



دانشگاه گواردهای جنگل

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹

۱-۱۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.16794.1817

## تعیین اثر گرادیان ارتفاعی بر مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی (مطالعه موردی: جنگل‌های سری سه سنگده)

\*سید مهدی رضایی سنگدهی<sup>۱</sup>، اصغر فلاح<sup>۲</sup>، جعفر اولادی<sup>۳</sup> و هومن لطیفی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

<sup>۳</sup> دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

<sup>۴</sup> استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** برآورد زی‌توده و محتوای کربن درختان و سایر رستنی‌ها با توجه به اهمیت موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم از اهمیت زیادی برخوردار بوده و تعیین زی‌توده به‌منظور تأثیر آن بر اقلیم و مدیریت منابع طبیعی امری ضروری می‌باشد. در مناطق جنگلی که همراه با تغییرات ارتفاعی می‌باشد، معمولاً مقادیر مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی نیز تغییر می‌کند. هدف از این پژوهش تعیین اثر ارتفاع از سطح دریا بر مشخصه‌های کمی جنگل شامل تعداد در هکتار، رویه زمینی، موجودی سرپا، مقدار زی‌توده و میزان ذخیره کربن در توده‌های جنگلی سری سه سنگده می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در ابتدا منطقه مورد مطالعه به سه طبقه با دامنه ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۴۰۰، ۱۸۰۰-۱۶۰۰ و ۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریا تقسیم شد و در هر طبقه تعداد ۵۰ قطعه نمونه دایره‌ای به روش تصادفی منظم به مساحت ۱۰ آری با پوشش سراسری کل طبقات ارتفاعی انتخاب گردید. در هر قطعه نمونه مشخصه‌های نوع گونه، ارتفاع کل درختان و قطر برابر سینه درختان با بیش از ۷/۵ سانتی‌متر ثبت شد. سپس چگالی تمام گونه‌های موجود در قطعات نمونه در آزمایشگاه تعیین گردید. بعد از آن میزان زی‌توده در سطح قطعات نمونه بر اساس مدل جهانی فائو و مقدار ذخیره کربن روی‌زمینی نیز با اعمال ضریب محاسبه گردید.

**یافته‌ها:** نتایج مطالعه نشان داد که از طبقه ارتفاعی پایین به بالا به‌ترتیب مقادیر تعداد در هکتار برابر با ۴۷۷، ۳۸۴ و ۳۷۲ اصله و رویه زمینی در هکتار برابر با ۲۵/۵۸، ۲۹/۴۲ و ۳۰/۸۴ مترمربع می‌باشد. هم‌چنین مقادیر حجم در هکتار به‌ترتیب برابر با ۳۱۴/۲۵، ۳۹۳/۹۸ و ۴۲۴/۷۵ سیلو برآورد گردیده است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میزان زی‌توده برای هر سه طبقه ارتفاعی از پایین به بالا به‌ترتیب برابر با ۴۰۶/۶۸، ۴۷۸/۲۶ و ۵۲۲/۳۰ تن در هکتار و میزان ذخیره کربن نیز به‌ترتیب ۲۰۳/۳۴، ۲۳۹/۱۲ و ۲۶۱/۱۵ تن در هکتار برآورد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند صعودی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار بین ارتفاع از سطح دریا با مشخصه‌های موردنظر به احتمال ۰/۹۵ دارد. هم‌چنین نتایج همبستگی اسپیرمن نشان می‌دهد که بین ارتفاع از سطح دریا و مشخصه‌های تعداد درختان، رویه زمینی، حجم و زی‌توده روی‌زمینی در هکتار همبستگی معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد وجود دارد.

\* مسئول مکاتبه: smrs\_49@yahoo.com

**نتیجه‌گیری:** در مجموع نتایج این پژوهش در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات ارتفاع از سطح دریا موجب تغییر در برخی مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی شده و بدین ترتیب گرادیان ارتفاع بر توزیع مقادیر زی‌توده روی‌زمینی مؤثر بوده، به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقدار زیست‌توده نیز افزایش داشته و در این میان مقادیر زی‌توده روی‌زمینی، بیش‌ترین همبستگی را با ارتفاع از سطح دریا نشان داده است.

**واژه‌های کلیدی:** ارتفاع از سطح دریا، چگالی، زی‌توده روی‌زمینی، سنگده، همبستگی اسپیرمن

## مقدمه

در زیست‌بوم‌های خشکی، گیاهان طی فرآیند فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن را از اتمسفر جذب و در زی‌توده خود ذخیره می‌کنند. جنگل‌ها از مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی هستند و نقش مهمی در جریان انرژی، ماده و تبدیل این دو بین زمین و اتمسفر بازی می‌کنند (۳۰) و یا به‌عبارتی در اکوسیستم‌های جنگلی درختان در مقایسه با سایر رستنی‌ها نقش کلیدی‌تری را در میزان ترسیب کربن ایفاء می‌کنند (۲۴). بخش اصلی زی‌توده اکوسیستم‌های جنگلی، زی‌توده چوبی می‌باشد که برآورد و پایش این زی‌توده از جنبه‌های مختلفی مانند بررسی میزان کربن ذخیره شده، محاسبه میزان تولید اولیه و ارزیابی زیست‌محیطی جنگل‌ها و طرح‌های جنگلداری اهمیت دارد (۱۸). تعیین هرچه دقیق‌تر زی‌توده درختان جنگل علاوه بر این‌که در مدیریت پایدار منابع طبیعی بسیار اهمیت دارد، سهم جنگل را نیز در چرخه جهانی کربن مشخص می‌کند (۳۷). برآورد زی‌توده و محتوای کربن درختان و سایر رستنی‌ها با توجه به اهمیت موضوع گرمایش زمین و تغییر اقلیم و نیز به‌عنوان شاخصی برای تشریح حاصلخیزی رویشگاه (۲۷) از اهمیت زیادی برخوردار بوده و از طرفی نگرانی‌ها در مورد تغییرات اقلیمی جهانی و اکوسیستم‌ها، تلاش برای برآورد زی‌توده با صحت بالا و پایش پویایی آن را ایجاب می‌کند (۱۷). برای اندازه‌گیری زی‌توده روی‌زمینی و تخمین ذخیره کربن در جنگل از دو روش غیرتخریبی و

تخریبی می‌توان استفاده کرد (۱۴). بدون شک وزن کردن درختان در عرصه جهت اندازه‌گیری زی‌توده یکی از دقیق‌ترین روش‌ها است ولی این امر مستلزم هزینه و وقت زیاد و روشی تخریبی محسوب می‌گردد (۱۶) بنابراین جهت تعیین زی‌توده با استفاده از روش‌های غیرتخریبی، قطر، ارتفاع و چگالی چوب بهترین و باارزش‌ترین متغیرهای کاربردی محسوب می‌شوند (۷). گرادیان ارتفاع تأثیر زیادی بر توزیع اکولوژیکی تپ جنگلی در مناطق کوهستانی دارد (۳۵) و از آنجایی‌که مقدار کربن موجود در خاک و گیاه به ویژگی‌های فیزیوگرافی (ارتفاع و شیب) بستگی دارد، هر نوع تغییر در ارتفاع و شیب منطقه منجر به تغییراتی در میزان کربن آلی موجود در خاک و پوشش گیاهی خواهد شد (۱) به‌عبارتی توزیع زی‌توده و ذخایر کربن در رابطه با عوامل فیزیوگرافی از جمله ارتفاع و شیب، تأکید بر این دارد که قابلیت دستیابی درختان به عناصر غذایی، حاصلخیزی خاک و آشفستگی‌های رخ داده در جنگل از مهم‌ترین عوامل هستند که نقش عوامل فیزیوگرافی را در مورد توزیع زی‌توده گیاهی و میزان ترسیب کربن آن‌ها مورد پوشش قرار می‌دهد (۲۲). این نکته را نیز باید در نظر داشت که متغیرهای محیطی، از جمله عوامل فیزیکی زمین تأثیر متفاوتی روی ساختار جنگل و بالطبع در میزان زی‌توده روی‌زمینی دارند (۲۰). در این زمینه مطالعات متنوعی صورت گرفته که از جمله، خادمی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی مقدار زی‌توده و ارتباط

