

ارتباط تنوع گیاهی و تغییرات زی توده هوایی در جنگل‌های راش شرقی (مطالعه موردی: حاجیکلا- تیرانکلی، ساری)

فاطمه فرجی^۱، اسداله متاجی^{۲*}، ساسان بابایی کفاکی^۳ و علی اصغر واحدی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
^۲ دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
^۳ استادیار گروه جنگلداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
^۴ دانش آموخته جنگلداری، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱/۲۵)

چکیده

جنگل‌های شمال ایران، عامل مهمی در ذخیره‌سازی کربن از طریق زی توده هوایی به‌شمار می‌روند و از نظر تنوع زیستی از اهمیت زیادی برخوردارند. تحقیق حاضر با هدف تعیین ارتباط بین تغییرات تنوع گونه‌ای و مقدار زی توده هوایی در جنگل‌های راش شرقی در منطقه ساری انجام گرفت. به‌منظور تعیین مقدار زی توده هوایی به ازای ۵-۲ متر طول تنه پایه‌های قطع‌شده، دیسک‌هایی با ضخامت دو سانتی‌متر برداشت شد. برای تعیین چگالی خشک چوب قطعات تکه‌برداری شده با حجم ثابت به‌مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. به‌منظور تعیین زی توده درختی (حاصل ضرب حجم و چگالی خشک) و تنوع گیاهی (تنوع شانون- وینر، غنا و یکنواختی پابلو) در منطقه مورد نظر به مساحت ۴۶/۴ هکتار، شبکه‌ای به ابعاد ۱۰۰×۸۰ متر روی نقشه توپوگرافی منطقه پیاده و در مجموع ۵۰ پلات ۴۰۰ متر مربعی برداشت شد. برای جمع‌آوری داده‌های مرتبط با پوشش علفی، یک میکروپلات ۱×۱ متر مربعی در مرکز و چهار میکروپلات دیگر با همین ابعاد در هر گوشه پلات پیاده شد. زی توده لاشبرگی، در داخل هر پلات، در میکروپلات‌های ۵۰×۵۰ سانتی‌متر مربعی اندازه‌گیری شد. پوشش علفی و لاشبرگی جمع‌آوری‌شده، بلافاصله در عرصه توزین و پس از انتقال به آزمایشگاه در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نتایج نشان داد که مقادیر زی توده درختی، علفی و لاشبرگی به ترتیب ۳۷۹/۱۱، ۰/۲۱۳ و ۷/۶۵ تن در هکتار است. یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از آن بود که بین مقادیر زی توده لایه درختی، علفی و لاشبرگی با شاخص‌های تنوع ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. این نتایج نشان می‌دهد که در مدیریت صحیح جنگل برای پایش مناسب زی توده در منطقه تحقیق، از شاخص‌های تنوع زیستی نمی‌توان به‌عنوان ابزاری کاربردی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تنوع گیاهی، چگالی خشک، زی توده هوایی، همبستگی.

مقدمه و هدف

جنگل‌های شمال کشور که اغلب بر روی شیب‌های شمالی رشته‌کوه البرز قرار گرفته‌اند، از نظر ویژگی‌های ممتاز خود، مانند تنوع زیستی (فون و فلور) از اهمیت زیادی برخوردارند (رسانه و همکاران، ۱۳۸۰). اهمیت تنوع زیستی با افزایش سطح علمی و پیشرفت علوم طبیعی، در زمینه‌های گوناگون آشکار شده و اهداف مدیریت جنگل نیز به سمت افزایش تنوع زیستی معطوف شده است (آزادی ریمله و همکاران، ۱۳۹۲) و حفظ تنوع گونه‌ای در اکوسیستم‌های جنگلی از موضوعات مهم در مدیریت پایدار جنگل‌ها محسوب می‌شود (Ito et al., 2004). اکوسیستم‌هایی که تنوع زیستی بیشتری دارند، پایداری اکولوژیکی و تولید بیشتری نیز خواهند داشت (اسدیان و همکاران، ۱۳۹۱). علاوه بر این از دهه ۱۹۹۰ هشدار در کاهش فزاینده تنوع زیستی موجب شد که محققان در پاسخ دادن به این سؤال باشند که تنوع زیستی چه تأثیری بر عملکرد یک اکوسیستم خواهد داشت (Scherer- Lorenze et al., 2007). مهم‌ترین تأثیر جنگل‌ها بر آب‌وهوا، در پی تأثیرات آن بر مقدار دی‌اکسید کربن حادث می‌شود (مقدم، ۱۳۸۰). در طول قرون گذشته، فعالیت‌های بشری مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی، تبدیل علفزارها به کشتزار و دیگر تغییر کاربری‌ها از مهم‌ترین دلایل افزایش تراکم دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای بوده است (USGS, 2003). با ایجاد تغییر در دمای زمین، تمامی بوم‌سازگان‌ها دچار تغییر می‌شوند و در نهایت موجب کاهش تنوع زیستی، افزایش وسعت کویرها و کاهش سطح جنگل‌ها می‌شود (پورخباز، ۱۳۸۱). از این‌رو بررسی زی توده در اکوسیستم‌های جنگلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که مقدار زی توده هم بیانگر توان تولید در واحد سطح یا زمان (مقدار ذخایر کربن موجود در جنگل) است و هم بر چرخه‌های زیست‌شیمیایی^۱ در

جنگل تأثیر می‌گذارد (Husch et al., 2003). از طرف دیگر، تغییر تراکم زی توده با فعالیت‌های جنگل‌شناسی، برداشت و تخریب، توالی طبیعی و نیز آثار طبیعی شدید ناشی از آتش‌سوزی‌ها و تغییرات اقلیمی کاملاً مرتبط است، بنابراین تراکم زی توده به عنوان ابزاری مفید در ارزیابی و پایش تغییر در ساختار جنگل، اهمیت فراوان دارد (پناهی و همکاران، ۱۳۹۰).

در مورد موضوع تحقیق، پژوهش‌ها در داخل کشور محدود است که یکی از دلایل آن، به دشواری اندازه‌گیری است. محمودی طالقانی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر آمیختگی گونه‌ها و تیپ جنگل بر مقدار ترسیب کربن خاک در حوضه ۴۵ جنگل‌های شمال کشور به این نتیجه رسیدند که حجم در هکتار، آمیختگی و تیپ جنگل رابطه مستقیمی با زی توده جنگل دارد و به افزایش ذخیره کربن خاک کمک می‌کند. نتایج تحقیق واحدی (۱۳۹۱) در خصوص ارتباط بین تنوع گونه‌ای گیاهی و مقدار ذخیره کربن نشان داد که ذخیره کربن پوشش درختی فقط ارتباط معنی‌داری با ارزش نسبی گونه‌های درختی دارد و ذخیره کربن پوشش علفی در فصل غیر رویش با تنوع شانون- وینر و کلیه شاخص‌های غنای گونه‌ای (S)، شاخص مارگالف و شاخص منهنیک) دارای ارتباط معنی‌داری است؛ در صورتی که در فصل رویش فقط با مقدار پوشش دارای رابطه معنی‌دار است. همچنین مقادیر مختلف ذخیره کربن تجمعات لاشبرگی با برخی از شاخص‌های تنوع گونه‌ای لایه‌های درختی مانند تنوع شانون- وینر، غنای گونه‌ای و ارزش نسبی گونه‌های درختی دارای ارتباط معنی‌دار است. روستا و همکاران (۱۳۹۲) در جنگل تحقیقاتی بنه و بادام فیروزآباد فارس به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار ذخیره کربن مربوط به تنه و کمترین مقدار مربوط به برگ بنه است. همچنین با افزایش تراکم و حفظ موجودی کنونی و با توجه به سطح وسیع این جنگل‌ها در

^۱ Biogeochemical cycle

جنگل‌های استوایی در ویتنام نشان داد که در بین مدل‌های مختلف، مدل خطی منفی و نمایی ارتباط بین زی‌توده هوایی و شاخص یکنواختی را به خوبی نشان می‌دهند، در حالی که در خصوص ارتباط بین زی‌توده هوایی، تنوع شانون-وینر و غنای گونه‌ای مدل‌های خطی مثبت و لگاریتمی مناسب هستند.

