دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

مقایسه غلظت عناصر غذایی برگ و سرشاخه‌های کاج بروسیا (*Pinus brutia* Ten.) در فصول مختلف نمونه‌برداری (مطالعه موردی پارک جنگلی مخمل‌کوه خرم‌آباد)

الهام مال اسدی[۱]، زهرا میرآزادی[۲] و بابک پیله‌ور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران، (نویسنده مسوول: mirazadi.z@lu.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳
صفحه: ۷۸ تا ۸۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: درختان مختلف اثرات متفاوتی بر خاک و عناصر غذایی دارند. جنگل کاری بعنوان یکی از برنامه های مدیریتی، بر چرخه حاصلخیزی خاک و جلوگیری از تخریب آن موثر بوده که این امر بر پایداری و دوام اکوسیستم نیز تأثیرگذار است. از مهمترین اهداف کاشت گونه‌های سوزنی‌برگ، افزایش تولیدات چوبی، ایجاد پارک‌های جنگلی و جنگل‌های حفاظتی است. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات فصلی غلظت عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی و خاک توده‌های کاج بروسیا است.

مواد و روش‌ها: بدین منظور پارک جنگلی مخمل‌کوه در استان لرستان انتخاب و در سال ۱۳۹۶ با استفاده از پنج قطعه‌نمونه بصورت تصادفی با مساحت ۴۰۰ مترمربع نمونه‌برداری انجام شد. در هر قطعه‌نمونه یک درخت شاخص کاج بروسیا انتخاب شد و از برگها و سرشاخه‌های جوان و چندساله آن در یک سوم بالایی تاج در چهار فصل نمونه‌برداری شد، همچنین از دو عمق ۵-۰ و ۱۵-۵ سانتی‌متری نیز در هر قطعه‌نمونه یک نمونه ترکیبی خاک برداشت شد. بافت خاک، اسیدیته، هدایت الکتریکی، کربن‌آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آزمایشگاه بررسی شدند و با کمک آزمون همبستگی پیرسون عناصر غذایی اندام‌های گیاهی و ویژگی‌های مختلف خاک بررسی شد. سپس ویژگی‌های خاک و همچنین غلظت عناصر مورد بررسی اندام‌های گیاهی (سوزن و سرشاخه‌های جوان و چندساله) بین زمان‌های مختلف نمونه‌برداری توسط آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و آزمون دانکن مقایسه شد.

یافته‌ها: براساس نتایج، کمترین میزان وزن خشک و درصد رطوبت در هر چهار اندام مورد بررسی در فصل تابستان و بیشترین مقدار آن در فصل زمستان مشاهده شد. براساس نتایج اختلاف معنی‌داری بین غلظت عناصر غذایی اندام‌های گیاهی در فصول مختلف وجود داشت ($sig<0.01$). در هر چهار اندام بیشترین مقدار نیتروژن در بهار، پتاسیم در زمستان و فسفر در تابستان ثبت شد و اختلاف بین ۴ نوبت نمونه‌برداری معنی‌دار بود($sig<0.01$). بررسی همبستگی‌ها هم حاکی از وجود ارتباط معنی‌دار بین غلظت عناصر غذایی اندام‌های مختلف و ویژگی‌های مختلف خاک داشت.

نتیجه‌گیری: درخصوص بالا بودن مقادیر نیتروژن و فسفر در بهار می‌توان این‌گونه استدلال کرد که افزایش دما در بیشتر موارد باعث افزایش فعالیت سوخت‌وساز در خاک، تبخیر و تعرق و جذب عناصر غذایی می‌شود. در مجموع، شرایط متفاوت آب و هوایی در فصول مختلف، کمبود رطوبت در خاک، بازانتقال عناصر غذایی از سوزن و سرشاخه‌های چندساله به بخش‌های جوان و تغییرات فصلی و ماهیانه ترکیب شیمیایی تاج‌بارش می‌توانند از مهمترین دلایل این تغییرات باشند.

واژه‌های کلیدی: اندام‌های گیاهی، جنگل‌کاری، خاک، عناصر غذایی، فصل نمونه‌برداری

مقدمه

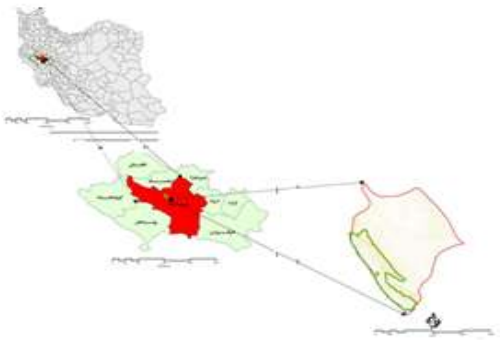
کاهش سطح جنگل‌های طبیعی در نتیجه عوامل مختلف، سبب اهمیت ویژه‌ی جنگل‌کاری با هدف توسعه سطح جنگل و تولید چوب شده است. هر گونه‌ی درختی به‌عنوان یک موجود زنده بر محیط تأثیر گذاشته و از آن تأثیر می‌پذیرد. اگر این انتخاب به درستی صورت نگیرد گونه نامناسب، خود می‌تواند ابزاری کاهنده در توانبخشی و کیفیت خاک محسوب شود (۲۴)، در این ارتباط ارزیابی جنگل‌کاری‌های انجام گرفته، نقش مهمی در ایجاد جنگل‌هایی با کیفیت و کمیت بهتر در آینده خواهد داشت (۲۳). لذا توجه به ارتباط بین پوشش گیاهی و خصوصیات مختلف خاک‌ها موضوعی است که همواره موردتوجه اکولوژیست‌ها قرار داشته است (۳۲). از طرفی وضعیت تغذیه‌ای رویشگاه و چگونگی گردش عناصر غذایی به صورت پایدار از عوامل مهم کیفی در توده جنگلی است. در این زمینه شناخت ترکیب شیمیایی و غلظت عناصر غذایی برگ درخت اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌توان از آن برای پی بردن به وضعیت تغذیه‌ای و تشخیص کمبودها (۷) و ارزیابی عناصر غذایی کل گیاه استفاده نمود. عناصر غذایی نه تنها باید به‌صورت ترکیباتی باشند که به سهولت مورد استفاده گیاهان قرار گیرند، بلکه تعادل بین مقدار آن‌ها نیز حائز اهمیت است (۳۴). خاک نیز به‌عنوان بخشی مهمی از بوم سازگان شناخته شده و نقش اساسی در توسعه پوشش گیاهی جنگلی دارد (۱۷). عواملی از قبیل بافت، اسیدیته، میزان موادآلی، در کنار عوامل اکولوژیکی مختلف نظیر آب و هوا و پستی و بلندی به شدت بر مقدار هوازدگی و آبشویی مواد و در نتیجه فراهمی عناصر غذایی تأثیر می‌گذارند (۱۸)، به عبارتی پراکنش پوشش گیاهی و جذب عناصر غذایی تابعی از اقلیم، توپوگرافی و خاک می‌باشد (۳۵). از طرف دیگر، گونه‌های درختی نیز متقابلاً بر پویایی، پراکنش و چرخه عناصر غذایی در بوم‌سازگان‌ها تاثیرگذارند. در حقیقت در بوم‌سازگان‌های جنگلی، پایه‌های درختی می‌توانند در فصول مختلف سال نقش مؤثری در گردش عناصر غذایی در بوم‌سازگان ایفا کنند، این امر می‌تواند وابسته به شرایط آب و هوایی در هر فصل و همچنین به‌دلیل تأثیر تاج‌پوشش درختان بر تغییرات عناصر غذایی باشد (۲۴). میزان عناصر غذایی خاک مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کنار شاخص‌های شوری و ویژگی‌های شیمیایی برای سنجش کیفیت خاک نیز استفاده می‌شوند (۸). بیجایالاکسامی و یاداوا (۶)، طی مطالعه‌ای، مواد غذایی خاک

