

بررسی الگوهای بازانتقال فصلی عناصر غذایی در سوزن و سرشاخه‌های کاج بروسیا

الهام مال‌اسدی^۱، بابک پیله‌ور^{۲*} و زهرا میرآزادی^۳

۱- کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (e.malasad@gmail.com)

۲- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (pilehvar.b@lu.ac.ir)

۳- استادیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (mirazadi.z@lu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۴

چکیده

بازانتقال عناصر غذایی از اندام‌های قدیمی به اندام‌های جوان و پایا یکی از مکانیسم‌های گیاهان به-ویژه در مناطقی است که خاک از نظر عناصر غذایی فقیر است. هدف از این پژوهش بررسی بازانتقال عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گونه سوزنی‌برگ کاج بروسیا است. بدین منظور منطقه جنگلکاری شده مخمل‌کوه در استان لرستان انتخاب شد و با نمونه‌برداری از سوزن و سرشاخه‌های جوان و چندساله کاج بروسیا در پنج نوبت، بازانتقال فصلی عناصر اندازه‌گیری شد. همچنین در هر قطعه نمونه یک نمونه ترکیبی خاک انتخاب شد و غلظت عناصر غذایی مورد نظر و دیگر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بازانتقال عناصر غذایی در دو فصل رویشی بهار و پاییز و بازه زمانی شهریور تا اسفند انجام پذیرفته است، همچنین عناصر غذایی با هدایت الکتریکی، کربن آلی و اسیدیته خاک همبستگی نشان دادند. بر اساس نتایج می‌توان استنباط کرد که حاصلخیزی خاک، وضعیت مواد غذایی برگ، بارش سالانه و خشکی تابستانه مهم‌ترین عوامل در بازانتقال عناصر غذایی در درختان کاج بروسیا هستند. نتایج بازانتقال علاوه بر اینکه نشان‌دهنده سازگاری جنگلکاری مخمل‌کوه به شرایط آب و هوایی و خاکی منطقه است، می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای برنامه‌های مدیریتی در زمینه تصمیم‌گیری‌های تغذیه‌ای درختان جنگل به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: برگ‌های پیر، جنگلکاری، ویژگی‌های خاک، غلظت.

Heerwaarden *et al.*, 2003). از این رو فراوانی عناصر غذایی در لاشبرگ و برگ‌های جوان، به شدت به فرآیندهای بازانتقال در پاییز بستگی دارد. از آنجایی که باز انتقال عملکرد گیاهان در سازگارشدن با محیط است، عدم انجام این فرآیند اثر منفی در سازگاری گیاه با محیط به وجود می‌آورد (Hagen-Thorn *et al.*, 2006). این امر به ویژه در اکوسیستم‌های خشک از اهمیت بیشتری برخوردار است (Drenovsky and Richards, 2006). ذخیره حاصل از بازانتقال، بلافاصله در دسترس گیاه است و توان واکنش سریع در تغییرات محیطی و حفظ تولید طی دوره کمبود عناصر غذایی را برای درخت فراهم می‌کند (Helmisaari, 1992). این فرآیند در حفظ عناصر غذایی، به ویژه در گونه‌های درختی خزان‌کننده نقش اساسی دارد، زیرا عناصر غذایی به مقدار کمتر از طریق لاشه‌ریزی از دسترس خارج می‌شود (Duchesne *et al.*, 2001) و به بافت‌های زنده برمی‌گردند و در زی-توده زنده حفظ و نگهداری می‌شوند. در این چرخه درون‌گیاهی، عناصر جداشده از برگ‌های پیرتر، ذخیره شده و در رویش جدید به کار می‌روند (Van Heerwaarden *et al.*, 2003). باز انتقال همچنین به-عنوان چرخه درون‌گیاهی عناصر غذایی، سبب کاهش وابستگی درختان به فرآیندهای بیوشیمیایی برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز در مراحل بعدی رویش (Melillo *et al.*, 1982) و نیز کاهش تلفات ناشی از آبشویی و فرسایش می‌شود. در گونه‌های جنس کاج، بازانتقال عناصر غذایی در سطح توده به سن درختان، کیفیت رویشگاه، اقلیم و توزیع عناصر غذایی در سوزن‌ها مربوط می‌شود (Agee, 1998).

پژوهش‌های اندکی بازانتقال عناصر غذایی را در سطح برگ مورد بررسی قرار داده‌اند (Dyckmans *et al.*, 2005). در داخل کشور Hashemi و همکاران

امروزه توسعه کمی جنگلکاری‌ها برای جبران کاهش سطح جنگل‌های طبیعی به صورت گسترده‌ای در دستور کار مدیران عرصه‌های منابع طبیعی قرار گرفته است. در این رابطه توجه به روش‌های نوین مدیریت جنگلکاری‌ها مبتنی بر تأمین عناصر تغذیه‌ای مورد نیاز گونه‌های وارداتی با هدف تولید بهینه کمی و کیفی چوب ضرورت دارد.

