در آغاز بهار، استفاده از کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در فصل پاییز را آغاز می‌کنند. بنابراین در دسترس نبودن آب کافی موجب ذخیره نشدن یا از بین رفتن کربن می‌شود و کاهش رشد را به همراه دارد (Lebourgeois, 2004). این نتیجه در تحقیقات بسیاری از محققان از جمله (Pourtahmasi et al., 2008) و Shi et al., (2008) به‌دست آمده است.

اگرچه مقدار منابع در دسترس با میزان رویش ارتباط مستقیم دارد، این همبستگی مثبت بین سن درخت و شعاع رویش تا سن خاصی ادامه دارد. (Amini et al. 2009) نشان دادند که همبستگی ضعیفی بین رویش شعاعی قطر و سن درخت وجود دارد (۱۲۰ سالگی)، ولی همبستگی مثبتی بین رویش حجمی با سن درخت وجود دارد. با این حال، با افزایش سن توده، مقدار زی توده جمع‌شده در جنگل افزایش می‌یابد (Uhl et al., 1998). علاوه‌بر سن، عواملی مانند ارتفاع از سطح دریا بر میزان رویش سالانه زی توده تأثیر بسزایی دارد. در همین مورد (Kahnamoie et al., 2004) رابطه بین رویش سالانه قطری و عوامل محیطی را برای راش در ارتفاعات مختلف از سطح دریا در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران بررسی کردند و دریافتند که ارتفاع از سطح دریا تأثیر مهمی همچون عوامل دیگر محیطی در میزان رویش درختان دارد.

تاریخ‌گذاری تطبیقی بین گاه‌شناسی فردی درختان با میانگین آنها نشان داد که مقادیر GLK از نظر آماری معنی‌دار است (جدول ۵). زیاد بودن مقادیر درصد تطبیق، دقت اندازه‌گیری و الگوی رویشی یکسانی را بین پایه‌های درخت نشان می‌دهد.

جست گروه در دو رویشگاه متفاوت در زاگرس جنوبی و مرکزی ارزیابی و محاسبه شد. با توجه به سهولت استفاده از علم گاه‌شناسی، پیشنهاد می‌شود در دیگر گونه‌های درختی جنگل‌های زاگرس نیز به همین روش، مقدار رویش زی توده در سال‌های مختلف محاسبه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقی مجزا، تأثیر شاخص‌های اقلیمی از جمله دما در بهار و تابستان بر پهنای دواير سالانه ارزیابی شود.

در مطالعات خود اشاره کرده‌اند که ارتفاع از سطح دریا تأثیر دوک‌شکل (در میانه، تأثیر بیشتر و در ابتدا و انتها، تأثیر کمتر) بر میزان رویش بعضی گونه‌ها دارد؛ بنابراین همان گونه که مشخص شد، عامل ارتفاع از سطح دریا تأثیر محسوسی بر رویش قطری درختان دارد و باید در تحقیقی مجزا به آن پرداخته شود. در این تحقیق مقدار رویش شعاعی سالانه، رویش سالانه زی توده و موجودی کربن در فرم‌های تک‌پایه و