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

را در فصل‌های مختلف سال موردمطالعه قرار دادند و بیشترین میزان نیتروژن کل، فسفر قابل استفاده و ماده‌آلی را در فصل تابستان و کمترین میزان آن‌ها را در فصل زمستان مشاهده نمودند، همچنین هاشمی و همکاران (۱۴)، تغییرات فصلی برخی شاخص‌های شیمیایی کیفیت خاک و رسوب در اراضی لسی شرق استان گلستان را بررسی نمودند و بیان داشتند که اگرچه در زمان حداکثر مقادیر نیتروژن و پتاسیم در خاک و رسوب هماهنگی وجود دارد، اما روند تغییرات عناصر غذایی در خاک و رسوب، طی ماه‌های مختلف سال مشخص و هماهنگ نمی‌باشد. رحمتی و همکاران(۳۰)، نیز در مطالعه خود ویژگی‌های کمی و کیفی خاک در دو توده کاج تدا (بعنوان یک گونه سوزنی‌برگ غیر بومی) و بلند مازو را بررسی نمودند و مشاهده نمودند که برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مانند درصد رس و سیلت، واکنش خاک، تخلخل و رطوبت بین دو توده مورد بررسی اختلاف معنی‌داری نشان دادند. در مجموع می‌توان گفت، رشد موفقیت‌آمیز گیاهان و درختان مستلزم خاک مناسب و وجود مقدار کافی از عناصر غذایی و قابل‌استفاده گیاه و ارتباط متقابل آنها است، در این بین، نیتروژن، فسفر و پتاسیم از جمله عناصر اصلی و ضروری مورد نیاز گیاهان می‌باشند (۹). نیتروژن از اجزای تشکیل دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌هاست و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارد. فسفر نیز یکی از نامحلول‌ترین و سخت تحرک‌ترین عناصر موجود در خاک است که بر رویش، توسعه چوب، تنظیم فتوسنتز و توسعه اندام‌های زایشی تأثیر افزایشی دارد (۲۱). کمبود فسفر رشد گیاه را به شدت محدود خواهد کرد و در سوزنی‌برگان سبب ریزش سوزن‌ها خواهد شد. پتاسیم هم که در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی مانند انتقال مواد در آوندهای آبکش، تعادل اسمزی و فتوسنتز نقش داشته، به مقدار زیاد مورد احتیاج گیاهان است (۲۱). باتوجه به وقوع تغییرات زمانی و فصلی در میزان عناصر غذایی خاک می‌توان این‌گونه استنباط نمود که این تغییرات می‌توانند بر تغییرات غلظت عناصر غذایی اندام‌های گیاهی نیز تاثیرگذار باشند. از آنجایی که پایداری و دوام جنگل‌کاری‌ها، به مفهوم تولید طولانی‌مدت و حفظ کیفیت رویشگاه، یکی از اهداف اصلی جنگل‌شناسی است، آگاهی از وضعیت تغذیه‌ای درختان در مناطق جنگلکاری شده در فصول مختلف سال و ارتباط آن با وضعیت خاک می‌تواند اطلاعات مفیدی برای مدیران جنگل فراهم آورد، لذا هدف از این تحقیق بررسی مقادیر عناصر غذایی اندام‌های گیاهی در منطقه جنگل‌کاری شده با کاج بروسیا *Pinus brutia* Ten. در فصول مختلف سال بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در توده‌های جنگل‌کاری شده خالص کاج بروسیا در پارک جنگلی مخملکوه واقع در شمال شهرستان خرم‌آباد از استان لرستان انجام شد. این پارک با ۴۶۵ هکتار مساحت، بین طول جغرافیایی ″۳۲ ′۱۵ °۴۸ و ″۴۸ ′۱۵ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی″۴۱ ′۳۰ °۳۳ و ″۱۱ ′۳۵ °۳۳ شمالی واقع شده و دارای حداقل ارتفاع ۱۲۸۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط درجه حرارت سالیانه در منطقه ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۵۰۹ میلی‌متر در سال است. این منطقه از نظر اقلیمی به استناد روش آمبرژه جزو مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود.



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در لرستان و ایران
Figure 1. Location of the study area in Lorestan and Iran

روش کار

در بخش غربی این پارک از سال ۱۳۷۲ با استفاده از چندین گونه درختی از جمله کاج بروسیا جنگل‌کاری به‌صورت خالص و آمیخته انجام شده است (۳).

جهت انجام این پژوهش ۵ توده خالص کاج بروسیا انتخاب شد. باتوجه به هدف تحقیق و مطابق با فصلی بودن رشد کاج بروسیا که دو دوره‌ی رشد را در اوایل فروردین و اواخر شهریور نشان می‌دهد (۱۵) نمونه‌برداری در چهار فصل یعنی اواخر خرداد ۱۳۹۶، اواخر شهریور ۱۳۹۶، اواسط آذر ۱۳۹۶ و اوایل اسفند ۱۳۹۶ انجام شد. در هر توده یک قطعه نمونه ۴۰۰ متر مربعی (۲۰×۲۰متر) به روش تصادفی پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه برای آگاهی از وضعیت توده و انتخاب درخت شاخص، افزون‌بر اندازه‌گیری تراکم درختان، سایر مشخصه‌های درختان از جمله ارتفاع کل، ارتفاع تنه، ارتفاع

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

تاج و قطر برابرسینه نیز اندازه‌گیری شد. سپس در هر قطعه نمونه یک درخت کاج شاخص انتخاب (درختی که ویژگی‌های ظاهری مطلوب‌تری داشت و آثاری از آسیب در آن مشاهده نشد) و سه سرشاخه از یک‌سوم بالایی تاج درخت (در جهت جنوبی) بریده شد، زیرا نمونه‌های قسمت بالای تاج بیشتر در معرض نور قرار داشته و نور بیشتری دریافت نموده‌اند. سپس سوزن و سرشاخه‌های جوان و چندساله از یکدیگر تفکیک شد، سوزن‌ها و سرشاخه‌های جوان به واسطه داشتن جوانه‌های جدید که در همان سال ظاهر می‌شوند، نمونه‌برداری شد (جوان‌تر از یکسال) و سوزن‌ها و سر شاخه‌های چندساله نیز از طریق جوانه‌هایی که در سال‌های قبل ظاهر شده‌اند، شناسایی شدند (۱۵). نمونه‌های انتخاب شده به آزمایشگاه انتقال داده و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد، سپس برای محاسبه وزن خشک و تعیین عناصر غذایی، نمونه‌ها کاملاً با آب مقطر شستشو داده و به مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن و تعیین درصد رطوبت موجود در اندام‌های گیاهی، نمونه‌های برگ و سرشاخه آسیاب شدند و از آنها برای سنجش عناصر غذایی، عصاره‌گیری شد. اندازه‌گیری نیتروژن در سوزن و سرشاخه‌ها با دستگاه کجلدال (۲۶)، فسفر با دستگاه اسپکتوفتومتر (۲۶) و پتاسیم نیز توسط فلیم فوتومتر انجام شد (۱۲).

