

تغییرات ذخایر حوضچه‌های کربن آلی کف جنگل‌های آمیخته راش شرقی در ارتباط با تنوع زیستی گیاهی و عوامل فیزیوگرافی

علی‌اصغر واحدی^{۱*} و اسداله متاجی^۲

^۱ دکتری جنگلداری، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
^۲ استاد جنگلداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۷)

چکیده

با برآورد مخازن کربن آلی کف جنگل می‌توان قطعیت ارزیابی منابع جنگلی در زمینه میزان جذب و انتشار دی‌اکسید کربن اتمسفری را افزایش داد. هدف تحقیق حاضر این است که مشخص کند تنوع زیستی گیاهی در اشکوب‌های مختلف با توجه به ویژگی‌های فیزیکی جنگل تا چه اندازه می‌تواند معرف تغییرات ذخایر حوضچه‌های کربن آلی کف جنگل محسوب شود. تحقیق حاضر در قطعه شاهد سری سه جنگل آمیخته راش گلندرود نور صورت گرفت. قطعات نمونه با سطح ۴۰۰ متر مربع به صورت سیستماتیک با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در سطح منطقه اجرا شد و در داخل هر قطعه نمونه، چهار ریزقطعه نمونه ۱ متر مربعی و ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر مربعی به ترتیب برای اندازه‌گیری و جمع‌آوری پوشش علفی و لایه لاشبرگی جانمایی شدند. پس از تفکیک ۸۰ گرم از لایه علفی و لاشبرگی توزین شده در عرصه، کلیه نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند و ضریب کربن نیز با استقرار نمونه‌ها در کوره حرارتی اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج نشان داد تغییرات تنوع زیستی پوشش درختی در عوامل مختلف توپوگرافی معنی‌دار نبودند. از طرفی شاخص‌های وفور و غلبه گونه‌ای پوشش علفی نیز به ترتیب در دامنه‌های ارتفاعی از سطح دریا و جهات دامنه دارای تغییرات معنی‌دار بودند. با این تفاسیر، فقط ذخایر مخازن کربن تجمعات لاشبرگی در شیب‌های مختلف دارای تغییرات معنی‌دار بود. در ادامه، نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین تنوع زیستی کلیه پوشش‌های گیاهی و ذخایر کربن پوشش علفی وجود نداشت، ولی ذخایر کربن آلی لایه لاشبرگی با میانگین $1/5 \pm 18/3$ تن در هکتار با شاخص تنوع شانون، غنای گونه‌ای و شاخص اهمیت گونه‌ای پوشش درختی ارتباط معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌های علفی و لاشبرگی، تنوع زیستی، توپوگرافی، ذخایر کربن.

مقدمه و هدف

در عصر حاضر پیامدهای اکولوژیکی تغییرات اقلیم و گرمایش زمین از بزرگ‌ترین معضلات جوامع بشری محسوب می‌شود؛ براساس مدل‌های سیستمی اقلیمی، افزایش کربن اتمسفری در بین کلیه عوامل، از مهم‌ترین عوامل ایجاد این رویداد چالش‌زاست (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷). ترسیب کربن اتمسفری در بافت جنگل می‌تواند یکی از عوامل اصلی کاهش گرمایش زمین محسوب شود. جنگل‌های شمال کشور از برجسته‌ترین قطب‌های پوشش گیاهی در کشور پهناور ایران محسوب می‌شود. در جنگل‌های مذکور، جنگل‌های آمیخته راش از نظر اقتصادی و شرایط اکولوژیکی با ترکیب گیاهی پویا و تنوع زیستی گیاهی چشمگیر، از مهم‌ترین جوامع گیاهی به حساب می‌آید. در این خصوص با توجه به اهمیت فزاینده خدمات اکولوژیک، جنگل‌های مذکور تأثیر زیادی در زمینه ذخایر حوضچه‌های کربن آلی و میزان ترسیب کربن به خود اختصاص می‌دهند. زی‌توده گیاهی به‌عنوان عناصر اصلی جنگل‌های طبیعی از مهم‌ترین حوضچه‌های کربن آلی محسوب می‌شوند. درختان و دیگر نباتات چوبی به‌دلیل سهم زیاد زی‌توده آنها در جنگل، به‌عنوان حوضچه‌های کلان کربن آلی شناخته شده و در این میان، زی‌توده کف جنگل به‌طور معمول نادیده گرفته می‌شوند. بنابراین، رابطه چرخه کربن آلی کف جنگل بین ترسیب کربن روی زمینی و زیرزمینی مجهول باقی می‌ماند. (Federici et al., 2015) در مطالعات خود گزارش دادند که در واقع عدم در نظر گرفتن حوضچه‌های کربن آلی کف جنگل از جمله لایه لاشبرگی (و پوشش علفی) به برآورد غیرواقعی میزان جذب و انتشار کربن اتمسفری منجر می‌شود که این امر سبب عدم قطعیت در ارزیابی منابع جنگل در ارتباط با مدیریت پایدار و کنترل انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

کربن آلی موجود در لایه‌های آلی حاصل از ریزش درختان و رستنی‌های کف جنگل به‌عنوان

حوضچه‌های کربن آلی کف جنگل محسوب می‌شوند. (Woodall et al. و Harmon et al., 2004, 2007) (2013) حوضچه‌های کربن آلی کف جنگل را در قالب کربن موجود در زی‌توده علفی، لاشبرگی و خرده‌چوب‌هایی^۱ که بیش از ۱ سانتی‌متر قطر دارند دسته‌بندی کردند. در مطالعات ایشان، خرده‌چوب‌های کمتر از ۱ سانتی‌متر جزء لایه لاشبرگی محسوب شدند و اجزای افتاده دارای قطر بین ۱ سانتی‌متر تا قطر ۷/۵ سانتی‌متر به‌عنوان مخازن کربن آلی به‌طور جداگانه بررسی شدند. در تحقیق حاضر نیز فقط مقادیر کربن موجود در پوشش‌های علفی و لایه لاشبرگی به‌عنوان مخازن کربن آلی کف جنگل بررسی شدند. (Wilson and Pyatt, 2001) و اسحاقی راد و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعات خود گزارش دادند که رستنی‌های کف جنگل (پوشش علفی) حساسیت زیادی به تغییرات شرایط محیطی دارند و می‌توانند به‌عنوان معرف زیستی عمل کنند. براساس مطالعات مذکور با توجه به اینکه بسیاری از اندازه‌گیری‌های شرایط محیطی و آدافیکی بسیار سخت و پرهزینه است، با اندازه‌گیری و بررسی برخی از ویژگی‌های بارز عناصر رویشی کف جنگل می‌توان به چشم‌انداز واقع‌بینانه در زمینه شرایط رویشگاهی و آدافیکی منطقه مدنظر دست پیدا کرد. از طرفی، لایه لاشبرگی کف جنگل و کیفیت آن از مهم‌ترین عوامل در ارزیابی کیفیت رویشگاه و میزان بازگشت عناصر غذایی حاصل از تجزیه ماده آلی است (روحی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۰).

تنوع زیستی گیاهی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اصل استمرار تولید و توسعه پایدار، تأثیرات مختلفی بر کلیه ویژگی‌ها و رویکردهای اکولوژیکی یک اکوسیستم دارد؛ از این رو بهتر است با دیگر پدیده‌های اکولوژیکی بارز همان اکوسیستم بررسی شود (Scherer-Lorenze et al., 2007). در این خصوص، می‌توان ارتباط تنوع زیستی گیاهی و ترسیب کربن جنگل را عنوان کرد. حوضچه‌های کربن

¹ Debris or Woody detritus

توپوگرافی یکی از عوامل به شدت تأثیرگذار در ارتباط بین زی توده گیاهی و غنای گونه ای است. البته باید متذکر شد که با توجه به همبستگی زیاد بین ترسیب کربن و زی توده گیاهی، نتایج مربوط به تغییرات و الگوی مکانی زی توده تحت تأثیر عوامل مختلف، می تواند منطبق بر نتایج مربوط به تغییرات ذخایر کربن باشد.