گونه‌های درختی متفاوتی که در جنگلکاری استفاده می‌شوند می‌توانند با ترکیبات شیمیایی مختلف در برگ و رهاسازی آن‌ها توسط لاشه‌ریزی سبب تغییر در خاک عرصه‌های مورد نظر شوند، بنابراین، می‌توان با مقایسه خاک عرصه‌های جنگلکاری‌شده با توده‌های طبیعی به ارزیابی دقیق‌تر جنگلکاری‌ها پرداخت (Hashemi *et al.*, 2017). به همین دلیل وضعیت تغذیه‌ای رویشگاه و چگونگی گردش عوامل تغذیه‌ای به صورت پایدار یکی از عوامل مهم کیفی در توده جنگلی است. در این زمینه شناخت ترکیب شیمیایی و غلظت عناصر غذایی برگ درختان اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌توان از آن برای پی بردن به وضعیت تغذیه‌ای و تشخیص کمبودها (Duchesne *et al.*, 2001) و ارزیابی عناصر غذایی کل گیاه استفاده کرد (Hagen-Thorn *et al.*, 2004). منابع اصلی عناصر غذایی موجود در برگ‌ها، عناصر غذایی موجود در خاک و بازانتقال عناصر غذایی از برگ‌های پیر است (Kathryn *et al.*, 2000). بازانتقال عناصر، 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 اکوسیستم‌های گیاهی به‌شمار می‌رود (Duchesne *et al.*, 2001) و نشان‌دهنده مقداری از هر عنصر غذایی است که قبل از افتادن برگ‌های پیر از آن‌ها انتقال می‌یابد (Van

حاصلخیزی خاک و مقدار بازانتقال عناصر غذایی پرمصرف در بافت‌های گیاهی بررسی شد. نتایج حاصل از این پژوهش ضمن فراهم آوردن اطلاعاتی که نشان‌دهنده واکنش گیاه به شرایط خاک است، می‌تواند مدیریت عناصر غذایی پرمصرف را در توسعه تولیدات جنگلی بهبود بخشد. همچنین نتایج بررسی ارتباط عناصر غذایی گیاه و خاک می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مربوط به برنامه‌های جنگلکاری مورد استفاده قرار گرفته و با اصلاح و به‌روزر کردن طرح‌های مدیریتی، هزینه‌های ناشی از تلفات اولیه نهال‌ها و جایگزینی آن‌ها را نیز کاهش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

پارک جنگلی مخمل‌کوه با مساحت ۴۶۵ هکتار در شمال شهرستان خرم‌آباد در استان لرستان واقع شده است. حداقل ارتفاع منطقه حدود ۱۲۸۰ متر از سطح دریا، متوسط درجه‌حرارت سالانه در منطقه ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۵۰۹ میلی-متر است. اقلیم منطقه مورد بررسی به استناد روش آمبرژه جزء مناطق نیمه‌خشک است. سیمای عمومی پارک، گونه غالب بلوط با پوشش علفی اغلب با گونه‌های یک‌ساله است. این منطقه در سطحی بالغ بر ۵۰ هکتار از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۵ با استفاده از گونه‌های سرو نقره‌ای، کاج بروسیا، سروشیراز، افاقیا، ارغوان، زبان‌گنجشک و زیتون و در ارتفاعات بالاتر با استفاده از گونه بادامک جنگلکاری شده است. جنگلکاری انجام‌شده در پارک جنگلی مخمل‌کوه به صورت خالص و آمیخته است. توده‌های جنگلکاری-شده مورد بررسی کاج بروسیا با فاصله کاشت ۳/۵ در ۳/۵ متر و با تراکم ۷۰۰ پایه در هکتار در قسمت جنوب غربی پارک با شیب ۱۰-۲۰ درصد قرار دارند.

روش پژوهش

(2012) در بررسی عناصر غذایی و بازجذب آن‌ها در گونه‌های جنگلکاری شده آزاد، افرا پلت و کاج بروسیا در جنگل آموزشی - پژوهشی دارابکلا بیان داشتند که غلظت عناصر غذایی و بازجذب آن‌ها در این سه گونه متفاوت است و از آنجا که رویشگاه مشابه داشته‌اند، پس تفاوت‌ها ناشی از ژنتیک آن‌ها است. Azadi Rimeleh و همکاران (2013) نیز در بررسی گونه‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ پارک جنگلی مخمل‌کوه لرستان، ضمن تأکید بر وجود اختلاف در مقادیر بازجذب عناصر در گونه‌های مختلف، بیشترین مقدار بازجذب را برای گونه ارغوان گزارش دادند. در خارج از کشور نیز Jiang و همکاران (2012) بازجذب مواد غذایی از گونه‌های همزیست در علفزار آلپ فلات چینگهای-تیتان را بررسی کرده و دریافتند که مقدار بازجذب نیتروژن و فسفر بسیار بالا بوده و موجب سازگاری گونه‌ها با محیط فقیر شده است (Jiang et al., 2012). Fife و همکاران (2008) در بررسی بازانتقال عناصر غذایی در گونه‌های همیشه سبز مدیترانه‌ای بر بازانتقال عناصر غذایی N، P و K از برگ‌های بالغ به برگ‌های جوان قبل از ریزش تأکید کردند (Fife et al., 2008). Herras و همکاران (2017) بازانتقال عناصر غذایی فصلی را در توده‌های جنگل‌کاری‌شده کاج حلب در اسپانیا بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده افزایش تراکم عناصر غذایی موجود در بافت‌های گیاهی در پاییز و کاهش آن‌ها در دوره رویشی بهار بود (Herras et al., 2017).