تخمین زی‌توده درختان جنگل به‌ویژه توده‌های آمیخته راش در رابطه با تغییرات تنوع گیاهی موجود در آن برای دستیابی به توسعه پایدار و حفاظت از اکوسیستم‌های جنگلی و همچنین با توجه به نیاز روز افزون برای آگاهی از مقدار ترسیب کربن به‌منظور رویارویی با بحران گرمایش زمین کاربرد دارد. به‌طور کلی بخش زیادی از تنوع زیستی جامعه گیاهی را زیرآشکوب که جزء جدایی‌ناپذیر اکوسیستم جنگل است تشکیل می‌دهد (آزادی ریمله و همکاران، ۱۳۹۲). مقادیر زی‌توده لایه علفی طی دوره رویش با توجه به حضور یا نبود برخی گونه‌ها و تغییرات در مقدار پوشش آنها، دستخوش تغییرات بارز می‌شوند (واحدی، ۱۳۹۱)، از این‌رو بررسی تنوع گونه‌ای پوشش علفی می‌تواند معیار مناسبی در زمینه تغییرات زی‌توده هوایی حداقل در سطح خرد باشد. برای همین منظور در تحقیق حاضر علاوه بر تنوع گونه‌های درختی، تنوع پوشش علفی نیز اندازه‌گیری و بررسی شد تا در خصوص ارتباط بین تغییرات زی‌توده هوایی و تنوع گونه‌ای گیاهان موجود در منطقه تحقیق بتوان به نتایج جامعی دست پیدا کرد. با توجه به اینکه اندازه‌گیری زی‌توده هوایی بسیار سخت، طاقت‌فرسا، پرهزینه و در اغلب مواقع ناممکن است (واحدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Djomo et al., 2010) تحقیق حاضر به دنبال آن است که آیا شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهان می‌تواند معیار مناسبی برای بررسی تغییرات مقادیر زی‌توده هوایی محسوب شود یا خیر؟

استان فارس، مقدار زیادی از کربن توسط گونه بنه جذب خواهد شد. در منابع خارجی، تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است که به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود. بر اساس نتایج تحقیقی در مورد تأثیر تنوع گیاهی در افزایش تولید زی‌توده طی زمان آن هم در رابطه با تکامل حضور گونه‌ای مشخص شد که توده‌های آمیخته ۱/۷ برابر زی‌توده بیشتر از توده‌های خالص تولید می‌کند (Cardinale et al., 2007). نتایج تحقیقی به‌منظور بررسی ترسیب کربن در جنگل‌های آمریکا نشان داد که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵، سالانه ۱۶۲ تن در هکتار، کربن ذخیره شد که از این مقدار ۴۹ درصد در درختان سرپا، ۲۷ درصد در تولیدات چوبی آن عرصه و بقیه در درختان افتاده، محصولات قابل استفاده چوبی، خاک و لاشیرگ کف جنگل، ترسیب شد. (Woodbury et al., 2007). در پژوهشی دیگر، زی‌توده سرپای روی زمین و تنوع زیستی گونه‌های درختی در توده‌های طبیعی اروپای مرکزی در جمهوری چک، لهستان و اسلواکی بررسی شد و نتیجه‌گیری شد که مقدار زی‌توده روی زمین در این جنگل‌ها از ۱۶۹ تن تا ۵۳۶ تن ماده خشک در هکتار در تغییر است و بین تنوع گونه‌های درختی و انباشت زی‌توده در این جنگل‌ها همبستگی منفی وجود دارد (Szwagrzyk and Gazda, 2007). همچنین بررسی روابط بین تنوع زیستی و تولید زی‌توده در توده‌های آمیخته جنگلکاری‌شده در نهالستان (با استفاده از گونه‌های بومی) در استان لیتة فیلیپین نشان داد که توده‌های آمیخته با گونه‌های مشابه از همان سطح نسبت به توده‌های خالص دارای مقادیر زی‌توده کمتری بودند. با این حال، ارتباط معنی‌داری بین شاخص‌های شانون-وینر و غنای گونه‌ای با زی‌توده تولیدی در منطقه پژوهش به‌دست نیامد (Nguyen et al., 2012). در زمینه تعیین ارتباط بین زی‌توده هوایی، ساختار و تنوع گونه‌ای با هدف ارائه مدل مناسب، نتایج تحقیق (Con et al., 2013) در

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

تحقیق مورد نظر در پارسل ۲۱ سری ۳ جنگل‌های حاجیکلا- تیرانکلی ساری واقع در حوضه آبخیز ۷۳ جنگل‌های شمال ایران انجام گرفت. مساحت منطقه ۴۶/۴ هکتار، محدوده ارتفاعی قطعه مورد پژوهش ۱۰۱۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا، جهت عمومی قطعه شمال- شمال شرقی و متوسط شیب منطقه ۱۵ درصد است. این سری در محدوده $38^{\circ} 22' 36''$ تا $36^{\circ} 25' 30''$ عرض شمالی و $7^{\circ} 26' 53''$ تا $3^{\circ} 30' 25''$ طول شرقی قرار دارد. منطقه در محدوده ارتفاعی پارسل مورد بررسی دارای اقلیم حد فاصل نیمه مرطوب معتدل و نیمه مرطوب سرد است. سنگ مادر رویشگاه آهکی- آهک مارنی، و تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با افق کلسیک است. در رویشگاه مورد تحقیق تیپ جنگل، راش به همراه ممرز، توسکا و تک پایه‌های افراپلت و افراشیردار و گیاهان همراه مهم اسپرولا، کوله خاس، فریون، الن، متمتی، سرخس، کارکس و زنگی دارو است. میانگین حداکثر و حداقل دما به ترتیب در مرداد ماه ۲۹/۲ و در دی ماه صفر درجه سانتی گراد است. متوسط بارندگی سالیانه ۶۱۸/۸ میلی متر است که میانگین حداقل بارندگی در مرداد ماه و میانگین حداکثر بارندگی در آبان ماه گزارش شده است. در منطقه تحقیق در ۵۰ سال اخیر آشفستگی‌هایی در سطح وسیع مانند آتش سوزی و طغیان آفات اتفاق نیفتاده است، اما اقدامات مدیریتی مانند اجرای برش‌های تک‌گزینی در پارسل مورد بررسی صورت گرفته است (بی‌نام، ۱۳۸۹).