برآورد ذخایر کربن آلی در لایه های علفی و لاشبرگی در کف جنگل علاوه بر اینکه سهم آنها را در زمینه میزان انتشار کربن اتمسفری و ترسیب کربن روی زمینی مشخص می کند، در زمینه مقادیر ماده آلی خاک و میزان ذخیره عناصر غذایی نیز مؤثر است. از این رو، تحقیق حاضر با برآورد سهم ذخایر وزنی کربن آلی حوضچه های کربن پوشش های علفی و لاشبرگی در جنگل مورد پژوهش، در پی این است که آیا روند صعودی یا نزولی مقادیر ذخایر کربن حوضچه های کربن آلی تابع تغییرات تنوع گیاهی و شرایط فیزیکی زمین است یا خیر؛ تا بر این اساس در مدیریت پایدار جنگل های آمیخته راش برای رسیدن به مقدار بهینه ترسیب کربن و ارزیابی کیفیت رویشگاه در شرایط طبیعی اطلاعات مناسبی در اختیار قرار داد. از اطلاعات به دست آمده می توان برای پایش تحولات طبیعی جنگل در زمینه تنوع زیستی گیاهی، عوامل توپوگرافی و روند تغییرات ذخایر کربن کف جنگل در زمینه های مختلف مدیریت پایدار در جنگل استفاده کرد.

مواد و روش ها

منطقه تحقیق

این تحقیق در قطعه شاهد سری ۳ جنگل های گلندرود نور واقع در حوضه آبخیز ۴۸ جنگل های شمال ایران صورت گرفته است. محدوده این رویشگاه معروف به سری سه سرگلند در بین عرض جغرافیایی "۳۰° ۲۷' ۳۶" و "۱۵° ۳۲' ۳۶" طول جغرافیایی "۵۱° ۲۵' ۵۳" و "۲۵° ۵۷' ۵۱" قرار دارد. مساحت قطعه بررسی شده ۳۸ هکتار است که پارسل ۳ سری ۳ گلندرود نور محسوب می شود. محدوده ارتفاعی

آلی کف جنگل به عنوان پایین ترین حد اشکوب در جنگل ها تحت تأثیر لایه های پوششی اشکوب های فوقانی جنگل قرار می گیرد. از این رو انتظار می رود که تغییرات در ترکیب و تنوع زیستی پوشش های گیاهی در اشکوب های مختلف بر مقادیر ذخایر کربن آلی کف جنگل تأثیرگذار باشد. فرجی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود در جنگل های شمال به این نتیجه رسیدند که بین تغییرات زی توده هوایی (از جمله ارتباط بین زی توده علفی و زی توده لاشبرگی) و کلیه شاخص های تنوع زیستی گیاهی ارتباط معنی داری وجود ندارد. مطالعات مختلفی در زمینه تغییرات تنوع زیستی گیاهی مرتبط با عوامل مختلف فیزیوگرافی صورت گرفته است که از جمله آن می توان به پژوهش های میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) در زمینه تغییرات تنوع زیستی پوشش علفی در عوامل فیزیوگرافی جنگل های زاگرس میانی، اسماعیل زاده و حسینی (۱۳۸۶)، اسماعیل زاده و همکاران (۱۳۹۱)، آتشگاهی و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص ارتباط بین واحدهای فیزیوگرافی و تنوع گیاهان در جنگل های شمال اشاره کرد که در پژوهش های مذکور، شاخص های تنوع زیستی تغییرات متفاوتی در واحدهای فیزیوگرافی داشتند. تنوع گونه ای از مهم ترین شاخص های تنوع زیستی است که در ارزیابی زیستگاه ها از آن استفاده می شود (پوربابایی و دادو، ۱۳۸۴؛ Rodriguez-Loiñaz *et al.*, 2008). در تحقیق حاضر، برای بررسی تنوع زیستی گیاهی، تنوع گونه ای آلفا مدنظر قرار گرفت و از شاخص های متعددی که در مباحث پیش رو عنوان شده، استفاده شد. با توجه به اینکه در جنگل های طبیعی، فیزیوگرافی جنگل نیز می تواند تأثیر بارزی بر تنوع گیاهان و پراکنش آنها داشته باشد (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Barnes *et al.*, 1998)، در این تحقیق، تنوع زیستی پوشش گیاهی جنگل مورد پژوهش در ارتباط با مقادیر ترسیب کربن در عوامل توپوگرافیک بررسی شد. (Nguyen *et al.* (2012) عنوان کردند که

۱ متر مربع (فرجی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Fonseca *et al.* 2011) و برای جمع‌آوری لاشبرگ‌های کف جنگل 50×50 سانتی‌متر مربع (فرجی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Kirby and Potvin, 2007) در نظر گرفته شد. برای افزایش دقت، ابتدا یک ریزقطعه نمونه در مرکز هر قطعه نمونه و چهار ریزقطعه نمونه دیگر در هر گوشه قطعه نمونه اجرا شد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۴). محاسبه و فور^۱ (A) پایه‌های گیاهی موجود در سطح هر قطعه نمونه به دو روش عینی^۲ و ذهنی^۳ انجام گرفت، به طوری که برای تعیین تاج پوشش عناصر درختی از روش عینی و برای تعیین تاج پوشش علفی از روش ذهنی استفاده شد (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۹۱). کلیه پوشش‌های علفی و لاشبرگی پس از جمع‌آوری بلافاصله در عرصه توزین شد و پس از تفکیک ۸۰ گرم از لایه علفی و لاشبرگی، کلیه نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت تقریبی ۴۸ ساعت در آن خشک شدند (Henry *et al.*, 2010; Rebeiro *et al.*, 2011; Zhu *et al.*, 2010). اندازه‌گیری مقادیر کربن ترسیب‌شده پس از تعیین زی‌توده (وزن خشک)، کلیه نمونه‌ها با جرم ثابت در کوره حرارتی با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و درصد کربن براساس وزن اولیه و وزن خاکستر ایجادشده و در نهایت نسبت کربن آلی به ماده آلی محاسبه شد (بردبار و مرتضوی، ۱۳۸۵؛ Allen *et al.*, 1986).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در تحقیق حاضر تنوع زیستی گیاهی بر مبنای رایج ترین شاخص‌های تنوع گیاهی تجزیه و تحلیل شد. شاخص‌های کاربردی در این پژوهش عبارت‌اند از وفور

قطعه ۹۶۰ تا ۱۳۴۰ متر از سطح دریاست. در رویشگاه بررسی‌شده، درختان راش به صورت آمیخته با گونه‌های ممرز، پلت، بلندمازو، انجیلی، نمدار و غیره پراکنش دارد. سنگ مادر رویشگاه آهک-مارن و تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی تا راندزین است (بی‌نام، ۱۳۸۷). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های قطعه شاهد به عنوان پارسل هدف برای پژوهش حاضر، شرایط حفاظتی و طبیعی به دور از هر گونه دخالت انسانی است. از این رو نتایج حاصل از توزیع مکانی ذخایر کربن آلی در منطقه مورد نظر در ارتباط با تنوع زیستی گیاهی و عوامل فیزیوگرافی می‌تواند دارای قطعیت بیشتری باشد. آمار دریافتی از جدیدترین اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (نوشهر) طی ۳۰ سال گذشته نشان داد که میانگین بیشترین و کمترین دما به ترتیب در اواسط مرداد تا اواخر شهریور $28/8$ درجه سانتی‌گراد و در بهمن $3/9$ درجه سانتی‌گراد است. متوسط بارندگی سالیانه $1293/5$ میلی‌متر است که میانگین کمترین بارندگی در مرداد و میانگین بیشترین بارندگی در اواخر آبان تا اوایل آذر گزارش شده است.