کاهش داشته درحالی که تراکم پایه افزایش داشته است (۶). واندو و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان زی توده روی زمینی و تنوع گونه‌ای در گرادیان ارتفاعی در ویتنام به الگوی زی توده روی زمینی، تراکم، تنوع و تاج پوشش درختان در چهار ناحیه ارتفاعی کم تر از ۵۰۰ متر، ۵۰۰-۱۰۰۰ متر، ۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر و ۱۵۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریا پرداختند که نتایج این مطالعه نشان داد زی توده روی زمینی و تراکم درختان به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۶۷ و ۰/۳۹ به طور معنی داری با افزایش ارتفاع بیشتر شده است (۳۴). توکهام و یاداو (۲۰۱۷) به ارزیابی زی توده و ذخایر کربن در گرادیان ارتفاعی و ده توده جنگلی در مانپیور هند پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که تراکم پایه‌های درختی از ۱۲۸ تا ۱۶۸ اصله در هکتار متغیر بوده که در ارتفاع بالاتر تراکم بیش تر گردید. هم چنین زی توده بین ۱۲۴/۵۶ تا ۲۵۴/۹۹ تن در هکتار و میزان ذخیره کربن از ۶۰/۰۹ تا ۱۲۱/۴۳ تن در هکتار متغیر بوده که در مجموع همبستگی مثبت و معنی داری بین تراکم پایه، زی توده روی زمینی و ذخیره کربن با افزایش ارتفاع از سطح دریا مشاهده گردید (۳۱). کانی- سانچز و همکاران (۲۰۱۷) طی مطالعه پیش بینی زی توده روی زمینی و ویژگی های جنگل های گرمسیری شمال کنیا، با بررسی وضعیت زی توده روی زمینی در سه تیپ جنگلی نشان داد که جنگل های آمیخته با ۶۱۱ مگاگرم در هکتار بیش ترین زی توده روی زمینی را دارا بوده و هم چنین بر اساس همبستگی پیرسون نشان داد که زی توده روی زمینی بالاترین همبستگی معنی دار (۰/۹۶) را با سطح مقطع دارد اما با سایر ویژگی ها از جمله تراکم پایه همبستگی نداشته است (۷). مانن و همکاران (۲۰۱۸) در جنگل های هیمالیای شمال پاکستان به بررسی تنوع زی توده درختان و ذخایر کربن با توجه به گرادیان ارتفاعی در چهار دامنه ارتفاعی ۵۰۰-۱۰۰۰ متر، ۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر،

آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک در جنگل های شاخه زاد بلوط در جنگل های منطقه اردبیل خلخال نشان دادند که سطح مقطع و قطر برابر سینه با ضریب همبستگی ۰/۷۷ و ۰/۶۵ بیش ترین همبستگی را با زی توده روی زمینی داشته و از بین شرایط محیطی رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا و درصد تراکم تاج پوشش رابطه معنی داری با مقدار زیست توده دارند (۱۵). ژو و همکاران (۲۰۱۰) طی پژوهشی در کوهستان های چانگبای شمال شرقی چین و توده های جنگلی مختلف در سه کلاسه ارتفاعی ۷۰۰-۱۱۰۰ متر، ۱۱۰۰-۱۸۰۰ متر و ۱۸۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا، متوسط ذخیره کربن را ۲۳۷ تن در هکتار برآورد کردند. ایشان ارتفاع از سطح دریا را مؤثرترین عامل تغییرات زی توده معرفی نموده و بیان نمودند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان ذخیره کربن گیاهان به طور معنی داری کاهش می یابد (۳۸). بات و همکاران (۲۰۱۳) طی مطالعه ای که جهت برآورد ذخایر کربن درختان در امتداد طبقه ارتفاعی از ۱۵۵۰ تا ۳۵۵۰ متر از سطح دریا در جنگل های معتدله هندوستان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تراکم زی توده روی زمینی و زیرزمینی و هم چنین تراکم کل زیست توده در امتداد گرادیان ارتفاعی کاهش داشته است. به طوری که مقدار زی توده روی زمینی از ۷۱۸/۷۵ به ۲۰۲/۷۲ مگاگرم در هکتار رسیده است (۲). کریستل و همکاران (۲۰۱۶) در آفریقای مرکزی که به مطالعه زی توده روی زمینی و تنوع گونه های درختی در گرادیان ارتفاعی پرداختند، به این نتیجه رسیدند که زی توده روی زمینی در ارتفاع پایین از ۶۰۰-۵۰۰ مگاگرم در هکتار به ۳۰۰ مگاگرم در هکتار کاهش داشته که دلیل عمده آن را ناشی از وجود درختان با قطر بیش از ۷۰ سانتی متر در ارتفاع پایین تر عنوان نمودند. هم چنین ارتفاع درختان و سطح مقطع به طور معنی داری با افزایش ارتفاع از سطح دریا

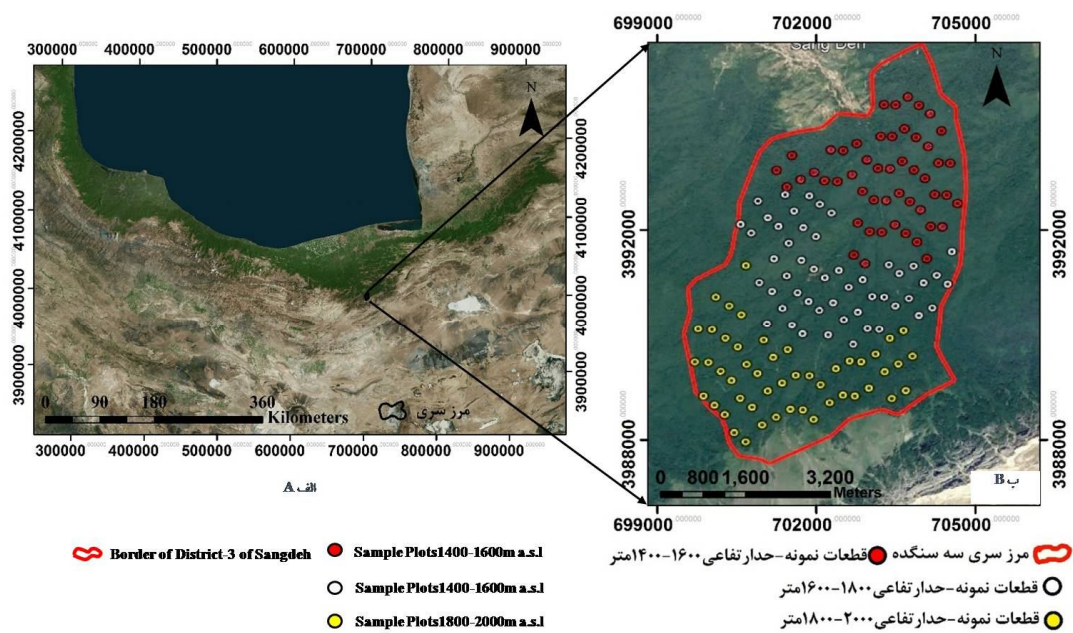
برای متولیان و صاحبان امر، شیوه مناسبی از مدیریت بر جنگل‌ها را هموارتر نماید.