نمونه‌برداری از خاک

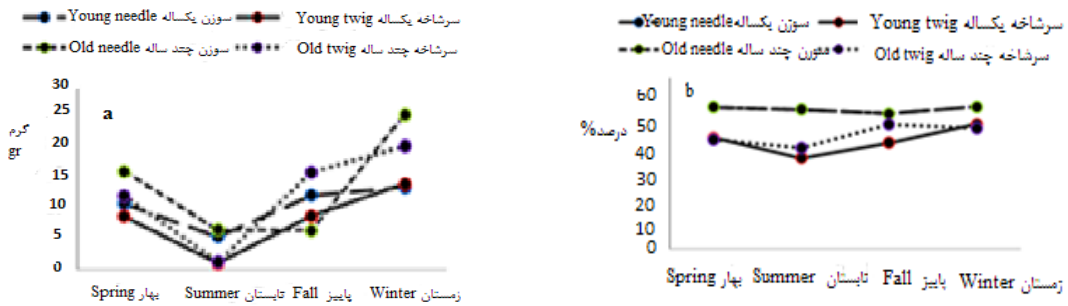
هم‌زمان با نمونه‌برداری از سوزن و سرشاخه‌ها، پس از کنار زدن لاشبرگ‌ها، از پنج نقطه در چهار گوشه و مرکز هر قطعه‌نمونه، پنج نمونه خاک از دو عمق ۵-۰ سانتیمتر و ۱۵-۵ سانتی‌متری برداشت شد و برای حصول به یک نمونه مرکب، با هم ترکیب شد. بر این اساس در مجموع در هر فصل، از هر قطعه‌نمونه دو نمونه خاک و در مجموع ۱۰ نمونه خاک برداشت شد. پس از تفکیک بقایای طبیعی و گیاهی از نمونه‌های خاک، هر نمونه خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس در آزمایشگاه، مشخصاتی ازجمله درصد نیتروژن کل با روش کجلدال (۳۵)، فسفر با روش اولسن (۲۷)، پتاسیم با دستگاه جذب‌اتمی (۲۸)، کربن‌آلی به روش والکی بلاک (۲۵)، اسیدیته با دستگاه pH متر، بافت خاک به روش هیدرومتری و هدایت‌الکتریکی با دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شدند (۱۶).

تجزیه و تحلیل آماری

بعد از برداشت داده‌های آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، با کمک آزمون پیرسون همبستگی عناصر غذایی اندام‌های گیاهی و ویژگی‌های مختلف خاک بررسی شد. سپس درصد رطوبت و وزن خشک و همچنین غلظت عناصر مورد بررسی اندام‌های گیاهی و خاک بین فصول مختلف نمونه‌برداری توسط آزمون تجزیه واریانس مقایسه شد، همچنین برای مقایسه گروهی چند دامنه‌ای میانگین‌ها آزمون دانکن به‌کار گرفته شد. تمامی محاسبات در محیط نرم‌افزار SPSS ver 19 انجام پذیرفت، اشکال نیز توسط نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

نتایج تغییرات فصلی وزن خشک و درصد رطوبت سوزن و سرشاخه‌های یک‌ساله و چندساله درختان کاج بروسیا در شکل ۲(a,b) مشاهده می‌شود. براساس نتایج، کمترین میزان وزن خشک و درصد رطوبت در هر چهار اندام مورد بررسی در فصل تابستان و بیشترین مقدار آن در فصل زمستان مشاهده شد.



شکل ۲- تغییرات وزن خشک (a) درصد رطوبت (b) اندام‌های مختلف گیاهی کاج بروسیا
Figure 2. Seasonal variation of dry weight (a) and moisture % of plant organs (b) of *Pinus brutia*

در این مطالعه با استفاده از آزمون آنالیز واریانس مقادیر عناصر غذایی بین اندام‌های مختلف نیز، مقایسه شد. بر اساس نتایج سه عنصر ازت، فسفر و پتاسیم در چهار فصل نمونه‌برداری بین اندام‌های مختلف کاج بروسیا اختلاف معنی‌داری نشان دادند. در فصل بهار، بیشترین میزان ازت در سوزن‌ها و فسفر و پتاسیم در سرشاخه‌ها مشاهده شد. در تابستان باوجودی‌که میزان ازت اختلاف معنی‌داری بین اندام‌ها نداشت، فسفر و پتاسیم در سرشاخه‌ها مقادیر بالایی داشتند. نکته جالب توجه اینکه در پاییز و زمستان مقدار هر سه عنصر موردبررسی در سوزن‌ها بیشتر از سرشاخه‌ها بود. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

جدول ۱- مقایسه میانگین ± اشتباه معیار عناصر غذایی اندام‌های مختلف کاج بروسیا در جنگل‌های مخملکوه در فصول نمونه‌برداری
Table 1. Mean ±standard deviation nutrient concentration of different organs of *Pinus brutia* and Anova results in sampling seasons in Makhmalkooh forest

فصل	عناصر غذایی	سوزن یک‌ساله	سرشاخه یک‌ساله	سوزن چندساله	سرشاخه چندساله	F
بهار	ازت	۲/۳۱±۰/۱۹^{a}	۱/۸۱±۰/۰۸^{b}	۲/۳۴±۰/۱۳^{a}	۱/۸۱±۰/۱۲^{b}	۲۰/۳
	فسفر	۰/۱۵±۰/۰۲^{b}	۱/۷۶±۰/۰۱^{a}	۰/۱۷±۰/۰۲^{b}	۱/۷±۰/۰۲^{a}	۱۱/۸۸
	پتاسیم	۱/۵۱±۰/۰۵^{b}	۱/۷۶±۰/۰۶^{a}	۱/۵۵±۰/۱^{b}	۱/۷±۰/۰۵^{a}	۱۳/۰۳
تابستان	ازت	۰/۷۹±۰/۰۵^{a}	۰/۸۴±۰/۰۳^{a}	۰/۸۴±۰/۰۴^{a}	۰/۸۳±۰/۰۵^{a}	۱/۴۲
	فسفر	۰/۲۶±۰/۰۲^{a}	۰/۲۱±۰/۰۲^{b}	۰/۲۶±۰/۰۱^{a}	۰/۲۲±۰/۰۱^{b}	۶/۸۳
	پتاسیم	۱/۳۳±۰/۰۳^{b}	۱/۷۲±۰/۰۴^{a}	۱/۳۵±۰/۱۲^{b}	۱/۷۱±۰/۰۷^{a}	۳۸/۱۵
پاییز	ازت	۱/۴±۰/۱۵^{a}	۰/۹۲±۰/۲۱^{b}	۱/۱۸±۰/۱۸^{a}	۰/۶±۰/۰۸^{c}	۲۱/۶۳
	فسفر	۰/۱۶±۰/۰۱^{a}	۰/۱۶±۰/۰۱^{a}	۰/۱۵±۰/۰۱^{a}	۰/۱۱±۰/۰۱^{b}	۱۲/۲۵
	پتاسیم	۲/۳±۰/۷۵^{a}	۱/۵±۰/۳^{ab}	۲±۰/۶۲^{ab}	۱/۳۸±۰/۴۲^{b}	۲/۹
زمستان	ازت	۱/۳۸±۰/۲۶^{a}	۰/۶۶±۰/۱۲^{b}	۱/۲۲±۰/۲۶^{a}	۰/۴۶±۰/۰۹^{b}	۲۳/۶۷
	فسفر	۰/۱۵±۰/۰۴^{a}	۰/۱±۰/۰۰۷^{b}	۰/۱۳±۰/۰۱^{ab}	۰/۰۶±۰/۰۰۸^{c}	۱۳/۴
	پتاسیم	۳/۵۸±۰/۴^{a}	۳/۲۳±۰/۴۸^{ab}	۴/۴۱±۰/۸۳^{a}	۲/۴۳±۰/۶۹^{b}	۳/۳۳