روش تحقیق

به منظور نمونه برداری، قطعات نمونه به صورت سیستماتیک به فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر در سطح منطقه اجرا شدند. سطح قطعات نمونه با توجه به مطالعات صورت گرفته در جنگل‌های معتدله، ۴۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ اسحاقی راد و همکاران، ۱۳۸۸؛ اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱؛ Neuman and Starlinger, 2001; Ito *et al.*, 2004; Zerbe *et al.*, 2007). در کل سطح هر قطعه نمونه، کلیه ویژگی‌های کمی (قطر برابرسینه، ارتفاع و قطر تاج) درختانی با قطر برابرسینه بیش از $7/5$ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (نمیرانیان، ۱۳۸۵). سطح قطعه نمونه تخصیص یافته برای جمع‌آوری داده‌های مرتبط به پوشش‌های علفی،

¹ Abundance

² Objective

³ Subjective

عوامل توپوگرافی با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه بررسی شد. در صورت معنی‌داری نتایج آزمون تجزیه واریانس از آزمون توکی برای مقایسه چندگانه میانگین استفاده شد و مقایسه ذخایر کربن آلی پوشش علفی و تجمعات لاشبرگی به کمک آزمون t جفتی صورت گرفت. برای تعیین ارتباط معنی‌دار بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی و ذخایر حوضچه‌های کربن آلی کف جنگل مورد پژوهش از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

جدول‌های ۱ و ۲ میزان پوشش و ترکیب گونه‌های گیاهی (گونه‌های درختی و علفی) را در جنگل آمیخته راش نشان می‌دهد. با توجه به اینکه فقط در یک قطعه نمونه پوشش درختچه‌ای (در حد غیرقابل توجه) مشاهده شد، از ارائه آن خودداری شد. طبق نتایج، درختان راش به‌همراه ممرز، پلت و بلندمازو به ترتیب دارای حداکثر پوشش بودند (جدول ۱) و در بین گونه‌های علفی نیز جگن (کارکس) حداکثر پوشش را به خود اختصاص داد (جدول ۲).

A (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ مصداقی، ۱۳۸۰)؛ تنوع شانون وینر H' (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ پوربابایی و دادو، ۱۳۸۴؛ Neumann and Starlinger, 2001 Rodriguez-Loinaz et al., 2008)؛ شاخص غنای گونه‌ای SR (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ فرجی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ یکنواختی پایلو J' (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ پوربابایی و دادو، ۱۳۸۴؛ Neumann and Starlinger, 2001)؛ غلبه گونه‌ای D (Rodriguez-Loinaz et al., 2008)؛ (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ Neumann and Starlinger, 2001) و مقدار اهمیت گونه‌ای SIV (پوربابایی و دادو، ۱۳۸۳).

عوامل فیزیوگرافی بررسی شده در این تحقیق شامل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا هستند. شیب در سه طبقه (۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۱۱۰ درصد)، ارتفاع از سطح دریا در سه دامنه (۱۱۰۰-۱۰۰۰، ۱۲۰۰-۱۱۰۰ و ۱۳۰۰-۱۲۰۰ متر) و جهت‌های دامنه به‌صورت جنوب غربی، غربی و شمال غربی تفکیک شدند. نرمالیتة داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون لون و اختلاف‌های کلی در هر یک از

جدول ۱- ترکیب گونه‌های درختی و میانگین درصد پوشش آنها در جنگل مورد پژوهش

درصد پوشش (میانگین \pm اشتباه معیار)	گونه‌های درختی
۵/۰۵ \pm ۳/۵۷	<i>Acer cappadocicum</i> Gled.
۳۹/۳۷ \pm ۱۹/۴۳	<i>Acer velutinum</i> Boiss.
۱۶/۳۴ \pm ۹/۱۱	<i>Alnus subcordata</i> C.A. May
۶۶/۶۹ \pm ۱۲/۰۴	<i>Carpinus betulus</i> L.
۹/۵۶ \pm ۵/۴۱	<i>Carpinus schuschaensis</i>
۲/۵۸ \pm ۱/۰۶	<i>Diospyros lotus</i> L.
۷۶/۲۷ \pm ۱۹/۷۲	<i>Fagus orientalis</i> L.
۱۴/۴۸ \pm ۵/۳۲	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
۱۷/۹۴ \pm ۳/۹۶	<i>Parrotia persica</i> (DC.) C. A. May.
۳/۳۹ \pm ۱/۹۷	<i>Prunus avium</i>
۳۸/۴۰ \pm ۱۱/۱	<i>Quercus castaneifolia</i> C.A. May
۷/۴۹ \pm ۴/۱۴	<i>Sorbus torminalis</i>
۲۰/۴۸ \pm ۱۱/۹۱	<i>Tilia platyphyllus</i> L.
۱۴/۸۲ \pm ۶/۴۲	<i>Zelkova carpinifolia</i>

جدول ۲- ترکیب گونه‌های علفی و میانگین درصد پوشش آنها در جنگل مورد پژوهش

درصد پوشش (میانگین \pm اشتباه معیار)	گونه‌های علفی
۵/۰۸ \pm ۱/۲	<i>Asperula odorata</i> (L.) Scop
۲/۴۴ \pm ۱/۲۳	<i>Cardamine bolbifera</i> L.
۴/۷۴ \pm ۱/۷۷	<i>Carex divulsa</i> L.
۳۱/۴۶ \pm ۴/۱۸	<i>Carex sylvatica</i> Huds
۱۸/۵۹ \pm ۲/۴	<i>Cyclamen coum</i> Miller.
۰/۹۳ \pm ۰/۴۹	<i>Danae racemosa</i> (L.) Moench
۲/۹۳ \pm ۱۶/۳۶	<i>Epimedium pinnatum</i> L.
۱/۷۶ \pm ۰/۹۹	<i>Erythronium denis-canis</i> L.
۱۲/۶۴ \pm ۴/۴	<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.
۷/۶۹ \pm ۲/۹۲	<i>Fragaria vesca</i> L.
۲/۴۱ \pm ۰/۹۰	<i>Galium setaceum</i> L.
۳/۸۷ \pm ۱۴/۴۶	<i>Hedera pastuchovii</i> Worn Ex. Grossh.
۲/۲۴ \pm ۱/۰۵	<i>Laser trilobium</i>
۲/۵ \pm ۱/۳	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds
۲/۷۲ \pm ۱/۲۷	<i>Mercurialis perennis</i> L.
۴/۱۶ \pm ۱/۵۹	<i>Oplismenus undulatifolius</i> P. Beauv.
۳/۱۲ \pm ۱/۰۲	<i>Petroselinum sativum</i> Hill.
۷/۶۴ \pm ۳/۳۷	<i>Pimpinella affinis</i> Ledeb
۲/۹۵ \pm ۱/۲۶	<i>Plantago lanceolata</i> L.
۷/۱۳ \pm ۱/۵۲	<i>Primula heterochroma</i> Stapf.
۵/۵ \pm ۲/۰۶	<i>Pteris cretica</i> L.
۷/۴ \pm ۱/۹	<i>Polygala anatolya</i> L.
۱۳/۴۰ \pm ۳/۸۱	<i>Rubus persicus</i> Boiss.
۱۰/۲۰ \pm ۴/۱۶	<i>Ruscus hyrcanus</i> Woron.
۸/۰۸ \pm ۲/۵	<i>Sambucus ebulus</i> L.
۱۲/۱۸ \pm ۳/۳۰	<i>Sanicula europaea</i> L.
۰/۵۲ \pm ۰/۴۸	<i>Scilla greilhuberi</i> Speta.
۵/۴ \pm ۲/۳	<i>Ungernia trisfaera</i> L.
۸/۳۲ \pm ۳/۰۸	<i>Ungernia flava</i> L.
۸/۰۸ \pm ۲/۹	<i>Urtica dioica</i> L.
۵/۰۴ \pm ۱/۶	<i>Vicia sativa</i>
۱۴/۶۴ \pm ۲/۷	<i>Viola odorata</i>

جدول ۴ نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در زمینه تغییرات تنوع زیستی پوشش درختی در واحدهای مختلف فیزیوگرافی را نشان می‌دهد. براساس نتایج، تنوع زیستی در هیچ یک از عوامل فیزیکی زمین تغییرات معنی‌دار ندارد (جدول ۴).