### مواد و روش‌ها

**منطقه تحقیق:** جهت انجام پژوهش حاضر جنگل‌های سری سه سنگده انتخاب شده که دارای مساحتی در حدود ۲۲۰۶ هکتار و دامنه ارتفاعی ۱۴۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. این سری در زیرحوزه آبریز تالار سربند از حوزه آبخیز شماره ۶۴ جنگل‌های شمال کشور و در منطقه جنگل‌های اداره کل منابع طبیعی استان مازندران منطقه ساری و در محدوده جغرافیایی "۵۳°۱۲'۱۰" الی "۵۳°۱۵'۴۰" طول شرقی و "۱۰' ۳۶°۴۰" الی "۳۶°۵۸'۴۰" عرض شمالی قرار دارد. تیپ غالب جنگلی از گونه راش (*Fagus orientalis* Lipsky) به همراه ممرز (*Carpinus betulus* L.)، توسکا (*Alnus subcordata* C.A.Mey)، بلوط (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey) و سایر گونه‌ها می‌باشد. متوسط دما در گرم‌ترین ماه سال (مردادماه) ۲۷/۴ درجه سانتی‌گراد و در سردترین ماه (بهمن‌ماه) ۳/۹- درجه سانتی‌گراد با متوسط دمای سالیانه ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط باران سالیانه ۷۷۸/۸ میلی‌متر بوده و سنگ مادری که منشأ تشکیل‌دهنده خاک منطقه می‌باشد از نوع ماسه‌سنگ سیلتستون که با رگه‌های آهکی همراه می‌گردد و تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با افق آرژیلیک می‌باشد (۱۲). قسمت‌هایی از عرصه‌های ارتفاعات پایین این سری از سوی کارشناسان وقت در سال ۱۳۴۹ مناسب اجرای شیوه پناهی ارزیابی گردید که مدیریت آن با شیوه مذکور تا اوایل دهه ۱۳۷۰ ادامه یافت. بدین ترتیب برخی از قطعات این نواحی دارای درختان جوان و به‌ندرت میانسال و مسن می‌باشد (۱۲).

۲۰۰۰-۱۵۰۰ متر و ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر از سطح دریا پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که بالاترین مقادیر زی‌توده و محتوای ذخیره کربن در دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۵۰۰ متر با مقدار ۴۷۴/۰۸ مگاگرم در هکتار بوده است. هم‌چنین در این مطالعه بیش‌ترین تراکم درختان مربوط به دامنه ارتفاعی ۵۰۰-۱۰۰۰ متر با مقدار ۷۶۱/۱۸ اصله در هکتار و بیش‌ترین سطح مقطع درختان نیز در دامنه ارتفاعی ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر با ۷۶/۴۱ مترمربع در هکتار محاسبه گردید (۲۱). یاداو و همکاران (۲۰۱۹) زی‌توده و کربن انواع کاربری‌های زمین در امتداد ارتفاعی هیمالیای مرکزی را طبقه‌بندی نمودند و نشان دادند صرف‌نظر از نوع اراضی، مجموع زی‌توده اعم از رو و زیرزمینی با افزایش ارتفاع از سطح دریا به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و این ذخیره کربن در زمین‌های جنگلی نسبت به آگروفارستری و زمین‌های زراعی به‌ترتیب ۲۶/۲۲ و ۵۳/۷۹ درصد بیش‌تر می‌باشد و بین زی‌توده با موجودی جنگل ارتباط معنی‌داری وجود دارد (۳۶).

با توجه به مطالب فوق درمی‌یابیم که مطالعات متفاوتی در داخل و خارج از کشور در زمینه اندازه‌گیری زی‌توده درختان جنگلی انجام گرفته که غالب آن‌ها در داخل کشور تکیه بر گونه خاص داشته‌اند و به‌ندرت به بررسی اثر تغییرات ارتفاعی بر تغییرات مشخصه‌های کمی توده‌های جنگلی پرداخته است بنابراین با توجه به محدودیت‌های قطع و نمونه‌برداری تخریبی هدف از این پژوهش برآورد زی‌توده و ذخیره کربن روی‌زمینی بر اساس مدل فائو و روشی غیرتخریبی و تعیین اثر ارتفاع و هم‌چنین برخی مشخصه‌های کمی جنگل شامل تعداد در هکتار، رویه زمینی و موجودی سرپا، زی‌توده و ذخیره کربن روی‌زمینی در سری سه سنگده می‌باشد که این آگاهی از تغییرات کمی در جنگل و بارزسازی مقادیر زی‌توده و واکنش آن به تغییرات ارتفاعی می‌تواند



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه. الف) جنگل‌های شمال ایران ب) سری سه سنگده.

Figure 1. The study area. A) Iran's northern forests B) District 3 of Sangdeh.

ارتفاعی، از بررسی این عوامل به دلیل یکسانی  
صرف نظر گردید.

پس از تعیین قطعات نمونه مورد نظر و اندازه‌گیری  
تمامی درختان با قطر بالاتر از ۷/۵ سانتی‌متر در  
محدوده آن با استفاده از رابطه (۱) رویه زمینی برای  
هر اصله درخت و پس از آن با استفاده از رابطه (۲)  
حجم سرپای تک‌درختان و سپس حجم سرپای در قطعه  
نمونه و در هکتار برای تمامی قطعات نمونه در هر  
طبقه محاسبه گردید.

$$Basal Area (g) = d^2 \times \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

که در آن،  $g$  سطح مقطع بر حسب سانتی‌متر مربع،  
 $d$  قطر برابر سینه بر حسب سانتی‌متر و  $\pi$  برابر با ۳/۱۴  
می‌باشد.

از رابطه (۲) برای برآورد حجم درختان استفاده  
می‌شود که در رابطه با جنگل‌های طبیعی شمال ایران  
و یا خارج از آن ضریب شکل (f) را به‌طور میانگین  
۰/۵ در نظر می‌گیرند (۲۶):

روش بررسی: به منظور جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا ضمن  
بررسی و مطالعه منطقه مورد پژوهش، نقشه مدل  
رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک‌پذیری ۱۰ متر که از  
نقشه ۱:۲۵۰۰۰ با فاصله خطوط میزان ۱۰ متر  
(اخذ شده از دفتر فنی جنگل‌داری چالوس) تهیه شده،  
با روش طبقه‌بندی به سه طبقه یا دامنه ارتفاعی  
۱۶۰۰-۱۶۰۰، ۱۸۰۰-۱۶۰۰ و ۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر  
تقسیم گردید. سپس با استفاده از شبکه آماربرداری  
۱۵۰×۲۰۰ متر تعداد ۵۰ قطعه نمونه در هر طبقه و در  
مجموع ۱۵۰ قطعه نمونه دایره‌ای به روش تصادفی  
منظم به مساحت ۱۰ آری طوری انتخاب گردید که  
کل سطح هر طبقه ارتفاعی انتخاب شده را پوشش داده  
و مراکز تمام قطعات نمونه با استفاده از دستگاه  
GPS60CSX با دقت ۳-۴ متر مشخص گردید. در  
هر یک از قطعات نمونه مشخصه‌های نوع گونه،  
ارتفاع و قطر برابر سینه بیش از ۷/۵ سانتی‌متر تمامی  
درختان ثبت شده است. یادآور می‌گردد که به دلیل  
عدم تفاوت معنی‌دار شیب و جهت در هر سه طبقه