حروف یکسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ ٪ است

در توضیح بالا بودن مقادیر در سوزن‌ها نسبت به سرشاخه‌ها می‌توان بیان داشت که برگ‌ها بویژه در فصل رشد به‌طور معمول نسبت به سرشاخه‌ها مقادیر بیشتری عناصر غذایی (به‌طور ویژه نیتروژن) در خود ذخیره میکنند، همچنین انتقال عناصر غذایی از سرشاخه‌ها به سوزن‌های در حال رشد نیز می‌تواند دلیلی برای کمتر بودن عناصر غذایی در سرشاخه‌ها باشد (۱۵). غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سوزن و افزایش پیدا کرد. در سرشاخه‌های یک‌ساله و چندساله نیز بیشترین مقدار این عنصر در فصل بهار و کمترین مقدار آن در زمستان مشاهده شد. در خصوص فسفر نیز در اندام‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری بین فصول مختلف مشاهده شده است، به‌طوریکه در هر چهار اندام کمترین میزان فسفر در فصل زمستان و بیشترین مقدار نیز در بهار و تابستان تجمع یافته‌است. درخصوص پتاسیم نتایج ضمن آشکار کردن اختلاف معنی‌دار بین اندام‌های مختلف نشان دادند که در هر چهار اندام مورد بررسی بیشترین مقدار پتاسیم در فصل زمستان، کمترین میزان پتاسیم سوزن‌ها در تابستان و کمترین میزان پتاسیم سرشاخه‌ها در پاییز حاصل شده است. در توجیه نتایج بدست‌آمده و بالا بودن مقادیر نیتروژن و فسفر در بهار می‌توان این‌گونه استدلال کرد که افزایش دما در اکثر موارد باعث افزایش فعالیت متابولیکی در خاک، تبخیر و تعرق و جذب عناصر غذایی می‌شود و از آنجایی که فعالیت ریشه‌ها ارتباط مستقیمی با دمای خاک دارد، به‌همین دلیل در زمستان که دمای خاک کاهش می‌یابد، فعالیت ریشه‌ها نیز به‌شدت کاهش یافته ولی به‌طور کلی قطع نمی‌شود، لذا ممکن است می‌تواند به‌دلیل کاهش وزن خشک اندام‌های گیاهی در این فصل باشد، زیرا همان‌گونه که مشخص است میزان وزن می‌تواند موجب کم شدن مقادیر این عناصر در اندام‌های گیاهی شود، علاوه بر این، رکود درختان کاج بروسیا در این دوره زمانی (اواخر خرداد تا اواخر شهریور) هم می‌تواند بر عدم فعالیت ریشه درخت در جذب عناصر تاثیرگذار باشد (۱۵). در تبیین و تفسیر نتایج به‌دست آمده از غلظت عناصر غذایی، می‌توان اشاره‌ای هم به بازانتقال عناصر غذایی در درختان کاج بروسیا منطقه موردمطالعه نمود، زیرا بازانتقال عناصر، سرشاخه‌های جوان و چندساله کاج بروسیا در منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری شد براساس نتایج به‌دست آمده اختلاف معنی‌داری بین غلظت نیتروژن چهار اندام مورد بررسی در فصول مختلف وجود داشت. بررسی روند تغییرات نیتروژن نشان می‌دهد که در سوزن‌های یک‌ساله و چندساله، این عنصر در فصل بهار بالاترین مقدار را داشت در حالی‌که در فصل تابستان کاهش یافته و مجددا در پاییز و زمستان جذب عناصر غذایی توسط ریشه در این فصل کاهش یابد، در این رابطه بیجایالاکسامی و یاداوا (۶)، نیز طی مطالعه‌ای دلیل پایین بودن نیتروژن و فسفر کل را در فصل زمستان، فعالیت کم میکروارگانیسم‌ها و سرعت پایین تجزیه گیاهان گزارش نموده و دلیل بالا بودن میزان این عناصر در فصل تابستان را بالا بودن فعالیت میکروبی، سرعت تجزیه حداکثر و همچنین رشد قارچ‌ها دانستند. کوچکی و همکاران (۱۸) نیز، فساد و تجزیه بقایای گیاهان و ریز جانداران را موجب آزاد شدن این عناصر و انتقال آنها به محلول خاک دانسته و سرعت و میزان تجزیه را به عواملی چون دما، رطوبت و میزان تهویه خاک وابسته دانستند. لذا این فرآیند در فصول مختلف سال با شدت‌های مختلفی انجام شده و مقدار عناصر غذایی خاک و گیاه نیز متفاوت است. هنگامی‌که خاک سرد است و فعالیت ریشه‌ها کند است درصد بسیار کمی از مواد غذایی می‌تواند به‌وسیله ریشه‌ها جذب شود. در مطالعات زیادی نیز تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر عوامل زنده و غیرزنده همچون، آب و هوا، زمان، تیپ پوشش گیاهی و ... به اثبات رسیده است (۲). همچنین کاهش ازت در فصل تابستان خشک و درصد رطوبت موجود در اندام‌های گیاهی در تابستان کمتر از دیگر فصول نمونه‌برداری است که این امر حرکت و انتقال عناصر غذایی از برگ‌های در حال پیر شدن به ذخیره بافت هرساله است که فرآیندی کلیدی در پویایی عناصر غذایی در اغلب بوم‌سازگان‌های گیاهی به شمار می‌رود (۷). در این مطالعه می‌توان اینگونه استدلال کرد که ممکن است در دوره رکود درخت (کاج بروسیا دو دوره رشد از خود نشان می‌دهد دوره اول از آغاز فروردین و دیگری از اواخر تابستان و پس از تحمل نمودن خشکی تابستانه است)، عناصر

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

غذایی سوزن و سرشاخه‌های چندساله به بافت‌های جوان‌تر انتقال یافته باشند، باتوجه به مقادیر این فرآیند برای فسفر محتمل‌تر از سایر عناصر است. فیف و همکاران (۱۰) نیز در بررسی باز انتقال عناصر غذایی در گونه‌های همیشه‌سبز بیان داشتند که عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم قبل از ریزش از برگهای بالغ به اندام‌های پایاتر انتقال می‌یابد. وقوع بازانتقال عناصر غذایی در فصول گرم و خشک که میزان جذب اغلب عناصر کاهش می‌یابد موجب جبران کمبود این عناصر در اندام‌های جوان می‌شود. سوزن‌های چندساله می‌توانند حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد از محتوی عناصر غذایی خود به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم را قبل از خزان به اندام‌های جوان و درحال رشد انتقال دهند (۲۰). لذا این عامل را هم می‌توان به‌عنوان یکی از عوامل موثر بر تغییرات عناصر غذایی بین اندام‌های گیاهی در فصول مختلف دانست.