جدول ۳ نتایج میانگین شاخص‌های تنوع زیستی اشکوب درختی و لایه پوششی علفی را در جنگل آمیخته راش گلندرود نشان می‌دهد. طبق نتایج، درصد تاج پوشش، غلبه گونه‌ای و شاخص اهمیت گونه‌ای اشکوب درختی نسبت به شاخص‌های مذکور مربوط به پوشش علفی بیشتر است.

جدول ۳- میانگین (\pm اشتباه معیار) شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در منطقه پژوهش

<i>SIV</i>	<i>D</i>	<i>J'</i>	<i>SR</i>	<i>H'</i>	<i>A</i>	
۴/۴۵ \pm ۰/۱۳	۰/۴۱ \pm ۰/۰۳	۰/۷۳ \pm ۰/۰۳	۴/۹ \pm ۰/۳۳	۱/۱۵ \pm ۰/۰۸	۷۸/۲۳ \pm ۷/۱	پوشش درختی
۳/۷۱ \pm ۰/۱۶	۰/۲۱ \pm ۰/۰۱	۰/۸۱ \pm ۰/۰۱	۱۰/۷۶ \pm ۰/۳۷	۱/۹۱ \pm ۰/۰۴	۳۵/۱۳ \pm ۲/۱	پوشش علفی

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس یکطرفه تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی در واحدهای مختلف توپوگرافی

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
<i>A</i>		
شیب	۰/۳۵۹	۰/۷۰۲ ^{ns}
جهت	۱/۶۴	۰/۲۱۶ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۱/۳۱	۰/۲۹۲ ^{ns}
<i>H'</i>		
شیب	۰/۱۶۹	۰/۸۴۵ ^{ns}
جهت	۰/۱۴۲	۰/۸۶۸ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۱/۱۶	۰/۳۳۲ ^{ns}
<i>SR</i>		
شیب	۰/۲۱۴	۰/۸۰۹ ^{ns}
جهت	۰/۱۹۶	۰/۸۲۴ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۳۳	۰/۷۹۴ ^{ns}
<i>J'</i>		
شیب	۱/۲۴	۰/۳۰۹ ^{ns}
جهت	۰/۷۱۸	۰/۴۵۰ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۱/۱۷	۰/۳۲۷ ^{ns}
<i>D</i>		
شیب	۰/۰۵۴	۰/۹۴۷ ^{ns}
جهت	۰/۲۹۶	۰/۷۴۷ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۰/۹۸۷	۰/۳۸۹ ^{ns}
<i>SIV</i>		
شیب	۱/۲۹۳	۰/۲۹۳ ^{ns}
جهت	۲/۸۴	۰/۰۸۱ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۳/۲۲	۰/۰۶۲ ^{ns}

ns، ** و *** به ترتیب نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

براساس نتایج، فقط شاخص وفور در طبقات ارتفاعی مختلف از سطح دریا ($P < ۰/۰۱$) و شاخص غلبه گونه‌ای در دامنه‌های مختلف ($P < ۰/۰۵$) دارای

جدول ۵ نتایج آزمون آنالیز واریانس یکطرفه در زمینه تغییرات تنوع زیستی اشکوب علفی را در واحدهای مختلف فیزیوگرافی منطقه نشان می‌دهد.

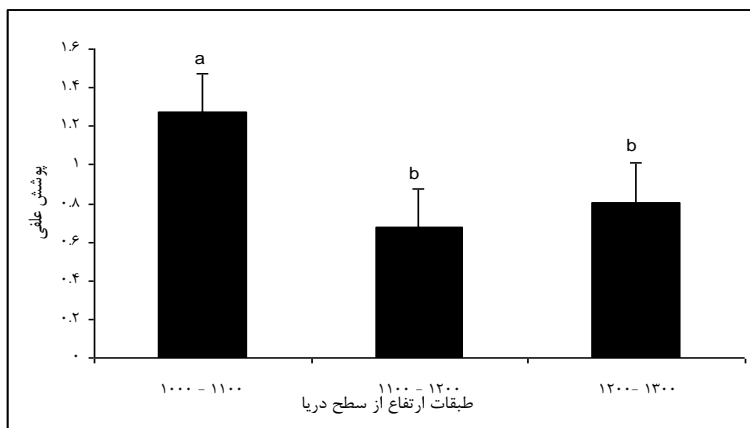
صورتی که تفاوت مقادیر شاخص مذکور در بین دامنه‌های دیگر معنی‌دار نیست (شکل ۲).
جدول ۶ نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در زمینه تغییرات ذخایر حوضچه‌های کربن آلی اشکوب علفی و لایه لاشبرگی را در واحدهای مختلف فیزیوگرافی منطقه نشان می‌دهد. نتایج جدول مذکور نشان داد که فقط مخازن کربن آلی لایه لاشبرگی در شیب‌های مختلف منطقه دارای تغییرات معنی‌دار است ($P < 0.05$).

تغییرات معنی‌دارند (جدول ۵). همچنین نتایج آزمون توکی نشان داد که مقادیر پوشش علفی در طبقات تحتانی (طبقه ۱۱۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا) به صورت معنی‌دار مقدار بیشتری را نسبت به دیگر طبقات نشان می‌دهد، در صورتی که در طبقات میانی و فوقانی قطعه شاهد مورد بررسی تغییرات میزان پوشش علفی معنی‌دار نیست (شکل ۱). نتایج آزمون یادشده نشان داد که شاخص غلبه گونه‌ای پوشش علفی در دامنه‌های رو به شمال غربی به صورت معنی‌داری مقادیر بیشتری را شامل می‌شود، در

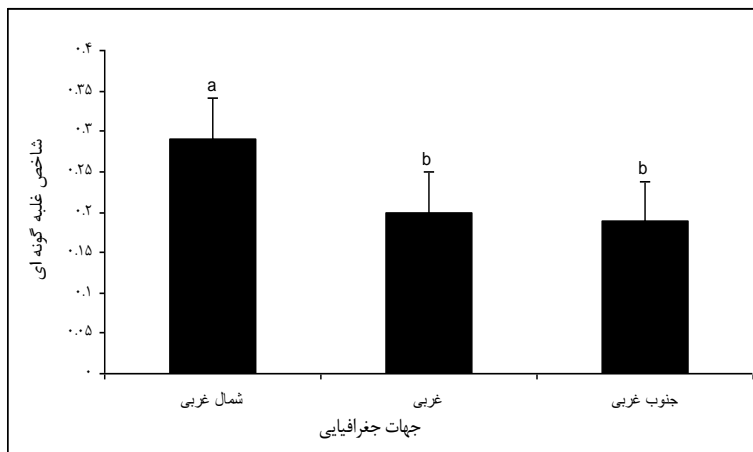
جدول ۵- نتایج آنالیز واریانس یکطرفه تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌های علفی در واحدهای مختلف توپوگرافی

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
<i>A</i>		
شیب	۶/۰۸۴	۰/۰۷ ^{ns}
جهت	۵/۰۲	۰/۱۱ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۷/۶۸	۰/۰۰۳ ^{**}
<i>H'</i>		
شیب	۱/۷۶	۰/۱۹۵ ^{ns}
جهت	۱/۸۸	۰/۱۸۱ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۱/۰۵	۰/۲۲۱ ^{ns}
<i>SR</i>		
شیب	۱/۴۸	۰/۲۴۸ ^{ns}
جهت	۱/۹۷	۰/۱۷۰ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۱/۵۴	۰/۲۴۱ ^{ns}
<i>J'</i>		
شیب	۰/۶۵۹	۰/۴۲۶ ^{ns}
جهت	۰/۷۲۱	۰/۴۱۴ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۰/۶۱۴	۰/۴۷۶ ^{ns}
<i>D</i>		
شیب	۱/۳۳	۰/۲۸۳ ^{ns}
جهت	۳/۸۴	۰/۰۳۷ [*]
ارتفاع از سطح دریا	۱/۰۲	۰/۴۷۶ ^{ns}
<i>SIV</i>		
شیب	۰/۶۷۷	۰/۴۴۸ ^{ns}
جهت	۰/۷۲۷	۰/۳۴۵ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۰/۷۰۳	۰/۳۹۴ ^{ns}

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.