محاسبه زی‌توده و ذخیره کربن روی زمینی: در این مطالعه جهت تعیین میزان زی‌توده روی زمینی از مدل جهانی فائو که در جنگل‌های بسته، با آب و هوای مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده گردید. برای همین منظور، پس از محاسبه چگالی تمامی گونه‌ها، با استفاده از رابطه (۴) میزان زی‌توده در سطح قطعات نمونه محاسبه شده است.

$$Biomass = VOB \times WD \times BEF \quad (4)$$

در این معادله برای محاسبه مقدار مشخصه فاکتور زیست‌توده، اگر حاصل ضرب حجم در چگالی بیش‌تر از ۱۹۰ تن در هکتار باشد مقدار فاکتور زی‌توده (BEF)، برابر با ۱/۷۴ و اگر حاصل ضرب حجم در چگالی کم‌تر از ۱۹۰ تن در هکتار باشد مقدار آن ۲/۶۶ در نظر گرفته می‌شود (۱۰). در این رابطه  $VOB^2$  حجم برآورد شده برای هر اصله درخت،  $WD$  چگالی خشک محاسبه شده گونه‌های مختلف و  $BEF^3$  فاکتور گسترش زی‌توده می‌باشد. برای محاسبه میزان ذخیره کربن، عدد زی‌توده به‌دست آمده را در ضریب تبدیل به ذخیره کربن که معمولاً ۵۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (۲۹ و ۳۸) ضرب می‌کنیم. در این مطالعه پس از تقسیم‌بندی دامنه ارتفاعی به روش طبقه‌بندی، آماربرداری زمینی با روش تصادفی منظم و برای تعیین وضعیت نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها از آزمون لون استفاده شده است. جهت بررسی اختلاف کلی در هر یک از طبقات ارتفاعی از آنالیز واریانس یک‌طرفه و هم‌چنین به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای SNK به‌کار گرفته شده است. برای تهیه نقشه از نرم‌افزار ArcGIS و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده گردید.

$$V = g \times h \times f \quad (2)$$

که در آن،  $V$  حجم درخت بر حسب سیلو،  $g$  سطح مقطع بر حسب مترمربع و  $h$  ارتفاع درخت بر حسب متر و  $f$  ضریب شکل درختان می‌باشد.

**محاسبه چگالی گونه‌ها:** جهت تهیه نمونه‌های اولیه، به‌دلیل ممنوعیت قطع و بهره‌برداری، از درختان شکسته و افتاده و یا ریشه‌کن استفاده‌شده که در مرحله بعدی ۹ عدد نمونه (۵، ۱۰ و ۳۲) به ابعاد  $2 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر (۲۸، ۳۲ و ۳۳) از هرگونه را از طریق کولیس اندازه‌گیری کرده سپس جرم نمونه‌ها توسط ترازوی حساس (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها داخل اتوکلاو به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد قرار داده شده تا رطوبت آن‌ها کاملاً از بین برود (۹ و ۲۸). پس از خارج کردن، نمونه‌ها را به‌مدت ۱۵ دقیقه در داخل دسی‌کاتور قرار داده تا خنک و از جذب رطوبت محیط توسط نمونه‌ها جلوگیری به عمل آید. سپس جرم خشک نمونه‌ها را یکی‌یکی وزن و بعد به‌وسیله کولیس اندازه آن‌ها را در جهات مختلف اندازه‌گیری نموده و با استفاده از حجم و جرم محاسبه شده چگالی چوب گونه‌های مختلف طبق رابطه ۳ به‌دست آمده است (۱۴).

$$WD = M / V \quad (3)$$

که در آن،  $WD^1$  چگالی چوب (گرم بر سانتی‌مترمکعب)،  $M$  جرم خشک نمونه چوب (گرم) و  $V$  حجم خشک نمونه چوب (سانتی‌مترمکعب) می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به این‌که چگالی چوب گونه‌ها در دامنه‌های ارتفاعی تغییرات چندانی نداشته و از این نظر نمی‌تواند منجر به ایجاد خطا در تخمین زیست‌توده شود، از چگالی میانگین استفاده شد.

2- Volume over bark

3- Biomass expansion factor

1- Wood density

## نتایج و بحث

آمده مورد بررسی قرار گرفته و نتایج ( $P > 0.05$ ) نشان‌دهنده نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌های موردنظر در سه طبقه ارتفاعی می‌باشد.

ابتدا نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مطابق با جدول ۱ و همگن بوده داده‌ها با استفاده از آزمون لون که در جدول ۲

جدول ۱- نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در طبقات ارتفاعی.

Table 1. Normality of data based on Kolmogorov-Smirnov test in altitude classes.

معنی‌داری Significance	اشتباه معیار Standard error	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	طبقه ارتفاعی Altitudinal class	مشخصه Characteristic
0.88	17.60	124.42	406.68	1	زی‌توده روی‌زمینی (تن در هکتار) AGB (t/ha)
0.57	18.91	133.72	478.26	2	
0.99	2.50	176.82	522.30	3	
0.88	32.58	230	477	1	تعداد در هکتار (اصله) Number per hectare
0.57	29.96	212	384	2	
0.99	25.73	182	372	3	
0.88	1.10	7.82	25.58	1	سطح مقطع در هکتار (متر مربع) Basal area per hectare (m <sup>2</sup> )
0.57	1.25	8.83	29.42	2	
0.99	1.47	10.42	30.84	3	
0.88	19.62	138.72	314.25	1	حجم در هکتار (سیلو) Volume per hectare (silve)
0.57	20.88	147.66	393.98	2	
0.99	24.68	174.55	424.75	3	

جدول ۲- همگنی واریانس بر اساس آزمون لون در طبقات ارتفاعی.

Table 2. Homogeneity of variance based on Levene's test in altitude classes.

معنی‌داری Significance	درجه آزادی ۲ df2	درجه آزادی ۱ df1	مشخصه Characteristic
0.08	147	2	زی‌توده روی‌زمینی (تن در هکتار) AGB (t/ha)
0.05	147	2	تعداد در هکتار (اصله) Number per hectare
0.10	147	2	سطح مقطع در هکتار (مترمربع) Basal area per hectare (m <sup>2</sup> )
0.29	147	2	حجم در هکتار (سیلو) Volume per hectare (silve)

نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

اطلاعات توصیفی مشخصه‌های مورد ارزیابی، به تفکیک طبقات ارتفاعی مورد بررسی قرار گرفته که

جدول ۳- اطلاعات توصیفی قطعات نمونه در طبقات ارتفاعی.