روش تحقیق

در تحقیق حاضر برای اندازه‌گیری تنوع زیستی و زی توده گیاهی از روش نمونه برداری منظم- تصادفی (سیستماتیک) با شبکه‌ای به ابعاد 80×100 متر استفاده شد. با توجه به مساحت منطقه تحقیق، ۵۰

قطعه نمونه مربعی به مساحت ۴۰۰ متر مربع (به منظور تأمین اعتماد لازم در جنگل‌های معتدله) برای اندازه‌گیری پوشش درختی برداشت شد (محمودی، ۱۳۸۶). پوشش‌های گیاهی در دو فرم رویشی درختی و علفی برداشت شد. شایان ذکر است که به دلیل نبود درختچه در منطقه تحقیق، نمونه برداری از آنها صورت نگرفت. در هر قطعه نمونه نوع گونه‌های چوبی شناسایی شده و قطر برابر سینه و تعداد آنها اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری پوشش علفی، پلات‌های یک متر مربعی در نظر گرفته شد (Singh et al., 2011). برای افزایش دقت ابتدا یک میکروپلات در مرکز و چهار میکروپلات دیگر در هر گوشه پلات پیاده شد. به منظور محاسبه چگالی خشک درختان، نمونه برداری به صورت انتخابی و بر اساس طبقات قطری صورت گرفت. در این خصوص کلاسه قطری رایج در جنگل‌های طبیعی شمال ایران که عبارتند از $30 \leq$ سانتی متر، ۶۰-۳۰ سانتی متر، ۸۰-۶۰ سانتی متر و $80 \geq$ سانتی متر برای تفکیک در نظر گرفته شد (میرعبداللهی شمسی و همکاران، ۱۳۹۰). برای نمونه برداری تخریبی در پارسل ۲۱، با توجه به عملیات قطع توسط دستگاه‌های اجرایی در بهمن ۱۳۹۲ در قطعه مذکور، ۲۶ اصله درخت شامل راش، ممرز، توسکای بیلاقی و افراپلت با توجه به کلاسه قطری در نظر گرفته شد. در هر یک از کلاسه‌های قطری بین ۳ تا ۶ اصله درخت راش به صورت تصادفی برای قطع انتخاب شد. علت نابرابر بودن تعداد درختان انتخاب شده، نبود درخت کافی در یک کلاسه قطری معین بود. در مجموع ۲۱ اصله درخت راش قطع شد. همچنین به دلیل محدود بودن دیگر گونه‌های درختی در منطقه پژوهش، یک اصله درخت ممرز، سه اصله درخت توسکا و یک اصله درخت پلت برای قطع در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که زی توده خشک گونه‌هایی که به صورت تخمینی به دست می‌آید، چگالی خشک چوب آنها قابل دسترس نیست. از این رو برای جبران آن، از

قطر بزرگ و قطر کوچک تاج، دو نمونه تصادفی برداشت و پس از تکه‌برداری و تبدیل به ابعاد $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر مکعب به مدت ۲۴ ساعت در دمای 10.5 درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. چگالی نمونه‌ها نیز با استفاده از روش چگالی وزن خشک محاسبه شد. سپس زی‌توده تاج با استفاده از چگالی وزن خشک و حجم تاج محاسبه شد (رابطه ۳). برای برآورد حجم تاج می‌توان فرم سهمی را مدنظر قرار داد.

$$v = \frac{\pi \times D b^2}{12}$$

رابطه ۳

در این رابطه b و D به ترتیب قطر و ارتفاع تاج به متر هستند. پس از تعیین شعاع تاج در چهار جهت اصلی، میانگین قطر تاج در دو جهت عمود بر هم محاسبه و در رابطه محاسبه حجم تاج قرار داده شد (Haghdoust et al., 2012). شایان ذکر است که با توجه به خلأ حجمی در تاج پوشش درختان، فقط 50 درصد حجم تاج در محاسبات لحاظ شد. پوشش علفی موجود در میکروپلات مرکزی 1×1 متری جمع‌آوری و در عرصه توزین شد (Zhang et al., 2007). سپس نمونه‌ها در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای جمع‌آوری لاشبرگ‌های موجود در کف جنگل در داخل پلات‌های یک متر مربعی مرکزی، میکروپلات‌های 50×50 سانتی‌متر مربعی پیاده شد (Kirby and Potvin, 2007). کلیه لاشبرگ‌های موجود در کف جنگل اعم از برگ‌های سالم و پوسیده در ابعاد یادشده جمع‌آوری شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای 65 درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند تا وزن خشک نمونه‌ها محاسبه شود (Kirby and Potvin, 2007; Ramon Aboal et al., 2005)

غنای گونه‌ای که از طریق شمارش گونه‌های گیاهی در یک منطقه به دست می‌آید نشان‌دهنده حضور انواع گونه‌ها در آن منطقه است. تاکنون از میان شاخه‌های

مقادیر چگالی که در منابع مختلف داخلی وجود دارد استفاده شده است (Kirby and Potvin, 2007). قبل از قطع درختان اطلاعاتی از قبیل قطر برابرسینه، ارتفاع کل درخت، ارتفاع تنه و قطر تاج در دو جهت عمود بر هم اندازه‌گیری شد. برای درختانی که دارای گورچه بودند، اندازه‌گیری قطر برابرسینه از انتهای بالایی گورچه انجام گرفت (Henry et al., 2010). ارتفاع تنه از سطح زمین تا اول تاج (Kirby and Potvin, 2007) و ارتفاع کل نیز از سطح زمین تا بلندترین نقطه تاج اندازه‌گیری شد (زیبیری، ۱۳۷۹). بعد از قطع درختان و اندازه‌گیری طول تنه، به‌منظور برداشت دیسک از انتهای هر قسمت از گرده‌بینه حاصل‌شده، تا حد ممکن به ازای $5-2$ متر (واحدی و متاجی، ۱۳۹۲؛ Henry et al., 2010) یک دیسک کامل به ضخامت دو سانتی‌متر برداشت شد (واحدی و متاجی، ۱۳۹۲). از دو طرف مخالف دیسک برای تعیین چگالی خشک یک قطعه با ابعاد مساوی $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر مکعب تکه‌برداری شد (Cerruto Rebeiro et al., 2011). نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای 10.5 درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند (واحدی و همکاران، ۱۳۹۲). چگالی نمونه‌ها با استفاده از روش چگالی وزن خشک محاسبه شد (رابطه ۱) (واحدی و متاجی، ۱۳۹۲). سپس با استفاده از چگالی وزن خشک و حجم درخت (رابطه ۲)، زی‌توده تنه محاسبه شد (واحدی و متاجی، ۱۳۹۲).

$$WD = \frac{m}{v} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\langle AGB \rangle_{bole} = V \times WD \quad \text{رابطه ۲}$$

WD : چگالی خشک (کیلوگرم در متر مکعب)؛
 m : وزن خشک نمونه (کیلوگرم)؛ v : حجم نمونه (مترمکعب)؛ $\langle AGB \rangle_{bole}$: زی‌توده هوایی تنه (کیلوگرم)؛ V : حجم درخت (مترمکعب).
 برای اندازه‌گیری زی‌توده تاج پوشش از شاخه‌های

H' : تابع شانون- وینر؛ P_i : فراوانی نسبی افراد گونه i در نمونه مورد نظر؛ Ln : لگاریتم طبیعی؛ n_i : فراوانی گونه i ؛ N : فراوانی کل گونه‌ها.