شکل ۱- میانگین پوشش علفی در دامنه‌های مختلف ارتفاع از سطح دریا در جنگل مورد پژوهش. حروف متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.



شکل ۲- میانگین شاخص غلبه گونه‌ای در جهات مختلف جغرافیایی در جنگل مورد پژوهش. حروف متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

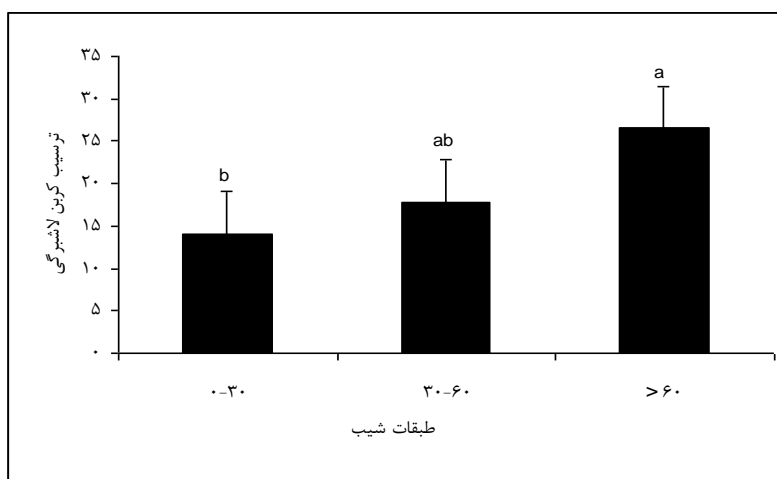
جدول ۶- نتایج آنالیز واریانس یکطرفه مخازن کربن آلی پوشش علفی و لایه لاشبرگی در واحدهای مختلف توپوگرافی

منبع تغییرات	F	سطح معنی‌داری
مخازن کربن پوشش علفی		
شیب	۲ / ۵۸۱	۰ / ۰۹۸ ^{ns}
جهت	۰ / ۰۹۳	۰ / ۹۱۱ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۱ / ۶۳۸	۰ / ۲۱۷ ^{ns}
مخازن کربن لایه لاشبرگی		
شیب	۴ / ۰۲۳	۰ / ۰۳۲ *
جهت	۳ / ۲۱۸	۰ / ۰۶ ^{ns}
ارتفاع از سطح دریا	۰ / ۷۷۴	۰ / ۴۷۳ ^{ns}

ns و * به ترتیب نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

می‌دهد، در صورتی که در اراضی تقریباً مسطح ذخایر کربن لاشبرگی کمتر است. میزان ذخایر کربن تجمعات لاشبرگی در طبقات میانی شیب (۳۰-۶۰ درصد) نسبت به طبقات پایینی و فوقانی شیب اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (شکل ۳).

شکل ۳ نتایج آزمون توکی مربوط به تغییرات میانگین ذخیره کربن تجمعات لاشبرگی را در طبقات مختلف شیب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در شیب‌های زیاد موجودی کربن آلی لایه لاشبرگی به صورت معنی‌دار مقادیر بیشتری را نشان



شکل ۳- میانگین مخازن کربن آلی لایه لاشبرگی در شیب‌های مختلف جنگل مورد پژوهش. حروف متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

ذخایر کربن آلی پوشش علفی و تجمعات لاشبرگی در منطقه اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0/01$).

جدول ۷ نتایج کلیه مشخصه‌های حاصل از آزمون t جفتی را نشان می‌دهد. طبق نتایج بین موجودی

جدول ۷- نتایج آزمون t جفتی بین مخازن کربن آلی لایه لاشبرگی و پوشش علفی

منبع تغییرات	اختلاف میانگین (± اشتباه معیار)	حدود اطمینان (سطح ۰/۹۵)	t
ذخایر کربن آلی لایه لاشبرگی و پوشش علفی	۱۵/۳۳ (± ۱/۵۵)	۱۲/۱۴ - ۵۳/۱۸	۹/۸۸**

** نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد است.

کربن آلی تجمعات لاشبرگی در حدود ۱۵ تن بیشتر از ذخایر مخزن کربن پوشش علفی است.

همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، لایه لاشبرگی دارای ذخایر کربن بیشتری نسبت به پوشش علفی است. در واقع با توجه به جدول ۷ ذخایر وزنی

جدول ۸- مقادیر مختلف مخازن کربن آلی پوشش علفی و لایه لاشبرگی

کمینه	بیشینه	میانگین (± اشتباه معیار)	
۰/۷۳	۸/۰۴	۲/۹۷ (± ۰/۳۴) b	پوشش علفی
۴/۰۲	۳۵/۳۸	۱۸/۳۱ (± ۱/۵۳) a	لایه لاشبرگی

حروف متفاوت لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

و تنوع شانون- وینر، غنای گونه‌های، مقدار اهمیت گونه‌ای پوشش درختی در منطقه، ارتباط معنی‌دار وجود دارد (جدول ۹). البته همان‌طور که مشاهده می‌شود بین ذخیره کربن لایه لاشبرگی و شاخص اهمیت گونه‌ای اشکوب درختی ارتباط نزولی وجود دارد ($R = -0/45$).

نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی اشکوب درختی، تنوع زیستی پوشش علفی و ذخایر کربن آلی پوشش علفی همبستگی معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۹). در صورتی که نتایج آزمون مذکور حاکی از آن است که بین ذخایر حوضچه‌های کربن آلی تجمعات لاشبرگی

جدول ۹- مقادیر همبستگی مخازن کربن آلی پوشش علفی و لاشبرگی با شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی و علفی

SIV	D	R	J'	H'	A	
0/103 ^{ns}	0/245 ^{ns}	-0/251 ^{ns}	0/121 ^{ns}	0/211 ^{ns}	0/305 ^{ns}	ذخیره کربن پوشش علفی- شاخص‌های تنوع زیستی درختی
-0/126 ^{ns}	0/089 ^{ns}	0/109 ^{ns}	-0/154 ^{ns}	-0/016 ^{ns}	0/241 ^{ns}	ذخیره کربن پوشش علفی- شاخص‌های تنوع زیستی علفی
-0/447 ^{**}	-0/291 ^{ns}	0/434 ^{**}	0/218 ^{ns}	0/378 [*]	0/312 ^{ns}	ذخیره کربن لایه لاشبرگ- شاخص‌های تنوع زیستی درختی
0/195 ^{ns}	0/072 ^{ns}	0/203 ^{ns}	-0/054 ^{ns}	0/102 ^{ns}	0/09 ^{ns}	ذخیره کربن لایه لاشبرگ- شاخص‌های تنوع زیستی علفی

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

کردند که بیشترین تنوع گونه‌ای گیاهی در ارتفاعات متوسط، شیب‌های تند و دامنه‌های رو به جنوب مشاهده می‌شود. در خیلی از مطالعات دیگر نیز برخلاف تحقیق حاضر مشخص شد که تنوع زیستی پوشش درختی تابع تغییرات فیزیکی عرصه‌های تحقیقاتی است (متاجی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸؛ اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶).