غلظت عناصر غذایی و برخی دیگر از ویژگی‌های خاک نیز در چهار فصل سال، در دو عمق اندازه‌گیری و مقایسه شد، در مورد کربن‌آلی، اسیدیته، نیتروژن و فسفر عمق اول اختلاف معنی‌داری بین فصول مشاهده نشد با این وجود بیشترین مقدار آنها در بهار و زمستان به ثبت رسید. البته بیشترین میزان پتاسیم و هدایت‌الکتریکی عمق اول خاک در فصل زمستان مشاهده شد و بین چهار فصل نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار بود. همچنین هدایت‌الکتریکی، اسیدیته و پتاسیم خاک عمق دوم نیز بین چهار فصل نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول۲). در خصوص مقادیر بالای فسفر و پتاسیم خاک در فصول پاییز و زمستان می‌توان به ارتباط بین این عناصر در خاک و غلظت آنها در اندام‌های گیاهی اشاره نمود، به‌عبارت دیگر همانگونه که بیان شد در فصول پاییز و زمستان میزان جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش می‌یابد و در نتیجه غلظت آنها در خاک بیشتر می‌شود. همچنین در تحقیق مک دونالد (۲۰) بیان شد که میزان کربن‌آلی، فسفر و پتاسیم خاک با میزان رطوبت خاک رابطه مستقیم و مثبت و با دما و درجه حرارت خاک رابطه عکس دارد و در خاک خشک مقدار آنها کاهش می‌یابد و در ماه‌های سرد و مرطوب سال افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر هم راستاست.

جدول۲- مقایسه میانگین (± اشتباه معیار) ویژگی‌های مختلف خاک در فصول مختلف نمونه‌برداری در جنگل‌های مخملکوه
Table 2. Mean values of soil parameters (%, including standard deviation) and Anova results at sampling seasons in Makhmalkuh forest

	ویژگی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	F
عمق اول	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۰۶(۰/۲۶)^{b}	۱/۰۱(۰/۲۴)^{b}	۰/۶(۰/۱۸)^{c}	۱/۴۱(۰/۲۹)^{a}	۶/۲**
	کربن‌آلی (درصد)	۰/۹۵(۰/۸۱)^{a}	۱/۰۶(۰/۱۱)^{a}	۱/۲۶(۰/۸۳)^{a}	۱/۷۹(۰/۴۶)^{a}	۱/۵۵^{ns}
	اسیدیته	۷/۰۴(۰/۰۵)^{a}	۷/۰۴(۰/۰۴)^{a}	۷/۱۸(۰/۲۳)^{b}	۷/۳۴(۰/۲)^{ab}	۲/۷^{ns}
	نیتروژن (درصد)	۰/۱۹(۰/۰۸)^{a}	۰/۱۷(۰/۰۶)^{a}	۰/۱۴(۰/۰۶)^{a}	۰/۱۵(۰/۰۲)^{a}	۰/۴۱^{ns}
	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳/۸(۵/۳)^{a}	۵/۷(۴/۵)^{a}	۴/۳۲(۲/۲۶)^{a}	۸/۹۸(۳/۶۹)^{a}	۱/۲۹^{ns}
	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۸۲/۲(۳۹)^{b}	۳۰۲۰۹/۶)^{b}	۲۲۵(۵۹/۹)^{ab}	۲۹۰(۹۱/۴۸)^{a}	۳/۱۷*
عمق دوم	هدایت‌الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۷۵(۰/۰۵)^{bc}	۰/۶(۰/۱۴)^{ab}	۰/۱۱(۰/۰۴)^{a}	۰/۸۲(۰/۰۹)^{c}	۷/۲**
	کربن‌آلی(درصد)	۰/۵۱(۰/۳۵)^{a}	۰/۴(۰/۴۵)^{a}	۰/۷۴(۰/۱۹)^{a}	۰/۷۳(۰/۱۵)^{a}	۱/۱۸^{ns}
	اسیدیته	۷/۴۹(۰/۰۷)^{b}	۷/۶۱(۰/۰۵)^{a}	۷/۲۱(۰/۱۵)^{c}	۷/۵۶(۰/۰۵)^{b}	۱۵/۷۷**
	نیتروژن (درصد)	۰/۱(۰/۰۳)^{a}	۰/۰۹(۰/۰۲)^{a}	۰/۱۱(۰/۰۴)^{a}	۰/۰۸(۰/۰۱)^{a}	۰/۷۷^{ns}
	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱/۸(۳/۲۱)^{a}	۲/۴(۲/۹۱)^{a}	۶/۶۴(۷/۱)^{a}	۴/۶۶(۲/۳۷)^{a}	۱/۲۴^{ns}
	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۵۳(۱۶/۷۱)^{a}	۱۶۱/۶(۳۶/۱۷)^{ab}	۱۹۱(۴۲/۹۸)^{ab}	۱۵۱/۸(۱۵/۴۴)^{b}	۲/۸۶*

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد *: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد ns: عدم معنی‌داری

بر اساس نتایج همبستگی هیچ‌یک از عناصرغذایی سوزن یک ساله با ویژگی‌های عمق اول خاک همبستگی معنی‌داری نشان نداند. در سوزن‌های چندساله نیز تنها فسفر با اسیدیته و هدایت‌الکتریکی خاک همبستگی منفی و پتاسیم هم با هدایت‌الکتریکی همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. در اندام سرشاخه یک‌ساله ارتباط منفی و معنی‌دار فسفر با هدایت‌الکتریکی و مقدار پتاسیم خاک جالب و در خور توجه بود، در حالیکه در همین اندام گیاهی پتاسیم با هدایت الکتریکی، فسفر و پتاسیم خاک عمق اول ارتباط معنی‌داری داشت. در سرشاخه چندساله نیز مجددا همبستگی مثبت پتاسیم با مقادیر فسفر و پتاسیم خاک و همبستگی منفی فسفر این اندام با هدایت‌الکتریکی خاک به چشم می‌آید (جدول ۳). در این جدول اندام‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب سوزن یک‌ساله،

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

سوزن چندساله، سرشاخه یک‌ساله و سرشاخه چندساله می‌باشند.

جدول ۳- نتایج همبستگی عناصر غذایی اندام‌های گیاهی و ویژگی‌های مختلف خاک در عمق ۵-۰ سانتی‌متر جنگل‌های مخملکوه
Table 3. Results of correlation between plant tissue nutrients and soil properties at the 0-5 cm in Makhmalkuh forest