ذخیره‌سازی اطلاعات در نرم‌افزار *Excel* و آنالیز داده‌ها در محیط نرم‌افزار *SPSS* نسخه ۲۱ انجام گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی آنها با استفاده از آزمون لون بررسی شد. به منظور مقایسه مقادیر زی توده در بخش‌های مختلف (مقایسه میانگین‌ها بین لایه‌های مختلف) از تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای مقایسه مقادیر زی توده تنه و تاج لایه درختی، از آزمون t مستقل و نیز به منظور تعیین ارتباط بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی توده هوایی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که توزیع داده‌ها نرمال است؛ بنابراین نیازی به تبدیل داده‌ها نبوده است. جدول ۱ داده‌های کمی به دست آمده از درختان اندازه‌گیری شده را به تفکیک گونه‌های درختی نشان می‌دهد.

غناي گونه‌ای ابداع شده، شمارش تعداد کل گونه‌ها به عنوان غناي گونه‌ای از دیگر شاخص‌ها مشهورتر است (اسماعیل زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

شاخص یکنواختی بیانگر نحوه پراکنش و توزیع افراد گونه‌ها در یک منطقه است. هرچه توزیع گونه‌ها یکنواخت تر باشد، مقدار پایداری و ثبات بیشتر بوده، در نتیجه تنوع زیستی بیشتر خواهد بود (اسماعیل-زاده و همکاران، ۱۳۹۱). در این تحقیق، برای بررسی شاخص یکنواختی از تابع پایلو استفاده شد (رابطه ۴).

$$J' = \frac{H}{H'_{MAX}} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$H'_{MAX} = LnS$$

J' : تابع یکنواختی پایلو؛ H : تابع شانون- وینر؛ H'_{MAX} : مقدار حداکثر تابع شانون- وینر؛ Ln : لگاریتم طبیعی؛ S : تعداد گونه‌ها.

شاخص تنوع گونه‌ای، دو مقدار غناي گونه‌ای و یکنواختی را در یک کمیت جمع‌آوری می‌کند یا به عبارت دیگر، ترکیبی از غناي گونه‌ای و یکنواختی است (اسماعیل زاده و همکاران، ۱۳۹۱). در این تحقیق، برای بررسی تنوع گونه‌ای از تابع شانون- وینر استفاده شد (رابطه ۵).

$$H' = \sum_{i=1}^s [P_i Ln(P_i)] \quad \text{رابطه ۵}$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

جدول ۱- میانگین اندازه‌های کمی درختان به تفکیک گونه در توده

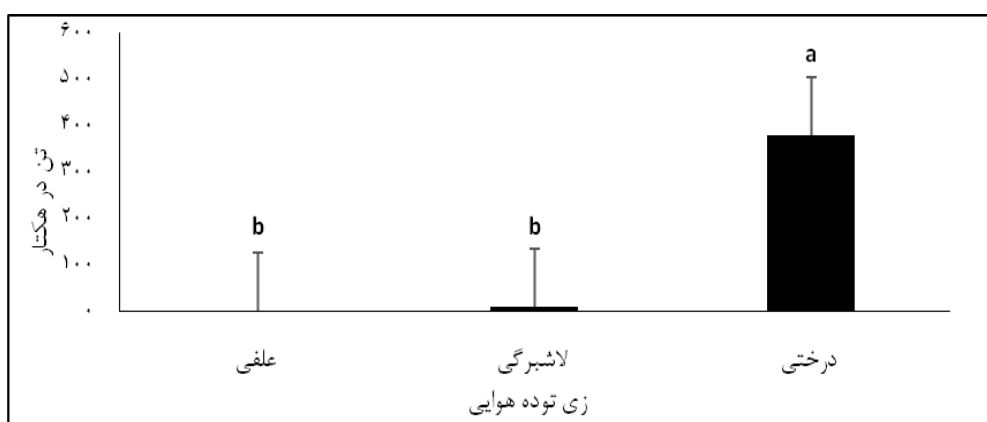
گونه	تعداد در هکتار	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع درخت (متر)	قطر بزرگ تاج (متر)	قطر کوچک تاج (متر)
راش	۲۱۴	۳۵/۴۹	۲۱/۶۹	۳/۰۲	۲/۵
ممرز	۱۵	۵۳/۱۷	۲۶/۶۲	۳/۲	۲/۳
توسکا	۸	۴۸/۶۶	۲۶/۸۷	۲/۸	۱/۸
پلت	۷	۸۴/۷۸	۳۰/۱۵	۴/۷	۳/۵
شیردار	۲	۷۲	۳۰	۴/۲۵	۳/۵

نشان داد که میانگین مقادیر زی‌توده در لایه درختی نسبت به لایه علفی و لاشبرگی بیشتر است. علاوه بر آن بین مقادیر زی‌توده علفی و زی‌توده لاشبرگی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱).

نتایج تجزیه واریانس در رابطه با بررسی مقادیر زی‌توده هوایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین زی‌توده درختی، علفی و لاشبرگی وجود دارد (جدول ۲). به دنبال این موضوع نتایج آزمون دانکن

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس زی‌توده هوایی درختی، علفی و لاشبرگی

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
زی‌توده هوایی	۳۶۸/۳۲۵	۰/۰۰۰



شکل ۱- مقایسه میانگین مقادیر زی‌توده هوایی.

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تغییرات معنی‌دار در سطح احتمال بررسی شده است.

اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳).

نتایج آزمون t مستقل مقادیر زی‌توده تنه و تاج درختان نشان می‌دهد که بین مقادیر به‌دست‌آمده

جدول ۳- نتایج آزمون t مستقل مربوط به مقایسه مقادیر زی‌توده تنه و تاج (تن در هکتار) لایه درختی

متغیر	اختلاف میانگین	F	سطح معنی‌داری
زی‌توده تنه و تاج	۱۴۰/۶۰۶۱۸	۱۴/۲۴۸	۰/۰۰۰

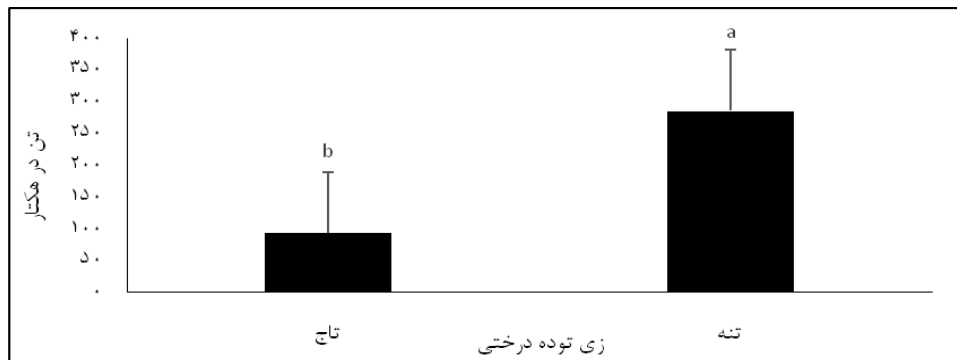
وجود دارد (جدول ۴). نتایج آزمون نشان می‌دهد که میانگین حداکثر و حداقل مقادیر چگالی خشک تنه به ترتیب مربوط به گونه‌های ممرز و توسکا است (شکل ۳). همچنین نتایج تجزیه واریانس و آزمون دانکن در بررسی مقادیر چگالی خشک تاج گونه‌های مختلف بیانگر وجود اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های

شکل ۲ نشان می‌دهد که میانگین مقادیر زی‌توده تنه به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر زی‌توده تاج در منطقه پژوهش است.