برای تعیین همبستگی بین شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی و عوامل فیزیوگرافی با مقادیر زی‌توده و ذخیره کربن دو فرضیه وجود دارد (Nguyen et al., 2012): ۱. رابطه خطی ساده بین زی‌توده (و ذخیره کربن) و تنوع زیستی گیاهی وجود دارد؛ ۲. ارتباط بین مقدار زی‌توده و تنوع زیستی گیاهی، تحت تأثیر عوامل فیزیوگرافی دارای تغییرات معنی‌داری است. یعنی فرض می‌شود که تنوع زیستی تأثیرات معنی‌داری بر زی‌توده دارد؛ اما این مورد هنگامی دارای قطعیت است که دیگر عوامل رویشگاهی (مثل شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) نیز در نظر گرفته شود. البته در این مورد نیز نمی‌توان به نتیجه جامع و واحدی رسید. تحقیقات دیگر

بحث

عوامل مختلف توپوگرافی رویشگاه جنگلی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات تنوع زیستی گیاهی محسوب می‌شوند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات کلیه شاخص‌های تنوع پوشش درختی در عوامل توپوگرافی مورد پژوهش معنی‌دار نبودند. از این رو می‌توان استنباط کرد که تغییرات تنوع زیستی پوشش درختی مستقل از عوامل توپوگرافی در منطقه است. در این خصوص مطالعات متعددی صورت گرفته که می‌توان به تحقیق پوربابایی و دادو (۱۳۸۴) در زمینه بررسی تنوع گونه‌ای گیاهان در جنگل‌های شمال (کلاردشت) اشاره کرد که ارتفاع از سطح دریا را مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تنوع پوشش درختان معرفی کردند؛ اگرچه اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) در ذخیره‌گاه سرخدار افراخته در جنگل‌های شمال اذعان کردند که عامل ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های تنوع زیستی کلیه پوشش‌های گیاهی ندارد. آتشگاهی و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص تأثیرات عوامل توپوگرافی و تنوع گیاهی جنگل‌های شمال عنوان

رژیم‌های آشفته‌گی درون خاک می‌توانند بر مقادیر زی‌توده هوایی تأثیرگذار باشند. فرجی و همکاران (۱۳۹۴) نیز به این نتیجه رسیدند که بین شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی (پوشش علفی و درختچه‌ای) و مقادیر زی‌توده پوشش علفی و نیز بین شاخص‌های تنوع زیستی درختی و مقادیر ذخایر کربن تجمعات لاشبرگی ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. بر خلاف آن، در تحقیق حاضر مشخصه‌های تنوع گونه‌ای درختی از جمله شاخص تنوع، غنای گونه‌ای و شاخص اهمیت گونه‌ای با مقادیر ذخایر کربن آلی تجمعات لاشبرگی ارتباط معنی‌داری داشتند. در واقع، به این دلیل که تجمعات لاشبرگی کف جنگل حاصل از پوسیدگی و ریزش برگ‌ها، شاخه‌ها و ریزشاخه‌های درختان گونه‌های مختلف است، طبیعی است که بین ترسیب کربن لایه لاشبرگی و شاخص‌های تنوع زیستی درختان به‌ویژه غنای گونه‌ای همبستگی زیادی وجود داشته باشد. البته نتایج تحقیق نشان داد که علاوه بر تنوع گونه‌های درختی، عامل شیب نیز از عوامل تأثیرگذار در میزان ذخیره کربن لایه لاشبرگی محسوب می‌شود. بر مبنای بسیاری از مطالعات صورت‌گرفته در جنگل‌های زیست‌بوم‌های مختلف در زمینه تنوع زیستی گیاهی (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۸، اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶؛ پوربابایی و دادو، ۱۳۸۴) و میزان ذخیره کربن روی زمینی پوشش‌های گیاهی در اشکوب‌های مختلف (Zhu *et al.*, 2010; Nguyen *et al.*, 2012; Marshal *et al.*, 2012)، شیب و ارتفاع از سطح دریا، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تغییرات تنوع زیستی پوشش گیاهی و توزیع کمی حوضچه‌های پویای کربن آلی معرفی شدند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر از آنجا که تغییرات تنوع گونه‌های درختی در شیب‌های دامنه معنی‌دار نبود و لایه لاشبرگی دارای تغییرات معنی‌داری در طبقات مختلف شیب منطقه بود، می‌توان عنوان کرد که مخازن کربن آلی لایه لاشبرگی مستقل از تأثیر تنوع

به‌خصوص در جنگل‌های معتدله نشان داد که زی‌توده جنگل در ارتباط با تنوع زیستی گیاهی به انضمام عوامل فیزیوگرافی دارای تغییرات معنی‌داری است (Healy *et al.*, 2008; Paquette and Messier, 2011; Vila *et al.*, 2007; Waide *et al.*, 1999). اگرچه بسیاری دیگر از تحقیقات نشان دادند که بین مقادیر مختلف زی‌توده گیاهی و واحدهای مختلف فیزیوگرافی ارتباط معنی‌داری وجود ندارد (Balvanera and Aguirre, 2006; Nguyen *et al.*, 2012). در نتایج تحقیق حاضر مشاهده شد که ذخایر کربن آلی پوشش علفی، از تغییرات توپوگرافی تأثیر نمی‌پذیرد؛ یعنی اگرچه برخی از شاخص‌های پارامتریک تنوع زیستی لایه علفی در واحدهای فیزیوگرافی دارای تغییرات معنی‌دار است، واحدهای فیزیوگرافی پارسل شاهد، تأثیر بارز و معنی‌داری بر تغییرات تنوع زیستی پوشش علفی نداشت. با توجه به اینکه ارتباط معنی‌داری نیز بین کلیه شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در اشکوب‌های مختلف و مقادیر ذخیره کربن پوشش علفی وجود نداشت، می‌توان دریافت که تنوع زیستی گیاهی و عوامل توپوگرافیک، معرف توصیفی درخور توجهی در زمینه توزیع و میزان ذخایر کربن پوشش علفی جنگل آمیخته راش در منطقه پژوهش محسوب نمی‌شوند. همان‌طور که بیان شد، (Nguyen *et al.*, 2012) بیان کرده‌اند که توزیع ذخیره کربن زی‌توده گیاهی به احتمال زیاد در شرایط ایده‌آل رویشگاهی باید تحت تأثیر عوامل توپوگرافیک قرار گیرد؛ در غیر این صورت کلیه پدیده‌های رویشگاهی از جمله مراحل توالی، فازهای تحولی و رژیم‌های آشفته‌گی جنگل از عوامل تأثیرگذار بر توزیع زی‌توده‌های گیاهی و ذخیره کربن آنها محسوب می‌شوند. همچنین (Marshall *et al.*, 2012) ادعان داشتند که اگرچه عوامل فیزیوگرافیک از جمله متغیرهای ثابت در میزان تغییرات زی‌توده هوایی هستند، عواملی از جمله آب و هوا، فازهای تحولی و