باتوجه به مطالب بیان‌شده این پژوهش با هدف بررسی بازانتقال فصلی عناصر غذایی در توده‌های خالص کاج بروسیا (*Pinus brutia*) در پارک جنگلی مخمل‌کوه در شمال شهرستان خرم‌آباد انجام شد. بدین منظور مقادیر عناصر غذایی در بافت‌های گیاه،

اندازه‌گیری شدند. درصد بازانتقال عناصر غذایی تفاضل بین تغییر در تراکم مواد غذایی و تراکم اولیه برای هر بافت گیاهی است (Saur, 2000)؛ که براساس رابطه زیر محاسبه شد.

$$NUTnrseason = \frac{Nut_0 - Nut_1}{Nut_0} \times 100 \quad (۱)$$

که در این رابطه $NUT\ nrseason$ ، درصد باز-انتقال عناصر غذایی (N, P و K) در بافت‌های گیاهی (سوزن یا سرشاخه) در یک فصل رشد معین (بهار - پاییز)، NUT_0 ، غلظت مواد مغذی در یک سوزن یا سرشاخه خاص در آغاز فصل رشد (اسفند - شهریور) و NUT_1 ، تراکم عناصر غذایی همان بافت در انتهای فصل رشد (خرداد - آذر) هستند.

در هر قطعه‌نمونه، هم‌زمان با نمونه‌برداری از سوزن و سرشاخه‌ها، پس از کنار زدن لایه لاشبرگ، نمونه ترکیبی خاک از دو عمق صفر تا پنج سانتی‌متر و پنج تا ۱۵ سانتی‌متر خاک برداشت شد. پس از تفکیک بقایای طبیعی و گیاهی از نمونه‌های خاک، هر نمونه خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس به آزمایشگاه انتقال داده شدند و مشخصاتی مانند درصد نیتروژن کل با دستگاه کج‌دال، فسفر به روش Olsen و با دستگاه اسپکتروفتومتری، پتاسیم به روش جذب-اتمی، کربن آلی به روش والکی بلاک، بافت خاک به-روش هیدرومتری، اسیدیته خاک توسط دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی توسط هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد. بدین شکل مقادیر مواد مغذی در خاک زیر درختان کاج شاخص و در بافت‌های درختان شاخص شامل سوزن‌های جوان و چندساله و سرشاخه‌های جوان و چندساله اندازه‌گیری شد.

پس از اطمینان از نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با کمک آزمون کولموگروف اسمیرنوف، مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بخش‌های مختلف گیاه در طی پنج نوبت نمونه‌برداری با استفاده از طرح اندازه‌گیری

برای انجام این پژوهش، خرداد ۱۳۹۶ به منطقه مراجعه و پنج توده خالص کاج بروسیا انتخاب شد، در هر توده یک قطعه‌نمونه ۴۰۰ مترمربعی (۲۰×۲۰ متر) به روش تصادفی پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه، یک درخت به‌عنوان درخت شاخص برای برداشت نمونه‌های سوزن و سرشاخه انتخاب شد. نظر به فصلی‌بودن برای کاج بروسیا که دو دوره رکود را در اوایل آذرماه تا اوایل اسفند و اوایل خرداد تا اواخر شهریور نشان می‌دهد، نمونه‌برداری در دو فصل رشد یعنی در اواخر خرداد ۱۳۹۶، اواخر شهریور ۱۳۹۶، اوایل آذر ۱۳۹۶، اوایل اسفند ۱۳۹۶ و اواخر خرداد ۱۳۹۷ انجام شد (Herras et al., 2017). بدین منظور از هر درخت کاج شاخص، سه سرشاخه از یک‌سوم بالایی تاج درخت (در جهت جنوبی) بریده شد. سوزن و سرشاخه‌های جوان به‌واسطه داشتن جوانه‌های جدید که در سال جاری ظاهر شده‌اند (جوان‌تر از یک سال) و سوزن و سرشاخه‌های چند ساله از طریق جوانه‌هایی که در سال‌های قبل ظاهر شده‌اند، نمونه‌برداری شدند (پیرتر از یک سال) (Herras et al., 2017). سوزن‌های یک‌ساله معمولاً در انتهای سرشاخه‌ها واقع می‌شوند و رنگ روشن‌تری نسبت به سوزن‌های قدیمی دارند همچنین سرشاخه‌های یک‌ساله معمولاً در منتهی‌الیه شاخه‌ها قرار می‌گیرند و از قطر کمتری برخوردارند. نمونه‌های انتخاب شده به آزمایشگاه انتقال داده شد و پس از تفکیک بخش‌های مختلف (سوزن و سرشاخه) و اندازه‌گیری وزن‌تر، در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگه داشته شد و پس از خشک‌شدن، آسیاب شده و عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در سوزن‌ها و سرشاخه‌ها اندازه‌گیری شد. مقدار نیتروژن با دستگاه کج‌دال، فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری و پتاسیم به‌وسیله دستگاه جذب‌اتمی