نتایج بررسی مقادیر چگالی خشک تنه گونه‌های مختلف درختی (راش، ممرز، توسکا، شیردار و پلت) نشان داد که بین گونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری

تحقیق است. همچنین بین چگالی خشک تاج گونه‌های راش، شیردار و پلت اختلاف معنی‌داری حاصل نشد (شکل ۳).

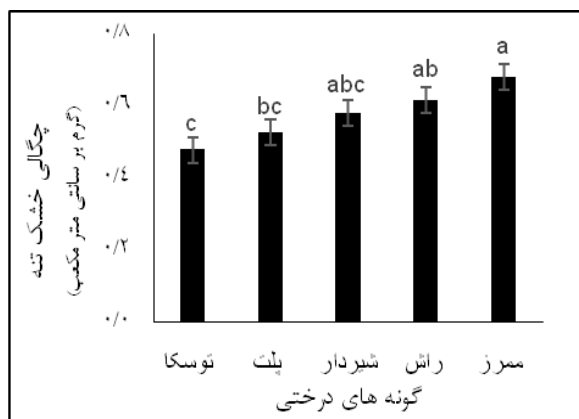
مختلف است (جدول ۴). با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که گونه ممرز دارای حداکثر چگالی خشک تاج و گونه توسکا دارای حداقل چگالی در منطقه



شکل ۲- مقایسه میانگین زی توده تنه و تاج لایه درختی

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس چگالی خشک تنه و تاج گونه‌های مختلف درختی (راش، ممرز، توسکا، شیردار و پلت)

منابع تغییر	F	سطح معنی‌داری
چگالی خشک تنه	۶/۷۵۳	۰/۰۰۰
چگالی خشک تاج	۳/۸۹۲	۰/۰۰۸



شکل ۳- مقایسه میانگین مقادیر چگالی خشک تاج و تنه گونه‌های مختلف درختی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تغییرات معنی‌دار در سطح احتمال بررسی شده است.

کلاسه‌های قطری اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). همچنین با توجه به نتایج آزمون

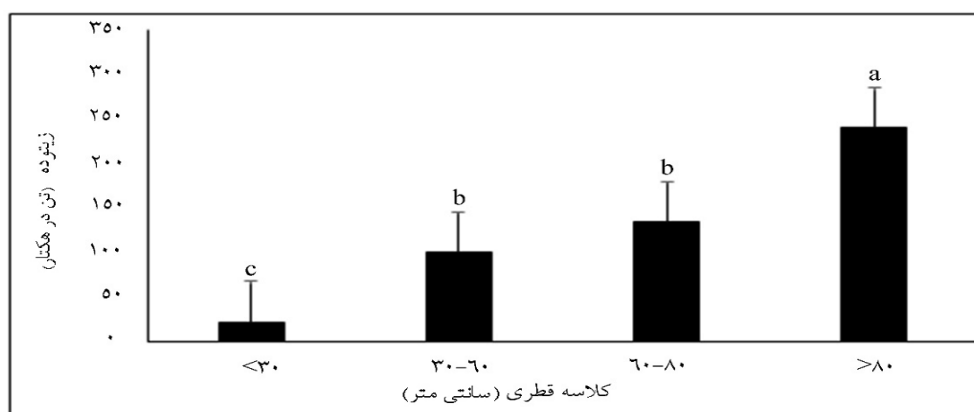
نتایج تجزیه واریانس مقادیر زی توده در کلاسه‌های قطری مختلف نشان داد که بین

مقادیر زی توده در کلاسه‌های قطری ۳۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری حاصل نشد (شکل ۴).

چنددانه‌ای دانکن، میانگین حداکثر و حداقل مقادیر زی توده به ترتیب در کلاسه >۸۰ سانتی‌متر (۲۴۰/۵۲ تن در هکتار) و کلاسه <۳۰ سانتی‌متر (۲۱/۷۴ تن در هکتار) است. همچنین در منطقه مذکور بین

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مقادیر زی توده در کلاسه‌های قطری مختلف

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
زی توده در کلاسه‌های قطری	۵۲/۴۷۶	۰/۰۰۰



شکل ۴- مقایسه میانگین مقادیر زی توده در کلاسه‌های قطری مختلف. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تغییرات معنی‌دار در سطح احتمال بررسی شده است.

نظر است. همچنین نتایج بررسی نشان داد که بین مقادیر زی توده علفی و شاخص‌های تنوع زیستی پوشش درختی و نیز بین مقادیر زی توده لایه لاشبرگی و شاخص‌های تنوع لایه درختی ارتباط معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۶).

نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که بین زی توده درختی با شاخص‌های تنوع زیستی در آشکوب درختی و همچنین بین مقادیر زی توده علفی و شاخص‌های مربوط به آن همبستگی معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۶). بر این اساس مقادیر زی توده در لایه درختی و علفی مستقل از شاخص‌های مورد

جدول ۶- مقادیر همبستگی زی توده لایه درختی، علفی و لاشبرگی با شاخص‌های تنوع زیستی درختی و علفی

یکنواختی پایلو	غنای گونه‌ای	تنوع شانون- وینر	
۰/۳۱ ^{ns}	۰/۲۱۷ ^{ns}	۰/۲۳۷ ^{ns}	زی توده لایه درختی با شاخص‌های تنوع زیستی درختی
-۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۱۸۵ ^{ns}	زی توده لایه علفی با شاخص‌های تنوع زیستی علفی
۰/۱۸۷ ^{ns}	-۰/۱۳۸ ^{ns}	-۰/۰۲۷ ^{ns}	زی توده لایه علفی با شاخص‌های تنوع زیستی درختی
۰/۱۱۱ ^{ns}	-۰/۰۶۳ ^{ns}	۰/۰۳۲ ^{ns}	زی توده لایه لاشبرگی با شاخص‌های تنوع زیستی درختی

ns : عدم معنی‌داری ضرایب همبستگی

بحث

بیشتر مطالعات درباره تخمین هرچه دقیق تر زی توده هوایی حاکی از آن بودند که قطر، ارتفاع و چگالی چوب از بین تمامی متغیرهای به کار گرفته شده دارای بیشترین کاربرد و قوی ترین همبستگی اند (Djomo *et al.*, 2010; Henry *et al.*, 2010). واحدی (۱۳۹۱) در بررسی ارتباط بین تنوع زیستی گیاهی و مقادیر ترسیب کربن در جنگل های طبیعی شمال ایران و واحدی و متاجی (۱۳۹۲) در بررسی مقادیر توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط برای محاسبه زی توده درخت فقط تنه درختان را مد نظر قرار دادند و دیگر اجزای درخت را در محاسبات بررسی نکردند، با این استدلال که در اکوسیستم های جنگلی زی توده هوایی ۸۰/۹ درصد از کل زی توده گیاهی و تنه درختان بیشترین سهم از زی توده هوایی را به خود اختصاص می دهد (واحدی و متاجی، ۱۳۹۲؛ Peichl and Arain, 2006). با این حال در تحقیق حاضر برای محاسبه هرچه دقیق تر زی توده لایه درختی علاوه بر تنه، تاج درختان نیز ارزیابی شد تا سهم تاج در مقادیر زی توده لایه درختی مشخص شود. نتایج حاکی از آن بود که تنه و تاج به ترتیب ۷۵/۲۴ و ۲۴/۷۶ درصد از زی توده لایه درختی را به خود اختصاص می دهند. نتایج مقایسه مقادیر زی توده درختی، علفی و لاشبرگی نشان داد که زی توده درختی دارای بیشترین مقدار زی توده هوایی است که با نتایج تحقیق (Woodbury *et al.*, 2007) Henry *et al.* (2010)، Peichl and Arain (2006) و واحدی (۱۳۹۱) همخوانی دارد. واحدی و متاجی (۱۳۹۲) نیز بیان کردند که در اکوسیستم های جنگلی، درختان در مقایسه با دیگر رستنی ها تأثیر بیشتری در مقدار زی توده دارند. بنابراین با مدیریت صحیح منابع جنگلی و دخالت های بجا و مؤثر می توان زی توده درختی و محصولات چوبی را افزایش داد (Karjalainen *et al.*, 2002). افزایش زی توده سبب افزایش جذب دی اکسید کربن می شود که در پی آن مقدار مخازن کربن آلی در اکوسیستم جنگلی نیز