عمق اول							
اندام	عناصر غذایی	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن الی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)
اندام۱	نیتروژن	-۰/۰۰۸	۰/۰۷۳	-۰/۳۷۴	۰/۱۸	-۰/۲۶۳	-۰/۳۵۷
	فسفر	۰/۱۶۱	۰/۰۲۱	۰/۲۸۵	-۰/۰۱۲	۰/۰۳۷	-۰/۰۹۳
	پتاسیم	-۰/۱۴۵	-۰/۱۲۱	-۰/۲۴۷	۰/۳۲۷	-۰/۲۱	-۰/۱۱۱
اندام۲	نیتروژن	-۰/۱۹۹	-۰/۳۴۳	-۰/۰۸۷	-۰/۰۰۵	-۰/۰۸	-۰/۲۵۲
	فسفر	-۰/۵۲**	-۰/۶۶**	-۰/۰۰۸	-۰/۰۵۷	-۰/۲۵۲	۰/۰۱۸
	پتاسیم	-۰/۰۸۷	۰/۵۱۵**	۰/۱۹۲	-۰/۰۳۷	۰/۳۷۸	۰/۳۶۳
اندام۳	نیتروژن	۰/۲۱۶	-۰/۱۳۱	-۰/۰۶۴	۰/۱۸	-۰/۱۸۹	-۰/۳۱
	فسفر	۰/۱۳۶	-۰/۵۵**	-۰/۳۲۸	۰/۰۱	-۰/۲۷۵	-۰/۳۱
	پتاسیم	-۰/۳۶	۰/۵۵۶**	۰/۲۷	-۰/۰۹	۰/۵۰۸**	۰/۵*
اندام۴	نیتروژن	۰/۲۰۸	-۰/۲۰۵	-۰/۰۷۳	۰/۱	-۰/۱۸	-۰/۳
	فسفر	-۰/۱۳۵	-۰/۵۹۱**	-۰/۱۴۸	-۰/۰۳	-۰/۲۶۸	-۰/۳۳
	پتاسیم	-۰/۰۲۴	۰/۳۷۴	۰/۱۸۴	-۰/۰۹	۰/۴۱۲*	۰/۴*

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد؛ *: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد

در بررسی ارتباط عناصر غذایی با ویژگی‌های عمق دوم خاک نیز همانند عمق اول، نیتروژن در هیچ یک از اندام‌های مورد بررسی با ویژگی‌های خاک همبستگی معنی‌داری نشان نداد. در حالیکه فسفر سرشاخه‌ها با هدایت‌الکتریکی همبستگی منفی نشان داد، همچنین فسفر سوزن یک‌ساله و چندساله به ترتیب ارتباط مثبت و منفی با اسیدیته خاک داشتند. به‌علاوه در سرشاخه‌های چندساله ارتباط مثبت مقادیر پتاسیم با هدایت الکتریکی و پتاسیم خاک نمایان گردید (جدول۴). در این جدول اندام‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب سوزن یک‌ساله، سوزن چندساله، سرشاخه یک‌ساله و سرشاخه چندساله می‌باشند.

جدول ۴- نتایج همبستگی عناصر غذایی اندام‌های گیاهی و ویژگی‌های مختلف خاک در عمق ۱۵-۵ سانتی‌متر در جنگل‌های مخملکوه
Table 4. Results of correlation between plant tissue nutrients and soil properties at the 5-15 cm

عمق دوم							
اندام	عناصر غذایی	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن الی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)
اندام۱	نیتروژن	-۰/۱۰۸	۰/۳۴۶	۰/۰۴	۰/۱۲۲	-۰/۱۴۳	-۰/۲۶۲
	فسفر	۰/۳۹۶*	-۰/۱۸۷	۰/۰۵	-۰/۰۶	۰/۰۵۲	-۰/۰۴۵
	پتاسیم	-۰/۳۲۴	۰/۱۲۳	-۰/۰۲	۰/۲۱۹	-۰/۳۸۲	-۰/۱۳۱
اندام۲	نیتروژن	-۰/۲۳۴	-۰/۳۶۷	-۰/۱۴	۰/۱۴۶	۰/۱۱۸	-۰/۱۴
	فسفر	-۰/۶**	-۰/۷۶۶**	۰/۱۸	۰/۲۲۹	۰/۱۴۴	۰/۱۵۷
	پتاسیم	۰/۳۴	۰/۴۴۱*	۰/۲	-۰/۲۹۱	۰/۱۰۲	۰/۴۸۹
اندام۳	نیتروژن	-۰/۲۵۷	-۰/۱۹۱	۰/۲۶۳	۰/۰۲۵	-۰/۲۳۲	-۰/۳۴۳
	فسفر	-۰/۲۲۹	۰/۴۷*	-۰/۳۵	۰/۱	-۰/۱۳	-۰/۴۳۹*
	پتاسیم	۰/۲۳۵	۰/۴*	۰/۲۲۳	-۰/۲۳۲	-۰/۲۵۸	۰/۵۲۱**
اندام۴	نیتروژن	۰/۲۱۳	-۰/۲۵۶	-۰/۲۶	۰/۰۲۹	-۰/۲۱۴	-۰/۳۱۷
	فسفر	-۰/۳۱۶	-۰/۶۱**	-۰/۱۵	۰/۱۲۹	۰/۰۶	-۰/۲۰۸
	پتاسیم	۰/۱۴۸	۰/۲۱۱	۰/۱۷۹	-۰/۲۸۷	۰/۲۱۹	۰/۵۲۹**

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد *: معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد

براساس نتایج جداول همبستگی، بین فسفر و پتاسیم گیاه با یکدیگر و برخی از ویژگی‌های خاک ارتباط معنی‌داری مشاهده شد، از آنجایی که به‌علت ارتباطات مثبت و منفی بین عناصر غذایی، مقدار و فراوانی یک عنصر غذایی در خاک بر جذب عناصر دیگر توسط گیاهان نیز تاثیر می‌گذارد، لذا ممکن است مقادیر عناصرغذایی مشاهده شده در درختان به‌علت کمبود عنصر در خاک نباشد، بلکه به‌علت فراوانی عنصر دیگر و تاثیر منفی آن بر قابلیت جذب سایر عناصر باشد (۲)، تجمع نیتروژن در خاک به تعادل بین نسبت معدنی شدن نیتروژن و جذب آن توسط ریشه و میکروارگانیسم‌های خاک وابسته است و تطابق پراکنش مکانی آن با کربن‌آلی گواه این مطلب است که اصولاً از طریق فرایند معدنی شدن، کنترل می‌شود. هر چند رابطه بین حاصلخیزی خاک و گونه‌های درختی یک رابطه ساده نیست و تحت تاثیر عوامل و متغیرهای زیادی است (۳۱).

نتایج همچنین مؤید ارتباط اسیدیته خاک و عناصر غذایی گیاه بود، در این ارتباط می‌توان بیان داشت که فراهمی یون‌ها در خاک، به‌شدت تحت تاثیر اسیدیته قرار دارد، زیرا اسیدیته خاک، بر روی اکسیداسیون عناصر و حلالیت آنها (نظیر فسفر، گوگرد و آلومینیوم) یا بر روی فرآیندهای زیستی که تولید و مصرف را تحت کنترل دارند اثر می‌گذارد (۲۲). همچنین مهمترین اثر غیرمستقیم اسیدیته خاک، تاثیر آن بر قابلیت

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

استفاده مواد غذایی است. میزان هوازدگی، قابلیت استفاده از مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفر و گوگرد و نیز قابلیت شستشوی مواد غذایی مانند پتاسیم همگی تحت تاثیر اسیدیته خاک هستند (۱۱). در مطالعه تفضلی و همکاران (۳۷)، ترشح مواد اسیدی از سوزن‌های گونه‌های سوزنی‌برگ و انتقال آنها توسط آب باران از تاج‌پوشش به کف جنگل را دلیلی برای افزایش اسیدیته خاک آنها دانستند (۳۷).