انجام شد و نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

همان‌گونه که اشاره شد در هر قطعه نمونه ۴۰۰ متر-مربعی تمام پایه‌های کاج بروسیا اندازه‌گیری شدند. مشخصات درختان کاج نمونه‌برداری شده در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

تکراری (Repeated measure) مقایسه شد. سپس برای مقایسه بازانتقال عناصر غذایی طی دو فصل رشد و مقایسه عناصر غذایی خاک در دو عمق مورد بررسی از آزمون تی مستقل استفاده شد. همچنین برای بررسی رابطه غلظت عناصر غذایی در بخش‌های مختلف گیاه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده شد. تمامی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver 16

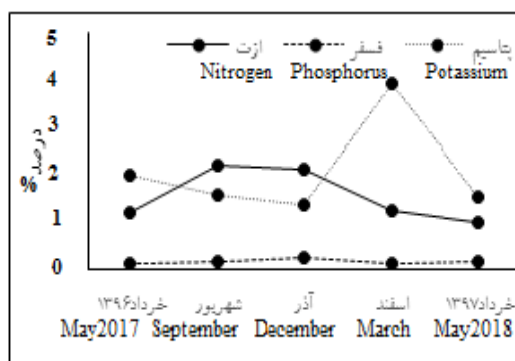
جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مشخصات درختان نمونه‌برداری شده در هر قطعه نمونه

Table1. Average values of tree properties (including standard error) in sampling plots

قطعه نمونه ۵ Plot5	قطعه نمونه ۴ Plot4	قطعه نمونه ۳ Plot3	قطعه نمونه ۲ Plot2	قطعه نمونه ۱ Plot1	
6.8(1.6)	7.2(1.9)	6.5(1.35)	7.84(2.7)	9.07 (1.21)	ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)
16.8(3.9)	15.6(4.8)	18.19(2.28)	19.18(4.2)	18.5(3.3)	قطر برابر سینه (سانتی متر) Diameter at breast height (cm)
21.7(4.1)	19.3(5.05)	23.77(2.5)	23.6(4.1)	23.6(3.4)	قطر یقه (سانتی متر) Root collar diameter (cm)
235.4(100.8)	210(110.9)	285.9(67.5)	302.5(135)	278(95)	سطح مقطع برابر سینه (سانتی مترمربع) Basal area (cm ²)

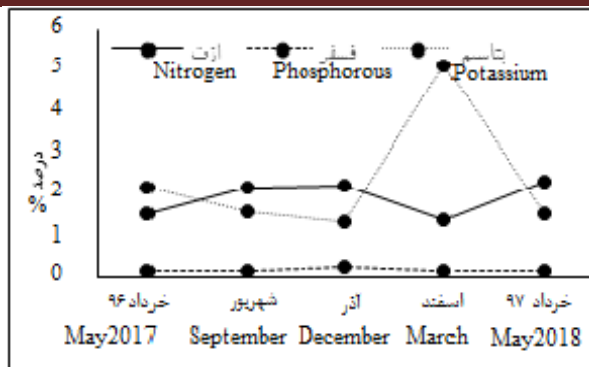
مقادیر در پنج مرحله نمونه‌برداری مقایسه شد که نتایج در شکل‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است.

پس از تعیین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سوزن و سرشاخه‌های جوان و چندساله،



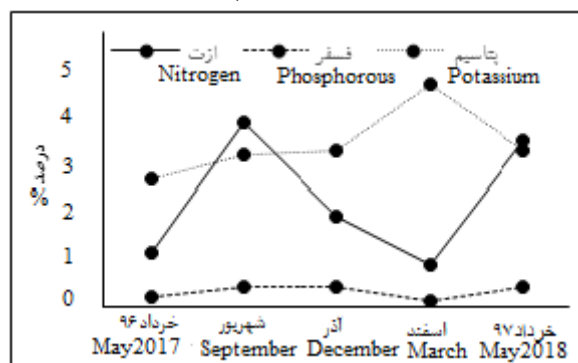
شکل ۱- میانگین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم سوزن یک‌ساله

Figure 1. Mean values of the N, P and K concentrations of young needles



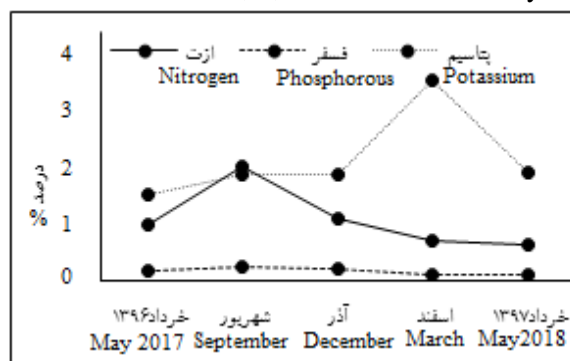
شکل ۲- میانگین عناصر اورت، فسفر و پتاسیم سوزن چندساله

Figure 2. Mean values of N, P and K concentrations of old needles



شکل ۳- میانگین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم سرشاخه یکساله

Figure 3. Mean values of N, P, K concentrations of young twigs



شکل ۴- میانگین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم سرشاخه چندساله

Figure 4. Mean values of N, P, K concentrations of old twigs

دارند)، بنابراین مشخص شد که می توان از این طرح برای مقایسه جفتی غلظت عناصر غذایی در ۵ فصل نمونه برداری استفاده کرد. نتایج این طرح نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین غلظت عناصر غذایی در اندام های گیاهی در طی ۵ مرحله نمونه برداری است. نتایج مربوط به سوزن ها در جدول ۲ و نتایج سرشاخه ها در جدول ۳ ارائه شده است.