افزایش خواهد یافت. همچنین مقدار عددی زی توده درختی ارائه شده با توجه به تعداد در هکتار گونه های درختی موجود و تغییرات تنوع زیستی گیاهی حاضر در منطقه تحقیق می تواند منبع مناسبی برای مقایسه با تحقیقات آتی در تیپ های جنگلی مشابه یا دیگر رویشگاه های جنگلی شمال کشور محسوب شود. نتایج بررسی چگالی خشک گونه های مختلف درختی نیز حاکی از آن بود که چگالی خشک گونه مرمرز به طور معنی داری بیشتر از دیگر گونه ها است و گونه توسکای بیلاقی دارای کمترین چگالی خشک است. این تفاوت در بین گونه ها ممکن است از عوامل اکولوژیکی مانند رقابت، پوسیدگی، رژیم های آشفتنگی و یا از تفاوت های ذاتی هر یک از گونه های درختی منطقه پژوهش ناشی شده باشد. با توجه به نتایج بررسی Murphy *et al.* (2008) بیشترین تأثیر در مقادیر مختلف زی توده مربوط به گونه ای است که پراکنش بیشتری را به خود اختصاص دهد؛ بنابراین گونه راش با ۸۷ درصد فراوانی، دارای بیشترین سهم از زی توده هوایی در منطقه تحقیق است. همچنین تراکم کمتر گونه های درختی دیگر مانند مرمرز، توسکا، پلت و شیردار نسبت به گونه راش ممکن است ناشی از رقابت های اکولوژیکی، شرایط آب و هوایی، شرایط رویشگاهی مثل عوامل فیزیوگرافی و خاک باشد که همه این عوامل به نحوی خاص و با سهمی شایان توجه بر تراکم گونه های درختی در منطقه پژوهش دارای تأثیرات مختلف هستند. تجزیه و تحلیل مقادیر زی توده درختی در کلاسه های مختلف قطری نیز نشان داد که با افزایش کلاسه قطری، مقدار زی توده افزایش می یابد که دلیل آن، افزایش قطر درختان است، یا به عبارت دیگر می توان بیان کرد که رابطه مستقیمی بین قطر درختان و مقادیر زی توده وجود دارد. همچنین مقادیر زی توده در کلاسه های قطری ۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۸۰ و ۸۰ سانتی متر به ترتیب ۴/۳۹، ۲۰/۰۷، ۲۶/۹۹ و ۴۸/۵۵ درصد به دست آمده است. همان طور که در نتایج مشاهده شد بین دو کلاسه قطری ۳۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتی متر اختلاف

که بین مقادیر زی‌توده لاشبرگی و شاخص‌های تنوع لایه درختی رابطه‌ای وجود ندارد، در صورتی که در تحقیق واحدی (۱۳۹۱) نتایج حاکی از آن بود که بین مقادیر زی‌توده لاشبرگی با شاخص‌های تنوع شانون و غنای درختی رابطه‌ای مستقیم وجود دارد و مقادیر زی‌توده لاشبرگی با غنای گونه‌ای دارای همبستگی مثبت و خطی است. دلیل این تفاوت ممکن است ناشی از بیشتر بودن غنای گونه‌ای منطقه تحقیقاتی وی از غنای گونه‌ای منطقه مورد بررسی در تحقیق حاضر باشد، علاوه بر آن عوامل فیزیوگرافی مثل شیب و ارتفاع از سطح دریا در دو منطقه متفاوت بوده است. در زمینه مقادیر زی‌توده هوایی (لایه‌های درختی، علفی و لاشبرگی) و ارتباط آن با شاخص‌های تنوع زیستی (Forrester *et al.* 2006) در تحقیق خود بیان می‌دارد که بین زی‌توده گیاهی و غنای گونه‌ای رابطه مستقیمی وجود دارد. در پژوهشی دیگر ارتباط بین غنای گونه‌ای و زی‌توده در بیش از ۲۰۰ تحقیق، بررسی شد که نتایج حاکی از آن بود که ۲۶ درصد رابطه خطی مثبت (فزاینده)، و ۱۲ درصد رابطه خطی منفی وجود دارد و ۳۲ درصد نشان داد که هیچ نوع ارتباطی بین غنای گونه‌ای و زی‌توده وجود ندارد (Waide *et al.*, 1999). البته هنوز یک رابطه مشخص در این مورد بین تولیدات و تنوع گونه‌ای گیاهان وجود ندارد که بتوان آن را به تمام ارتباطات به‌دست‌آمده تعمیم داد (Nguyen *et al.*, 2012). با این حال مطالعات زیادی نشان دادند که بین تنوع زیستی جنگل و زی‌توده رابطه مثبت و مستقیم وجود دارد (Vila *et al.*, 2007; Erskine *et al.*, 2006).

به‌طور کلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در زمینه عدم همبستگی معنی‌دار زی‌توده هوایی و تنوع گونه‌های گیاهی می‌توان به این نتیجه رسید که در مدیریت صحیح جنگل برای پایش مناسب زی‌توده در منطقه پژوهش از شاخص‌های تنوع زیستی نمی‌توان به‌عنوان ابزاری کاربردی استفاده کرد. از این‌رو پیشنهاد می‌شود در صورت امکان تحقیقاتی در مورد شرایط آب‌وهوایی مانند میکروکلیمای موجود در

معنی‌داری مشاهده نشد که این امر ناشی از تراکم زیاد درختان در کلاسه قطری ۶۰-۳۰ سانتی‌متر است که موجب شده است مقادیر زی‌توده در این کلاسه قطری به مقادیر زی‌توده در کلاسه قطری ۸۰-۶۰ سانتی‌متر نزدیک شود.