در بررسی ارتباط غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه (بویژه فسفر و پتاسیم)، نکته جالب توجه دیگر اینکه تغییرات فصلی و ماهیانه ترکیب شیمیایی بارش نیز می‌تواند تأثیر معنی‌داری در آبشویی کاتیونها در تاج بگذارد، زیرا مقدار زیادی از مواد غذایی در بارندگی‌ها و نیز در آب حاصل از گیرش‌های تاج گیاهان دیده می‌شود. تاج‌پوشش ترکیب شیمیایی بارانی را که از طریق تاج به زمین می‌ریزد و غلظت عنصری مانند پتاسیم را تغییر می‌دهد (۳۸)، لذا بارندگی ممکن است یکی از مهم‌ترین منبع غذایی برای خاک مناطق جنگلی باشد. باران همچنین ممکن است موجب شسته شدن مواد معدنی شود که در هوا وجود داشته و بر روی شاخ و برگ درختان ته‌نشین شده‌اند، این مواد معدنی پس از شسته شدن، به سطح زمین می‌رسند و ممکن است مجددا توسط گیاهان جذب شوند (۲۲،۱۴). براساس مطالعات، شستشوی تاج و شاخ و برگ درختان و ساق‌آب می‌تواند موجب انتقال برخی عناصر از جمله پتاسیم، سدیم و گوگرد و انتقال آنها به کف جنگل و اضافه شدن آن به خاک شود. (۳۳). در همین ارتباط آبر و ملیلو (۱)، بیان داشتند که برخلاف نیتروژن و فسفر، پتاسیم به راحتی از برگ‌ها و اندام‌های گیاهی آبشویی می‌شود (۱). در مطالعه برگر و همکاران، نیز بیان شد که درختان پویا عمل کرده و چگونگی انتشار مواد غذایی در زیتوده، پوشش کف و خاک معدنی را از طریق تاج بارش به‌شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند (۵). در پژوهش اسدی و همکاران نیز نتیجه مشابه حاصل شد (۴). در همین راستا تحقیق تفضلی و همکاران، نیز نشان داد که غلظت عناصر مختلف و بویژه پتاسیم در خاک تحت تأثیر تاج بارش قرار دارد (۳۷). اهمیت این فرآیند به این دلیل است که در آبشویی تاج، مواد غذایی به‌صورت مستقیم و بدون دخالت عوامل مؤثر بر فرآیند تجزیه، در خاک جنگل افزایش می‌یابند، لذا تغییر در ترکیب شیمیایی آب باران توسط تاج درختان، به‌عنوان یک مسیر مهم در پویایی مواد غذایی در جنگل شمرده می‌شود (۲۹)، پوشش درختی نقش مهمی در تغییر عناصر شیمیایی محلول خاک (پتاسیم، کلسیم، منیزیم) از طریق آبشویی تاج، هنگام بارش دارد (۱۹).

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع و براساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که عناصر غذایی سوزن و سرشاخه‌ها در فصول مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند، در همه اندام‌ها بیشترین مقدار ازت در بهار، فسفر در تابستان و پتاسیم در زمستان مشاهده شد. شرایط متفاوت آب و هوایی در فصول مختلف سال و کمبود رطوبت در خاک، بازانتقال عناصر غذایی از سوزن و سرشاخه‌های چندساله به بخش‌های جوان و پایا و تغییرات فصلی و ماهیانه ترکیب شیمیایی تاج‌بارش می‌توانند از مهمترین دلایل این تغییرات باشند. انجام این‌گونه پژوهش‌ها و شناخت وضعیت عناصر غذایی در زمان‌های مختلف می‌تواند برای تهیه برنامه‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری مدیران به‌ویژه در مناطق جنگل‌کاری مفید واقع شود. در نهایت پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های دیگری به بررسی سایر عوامل موثر بر غلظت عناصر غذایی خاک و گیاه پرداخته و همچنین با توجه به وجود روابط منفی و معکوس بین عناصر غذایی، مقادیر سایر عناصر تغذیه‌ای همچون کلسیم، منگنز و منیزیم نیز اندازه‌گیری و ارتباط آنها با عناصر ضروری و پر مصرف بررسی گردد.

منابع

1. Aber, J.A. and J.M. Melillo. 2001. Terrestrial ecosystems. 2nd edition, Saunders College. Publisher. New York.
2. Ahmadi Delesm, T., M. Zarinkafsh and H. Sardabi. 2000. An investigation on relationship between soil physical and chemical properties and its mineral nutrition by yew tree (*Taxus Baccata*) at Waz forest research (West Mazandaran State). Pajouhesh-Va-Sazandegi, 2(47): 69-75 (In Persian).
3. Anonymus.1997. Forestry plan of Makhmalkood forest, Forest Range and Watershed Management Organization (In Persian).
4. Asadi, H., V. Latifi and E. Ebrahimi. 2018. Study of the phosphorus Losses from different watersheds in Guilan province, Amirkabir Journal of Civil Engineering, 50(4): 641-654.
5. Berger, T.W., H. Untersteiner, H. Schume and G. Jost. 2008. Throughfall fluxes in a secondary spruce (*Picea abies*), a beech (*Fagus sylvatica*) and a mixed spruce beech stand. Forest Ecology and Management, 255: 605-618.
6. Bijayalaxmi, D.N. and P.S. Yadava. 2006. Seasonal dynamics in soil microbial biomass C, N and P in a mixed forest ecosystem of Manipour, North-east India. Applied Soil Ecology, 31: 220-227.
7. Duchesne, L., R. Ouimet and D. CamireHoule. 2001. Seasonal nutrient transfers by foliar resorption, leaching and litter fall in a northern hardwood forest at Lake Clair Watershed, Quebec, Canada, Canadian Journal of Forest Research, 31: 333-344.
8. Duval, M.E., J.A. Galantini, J.O. Iglesias, S. Canelo, J.M. Martínez and L. Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. Soil and Tillage Research, 131: 11-19.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