پس از تعیین غلظت عناصر غذایی در سوزن و سرشاخه های کاج بروسیا، با کمک طرح اندازه گیری تکراری غلظت این عناصر در فصول نمونه برداری مقایسه شد. ابتدا فرض کرویت آزمون بررسی شد و از آنجایی که مقدار p-Value در تست Mauchly's test بیشتر از ۰/۰۰۵ بود کرویت آزمون تأیید شد (اختلاف بین هر جفت زمان اندازه گیری واریانس یکسانی

جدول ۲- مقایسه جفتی عناصر غذایی در سوزن‌های جوان و چندساله در ۵ مرحله با روش طرح اندازه‌گیری‌های تکراری

Table 2. Pairwise comparison of nutrients in young and old needles and repeated measures test results (mean difference) at sampling season

		سوزن یکساله Young needles					سوزن چندساله Old needles						
فصل‌ها Seasons		1	2	3	4	5	فصل‌ها Seasons		1	2	3	4	5
نیترژن N	1	-	1.65 [']	1 [']	1.1 [']	-0.004	1	-	1.64 [']	1.15 [']	1.11 [']	0.008 [']	
	2	-1.65 [']	-	-0.65 [']	-0.55 [']	-1.65 [']	2	-1.64 [']	-	-0.49 [']	-0.53 [']	-1.63 [']	
	3	-1 [']	0.65 [']	-	0.1	-1 [']	3	-1.15 [']	0.49 [']	-	-0.04 [']	-1.14 [']	
	4	-1.1 [']	0.55 [']	-0.1	-	-1.1 [']	4	-1.11 [']	0.53 [']	0.04 [']	-	-1.1 [']	
	5	0.004	1.65 [']	1 [']	1.1 [']	-	5	-0.008 [']	1.63 [']	1.14 [']	1.1 [']	-	
فسفر P	1	-	-0.09 [']	-0.006	-0.002	-0.004	1	-	-0.09 [']	0.02	-0.04 [']	-0.002	
	2	0.09 [']	-	-0.08 [']	0.08 [']	0.08	2	0.09 [']	-	0.11 [']	0.13 [']	0.09	
	3	0.006	0.08 [']	-	0.004	0.002	3	-0.02	-0.11 [']	-	0.02	-0.02	
	4	0.002	-0.08 [']	-0.004	-	-0.002	4	0.04 [']	-0.13 [']	-0.02	-	-0.04 [']	
	5	0.004	-0.008	-0.002	0.002	-	5	0.002	-0.09	0.02	0.04 [']	-	
پتاسیم K	1	-	0.18 [']	-0.78	-2.07	0.002	1	-	0.4	-0.24	-1.65 [']	0.2	
	2	-0.18 [']	-	-0.96	-2.25 [']	-0.17 [']	2	-0.4	-	-0.64	-2.05 [']	-0.19	
	3	0.78	0.96	-	-1.28 [']	0.78	3	0.24	0.64	-	-1.41 [']	0.45	
	4	2.97	2.25 [']	1.28 [']	-	2.07 [']	4	1.65 [']	2.05 [']	1.41 [']	-	1.86 [']	
	5	-0.002	0.17 [']	-0.78	-2.07 [']	-	5	-0.2	0.19	-0.45	-1.86 [']	-	

فصول نمونه‌برداری ۱ تا ۵، به ترتیب بهار، تابستان، پاییز، زمستان و بهار ۹۷ هستند. اختلافات معنی‌دار بین دو فصل نمونه‌برداری با علامت (') نشان داده شده است.

Seasons: 1: spring, 2: summer, 3: autumn, 4: winter, 5: spring 2017. Superscripts showed significant differences (LSD test p<0.05)

جدول ۳- مقایسه جفتی عناصر غذایی در سرشاخه‌های جوان و چندساله در ۵ مرحله با روش طرح اندازه‌گیری‌های تکراری

Table 3. Pairwise comparison of nutrients in young and old twigs and repeated measures test results (mean difference) at 5 sampling seasons