نشان داد. در این خصوص می‌توان به فرضیه اثر نمونه‌برداری^۱ اشاره کرد؛ براساس این فرضیه، جوامع گیاهی که از غنای بیشتری برخوردارند پرمحصول‌ترند و تولیدات بیشتری دارند (Kirby and Potvin, 2007). زیرا در جوامع غنی‌تر، دست‌کم یک یا چند گونه خاص وجود دارد که افزایش تولید منابع غذایی و تبدیل این منابع به زی‌توده بیشتر و به تبع آن تبدیل به ترسیب کربن زیادتر را عهده‌دارند (Aarssen, 1997; Tilman et al., 1997; Huston, 1980). از این رو ارتباط معنی‌دار ذخایر کربن لایه لاشبرگی و تغییرات غنای گونه‌ای درختان در تحقیق حاضر می‌تواند مبتنی بر فرضیه اثر نمونه‌برداری باشد؛ زیرا هر چقدر غنای گونه‌ای در واحد سطوح مورد پژوهش افزایش یافت، ذخایر کربن لایه لاشبرگی نیز افزایش پیدا کرد. در تحقیق حاضر بین تنوع گونه‌های علفی و مقادیر ذخیره کربن آن ارتباطی وجود نداشت. در مطالعات مرتبط به ۴۸ گونه غالب علفی با جوامع مشابه در پنج اقلیم قاره‌ای هیچ ارتباط ثابت یا مشخصی بین تولید زی‌توده و غنای گونه‌ای نه‌تنها در سطح محلی بلکه حتی در سطوح منطقه‌ای و جهانی مشاهده نشد (Alder et al., 2011). در نتایج پژوهش Kirby and Potvin (2007) نیز عنوان شد که بین مقادیر زی‌توده گیاهان جنگل در اشکوب‌های مختلف و غنای گونه‌ای همبستگی وجود نداشت. Kirby and Potvin (2007) در مطالعات خود در خصوص تغییرات تنوع زیستی گیاهی و مخازن کربن آلی در قالب زی‌توده گیاهی از بین کلیه شاخص‌های تنوع گونه‌ای تأکید بیشتری بر همبستگی بین غنای گونه‌ای و مقادیر زی‌توده (و ترسیب کربن) داشتند. با توجه به گزارش آنها، غنای گونه‌ای با احتساب آشیان اکولوژیکی و فیزیولوژیکی هر گونه، میزان رقابت برای دستیابی به آب، تأثیر بر سازوکار جذب عناصر غذایی خاک و تأثیر بر افزایش یا کاهش عملکردهای

زیستی گیاهی، تحت تأثیر شیب رویشگاه مورد پژوهش است. یکی از دلایل این موضوع می‌تواند افزایش تجمعات لاشبرگ در شیب‌های تند به دلیل دسترسی نداشتن با توجه به شرایط حفاظتی منطقه یا ترکیب و آمیختگی درختان غالب در اراضی پرشیب باشد. این موضوع می‌تواند وابسته به فرضیه‌های متعددی باشد که از جمله می‌توان به ترکیب پوشش درختی در شیب‌های تند به دلیل عدم دسترسی قطع درختانی چون راش و بلوط در سال‌های قبل از شرایط حفاظتی رویشگاه اشاره کرد. طبق نتایج تحقیق حاضر با توجه به اینکه درختان راش و بلوط، پوشش غالب منطقه را تشکیل می‌دهند و برگ‌هایشان نیز پس از ریزش و خزان سالیانه به دلیل چرمی بودن یا بزرگ بودن نسبت C/N روندی بسیار کند در تجزیه و پوسیدگی دارند (مروی مهاجر، ۱۳۸۴)، تراکم درختان راش یا بلوط در شیب‌های زیاد می‌تواند در ارتباط مستقیم با افزایش ذخایر کربن لایه لاشبرگی در شیب‌های فوقانی باشد. به همین دلیل کیفیت لاشبرگ‌ها در شیب‌های مختلف احتمال دارد دارای تغییرات اساسی باشد. دلیل دیگر می‌تواند مبنی بر حداقل نیروی ثقل زمین در شیب‌های تند باشد که در این خصوص ذخایر کربن تجمعات زی‌توده لاشبرگی پس از روند تجزیه مقداری از آن به فضا رها شده یا در لایه مذکور حبس می‌شود و به دلیل حداقل نیروی ثقل زمین به کندی وارد خاک شده و از این رو ذخایر کربن در لایه لاشبرگی حفظ می‌شود. البته گفتنی است که فرایند آمیختگی مواد با خاک در روند خاکساز، فرایندهای بیولوژیک و شدت فعالیت تنفس میکروبی را نیز می‌توان از عوامل تأثیرگذار در مقادیر ذخایر کربن لایه لاشبرگی محسوب کرد. همان‌طور که در مطالب قبل نیز عنوان شد، با توجه به نتایج تحقیق حاضر، فقط ذخایر حوضچه کربن تجمعات لاشبرگی با غنای درختی همبستگی زیادی

¹ The sampling effect hypothesis

منابع

آتشگاهی، زهره، حمید اجتهادی و حبیب زارع، ۱۳۹۴. ارتباط عوامل توپوگرافی و تنوع گیاهان در جنگل‌های شرق دودانگه ساری، استان مازندران، مجله پژوهش‌های گیاهی، ۱، ۱-۱۱.

اسحاقی‌راد، جواد، قوام‌الدین زاهدی امیری، محمدرضا مروی مهاجر و اسداله متاجی، ۱۳۸۸. ارتباط بین پوشش‌های رستنی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جوامع راش (مطالعه موردی: جنگل آموزشی پژوهشی خیرود نوشهر)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲: ۱۷۴-۱۸۷.

اسماعیل‌زاده، امید و سیدمحسن حسینی، ۱۳۸۶. رابطه بین گروه‌های اکولوژیک گیاهی با شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در ذخیره‌گاه سرخدار افراتخته، محیط‌شناسی، ۴۳: ۲۱-۳۰.

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

بردبار، سید کاظم و سید مرتضی مرتضوی جهرمی، ۱۳۸۵. بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل‌کاری‌های اکالیپتوس (*Eucalyptus camadulensis*) و آکاسیا (*Acacia salicina*) در مناطق غربی استان فارس، پژوهش و سازندگی، ۷۰: ۹۵-۱۰۳.

بی‌نام، ۱۳۸۷. طرح جنگلداری سری سه گلندرد (تجدید نظر دوم)، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران - نوشهر.

پوربابایی، حسن و خدایار دادو، ۱۳۸۴. تنوع گونه‌ای گیاهان چوبی در جنگل‌های سری یک کلاردشت، مازندران. مجله زیست‌شناسی ایران، ۴: ۳۰۷-۳۲۲.

روحی‌مقدم، عین‌اله، سیدمحسن حسینی، عزت‌اله ابراهیمی، احمد رحمانی، مسعود طبری و رضا مهدوی، ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های خاک در جنگل‌کاری‌های خالص و آمیخته بلندمازو، مجله پژوهش‌های خاک، ۲۵ (۱): ۳۹-۴۸.

میکروارگانیسم‌ها، اثر بارزی بر مقادیر زی‌توده گیاهان و مخازن کربن آلی پوشش گیاهی دارد. البته به گفته Forester et al. (2006)، تجربیات زیادی نشان داده‌اند که در حقیقت بین زی‌توده گیاهی و افزایش غنای گونه‌ای رابطه مستقیمی وجود دارد. ولی Nguyen et al. (2012) گزارش دادند که در این زمینه هنوز رابطه مشخصی وجود ندارد که بتوان آن را به تمام ارتباطات به‌دست‌آمده تعمیم داد؛ زیرا در برخی از، رویشگاه‌ها براساس مطالعات مختلف، ارتباطی بین تنوع زیستی، ترکیب پوشش گیاهی و مقادیر زی‌توده گیاهی یا ترسیب کربن وجود ندارد.

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان اذعان کرد که ذخایر کربن پوشش علفی در منطقه تحقیق، تحت تأثیر عوامل توپوگرافی و تنوع گونه‌ای گیاهی نبود. در این صورت می‌توان عنوان کرد که معماری جنگل^۱، ساختار و الگوی مکانی پوشش‌های گیاهی یا ویژگی‌های ادافیکی و کلیه تحولات طبیعی جنگل می‌تواند در این زمینه مدنظر قرار گیرد که در این خصوص به مطالعات گسترده‌تری نیاز است. با استناد به اینکه شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختی از عوامل تأثیرگذار در زمینه تغییرات ذخایر کربن لایه لاشبرگی معرفی شدند و علاوه بر آن از آنجا که مقادیر ذخایر کربن لایه مزبور تحت تأثیر شیب رویشگاه در منطقه پژوهش بوده است، با توجه به در نظر گرفتن شرایط طبیعی منطقه و عدم دخالت در آن، می‌توان از عوامل مذکور به‌عنوان متغیرهای عامل برای پایش تغییرات ذخایر حوضچه‌های کربن لایه لاشبرگی در قالب مدل‌های شبیه‌ساز استفاده کرد.