## References

- Aguilar, R., Ghilardi, A., Vega, E., Skutsch, M., & Oyama, K. (2012). Sprouting productivity and allometric relationships of two oak species managed for traditional charcoal making in central Mexico. *Biomass and bioenergy*, 36, 192 - 207.
- Amini, M., Namiranian, M., Sagheb Talebi, Kh., & Amini, R. (2009). Investigation on The Homogeneity of Diameter Increment Models in *Fagus orientalis* L. Trees. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 16(4), 1-23.
- Bakhtiarvand Bakhtiari, S., & Sohrabi, H. (2012). Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and coniferous trees. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3), 481-492.
- Cochet, P. (1959). Etude et Culture de La Foret: Manuel Pratique de Gestation Forestiere (N. Birang, A. Javanshir, & Y. Mojtahedi,). Ecole Nationale des Eaux et Forêts: Livres Press.
- Cufar, K., Cherubini, P., Gričar, J., Prislán, P., Spina, S., & Romagnoli, M. (2011). Xylem and phloem formation in chestnut (*Castanea sativa mill.*), *Dendrochronologia*, 29, 127-134.
- De Luis, M., Gričar, J., Cufar, K., & Raventos, J. (2007). Seasonal dynamics of wood formation in *Pinus halepensis* from dry and semi-arid ecosystems in Spain, *IAWA journal*, 28, 389-404.
- Deslauriers, A., Morin, H., & Begin, Y. (2003). Cellular phenology of annual ring formation of *Abies balsamea* in the Quebec boreal forest (Canada), *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 190-200.
- Eckstein, D. (2004). Change in past environments- secrets of the tree hydrosystem, *New Phytologist*, 163:1-4.
- Fallahi, A., Heidari, M., & Hosseini, A. (2012). Investigation of growth diameter of *Quercus infectoria* Oliv. in untouched and managed forest stands of Sardasht. *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 3(1), 15-26.
- Fonti, P., Solomonoff, N., & Garcia-Gonzalez, I. 2007. Earlywood vessels of *Castanea sativa* record temperature before their formation, *New Phytologist*, 173, 562-570.
- Fritts, H.C. (1976). Tree ring and climate. Academic Press, London Newyork Sanfrancisco, A subsidiary of Harrcourt Brace Jovanovich publisher university of Arizona, USA, 567 pp.
- Garcla-Suarez, A.M., Butler, C.J., & Baillie, M.G.L. (2009). Climate signal in tree-ring: chronologies in at temperate climate: A multi-species approach, *Dendrochronologia Journal*, 27: 183-197.
- Ghadery, I., Hassanzad Navroodi, I., & Torkman, J. (2013). Effect of Altitude on Annual Diameter Growth of *Quercus libani* Oliv in Kurdistan Province. *Journal of Plant Research*, 26(3), 434-443.

- Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Marvi Mohajer, M.R., & Pourtahmasi, K. (2005). An Estimation of Tree Diameter Growth of Lebanon Oak (*Quercus libani*) in Northern Zagross Forests (Case Study, Havareh khole). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(4), 649-662.
- Gorji Bahri, Y., Kiadaliri, S.H., & Faraji Poul, R.A. (2014). Study on growth and silvicultural analysis of young stand of *Quercus castaneifolia* C.A.M. in Neyrang forest, Nowshahr. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(3), 387-395.
- Gričar, J. (2007). Xylo and phloemogenesis in silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), Dissertation of Slovenian Forestry Institute, Ljubljana, 106 pp.
- Hoogesteger, J., & Karlsson, P.S. (1992). Effects of defoliation on radial stem growth and photosynthesis in the mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*), *Functional Ecology*, 6(1): 317-323.
- IPCC, (2001). Climate Change. The Scientific Basis. IPCC third assessment report, Working group I, Technical Summary, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881 pp.
- Iranmanesh, Y., Jalali, S.G.A., Sagheb Talebi, Kh., Hosseini, S.M., & Sohrabi, H. (2013). Allometric equations of biomass and carbon stocks for *Quercus brantii* acorn and its nutrition elements in Lordegan, Chaharmahal Va Bakhtiari. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4), 551-564.
- Jahanbazi, H., Mirbadin, A.R., & Talebi, M. (2000). Determination of diameter increment of persian oak (*Quercus brantii*) in West- Iran (Chaharmahal va Bakhtiari Province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 5(1), 1-32.
- Jazirehi, M.H., & Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*. University of Tehran Press, Tehran, 560p.
- Kahnamoie, M.H.M., Bijker, W. & Sagheb-Talebi, K. (2004). The relation between annual diameter increment of *Fagus orientalis* and environmental factors (Hyrcanian forest). *Improvement and Silviculture of Beech*, 76p.
- Keeling, H.C., Baker, T.R., Martinez, R.V., Monteagudo, A., & Phillips, O.L. (2008). Contrasting patterns of diameter and biomass increment across tree functional groups in Amazonian forests, *Oecologia*, 158(3): 521-534.
- Lebourgeois, F., Cousseau, G., & Ducos, Y. (2004). Climate-tree-growth relationships of *Quercus petraea* Mill, stand in the Forest of Bercé ('Futaie des Clos', Sarthe, France), *Annals of Forest Science*, 61(4): 361-372.
- MacDicken, K.G. (1997). A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agro forestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. pp 91.
- Mäkinen, H., Wook Seo, J. Nöjd, P., Schmitt, U., & Jalkanen, R. (2008). Seasonal dynamics of wood formation: a comparison between pinning, microcoring and dendrometer measurements, *European Journal of Forest Research*, 127, 235-245.
- Marion, L., Gričar, J., & Oven, P. (2007). Wood formation in urban Norway maple trees studies by the micro-coring method, *Dendrochronologia*, 25, 97-102.
- Marvi Mohajer, M.R. (2006). *Silviculture*. University of Tehran Press. 384p.
- Mbow, C., Chhin, S., Sambou, B., & Skole, D. (2013). Potential of Dendrochronology to Assess Annual Rates of Biomass Productivity in Savanna Trees of West Africa. *Dendrochronologia*, 31(1), 41-51.
- Mosleh Arany, A., Soleimani, Z., & Sowdaizadeh, H. (2012). Investigation on the effect of drought stress in *Prosopis Juliflora*, *P. cineraria* (L.) Durce, *P. koelziana* Burkil in three life cycles (germination, seedling, maturity). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(1), 123-136. (In Persian)