		سرشاخه یکساله Young twigs					سرشاخه چندساله Old twigs						
فصل‌ها Seasons		1	2	3	4	5	فصل‌ها Seasons		1	2	3	4	5
نیترژن N	1	-	1.01 [']	0.93 [']	1.2 [']	0.004	1	-	0.97 [']	1.2 [']	1.34 [']	-0.01	
	2	-1.01 [']	-	-0.08	0.19 [']	-1.01 [']	2	-0.97 [']	-	0.22 [']	0.37 [']	-0.98 [']	
	3	-0.93 [']	0.08	-	0.27 [']	-0.93 [']	3	-1.2 [']	-0.22 [']	-	0.14 [']	1.21 [']	
	4	-1.21 [']	-0.19 [']	-0.27 [']	-	-1.21 [']	4	-1.34 [']	-0.37 [']	0.14 [']	-	1.35 [']	
	5	0.004	1.01 [']	0.93	1.21	-	5	0.01	-0.98 [']	-1.21 [']	-1.35 [']	-	
فسفر P	1	-	0.006	0.05 [']	0.12 [']	0.01	1	-	-0.08	0.1 [']	0.14 [']	0.04	
	2	-0.006	-	0.04	0.11 [']	0.04	2	0.08	-	0.11 [']	0.15 [']	0.05	
	3	-0.05 [']	-0.04	-	0.06 [']	-0.04	3	-0.1 [']	-0.011	-	0.04 [']	-0.06	
	4	-0.12 [']	-0.11 [']	-0.06 [']	-	-0.11 [']	4	-0.14 [']	-0.15	-0.04 [']	-	-0.1	
	5	-0.01	-0.04 [']	0.04	0.11 [']	-	5	-0.04	-0.05	0.06	0.1	-	
پتاسیم K	1	-	0.04	0.24	-1.47 [']	0.06	1	-	-0.01	0.31	-0.07	-0.01	
	2	-0.04	-	0.2	-1.51 [']	-0.03	2	0.01	-	0.32	-0.07	-0.004	
	3	-0.24	-0.2	-	-1.72 [']	-0.24	3	-0.31	-0.32	-	-1.04 [']	-0.32	
	4	1.47 [']	1.51	1.72	-	1.82	4	0.07	0.07	1.04 [']	-	0.71	
	5	0.06	0.03	0.24	-1.82	-	5	0.01	0.004	0.32	-0.71	-	

فصول نمونه‌برداری ۱ تا ۵، به ترتیب بهار، تابستان، پاییز، زمستان و بهار ۹۷ هستند. اختلافات معنی‌دار بین دو فصل نمونه‌برداری با علامت (') نشان داده شده است.

Seasons: 1: spring, 2: summer, 3: autumn, 4: winter, 5: spring 2017. Superscripts showed significant differences (LSD test p<0.05)

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دو عمق صفر تا پنج و پنج تا ۱۵ سانتی‌متری محاسبه و با آزمون تی مقایسه شد. نتایج میانگین و انحراف معیار و سطح معنی‌داری آزمون تی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نتایج آزمون تی دو عمق نمونه‌برداری

Table 4. Mean values of soil parameters (% , including standard error) and T. test results (sig) in two sampling depth of soil

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	نیترژن (درصد) N (%)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)	مواد آلی (درصد) OM (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC(ds.m)	
لومی Loam	7.36 (0.03)	0.17 (0.0013)	217.1 (65.96)	5.32 (4.44)	2.19 (0.22)	1.31 (0.14)	1.03 (0.06)	عمق اول First depth
لومی Loam	7.47 (0.03)	0.09 (0.0066)	172.3 (35.73)	3.56 (4.16)	1.04 (0.12)	0.58 (0.06)	0.69 (0.03)	عمق دوم Second depth
-	0.66	0.015	0.132	0.27	0.001	0.00	0.001	p. value

همبستگی غلظت عناصر غذایی هر یک از بافت‌های گیاهی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دو عمق اول و دوم خاک بررسی شد، پس از تعیین همبستگی‌ها، روابط عناصر غذایی هر یک از اندام‌ها با ویژگی‌های دو عمق خاک به کمک رگرسیون نیز تعیین شد که نتایج در جدول ۵ ارائه شده‌اند.

جدول ۵- مدل رگرسیونی غلظت عناصر غذایی بافت‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک

Table 5. Linear regression models of N, P and K concentrations in needles and twigs with soil parameters

ضریب همبستگی Correlation	عمق دوم Second depth	ضریب همبستگی Correlation	عمق اول First depth	عناصر غذایی Nutrients	بافت گیاهی Plant tissue
0.7	$N=11.98+0.4EC+1.6C/N-0.8 \cdot K+0.9N$			نیترژن Nitrogen	سوزن یک-ساله Young needles
0.78	$P=-1.2+0.6PH$	0.69	$P=0.33-1.68C/N+2.39P-2.96K-1.1N$	فسفر Phosphorous	سوزن یک-ساله Young needles
0.7	$K=4.43-0.63PH-0.68P+0.9N$			پتاسیم Potassium	سوزن یک-ساله Old needles
0.93	$P=0.94-0.8EC$	0.9	$P=1-0.9EC-0.29PH-0.8C/N$	فسفر Phosphorous	سوزن یک-ساله Old needles
		0.7	$K=16.3+0.8 EC$	پتاسیم Potassium	سوزن یک-ساله Old needles
0.7	$P=0.23-0.6EC$	0.73	$P=0.35-0.7EC$	فسفر Phosphorous	سرشاخه چندساله Old twigs
0.75	$K=-2.1+0.6K$			پتاسیم Potassium	سرشاخه چندساله Old twigs

میانگین درصد بازانتقال خالص عناصر غذایی در بافت‌های گیاهی در دو فصل رویشی بهار و پاییز
محاسبه و با آزمون تی مستقل مقایسه شد. نتایج در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- میانگین و اشتباه معیار بازانتقال خالص عناصر غذایی در بافت‌های گیاهی در دو دوره رویشی پاییز و بهار
Table 6. Net retranslocation percentage of macronutrients in plant tissues (needles and twigs) (% , including standard error) in spring and fall