**Table 3. Descriptive information of sample plots in altitude classes.**

حداکثر Maximum	حداقل Minimum	اشتباه معیار Standard error	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	تعداد قطعات نمونه Number of sample plots	طبقه ارتفاعی Altitudinal classes	مشخصه Characteristic
773.65	165.21	17.60	124.42	406.68	50	1	زی توده روی زمینی
845.56	272.56	18.91	133.72	478.26	50	2	(تن در هکتار)
955.92	120.00	2.50	176.82	522.30	50	3	AGB (t/ha)
386.83	82.61	8.80	62.21	203.34	50	1	ذخیره کربن روی زمینی
422.78	136.28	9.45	66.86	239.12	50	2	(تن در هکتار)
477.96	60.00	12.50	88.41	261.15	50	3	Above-ground carbon stock (t/ha)
980	100	32.58	230	477	50	1	تعداد در هکتار
930	120	29.96	212	384	50	2	(اصله)
950	120	25.73	182	372	50	3	Number per hectare
44.50	12.00	1.10	7.82	25.58	50	1	سطح مقطع در هکتار
49.40	14.75	1.25	8.83	29.42	50	2	(مترمربع)
54.04	7.44	1.47	10.42	30.84	50	3	BA per hectare (m <sup>2</sup> )
677.87	99.20	19.62	138.72	314.25	50	1	حجم در هکتار (سیلو)
725.09	163.56	20.88	147.66	393.98	50	2	Volume per hectare
822.44	74.33	24.68	174.55	424.75	50	3	(silve)

در کلاسه بیش از ۹۰ سانتی متر بوده که این روند در هر سه طبقه ارتفاعی مشابه می باشد. هم چنین نتایج نشان می دهد که در تمام کلاسه های قطری تعداد در هکتار طبقه ارتفاعی اول تفاوت قابل ملاحظه ای با سایر طبقات ارتفاعی دارد.

تقسیم بندی تعداد در هکتار درختان در چهار کلاسه قطری شامل، ۷/۵-۲۹، ۳۰-۵۹، ۶۰-۸۹ و بالاتر از ۹۰ سانتی متر صورت گرفته و نتایج حاصل از بررسی ها که در جدول ۴ آمده نشان می دهد، بیشترین تعداد در هکتار مربوط به کلاسه قطری پایین یا به عبارتی بین ۷/۵-۲۹ سانتی متر و کمترین آن

جدول ۴- میانگین تعداد در هکتار بر حسب کلاسه قطری در سه طبقه ارتفاعی.

**Table 4. Average of number per hectare based on the diameter classes in three Altitudinal levels.**

کلاسه قطری (سانتی متر) Diameter classes (cm)				طبقات ارتفاعی (متر) Altitudinal classes (m)
>90	60-89	30-59	7.5-29	
2	13	77	385	1
2	24	93	265	2
1	27	96	248	3



نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخصه‌های زی‌توده روی‌زمینی، تعداد، سطح مقطع و حجم در هکتار در منطقه مورد مطالعه که طبق جدول ۵ آمده بیانگر آن است که اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد بین میانگین هر یک از مشخصه‌ها در سه طبقه ارتفاعی وجود دارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس مشخصه‌های کمی در سه طبقه ارتفاعی.

Table 5. ANOVA of quantitative characteristics in three altitude classes.

معنی‌داری Significance	F	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	منبع تغییرات S.O.V	مشخصه Characteristic
0.001*	7.903	2	170256.780	340513.561	مدل (زی‌توده) V	زی‌توده روی‌زمینی
		147	21543.772	3166934.490	خطا E	(تن در هکتار)
		149		3507448.051	کل T	AGB (t/ha)
0.001*	7.903	2	42564.203	85128.406	مدل (ذخیره کربن) V	ذخیره کربن روی‌زمینی
		147	5385.944	791733.731	خطا E	(تن در هکتار)
		149		876862.138	کل T	ACS (t/ha)
0.024*	3.805	2	166240.667	332481.333	مدل (تعداد) V	تعداد در هکتار (اصله)
		147	43684.531	6421626.000	خطا E	Number per hectare
		149		6754107.333	کل T	
0.013*	4.498	2	371.467	742.934	مدل (سطح مقطع) V	سطح مقطع در هکتار
		147	82.586	12140.106	خطا E	(مترمربع)
		149		12883.040	کل T	BA per hectare (m <sup>2</sup> )
0.001*	6.821	2	162606.305	325212.610	مدل (حجم) V	حجم در هکتار (سیلو)
		147	23838.292	3504228.876	خطا E	Volume per hectare
		149		3829441.486	کل T	(silve)

\* معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

از آنجایی‌که بر اساس تجزیه واریانس، بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد بنابراین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها که طی آزمون S.N.K صورت گرفته، طبق جدول ۶ نشان می‌دهد میانگین مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری به ترتیب در سه طبقه ارتفاعی ۱، ۲ و ۳ برای زی‌توده روی‌زمینی برابر با ۴۰۶/۶۸، ۴۷۸/۲۶ و ۵۲۲/۳۰ تن در هکتار، ذخیره کربن برابر با ۲۰۳/۳۴، ۲۳۹/۱۲ و ۲۶۱/۱۵ تن در هکتار و برای مشخصه تعداد در هکتار برابر با ۴۷۷، ۳۷۲ و ۳۸۴ اصله، سطح مقطع در هکتار برابر با ۲۵/۵۸، ۲۹/۴۲ و ۳۰/۸۴ مترمربع و برای مشخصه حجم در هکتار برابر با ۳۱۴/۲۵، ۳۹۳/۹۸ و ۴۲۴/۷۵ سیلو می‌باشد که بین میانگین همه مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری در طبقات ارتفاعی ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما تمامی مشخصه‌های موردنظر در طبقه ۱ با هر دو طبقه ارتفاعی دیگر اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

از آنجایی‌که بر اساس تجزیه واریانس، بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد بنابراین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها که طی آزمون S.N.K صورت گرفته، طبق جدول ۶ نشان می‌دهد میانگین مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری به ترتیب در سه طبقه ارتفاعی ۱، ۲ و ۳ برای زی‌توده روی‌زمینی برابر با ۴۰۶/۶۸، ۴۷۸/۲۶ و ۵۲۲/۳۰ تن در هکتار، ذخیره کربن برابر با ۲۰۳/۳۴، ۲۳۹/۱۲ و ۲۶۱/۱۵ تن در هکتار و برای مشخصه تعداد در هکتار برابر با ۴۷۷، ۳۷۲ و ۳۸۴ اصله، سطح مقطع در هکتار برابر با ۲۵/۵۸، ۲۹/۴۲ و ۳۰/۸۴ مترمربع و برای مشخصه حجم در هکتار برابر با ۳۱۴/۲۵، ۳۹۳/۹۸ و ۴۲۴/۷۵ سیلو می‌باشد که بین میانگین همه مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری در طبقات ارتفاعی ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما تمامی مشخصه‌های موردنظر در طبقه ۱ با هر دو طبقه ارتفاعی دیگر اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۶- مقایسه میانگین مشخصه‌ها در طبقات ارتفاعی بر اساس آزمون S.N.K.

Table 6. Mean comparison of characteristics in altitude classes based on Student-Newman-Keuls test.

طبقات ارتفاعی (متر) Altitudinal classes			مشخصه Characteristic
1800-2000	1600-1800	1400-1600	
<sup>A</sup> 372	<sup>A</sup> 384	<sup>B</sup> 477	تعداد در هکتار Number per hectare
<sup>A</sup> 30.84	<sup>A</sup> 29.42	<sup>B</sup> 25.58	سطح مقطع در هکتار BA per hectare (m <sup>2</sup> )
<sup>A</sup> 424.75	<sup>A</sup> 393.98	<sup>B</sup> 314.25	حجم در هکتار Volume per hectare (silve)
<sup>A</sup> 522.30	<sup>A</sup> 478.26	<sup>B</sup> 406.68	زی توده روی زمینی (تن در هکتار) AGB (t/ha)
<sup>A</sup> 261.15	<sup>A</sup> 239.12	<sup>B</sup> 203.34	ذخیره کربن روی زمینی (تن در هکتار) ACS (t/ha)

دارد. بر این اساس بیش‌ترین مقادیر همبستگی طبقه ارتفاعی با مشخصه زی توده و ذخیره کربن می‌باشد و در این میان طبقه ارتفاعی تنها با مشخصه تعداد در هکتار رابطه منفی اما معنی‌داری را دارد.