همان‌طور که در نتایج مشاهده شد، بین زی‌توده لایه درختی و شاخص‌های تنوع زیستی آن همبستگی مشاهده نشد. این نتیجه به این معناست که مقدار زی‌توده درختی در منطقه مورد نظر به ظاهر تحت تأثیر تنوع گونه‌های درختی در منطقه پژوهش نیست. در نتایج تحقیق (Kirby and Potvin 2007) عنوان شده که بین زی‌توده هوایی در جنگل و غنای گونه‌ای همبستگی وجود ندارد. (Tilman *et al.* 1996) و Hector *et al.* (1999) نیز بیان کردند که رابطه بین زی‌توده و تنوع گونه‌ها به‌طور معمول مثبت است در حالی که (Szwagrzyk and Gazda 2007) اذعان داشتند که بین زی‌توده بالای سطح زمین و تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های طبیعی اروپای مرکزی همبستگی منفی وجود دارد و نتیجه مشابه آن برای جوامع بلوط در چین نیز ذکر شده است (An-ning *et al.*, 2008). نتایج متفاوت تحقیق حاضر با دیگر تحقیقات ممکن است به دلیل تفاوت‌های زیست محیطی مانند شرایط رویشگاهی، عوامل فیزیوگرافیک، رژیم‌های آشفتنگی، مراحل تحولی جنگل و تغییرات آب‌وهوا باشد. نتیجه جالب توجه این که همبستگی معنی‌داری بین مقادیر زی‌توده علفی در رابطه با شاخص‌های تنوع زیستی درختی نیز وجود ندارد. این امر دلالت بر این دارد که زی‌توده پوشش علفی در منطقه تحقیق مستقل از تغییرات تنوع زیستی پوشش درختی در منطقه است. با توجه به اینکه لاشبرگ‌های کف جنگل حاصل ریزش برگ‌ها و خرده‌چوب‌های ریز سالم و پوسیده گونه‌های مختلف درختی در منطقه پژوهش است، به‌صورت منطقی مقادیر زی‌توده مربوط به آن تحت آزمون همبستگی با شاخص‌های تنوع لایه درختی موجود در منطقه تحقیق قرار گرفت. نتایج همبستگی نشان داد

پورخباز، علیرضا و حمیدرضا پورخباز، ۱۳۸۱. عمده‌ترین آشفته‌گی‌های زیست محیطی قرن حاضر (باران اسیدی، لایه ازن، گرمایش جهانی)، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۷۶ ص.

پناهی، پریسا، مهدی پورهاشمی و مریم حسنی‌نژاد، ۱۳۹۰. برآورد زی توده و ذخیره کربن برگ گونه بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مجله جنگل ایران، ۳ (۱): ۱-۱۲.

رسانه، یداله، محمدحسن مشتاق کهنمویی و پرویز صالحی، ۱۳۸۰. بررسی کمی و کیفی جنگل‌های شمال کشور، در: مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جنگل‌های شمال و توسعه پایدار، ۱۴-۱۶ شهریور، رامسر، ۵۵-۷۹.

روستا، طوبی، اصغر فلاح و حمید امیرنژاد، ۱۳۹۲. برآورد موجودی ذخیره کربن گونه بنه، مجله جنگل ایران، ۵ (۲): ۱۳۱-۱۳۹.

زیبیری، محمود، ۱۳۷۹. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۲۴ ص.

میرعبداللهی شمسی، مرتضی، امیر اسلام‌بنیاد، جواد ترکمن و بهزاد بخشنده ناورود، ۱۳۹۰. بررسی ضریب شکل درخت راش (*Fagus orientalis Lipsky*) در مراحل رویشی مختلف (مطالعه موردی: جنگل لومیر)، مجله جنگل ایران، ۳ (۳): ۱۷۷-۱۸۷.

محمودی، جلال، ۱۳۸۶. بررسی تنوع گونه‌ای گیاهان جنگل حفاظت‌شده کلارآباد در سطح گروه‌های اکولوژیک، زیست‌شناسی ایران، ۲۰ (۴): ۳۵۳-۳۶۲.

محمودی طالقانی، عباداله، قوام‌الدین زاهدی امیری، ابراهیم عادل و خسرو ثاقب‌طالبی، ۱۳۸۶. برآورد مقدار ترسیب کربن خاک در جنگل‌های تحت مدیریت (مطالعه موردی جنگل گلبن در شمال کشور)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵ (۳): ۲۴۱-۲۵۲.

مناطق مختلف رویشگاه، مراحل تحولی، ویژگی‌های خاک و ارتباط آنها با زی توده هوایی صورت پذیرد تا در خصوص عوامل تأثیرگذار بر زی توده هوایی در منطقه تحقیق بتوان به نتایج جامعی دست پیدا کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای مهندس رضوانعلی اکبری مسئول طرح و برنامه شرکت سهامی نکاچوب و آقای مهندس مطیعی مسئول بخش منطقه مورد پژوهش به‌علت کمک‌های فراوان، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از مسئول آزمایشگاه آب، خاک و گیاه دانشکده منابع طبیعی ساری سرکارخانم مهندس مریم اسدیان به‌دلیل کمک در کارهای آزمایشگاهی تشکر می‌شود.

منابع

اسدیان، مریم، سید محمد حجتی، محمدرضا پورمجیدیان و اصغر فلاح، ۱۳۹۱. بررسی تنوع زیستی گیاهی و خصوصیات خاک در جنگلکاری‌های کاج سیاه و زبان‌گنجشگ در منطقه‌الندان ساری، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰ (۲): ۲۹۹-۳۱۲.

اسماعیل‌زاده، امید، سید محسن حسینی، حامد اسدی، پدram غدیری‌پور و عباس احمدی، ۱۳۹۱. رابطه تنوع زیستی گیاهی با عوامل فیزیوگرافی در ذخیره‌گاه سرخدار افراخته، زیست‌شناسی گیاهی، ۱۲ (۴): ۱-۱۲.

آزادی ریمله، اکرم، سید محمد حجتی، حمید جلیل‌وند و حامد نقوی، ۱۳۹۲. بررسی توده‌های دست‌کاشت سوزنی و پهن‌برگ پارک مخمل کوه خرم‌آباد از نظر ترسیب کربن خاک و تنوع زیستی زیرآشکوب، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۴): ۷۰۲-۷۱۵.

بی‌نام، ۱۳۸۹. کتابچه تجدیدنظر سری سه طرح جنگلداری حاجیکلا- تیرانکلی، شرکت سهامی نکاچوب، ۱۱۰ ص.