¹ Forest architecture

- Allen, S.E., H.M., Grimshaw, and A.P. Rowland, 1986. Chemical Analysis. In: P.D. Moore and Chapman (eds.), *Method in Plant Ecology*, America: Blackwell scientific Publications, 1986: 285-344.
- Balvanera, P., and E. Aguirre, 2006. Tree diversity, environmental heterogeneity, and productivity in a Mexican tropical dry forest, *Biotropica*, 38: 479-491.
- Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton, and S.H. Spurr, 1998. *Forest ecology*, John Wiley and Sons. INC., 773 pp.
- Fonseca, W., J.M.B. Benayas, and F.E. Alice, 2011. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica, *Forest Ecology and Management*, 262: 1400-1408.
- Federici, S., N.T. Francesco, M. Salvatore, H. Jacobs, and J. Schmidhuber, 2015. New estimates of CO₂ forest emissions and removals: 1990-2015, *Forest Ecology and Management*, 352: 89- 98.
- 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.
- Harmon, M.E., K. Bible, M.G. Ryan, D.C. Shaw, and H. Chen, 2004. Production, respiration, and overall carbon balance in an old-growth *Pseudotsuga-Tsuga* forest ecosystem, *Ecosystems*, 7: 498-512.
- Harmon, M.E., C.W. Woodall, B. Fasth, and J. Sexton, 2007. Woody detritus density and density reduction factors for tree species in the united states: A synthesis, *USDA forest service*, 84 PP.
- Healy, C., N.J. Gotelli, and C. Potvin, 2008. Partitioning the effects of biodiversity and environmental heterogeneity for productivity and mortality in a tropical tree plantation, *Forest Ecology and Management*, 96: 903-913.
- 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: 1375-1388.
- فرجی، فاطمه، اسداله متاجی، ساسان بابایی کفاکی و علی اصغر واحدی، ۱۳۹۴. ارتباط بین تنوع گیاهی و تغییرات زی توده هوایی در جنگل های آمیخته راش شرقی (مطالعه موردی: حاجیکلا - تیرانکلی، ساری)، *مجله جنگل ایران*، ۲: ۱۵۱-۱۶۵.
- کوچکی، علیرضا و مهدی نصیری، ۱۳۸۷. تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری، *مجله پژوهش های زراعی ایران*، ۱: ۱۳۹-۱۵۳.
- مروی مهاجر، محمدرضا. ۱۳۸۴. *جنگل شناسی و پرورش جنگل*، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۷ ص.
- مصداقی، منصور، ۱۳۸۰. *توصیف و تحلیل پوشش گیاهی*، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۲۸۸ ص.
- مهدوی، علی، مهدی حیدری، رضا بسطام و حجت اله عبدالله، ۱۳۸۸. بررسی پوشش گیاهی در رابطه با شرایط ادا فیک و فیزیوگرافی رویشگاه (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده کبیرکوه ایلام)، *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۴: ۵۸۱-۵۹۳.
- میرزایی، جواد، مسلم اکبری نیا و سیدمحسن حسینی، ۱۳۸۶. تنوع گونه ای گیاهان علفی در رابطه با عوامل فیزیوگرافیک در اکوسیستم های جنگلی زاگرس، *مجله زیست شناسی ایران*، ۴: ۳۷۵-۳۸۲.
- نمیرانیان، منوچهر، ۱۳۸۵. *اندازه گیری درخت و زیست سنجی جنگل*، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۷۴ ص.
- Aarssen, L.W., 1997. High productivity in grassland ecosystems: effected by species diversity or productive species?, *Oikos*, 80: 183-184.
- Adler, P.B., E.W. Seabloom, E.T. Borer, H. Hillebrand, Y. Hautier, A. Hector, L.R. O'Halloran, J.B. Grace, T.M. Anderson, J.D. Bakker, L.A. Biederman, C.S. Brown, and Y.M. Buckley, 2011. Productivity is a poor predictor of plant species richness, *Science*, 333: 1750-1753.

- Huston, M.A., 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests, *Journal of biogeography*, 7: 147–157.
- 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.
- 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.
- Marshall, A.R., S. Willcock, S. Plattsx, J.C. Lovett, A. Balmford, N.D. Burgess. J.E. Latham, P.K.T. Munishi, R. Salter, D.D. Shirima, and S.L. Lewis, 2012. Measuring and modeling above-ground carbon and tree allometry along a tropical elevation gradient, *Biological Conservation*, 154: 20-33.
- Neumann, M., and F. Starlinger, 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests, *Forest Ecology and Management*, 145: 91-106.
- Nguyen, H., M.J. Herbohn, J. Firm, 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.
- Paquette, A., and C. Messier, 2011. The effect of biodiversity on tree productivity: from temperate to boreal forests, *Global Ecology and Biogeography*, 20: 170–180.
- Ribeiro, C.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.
- Rodriguez-Loinaz, G., M. Onaindia, I. Amezaga, I. Mijangos, C. Garbisu, 2008. Relationship between vegetation diversity and soil functional diversity in native mixed-oak forests, *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 49–60.
- Scherer-Lorenze, M., E.D. Schulze. A. Don, J. Schumacher, and X. 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.
- Vila, 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 Letter*, 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 of Ecology and Systematics*, 30: 257–300.
- Wilson, S., M.C.G., and D.G. Pyatt, 2001. The use of ground vegetation and humus type as indicators of soil nutrient regime for an ecological site classification of British forests, *Forest Ecology and Management*, 140: 101-116
- Woodall, C.W. B.F. Walters, S.N. Oswalt, G.M. Domke, C. Toney, and A.N. Gray, 2013. Biomass and carbon attributes of downed woody materials in forests of the United States, *Forest Ecology and Management*, 305: 48–59.
- Zerbe, S., I. Schmidt, and J. Betzin, 2007. Indicators for plant species richness in pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of Germany, *Biodiversity and Conservation*, 16: 3301–3316.
- Zhu, B., X. Wang, W. Fang, S. Piao, H. Shen, S. Zhao, and C. Peng, 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China, *Carbon cycle process in East Asia*, 123: 439–452.

Variations of organic carbon sinks in the forests floor of mixed oriental beech in relation to plant diversity and physiographic factors

A.A. Vahedi^{*1}, and A. Mataji²

¹Ph.D of forestry., Research Institution of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran

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

(Received: 3 October 2015; Accepted: 27 August 2016)

Abstract

The certainty of forest resources evaluation regarding to emission of atmospheric carbon dioxide could be increased by estimating the organic carbon pool of forest floor. This research aims at exploring the relationship between plant diversity in the different stories pertaining to forest physical characteristics, and variation of carbon sinks of forest floor. The current research was done in control compartment located in the third district of Glandroud forests. The sample plots with 400 m² area were sytemetically established in the study area which were separated by a distance of 100 m from each other. Four 1 m² and 50 × 50 cm² plots were marked at the center and corners of the sampling plot to measure and collect the herbal plants and litter, respectively. 80 g of each herbal and litter sample was separated after weighing in the field and the all samples were oven-dried at 65°C for 48 hours. Carbon content of each sample was measured and calculated by placing each sample in the heat oven. The results showed that the tree diversity indices are independent of physiographic changes in the studied forest. However, abundance and dominance of herbal coverage were significantly different at altitude and aspect classification, respectively. Among all the studied carbon sinks, carbon sequestration of litter was significantly different at slope classification. The final result indicated that there was no significant correlation between plant biodiversity and amount of carbon sink in grass coverage. In other hand, the significant correlation was found between carbon stock of litter and indices of Shannon, richness, and importance value of tree storey.

Keywords: Carbon stock, Plant diversity, Topography, Herbal and litter layers.