9. Evans, H.J. and G.J. Sorger. 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. Annual Review of Plant Physiology, 17: 47-76.
10. Fife, D.N., E.K.S. Nambiar and E. Saur. 2008. Retrans location of foliar nutrients in evergreen tree species planted in a Mediterranean environment. Tree Physiology, 28: 187-196.
11. Gautam, M.K., K.S. Lee and B.Y. Song. 2017. Deposition pattern and through fall fluxes in secondary cool temperate forest, South Korea. Atmospheric Environment, 167: 71-81.
12. Ghazanshahi, J. 2006. Soil and plant analysis. Aeizh Press, Tehran (In Persian).
13. Hansen, K., G.P.J. Draaijers and W.M.P.F. Ivens. 1994. Concentration variations in rain and canopy through fall collected sequentially during individual rain events. Atmospheric Environment, 28: 3195-3205.
14. Hashemi, S.F., S.M. Hojjati, S.M. Hosseini Nasr and H. Jalilvand. 2012. Comparison of nutrient elements and elements retranslocation of *Acer velutinum, Zelkova carpinifolia and Pinus brutia* in Darabkla-Mazindaran. Iranian Journal of Forest, 4(2): 175-185 (In Persian).
15. Heras, J., E.J. Herna´ndez-Tecles and D. Moya. 2017. Seasonal nutrient retranslocation in reforested *Pinus halepensis* Mill. Stands in Southeast Spain, New Forests, 48: 397-413.
16. Jaafari Haghighi, M. 2003. Soil degradation methods. st edn, Nedaye-Zoha Press, Sari, Iran (In Persian)
17. Kooch, Y., H. Jalilvand, M.A. Bahmanyar and M.R. Poormajidian. 2007. Ecological distribution of indicator species and effective edaphical factors on the northern Iran lowland forests. Journal of Applied Science, 7: 1475-1483.
18. Koochaki, A., M. Banaan Aval, P. Rezvani Moghadam, A. Mahdavi Damghani, A. Jamolahmi and M. Vesal. 2005. Physiological plant ecology, Ferdowsi University. Press, Mashhad (In Persian).
19. Laclau, J.P., J. Ranger, J.P. Bouillet, J.D. Nzila and P. Deleporte. 2003. Nutrient cycling in a clonal stand of Eucalyptus and an adjacent savanna ecosystem in Congo. Chemical composition of rainfall, through fall and stem flow solutions. Forest Ecology and Management, 176: 105-119.
20. MacDonald, M.T. and R.L. Rajasekaran. 2018. Seasonal changes in soil and tissue nutrition in balsam fir and influence on post-harvest needle abscission. Scandinavian Journal of Forest Research, 33(5): 426-436.
21. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 4th. Edition. International. Potash Institute. Bern, Switzerland.
22. Moghadam, M.R. 2005. Ecology of terrestrial plants. Tehran Univ. Press, Tehran (In Persian).
23. Mosayeb Neghad, I., T. Rostami Shahraji, E. Kahneh and H. Porbabaii. 2007. Evaluation of native broadleaved forest plantations in east of Guilan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 311-319 (In Persian).
24. Neirynck, J., N. Mirtcheva, S. Sioen and N. Lust. 2000. Impact of *Tilia platyphyllos* Scop., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. on earthworm biomass and physico-chemical properties of a loamy topsoil. Forest Ecology and Management, 133: 275-286.
25. Nosetto, M.D., E.G. Jobbagy and J.M. Paruelo. 2006. Carbon sequestration in semi-arid rangelands. Journal of Arid Environments, 67: 142-156.
26. Ohyama, T., M. Ito, K.Kobayashi, S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Sayoma, R. Tamemura, Y. Izuno and T. Ikarashi. 1991. Analytical procedures of N, P, K content in plant and manure materials using H2SO4-H2O2 Kjeldahl digestion method. Niigata University Faculty of Agriculture Research Report, 43: 111-120.
27. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. *In*: Miller A.L. and R.H. Keeney (Eds.), Methods of soil analysis. Part 2, Springer, Madison, 430-430 pp.
28. Pansu, M. and H. Gautheyrou. 2006. Handbook of soil analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods, Springer Press, Paris.
29. Parker, G.G. 1983. Through fall and stem flow in the forest nutrient cycle. Advances in Ecological Research, 3: 57-133.
30. Rahmani, A., Y. Dehghani Shoraki and Sh. Banedjschafie. 2009. Nutritional status of Elm (*Ulmus glabra Huds*.) trees in national botanical garden of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(1): 99-106 (In Persian).
31. Rahmati, H., T. Rostami Shahraji, A. Salehi and A. Heidari Safari Kouchi. 2020. Comparison of Quantitative, Qualitative and Soil of Chestnut-leaved Oak and Loblolly Pine plantations of Shen-Rood Watershed No: 25 of Guilan Province. Ecology of Iranian Forests, 8(15): 104-114 (In Persian).
32. Schoenholtz, S.H., H. Van Miegroer and J.A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. Forest Ecology and Management, 138: 335-356.
33. Shahoie, S. 2002. The nature and properties of soils. 13th ed. Kordesan University Press, Kordesan (In Persian).
34. Sheikh, M.A. and M. Kumar. 2010. Carbon sequestration potential of trees on two aspects in sub-tropical forest. International Journal of Conservation Science, 1: 143-148.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

35. Shokrolahi, Sh., H.R. Moradi and GH.A. Dianatitilaki. 2013. Examination of some environmental factors on *Agropyron cristatum* species dispersing. Case study sumer Range land of Poulor. Journal of Pajouhesh and Sazandeghi, 97: 111-119 (In Persian).
36. Six, J.R., J. Paustion, K. Kimpe, E.T. Elliott and C. Combrink. 2000. Soil structure and organic matter: I. distribution of aggregate size classes and aggregate-associated carbon. Soil Science Society of America Journal, 64: 681-689.
37. Sollins, P., C.C. Grier, F.M. McCorison, K. Cromack, Jr.R. Fogel and R.L. Fredriksen. 1980. The internal element cycles of an old-growth Douglasfir ecosystem in western Oregon, Ecological Monographs, 50: 261-285.
38. Tafazoli, M., P. Atarod, S.M. Hojjati and M. Tafazoli. 2020. Throughfall Chemistry of Persian Maple (*Acer velutinim*) and Turkish Pine (*Pinus brutia*) Plantations in East of Mazandaran, Ecology of Iranian Forests, 7(14): 39-47 (In Persian).
39. Williams, M.R., S. Filoso and P. Lefebvre. 2004. Effects of land-use change on solute fluxes to floodplain lakes of the central Amazon. Biogeochemistry, 68: 259-275.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]

Comparison of Nutrient Concentration of Leaves and Twigs of *Pinus brutia* Ten. in Different Sampling Seasons (Case Study: Makhmalkooh Forest Park)

Elham Malasadi[1], Zahra Mirazadi[2] and Babak Pilehvar[3]

1- MSc. Student of Silviculture and forest ecology, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, I.R. Iran
2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, I.R. Iran, (Corresponding author: mirazadi.z@lu.ac.ir)
3-Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, I.R. Iran
Received: 27 April, 2021 Accepted: 14 July, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Tree species have different effects on soil properties and nutrients. Plantation as a management strategy for soil productivity retention and the prevention of destruction can be effective in the continuity of forest productivity. One of the most important goals of planting coniferous species is to increase wood production, create forest parks and conservation forests. The objective of this study was to investigate the seasonal variations in nutrient concentrations in plant organs and soil of *pinus brutia* Ten. stands.

Material and Methods: For this purpose, the Makhmalkuh forest park in Lorestan province was selected and in 1396, random sampling was performed using 5 (400 m^2) sample plots. In each sample plot, an indicator tree *pinus brutia* Ten. was selected and its young and perennial leaves and twigs were sampled in the upper third of the crown in four seasons, as well as from two depths of 0-5 and 5-15 cm a mixed soil sample was taken in each sample plot. Soil texture, pH, organic carbon (C), total nitrogen (N), available phosphorus (P), and potassium (K), for all samples were measured in the laboratory. The soil parameters, nutrients of soil and plants organs were analyzed by using one-way analysis (ANOVA) and Duncan test procedures among different seasons.

Results: According to the results, the lowest amount of dry weight and percentage of moisture in all four organs was observed in summer and the highest amount was observed in winter. Based on the results, there was a significant difference between the nutrient concentrations of plant organs in different seasons (sig<0.01). In all four organs, the highest amount of nitrogen was recorded in spring, potassium in winter and phosphorus in summer. The results of correlation studies also showed a significant relationship between nutrient concentrations of different organs and different soil characteristics.

Conclusion: High amounts of nitrogen and phosphorus in the spring can be argued that increasing the temperature in most cases increases the metabolic activity in the soil, evaporation and transpiration and absorption of nutrients. Different climatic conditions in different seasons, lack of soil moisture, retranslocation of nutrients from perennial needles and branches to young parts and seasonal and monthly changes in the chemical composition of the throughfall can be the most important reasons for these changes.

Keywords: Afforestation, Nutrients concentration, Plant organs, Sampling seasons, Soil

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.15.0]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.78]