بازانتقال پتاسیم K retranslocation	بازانتقال فسفر P retranslocation	بازانتقال نیتروژن N retranslocation	دوره رویشی Season	بافت گیاهی Plant tissue
13.3 ^a (3.2)	-12.6 ^a (9.5)	-56.4 ^a (15.8)	بهار Spring	سوزن یک‌ساله Young needles
6.7 ^a (11.4)	-40.19 ^a (14.3)	-18.2 ^a (9.8)	پاییز Fall	
56.9 ^a (12.6)	24.7 ^a (13.9)	14.52 ^a (5.3)	بهار Spring	سوزن چندساله Old needles
13.1 ^a (9.2)	-37.8 ^a (10.8)	18.9 ^a (6.9)	پاییز Fall	
52.7 ^a (23.4)	8.9 ^a (5.2)	21.3 ^a (10.6)	بهار Spring	سرشاخه یک‌ساله Young twigs
0.2 ^b (5.7)	10.8 ^a (4.3)	65.9 ^a (7.2)	پاییز Fall	
24 ^a (25.07)	-67.7 ^a (5.5)	18.3 ^a (1.5)	بهار Spring	سرشاخه چندساله Old twigs
2.8 ^b (5.6)	-14.5 ^a (10.4)	48.3 ^b (12.2)	پاییز Fall	

حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

Superscripts showed significant differences (Duncan test $p < 0.05$)

براساس نتایج، بازانتقال عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دو فصل رویشی بهار و پاییز و همچنین بازه زمانی شهریور تا اسفند انجام پذیرفته است. در ابتدا روند بازانتقال عناصر در دو فصل بهار و پاییز بررسی و مشخص شد که مقدار نیتروژن در بافت‌های سرشاخه جوان، سرشاخه چندساله و سوزن چندساله در اول دوره رویشی بیشتر و در پایان دوره کاهش یافته بود. این امر می‌تواند به دلیل استفاده گیاه از این عناصر برای رویش و بازانتقال آن به اندام‌های پایتر باشد؛ اما در بافت گیاهی سوزن جوان (یک‌ساله) بازانتقال نیتروژن در دوره رویشی بهار و پاییز انجام نشد که دلیل آن را می‌توان جوان بودن برگ‌ها و

برای تعیین دقیق‌تر روند بازانتقال، میانگین درصد بازانتقال خالص عناصر غذایی در بافت‌های گیاهی در فاصله زمانی شهریور تا اسفند نیز محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۷ مشاهده می‌شود.

نتایج جدول‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهد که در گونه کاج بروسیا بازانتقال برخی از عناصر غذایی تنها در یک دوره رویشی در سال رخ داده است در حالی که در برخی دیگر از عناصر در دو دوره رویشی که وابسته به خشکی تابستانه و توقف رشد است بازانتقال انجام شده است.

بحث

تا اسفند مشاهده شد که در هر ۴ اندام مورد بررسی بازانتقال نیتروژن انجام پذیرفته است. در توجیه این نتیجه می‌توان بیان داشت که به دلیل توقف کامل رشد گیاه به دلیل سرما در زمستان، بافت گیاهی سوزن جوان نیز فرصت بازانتقال عنصر نیتروژن به دیگر اندام‌های پایاتر را داشته است.

نداشتن فرصت کافی برای بازانتقال دانست، به نظر می‌رسد در این فاصله رشد سوزن‌های جوان به‌طور کامل متوقف نشده است و بازانتقال نیتروژن در سوزن جوان در دوره پاییز و بهار انجام نشده است. به همین دلیل بازانتقال این عناصر در دوره رویشی شهرپور تا اسفند نیز محاسبه شد. با محاسبه بازانتقال از شهرپور

جدول ۷- میانگین درصد بازانتقال خالص عناصر غذایی در بافت‌های گیاهی در بازه زمانی شهرپور تا اسفند

Table 7. Net retranslocation percentage of macronutrients in plant tissues (needles and twigs) (% , including standard error) in September-march

بازانتقال پتاسیم K retranslocation	بازانتقال فسفر P retranslocation	بازانتقال نیتروژن N retranslocation	فصل رویشی Season	بافت گیاهی Plant tissue
-46.1 (20.7)	9.4 (7.5)	75.18 (25.9)	شهرپور تا اسفند September-March	سوزن یک‌ساله Young needles
-38.5 (14.6)	45.6 (13.6)	24.68 (16.7)	شهرپور تا اسفند September-March	سوزن چندساله Old needles
-49.1 (25.2)	45.9 (20.8)	82.3 (15.6)	شهرپور تا اسفند September-March	سرشاخه یک‌ساله Young twigs
-44.8 (8.3)	55.1 (6.8)	76.2 (6.8)	شهرپور تا اسفند September-March	سرشاخه چندساله Old twigs

است. به‌طور معمول پتاسیم بیشتر از فسفر جذب گیاه می‌شود و معمولاً برخلاف فسفر و نیتروژن، مواد آلی نقش کمی در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه در خاک دارد و بخش بیشتر آن به‌وسیله پتاسیم‌های تبادلی، انحلال نمک‌ها و هوازگی کانی‌ها در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Shahoyi, 2006).