- Namiranian, M. (2010). *Measurement of tree and forest biometry*. University of Tehran Press (In Persian)
- Navar, J. (2009). Allometric equations and expansion factors for tropical dry forest trees of eastern Sinaloa, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 45-52.
- Nouri, H., Sadeghi, H., Rasti, H., & Darvishi, H. (2013). Investigating the Role of Agriculture in Sustainable Rural Population. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 2(4), 65-78.
- Oladi, R., & Pourtahmasi, K. (2012). Intra-annual Secondary Growth rate-Climate relations of *Fagus orientalis* Lipsky. in the center of hyrcanian forest, *Natural Science Biology*, 4(2), 136-140.
- Ostakh, E., Soosani, J., Pilehvar, B., & Poursartip, L. (2014). Extraction of vegetative information of coniferous trees using trunk analysis. *2<sup>th</sup> National Student Conference of Forest Sciences*, Tehran, 241-246.
- Owliaie, H.R., Adhami, E., Faraji, H., & Fayyaz, P. (2011). Influence of Oak (*Quercus brantii* Lindl.) on Selected Soil Properties of Oak Forests in Yasouj Region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 15(4), 193-206.
- Pourtahmasi, K., Parsapajouh, D., Marvi Mohajer, M., & Ali-Ahmad-Korouri, S. (2008). Evaluation of Juniper trees (*Juniperus polycarpus* C. Koch) radial growth in three sites of Iran by using dendrochronology. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(2), 327-342.
- Poursartip, L., Pourtahmasi, K., Brauning, A., & Eckstein, D. (2014). Analyze of Oak Chronology Network with Climate in Hyrcanian Forests. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 4(2), 91-100.
- Rossi, S., Deslauriers, A., Anfodillo, T., Morin, H., Saracino, A., Motta, R., & Borghetti, M. (2006). Conifers in cold environments dynchronize maximum growth rate of tree ring formation with day length, *New Phytologist*, 170, 301-310.
- Rossi, S., Gričar, J., Levanić, T., & Oven, P. (2008). Critical temperatures for xylogenesis in conifers of cold climates, *Global Ecology and Biogeography*, 17, 696-707.
- Saderi, S.M., Pourtahmasi, K., Oladi, R., & Rathgeber, C.B.K. (2013). Wood formation in *Juniperus excels ssp. polycarpus* in the high mountains of north-east Iran, *Journal of Tropical Forest Science*, 25(3): 421-428.
- Sass-Klaassen, U., Sabajo, C.R., & Den ouden, J. (2011). Vessel formation in relation to leaf phenology in pedunculate oak and European ash, *Dendrochronologia*, 29, 171-175.
- Shi, P., Körner, C., & Hoch, G. (2008). A test of the growth-limitation theory for alpine tree line formation in evergreen and deciduous taxa of the eastern Himalayas, *Functional Ecology*, 22, 213-220.
- Rinn, F. (1996). Time series analysis and presentation, Version 3, Reference Manual, 262 pp.
- Safdari, V.R., Parsapajouh, D., & Hemmasi, A.H. (2005). A dendro climatological evaluation of *Pinus eldarica* at three sites in Tehran. *Journal of Agricultural Science*, 36(2), 217-231.
- Schweingruber, F.H. (1993). Trees and wood in dendrochronology: morphological, anatomical, and tree-ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology, Springer-Verlag, 10-70.
- Shahrokhzadeh, U., Sohrabi, H., & Copenheaver, C. (2015). Aboveground biomass and leaf area equations for three common tree species of Hyrcanian temperate forests in northern Iran. *Journal of Botany*, 93 (10), 663-670.
- Snowdon, P., Raison, J., & Eamus, D. (2002). Protocol for sampling tree and stand biomass. Australian Greenhouse Office Publication, 67 p.
- Taban, E. (1975). Study of Oak forest Growth in the Ghalage and Dzevel in the Shabad region, Forestry heed office in Kermanshsh, 63p.