نتایج همبستگی اسپیرمن که در جدول ۷ آمده نشان می‌دهد که بین ارتفاع از سطح دریا و مشخصه‌های تعداد، سطح مقطع، حجم و زی توده روی زمینی در هکتار همبستگی معنی‌داری وجود

جدول ۷- مقادیر همبستگی اسپیرمن طبقه ارتفاعی و میانگین سایر مشخصه‌ها.

Table 7. Spearman correlation values of the altitude classes and mean of other characteristics.

ذخیره کربن در هکتار ACS/ha	زی توده در هکتار AGB/ha	حجم در هکتار V/ha	سطح مقطع در هکتار BA/ha	تعداد در هکتار N/ha	مشخصه Characteristic
0.357**	0.357**	0.291**	0.237**	-0.179*	طبقه ارتفاعی A.I.

\*, \*\* معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد احتمال.

کلاسه قطری نشان می‌دهد که در کلاسه قطری پایین (۲۹-۷/۵ سانتی‌متر)، طبقه ارتفاعی ۱ فراوانی قابل‌ملاحظه و بیش‌تری نسبت به دیگر طبقات دارد و در کلاسه قطری ۳۰-۵۹ و ۸۹-۶۰ سانتی‌متر حالت عکس داشته و فراوانی درختان در طبقه ۱ نسبت به طبقه ۲ و ۳ کم‌تر می‌باشد. عوامل مختلفی مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه علاوه بر این که در

نتایج این پژوهش در خصوص میانگین تعداد در هکتار نشان داد که طبقه ۱ با دامنه ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا با ۴۷۷ اصله در هکتار به‌طور معنی‌داری با طبقه ۲ (۱۸۰۰-۱۶۰۰ متر) و طبقه ۳ (۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر) و به‌ترتیب با میانگین ۳۸۴ و ۳۷۲ اصله در هکتار بیش‌تر می‌باشد. هم‌چنین نتایج حاصل از بررسی میانگین تعداد در هکتار بر حسب

هم‌خوانی دارد (۲۱). از طرفی سطح مقطع در هکتار بر خلاف تعداد در هکتار در امتداد افزایش گرادیان ارتفاعی روند صعودی را نشان می‌دهد و نتایج نشان داد که علی‌رغم بالاتر بودن تعداد در هکتار در طبقه ارتفاعی ۱، سطح مقطع در این طبقه ۲۵/۵۸ بوده که نسبت به دو طبقه ارتفاعی دیگر کم‌تر بوده و این به‌خاطر فراوانی درختان با قطر پایین و به‌عبارتی جوان شدن توده در دانگ واحد می‌باشد، هم‌چنین بر اساس نتایج این پژوهش، مشخصه حجم در هکتار نیز همانند سطح مقطع در امتداد افزایش گرادیان ارتفاعی، روند افزایشی داشته که کاهش حجم در هکتار در طبقه ارتفاعی ۱ ناشی از کاهش میانگین قطر در این توده می‌باشد به طوری‌که فراوانی بیش‌تر تعداد در هکتار کلاسه قطری پایین (۲۹-۷/۵) در این طبقه بیانگر این موضوع می‌باشد و این مهم با نتایج ناگایک و همکاران (۱۹۹۹) مبنی بر کاهش سطح مقطع و کاهش نسبی حجم در توده‌های حاصل از اجرای شیوه پناهی در جنگل‌های راش ژاپن، مطابقت دارد (۲۵). علاوه بر این روند افزایش میانگین سطح مقطع و حجم در هکتار در امتداد افزایش ارتفاع از سطح دریا متأثر از فراوانی درختان با قطرهای بالا در طبقه ارتفاعی ۲ و ۳ نسبت به طبقه ۱ می‌باشد که سهم بیشتری در افزایش سطح مقطع و به‌تبع آن حجم در هکتار دارند که نتایج میانگین تعداد در هکتار کلاسه قطری ۵۹-۳۰ و ۸۹-۶۰ سانتی‌متر نیز بر این موضوع تأکید دارد که هم‌سو با نتایج پژوهش واندو و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد (۳۴).

ارتفاع از سطح دریا نقش مهمی در اکوسیستم جنگل، زی‌توده جنگل، کربن جنگل، تراکم و سطح مقطع دارد (۲۱). نتایج این پژوهش در خصوص زی‌توده و ذخیره کربن روی زمینی روند افزایشی را با بالا رفتن ارتفاع از سطح دریا نشان می‌دهد که هم‌راستا با مطالعات واندو و همکاران (۲۰۱۷)، مانن و

استقرار توده‌های جنگلی نقش مهمی دارند، بر روی بسیاری از خصوصیات کمی آن‌ها مانند سطح مقطع برابر سینه، تعداد و حجم در هکتار، ارتفاع درختان و زادآوری مؤثر می‌باشند (۱۳). به‌دلیل اعمال مدیریت به شیوه پناهی در گذشته که ترجیحاً در ارتفاعات پایین‌تر صورت گرفته، در پژوهش حاضر نیز با تقسیم‌بندی دامنه ارتفاعی، تعدادی از قطعات نمونه برداشت‌شده در طبقه ارتفاعی ۱ در سطوحی واقع شده که تحت این شیوه بهره‌برداری در گذشته بوده است. بنابراین این مهم سبب گردیده تا درختان در قطره‌های پایین در این طبقه به فراوانی مشاهده شود و این نتایج با پژوهش ابراهیمی ملک‌شاه (۲۰۰۴) که در دانگ اول طرح جنگل‌داری سنگده صورت گرفته و نشان داد که تعداد در هکتار درختان در طبقات قطری کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر و ۴۰-۲۱ سانتی‌متر افزایش و در طبقات قطری بیش از ۴۰ سانتی‌متری کاهش داشته، مطابقت دارد (۸). ضمن این‌که با توجه به نتایج، از نظر میانگین تعداد در هکتار کل و هم از نظر تعداد در هکتار بر حسب کلاسه قطری پایین (۲۹-۷/۵)، صرف‌نظر از این‌که در کلاسه قطری پایین متأثر از اجرای شیوه پناهی بوده، از طبقه ارتفاعی ۲ به ۳ نیز روند کاهش در امتداد گرادیان ارتفاعی مشاهده می‌شود که با نتایج توکهام و یاداو (۲۰۱۷) مبنی بر افزایش تعداد درختان در کلاسه قطری ۳۰-۱۰ سانتی‌متری و نیز اختلال کم‌تر در دامنه ارتفاعی بالاتر که منجر به افزایش درختان در واحد سطح شده و هم‌چنین با نتایج واندو و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی الگوی زی‌توده روی زمینی، تراکم، تنوع و تاج پوشش درختان در چهار ناحیه ارتفاعی پرداخته و افزایش تراکم درختان در ارتفاعات بالا را ناشی از امکان استقرار زادآوری و دسترسی بیش‌تر از تابش خورشیدی عنوان نمودند، مطابقت ندارد (۳۱ و ۳۴) اما با نتایج پژوهش مانن و همکاران (۲۰۱۸)

درختان و تأثیر اندک آن بر زی‌توده هم‌خوانی دارد (۳۱). نتایج حاصل از مقادیر همبستگی اسپیرمن طبقه ارتفاعی و میانگین مشخصه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که ارتفاع از سطح دریا با سطح مقطع، حجم و زی‌توده روی زمینی در هکتار همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد. از آن‌جایی که حجم در هکتار رابطه مستقیم با میزان بیوماس جنگل داشته (۱۹)، با افزایش سطح مقطع و در نتیجه حجم در هکتار، بالاترین همبستگی را طبقه ارتفاعی با زی‌توده روی زمینی نشان داده که با نتایج پژوهش‌های خادمی و همکاران (۲۰۰۹) و کانی سانچز و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد (۷، ۱۵ و ۳۶)؛ اما ارتفاع از سطح دریا با تعداد در هکتار رابطه منفی و معنی‌داری را در سطح ۵ درصد احتمال نشان داده که مطابق با نتایج مطالعه کریستل و همکاران (۲۰۱۶) می‌باشد (۶).

### نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که هرچه از ارتفاع پایین به سمت بالا پیش می‌رویم از فراوانی در هکتار درختان کاسته شده و در نقطه مقابل مقدار سطح مقطع و حجم در هکتار، افزایش را نشان داده است که ناشی از سهم بیش‌تر درختان در کلاسه قطری بالا بوده که در امتداد گرادیان ارتفاعی بر تراکم آن‌ها افزوده شده است و هم‌چنین نتایج کلی این پژوهش نشان می‌دهد که توزیع مقادیر زی‌توده روی زمینی در منطقه مورد مطالعه متأثر از تغییرات ارتفاعی که به نوبه خود تغییرات مشخصه‌های ساختاری را به‌دنبال دارد بوده، به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقدار زی‌توده نیز افزایش داشته و در این میان مقادیر زی‌توده روی زمینی، بیش‌ترین همبستگی را با ارتفاع از سطح دریا نشان داده است.

همکاران (۲۰۱۸) و یاداو و همکاران (۲۰۱۹) بوده (۱۰، ۳۴ و ۳۶)، اما با نتایج مطالعه بات و همکاران (۲۰۱۳) که کاهش زی‌توده را متأثر از اختلاف زیاد در ترکیب گونه‌ای همراه با گرادیان ارتفاعی دانستند و نیز با نتایج مطالعه کریستل و همکاران (۲۰۱۶) که عنوان نمودند کاهش فراوانی درختانی با قطر بیش از ۷۰ سانتی‌متر و هم‌چنین کاهش ارتفاع درختان در دامنه‌های ارتفاعی بالاتر منجر به کاهش زی‌توده شده و نیز با پژوهش ژو و همکاران (۲۰۱۰) که روند نزولی زی‌توده را به‌علت کاهش غنا، قطر و ارتفاع درختان در امتداد گرادیان ارتفاعی عنوان نمودند، هم‌خوانی ندارد (۲، ۶ و ۳۸). علی‌رغم این‌که تغییر در ارتفاع از سطح دریا مستقیماً بر روی پتانسیل کربن زی‌توده تأثیر دارد (۴) می‌توان بیان نمود که فعالیت‌های جنگل‌شناسی نیز در اکوسیستم‌های جنگلی به‌علت ویژگی‌های خاصی که این اکوسیستم دارد (عمر طولانی درختان در مقایسه با سایر اکوسیستم‌ها، تراکم بالای زی‌توده زنده، میکروکلیمای بسیار مطلوب و چرخه تقریباً بسته عناصر غذایی) می‌تواند ذخیره کربن موجود در آن را، سال‌ها تا چندین دهه تحت‌تأثیر قرار دهد (۲۳)؛ و بنابراین همان‌طوری که زی‌توده روی زمینی در مدیریت‌های مختلف اعمال‌شده بر جنگل و هم‌چنین با بالا رفتن سن درختان توده افزایش می‌یابد (۳)، این مهم در منطقه مورد مطالعه و در طبقه ارتفاعی بالا که عمدتاً درختان مادری و بالغ بیش‌تری وجود داشته و با رشد ثانویه و فضای بیش‌تری از شاخه‌ها، توانایی ذخیره محتویات کربن بالاتری را دارند، کاملاً مشهود می‌باشد؛ و برعکس با این‌که در طبقه ارتفاعی پایین از نظر تراکم پایه‌های درختی بیش‌تر از سایر طبقات بوده اما زی‌توده و ذخیره کربن روی زمینی کم‌تر است که با مطالعات توکهام و یاداو (۲۰۱۷) مبنی بر قطر کم

منابع

1. Azarnivand, H., and Zare Chahouki, M.A. 2010. Rangeland Ecology. Tehran Univ. Press, Tehran. 345p. (In Persian)
2. Bhat, J.A., Iqbal, K., Kumar, M., Negi, A.K., and Todaria, N. 2013. Carbon stock of trees along an elevational gradient in temperate forests of Kedarnath Wildlife Sanctuary. *Forest Science and Practice*. 15: 2. 137-143.
3. Bouriaud, O., Don, A., Janssens, I.A., Marin, G., and Schulze, E.D. 2019. Effects of forest management on biomass stocks in Romanian beech forests. *Forest Ecosystems*. 6: 19-34.
4. Chen, Y., Yang, X., Yang, Q., Li, D., Long, W., and Luo, W. 2014. Factors affecting the distribution pattern of wild plants with extremely small populations in Hainan Island, China. *Plos One*. 9: 5. 1-10.
5. Cienciala, E., Apltauer, J., Exnerova, Z., and Tatarinov, F. 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. *J. of Forest Science*. 54: 3. 109-120.
6. Christelle, G., Nicolas, P., Sylvie, G.F., Maxime, R., Vincent, F., Terry, S., Doyle M., and Charles, D. 2016. Altitudinal gradients of tree species diversity and above-ground biomass on a small montane of Atlantic Central Africa. Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC), Montpellier, France, 264p.
7. Cuni-Sanchez, A., Pfeifer, M., Marchant, R., Calders, K., Sorensen, C.L., Pompeu, P.V., Simon L. Lewis, S.L., and Burgess N.D. 2017. New insights on above ground biomass and forest attributes in tropical montane forests. *Forest Ecology and Management*. 399: 235-246.
8. Ebrahimi, M. 2004. Reviewing and evaluation of implementation of Sangdeh forest management plan. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Sari, Mazandaran, 76p. (In Persian)
9. Enayati, A.A. 2012. Wood physics. Tehran Univ. Press, Tehran. 256p. (In Persian)
10. FAO. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper. 134p.
11. Fathollahi, M., Fallah, A., Hojjati, S.M., and Kalbi, S. 2017. Estimation of aboveground tree carbon stock using SPOT-HRG data (a case study: Darabkola forests). *J. of Forestry Research*. 28: 6. 1177-1184.
12. Forests, Range and Watershed Management Organization of Iran. 2010. Forest Management Plan of district-3 of Sangdeh (Talar Sarband). Farim Wood Company, 321p. (In Persian)
13. Ghorbanli, M.L. 2002. Plant geography. Publishing Samt, 307p. (In Persian)
14. Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M., and Saint-André, L. 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management*. 260: 1375-1388.
15. Khademi, A., Babaei, S., and Mataji, M. 2009. Investigation on the amount of biomass and its relationship with physiographic and edaphic factors in oak coppice stand (Case study Khalkhal, Iran). *Iranian J. of Forest*. 1: 1. 57-67. (In Persian)
16. Ketterings, Q.M., Coe, R., Noordwijk, M.V., Ambagau, Y., and Palm, C.A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*. 146: 199-209.
17. Le Toan, T., Quegan, S., Davidson, M.W.J., Balzter, H., Paillou, P., Papathanassiou, K., Plummer, S., Rocca, F., Saatchi, S., Shugart, H., and Ulander, L. 2011. The biomass mission: mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle. *Remote Sensing of Environment*. 115: 2850-2860.
18. Lu, D., Chen, Q., Wang, G., Liu, L., Li, G., and Moran, E. 2014. A survey of remote sensing based aboveground biomass estimation methods in forest ecosystems. *International J. of Digital Earth*. 9: 5. 1-43.

19. Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, Gh., Adeli, E., and Sagheb-Talebi, Kh. 2009. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. Iranian J. of Forest and Poplar. 15: 3. 241-252. (In Persian)
20. Mani, S., and Parthasarathy, N. 2007. Above-ground biomass estimation in ten tropical dry evergreen forest sites of peninsular India. Biomass and Bioenergy. 31: 284-290.
21. Mannan, A., Zhongke, F., Ullah Khan, T., Saeed, S., Amir, M., Asif Khan, M., and Tariq Badshah, M. 2018. Variation in tree biomass and carbon stocks with respect to altitudinal gradient in the Himalayan forests of Northern Pakistan. J. of Pure and Applied Agriculture. 4: 1. 18-26.
22. McEwan, R.W., Lin, Y.C., Xian, J., Hsieh, C.F., Su, S.H., Chang, L.W., Song, G.Z.M., Wang, H.H., Hwong, J.L., Lin, K.C., and Yang, K.C. 2011. Topographic and biotic regulation of above ground carbon storage in subtropical broad-leaved forests of Taiwan. Forest Ecology and Management. 262: 1817-1825.
23. Melillo, J.M., Steudler, P.A., Aber, J.D., Newkirk, K., Lux, H., and Bowles, F.P. 2002. Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. Science. 298: 2173-2176.
24. Murphy, M., Balsler, T., Buchmann, N., Hahn, V., and Potvin, C. 2008. Linking tree biodiversity to belowground process in a young tropical plantation: Impacts on soil CO<sub>2</sub> flux. Forest Ecology and Management. 255: 2577-258.
25. Nagaïke, T., Kamitani, T., and Nakashizuka, T. 1999. The effect of shelterwood logging on the diversity of plant species in a beech (*Fagus crenata*) forest: in Japan. Forest Ecology and Management. 118: 161-171.
26. Namiranian, M. 2007. Measurement of tree and forest biometry. Tehran Univ. Press, Tehran. 620p. (In Persian)
27. Navar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon storage for forest of northwestern Mexico. Forest Ecology and Management. 257: 427-434.
28. Ribeiro, S., Fehrmann, L., Pedro Boechat Soares, C., Antônio Gonçalves Jacovine, L., Kleinn, C., and de Oliveira Gaspar, R. 2011. Above and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. Forest Ecology and Management. 262: 491-499.
29. Singh, V., Tewari, A., Kushwaha, S.P.S., and Dadhwal, V.K. 2011. Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees. Forest Ecology and Management. 261: 1945-1949.
30. Sun, R., Chen, J., Zhou, M., and Liu, Y. 2004. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve. China, Using Landsat ETM data. Canadian J. of Remote sensing. 30: 731-742.
31. Thokchom, A., and Yadava, P. S. 2017. Biomass and carbon stock along an altitudinal gradient in the forest of Manipur, Northeast India. Tropical Ecology. 58: 2. 389-396.
32. Vahedi, A.A., and Mattagi, A. 2014. Amount of carbon sequestration distribution associated with oak tree's (*Quercus castaneifolia* C.A. May) bole in relation to physiographical units of Hyrcanian natural forests of Iran. Iranian J. of Forests and Poplar Research. 21: 4. 716-728. (In Persian)
33. Vahedi, A. 2015. Optimal allometric biomass equations for Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) boles within the Hyrcanian forests. Iranian J. of Forests and Poplar Research. 22: 2. 225-236. (In Persian)
34. Vando, T., Sato, T., Daihai, V., Thang, N.T., Binh, N.T., Son, N.H., and Thuyet, D.V. 2017. Aboveground biomass and tree species diversity along altitudinal gradient in Central Highland, Vietnam. Tropical Ecology. 58: 1. 95-104.
35. Wei, X., Wu, H., Meng, H., Pang, C., and Jiang, M. 2015. Regeneration dynamics of *Euptelea pleiospermum* along latitudinal and altitudinal gradients: Trade-offs between seedling and sprout. Forest Ecology and Management. 353: 232-239.

36. Yadav, R.P., Gupta, B., Bhutia, P.L., Bisht, J.K., and Pattanayak, A. 2019. Biomass and carbon budgeting of land use types along elevation gradient in Central Himalayas. *J. of Cleaner Production*. 211: 1284-1298.
37. Zianis, D., and Mencuccini, M. 2004. On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*. 187: 311-332.
38. Zhu, B., Wang, X., Fang, W., Piao, S., Shen, H., Zhao, S., and Peng, C. 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China. *Carbon Cycle Process in East Asia*. 123: 439-452.



## **Determination of altitude gradient effect on quantitative characteristics of forest stands (Case study: District 3 of Sangdeh forests)**

**\*S.M. Rezaei Sangdehi<sup>1</sup>, A. Fallah<sup>2</sup>, J. Oladi<sup>3</sup> and H. Latifi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,

<sup>2</sup>Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,

<sup>3</sup>Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,

<sup>4</sup>Assistant Prof., Dept. of Photogrammetry and Remote Sensing, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Received: 06.23.2019; Accepted: 10.03.2019

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Estimating the biomass and carbon content of trees and the other vegetation is important, in particular in context of global warming and climate change and the determination of biomass is essential in order to influence the climate and management of natural resources. In forest areas with high altitudinal gradients, values of the quantitative characteristics of forest stands usually change. The purpose of this study was to determine the effect of altitudinal gradient on quantitative forest characteristics including number of trees per hectare, basal area, standing volume, biomass and carbon storage in District 3 of Sangdeh Forests.

**Materials and Methods:** The area was initially divided into three altitudinal levels, with a range of 1400-1600, 1600-1800 and 1800-2000 m a.s.l. 50 circular sample plots were randomly assigned to each level, resulting in a total sampled area of 10 ares (0.1ha) to cover each level. In each plot, species type, height and diameter at breast height were recorded for all trees with DBH > 7.5 cm. Then, the density of all species was determined by sampling followed by further analysis in laboratory. Then, the biomass was calculated in the sample plots based on the FAO global model and the amount of above-ground carbon storage calculated using coefficient.

**Results:** The results showed that from the lowest altitude to the highest the number of trees per ha is 477, 384 and 372 and the basal area is 25.58, 29.49 and 30.84 m<sup>2</sup>, respectively. Also, the volume per ha were estimated to be 314.25, 393.98 and 424.75 silve, respectively. The results of this research showed the amount of biomass for all three altitudinal levels based on gradient increase is 406.68, 478.26 and 522.30 t ha<sup>-1</sup> and carbon stock is 203.34, 239.12 and 261.15 ton per hectare, respectively, that shows an upward trend as the a.s.l. increases. The analysis of variance indicated a significant difference between the altitude and the characteristics (P<0.05). In addition, Spearman correlation showed that there was a significant correlation between altitude and tree characteristics including basal area, standing volume and above-ground biomass (AGB) per ha (P<0.01).

**Conclusion:** Conclusively, the results of this research in the study area show that changes in altitude from the sea level have caused changes in some of the quantitative characteristics of forest stands and thus the elevation gradient has been effective on the distribution of AGB, so that with increasing a.s.l, the amount of AGB has also increased and AGB has the highest correlation with the altitude from the sea level.

**Keywords:** Above-ground biomass, Altitude, Density, Sangdeh, Spearman correlation

---

\*Corresponding author: smrs\_49@yahoo.com