- Djomo, A.N., I. Adamou, S. Joachim, and G. Gode, 2010. Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and panmoist tropical equations including biomass data from Africa, *Forest Ecology and Management*, 260: 1873–1885.
- Erskine, P.D., D. Lamb, and M. Bristow, 2006. Tree species diversity and ecosystem function: can tropical multi-species plantations generate greater productivity, *Forest Ecology and Management*, 233: 205–210.
- Forrester, D.I., J. Bauhus, and A.L. Cowie, 2006. Carbon allocation in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*, *Forest Ecology and Management*, 233: 275–284.
- Haghdoust, N., M. Akbarinia, and S.M. Hosseini, 2012. Land-use change and carbon stocks: A case study, Noor County, Iran, *Forestry Research*, 24(3): 461–469
- Hector, A., B. Schmid, C. Beierkuhnlein, M.C. Caldeira, M. Diemer, P.G. Dimitrakopoulos, J.A. Finn, H. Freitas, P.S. Giller, J. Good, R. Harris, P. Hgberg, K. Huss-Danell, J. Joshi, A. Jumpponen, C. Krner, P.W. Leadley, M. Loreau, A. Minns, C.P.H. Mulder, G. O'Donovan, S.J. Otway, J.S. Pereira, A. Prinz, D.J. Read, M. Scherer-Lorenzen, E.D. Schulze, A.S.D. Siamantziouras, E.M. Spehn, A.C. Terry, A.Y. Troumbis, F.I. Woodward, S. Yachi, and J.H. Lawton, 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands, *Science*, 286: 1123–1126.
- Henry, M., A. Besnard, W.A. Asante, J. Eshun, S. Adu-Bredu, R. Valentini, M. Bernoux, and L. Saint-André, 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa, *Forest Ecology and Management*, 260 (2010): 1375–1388.
- Husch, B., T.W. Beers, and J.A. Kershaw, 2003. *Forest mensuration*. 4th Edition, John Wiley and Sons Inc., 443 pp.
- Ito, S., R. Nakayama, and G.P. Buckley, 2004. Effects of previous land-use on plant species diversity in semi-natural and plantation forests in a warm-temperate region in southeastern Kyushu, Japan, *Forest Ecology and Management*, 196:213–235.
- مقدم، محمدرضا، ۱۳۸۰. اکولوژی توصیفی و آماری پوشش گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۴۸ ص.
- واحدی، علی اصغر، ۱۳۹۱. ارتباط بین تنوع زیستی گیاهی و میزان ترسیب کربن در جنگل‌های طبیعی شمال ایران، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۲۹ ص.
- واحدی، علی اصغر، اسداله متاجی، ساسان بابایی کفاکی، جواد اسحاقی راد و سید محمد حجتی، ۱۳۹۲. مدلسازی زی توده تنه گونه راش با استفاده از معادلات آلومتریک در جنگل‌های هیرکانی، *مجله جنگل ایران*، ۵ (۳): ۳۰۹–۳۲۲.
- واحدی، علی اصغر و اسداله متاجی، ۱۳۹۲. میزان توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی جنگل‌های طبیعی شمال ایران، *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۱ (۴): ۷۱۶–۷۲۸.
- An-ning, S., J. Tian-Zhen, and G. Jiang-Ping, 2008. Relationship between species richness and biomass on environmental gradients in natural forest communities on Mt. Xiaolongshang, northwest China, *Forestry Studies in China*, 10: 212–219.
- Cardinale, B.J., J.P. Wright, M.W. Cadotte, L.T. Carroll, A. Hector, D.S. Srivastava, M. Loreau, and J.J. Weis, 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity, *Proceedings of the National Academy of Science of the United States America*, 104 (46): 18123–18128.
- Cerruto Ribeiro, S., L. Fehrmann, C. Pedro Boechat Soares, L. Antônio Gonçalves Jacovine, C. Kleinn, and R. de Oliveira Gaspar, 2011. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado, *Forest Ecology and Management*, 262: 491–499.
- Con, T.V., N.T. Thang, D.T.T. Ha, C.C. Khiem, T.H. Quy, V.T. Lam, T.V. Do, and T. Sato, 2013. Relationship between aboveground biomass and measures of structure and species diversity in tropical forests of Vietnam, *Forest Ecology and Management*, 310, 213–218.

- Karjalainen, T., A. Pussinen, J. Liski, G.J. Nabuurs, M. Erhard, T. Eggers, M. Sonntag, and G.M.J. Mohren, 2002. An approach towards an estimate of the impact of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget: Germany as a case study, *Forest Ecology and Management*, 162: 87-103.
- Kirby, K.R., and C. Potvin, 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project, *Forest Ecology and Management*, 246: 208-221.
- Murphy, M., T. Balsler, N. Buchmann, V. Hahn, and C. Potvin, 2008. Linking tree biodiversity to belowground process in a young tropical plantation: Impacts on soil CO₂ flux, *Forest Ecology and Management*, 255: 2577-2588.
- Nguyen, H., J. Herbohn, J. Firn, and D. Lamb, 2012. Biodiversity-productivity relationships in small-scale mixed-species plantations using native species in Leyte province, Philippines, *Forest Ecology and Management*, 274: 81-90.
- Peichl, M., and M.A. Arain, 2006. Above- and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests, *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 51-63.
- Ramon Aboal, J., J. Ramon Arevalo, and A. Fernandez, 2005. Allometric relationships of different tree species and stand above ground biomass in the Gomera laurel forest (Canary Islands), *Flora*, 200(2005): 264-274.
- Scherer-Lorenze, M., E.D. Schulze, A. Don, J. Schumacher, and E. Weller, 2007. Exploring the functional significance of forest diversity: A new long-term experiment with temperate tree species (BIOTREE), *Plant Ecology Evolution and Systematics*, 9: 53-70.
- Singh, V., A. Tewari, S.P.S. Kushwaha, and V.K. Dadhwal, 2011. Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees, *Forest Ecology and Management*, 261: 1945-1949.
- Szwagrzyk, J., and A. Gazda, 2007. Above-ground standing biomass and tree species diversity in natural stands of Central Europe, *Vegetation Science*, 18: 555-562.
- Tilman, D., D. Woding, and J. Knops, 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems, *Nature*, 379: 718-720.
- USGS. 2003: carbon sequestration. <http://WWW.Usgs.gov/>
- Vilà, M., J. Vayreda, L. Comas, J.J. Ibrez, T. Mata, and B. Obn, 2007. Species richness and wood production: a positive association in Mediterranean forests, *Ecology Letters*, 10: 241-250.
- Waide, R.B., M.R. Willig, C.F. Steiner, G. Mittelbach, L. Gough, S.I. Dodson, G.P. Juday, and R. Parmenter, 1999. The relationship between productivity and species richness, *Annual Review Ecology and Systematic*, 30: 257-300.
- Woodbury, P.B., J.E. Smith, and L.S. Heath, 2007. Carbon sequestration in the U.S. forest sector from 1990 to 2010, *Forest Ecology and Management*, 241: 14-27
- Zhang, J., Y. Ge, J. Chang, B. Jiang, H. Jiang, C. Peng, J. Zhu, W. Yuan, L. Qi, and S. Yu, 2007. Carbon storage by ecological service forests in Zhejiang Province, subtropical China, *Forest Ecology and Management*, 245: 64-75.

The relationship between plant diversity and above-ground biomass changes in *Fagus orientalis* L. forests (Case study: Hajikola-Tirankoli, Sari)

F. Faraji¹, A. Mataji^{2*}, S. Babaie-Kafaki³, and A. Vahedi⁴

¹M.Sc. Student, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. Iran

²Associate Prof, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. Iran

³Assistant Prof, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. Iran

⁴Ph.D., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran

(Received: 19 November 2014, Accepted: 14 April 2015)

Abstract

The North forests of Iran play a major role in carbon storage through above-ground biomass, and they are of extreme significance in terms of biodiversity. Therefore, the present study was accomplished in order to specify the relationship between species diversity changes and above-ground biomass in the mixed-beech forests in Sari region, Mazandaran Province, Iran. In order to determine the amount of above-ground biomass, some discs of 2 cm thickness were sampled in return for each felled tree at 2-5 m. The samples were put in the oven for 24 hours (105°C) in order to determine their dry density. In order to determine the tree biomass (volume multiplied by dry wood density) and plant diversity (Shannon- Wiener's diversity, richness and evenness indices), a network with grid dimensions of 80 × 100 m was laid on the topographic map and totally 50 400 m² sampling plots were established in the study area in an area about 46.4 hectare. For collecting data related to herbaceous cover, a micro sampling plot was established in the center and four other micro plots with the same dimensions were dismantled in each corner of plot. To measure the biomass of litters within plot, micro plots of 50 × 50 cm² were established. Herbaceous cover and litters were weighted immediately after collecting in the field and were dried in an oven at a temperature of 65°C. The results indicated that tree biomass values, herbaceous and litters were 379/11, 0/213 and 7/65 tons per hectare, respectively. Findings of this investigation indicated that there was no significant relationship between tree layer biomass values, herbaceous and litters with diversity indicators. The results show that we cannot take advantage of biodiversity indicators for proper forest management for correct monitoring the biomass in the study area.

Keywords: Above-ground biomass, Correlation, Dry density, Plant diversity.

* Corresponding author

Tel: +982144865272

Email: amataji@srbiau.ac.ir