- Taghvayipour, E., Salehi, A., & Askari, Y. (2016). Distribution pattern of declined Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) trees in forests of Tol-e Ghah, Yasuj. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(1), 53-64.
- Tardif, J., & Conciatori, F. (2006). Influence of climate on tree rings and vessel features in red oak and white oak growing near their northern distribution limit, southwestern Quebec, Canada, *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 2317-2330.
- Tardif, J., Kames, S.C., & Bergeron, Y. (2010). Spring water levels reconstructed from ice-scarred trees and cross sectional area of the earlywood vessels in tree rings from eastern boreal Canada. *Tree rings and natural Hazards; A state of art, advances in global change research*, Springer, 257-261.
- Toghraei, N. (2013). Tree chronology, *Growth Magazine (Education of Earth Science)*, 18(1), 58-64.
- Trumble, J.T., Kolodny-Hirsch, D.M., & Ting, I.P. (1993). Plant compensation for arthropod herbivory, *Annual Review of Entomology*, 38(1): 93-119.
- Uhl, C., Buschbacher, R., & Serrao, E.A.S. (1988). Abandoned pastures in eastern Amazonia, I. Patterns of plant succession, *The Journal of Ecology*, 76(3): 663-681.
- Van der werf, G.W., Sass-Klaassen, U., & Mohren, G.M.J. (2007). The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus ruber* L.) on a dry site in the Netherlands, *Dendrochronologia*, 25, 103-112.
- Van Laar, A., & Akça, A. (2007). Forest mensuration; Managing Forest Ecosystems. The Netherlands, Springer, 383 p.
- West, P.W. (2009). *Tree and Forest Measurement*, 2nd Edition, Springer, 190 pp.
- Yamaguchi, D.K., Woodhouse, C.A., & Reid, M.S. (1989). Tree-ring evidence for synchronous rapid submergence of the southwestern Washington coast 300 years B.P. [Abs.]: Eos (Transactions, American Geophysical Union) Supplement, Fall Meeting, 70, 1332.
- Zhang, Q., Wang, C., Wang, X., & Quan, X. (2009). Carbon concentration variability of 10 Chinese temperate tree species. *Forest Ecology and Management*, 258, 722-727.
- Zobeiri, M. (2007). *Forest Biometry*. University of Tehran Press. 416p.



## Estimation of annual radial growth, biomass and carbon allocation in different forms of *Quercus brantii* Lindl. tree species

Y. Askari<sup>1\*</sup>, A. Soltani<sup>2</sup>, and R. Akhavan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D of Forestry, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Shahrekord, Shahrekord, I. R. Iran

<sup>2</sup>Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran

<sup>3</sup>Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran

(Received: 29 October 2016, Accepted: 16 September 2017)

### Abstract

By comparing the pattern of rings among the trees in each region, it is possible to determine the exact year of ring formation. In this study, the data were collected from two different sites, Basht and Dehdez. In each site, 18 *Quercus brantii* individuals from two growth forms were selected and cut within each plot and the felled trees were then partitioned and the fresh weight was measured in the field. Also, a complete cross-sectional disk was sampled from each sampled tree at stump height (0.3 m aboveground). Moisture and carbon content of samples were measured in the laboratory and dry weights and carbon stock were also calculated. The proportion of annual diameter and average annual biomass quantity in the scale of individual tree and the growing forms including coppice and high-forest were studied in the current research. Average annual radial increment for *Quercus brantii* from two plantations, high forest, and coppice, were 1.73 and 1.95 in central Zagros forest and 2.04 and 1.98 (mm/year-1) in south Zagros forest, respectively. Also, average annual biomass increment for high forest and coppice were 6.34 and 6.52 in central Zagros forest and 7.20 and 6.84 (kg/year-1) in south Zagros forest, respectively. The carbon allocation was 48% of the biomass production. The results showed that there are no statistically significant differences between annual diameter increment and average annual biomass amounts in two different sites ( $p < 0.05$ ). Evaluating the annual growth rate in different forest forms and increasing or decreasing growth in different ages is another important and practical issue in estimating the growth, which was discussed in this study.

**Keyword:** Biomass, Carbon growth, Mixed stand, Tree ring.