بررسی روند بازانتقال فسفر نیز نشان داد که برخلاف پتاسیم در هر ۴ بافت گیاهی در دوره رویشی شهرپور تا اسفند بازانتقال انجام شده است و در دو فصل رویشی بهار و پاییز به مقدار بسیار کمی به اندام‌های پایاتر انتقال یافته است. در حقیقت تراکم فسفر در سوزن‌ها پس از دوران خشکی تابستان افزایش یافته است که این می‌تواند به‌خاطر کاهش رشد و انباشت مواد مغذی در بافت‌های گیاهی باشد

در ارتباط با پتاسیم براساس نتایج در هر ۴ بافت گیاهی در دوره رویشی پاییز و بهار بازانتقال انجام شد. در این راستا می‌توان بیان داشت که در دوره رویشی بهار، قبل از شروع توقف رویش در تابستان، مقدار پتاسیم در اندام‌های قدیمی‌تر کاهش یافته و به بافت‌های جوان‌تر منتقل شده است تا برای فصل رویشی بعد استفاده شود، در دوره رویشی پاییز اندام‌های جوان پتاسیم را برای رشد مورد استفاده قرار داده به‌طوری که در اواخر دوره رویشی و قبل از شروع توقف رشد زمستانه، مقدار پتاسیم در اندام‌های قدیمی‌تر کاهش یافته است. به‌عبارت دیگر مقدار عنصر پتاسیم در پاییز قبل از خزان سوزن‌ها در بافت‌های گیاهی افزایش یافته و در بهار با شروع دوره رویشی مورد استفاده مجدد گیاه برای رشد قرار گرفته

چنان‌که فصل بعد برای رویش آینده بازانتقال می‌یابد (Herras *et al.*, 2017). این یافته‌ها با نتایج پژوهش Herras و همکاران (2017) هم‌خوانی دارد. وی با بررسی بازانتقال در جنگلکاری‌های کاج حلب، به این نتیجه دست یافت که تراکم نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بافت‌های گیاهی در پاییز افزایش یافته و در بهار کاهش می‌یابد (البته نه در مورد همه بافت‌ها). Fife و همکاران (2008) نیز در بررسی بازانتقال عناصر غذایی در گونه‌های همیشه‌سبز بیان داشتند که عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم قبل از ریزش از برگ‌های بالغ به اندام‌های پایتر انتقال می‌یابد. همچنین Parraga-Aguada و همکاران (2014) با بررسی بازانتقال عناصر غذایی در کاج حلب در مناطق نیمه‌خشک دریافتند که تراکم فسفر و پتاسیم در سوزن‌های جوان بیشتر از چندساله‌ها قبل از ریزش است. از آنجایی که بازانتقال عناصر غذایی از برگ‌های پیر به اندام‌های جوان و پایا قبل از ریزش سوزن‌ها نشان دهنده غلظت کم عناصر غذایی به‌ویژه منیزیم، پتاسیم و فسفر خاک است (Parraga-Aguada *et al.*, 2014)، می‌تواند به عنوان شاخصی از سطح مطلوب عناصر غذایی خاک در توده کاج بروسیا در منطقه باشد. در همین ارتباط به‌منظور بررسی و تحلیل دقیق‌تر بازانتقال عناصر در اندام‌های گیاهان، غلظت عناصر غذایی در خاک نیز بررسی شد. براساس نتایج، تمامی ویژگی‌های خاکی مورد بررسی در عمق اول صفر تا ۵ سانتی‌متر مقدار بیشتری نسبت به عمق دوم پنج تا ۱۵ سانتی‌متر داشتند (جدول ۴). بیشتر بودن غلظت عناصر غذایی در لایه سطحی خاک می‌تواند به دلیل تجمع و حضور لاشبرگ به‌عنوان منبع اصلی ورود عناصر تغذیه‌ای و مواد آلی خاک باشد (Mayani & Payam, 2013). همچنین هر سه عنصر مورد بررسی غلظت کمی در خاک منطقه دارند، این نتیجه نشانگر بازانتقال عناصر در بافت‌های گیاهی به‌عنوان مکانیسمی برای سازگاری با کمبود عناصر دریافتی از خاک است. زمانی که مقدار عناصر دریافتی از خاک زیاد نباشد، گیاه عناصر غذایی انباشت‌شده را برای برطرف کردن نیازهایش مورد-استفاده قرار می‌دهد، در صورتی که اگر خاک مواد غذایی کافی در اختیار گیاهان قرار دهد، مقدار انتقال عناصر غذایی بین اندام‌های گیاهان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Mediavilla *et al.*, 2014). دلیل اصلی پایین بودن مقادیر این عناصر در خاک را می‌توان سرعت کم تجزیه لاشبرگ در سوزنی‌برگان دانست (Marvi Mohajer, 2005). همچنین نیتروژن عنصری است که به‌سرعت در چرخه خود بازسازی و احیا شده و حجم نهایی آن در خاک، در سطحی تقریباً پایدارتر از دیگر عناصر تبدلی باقی می‌ماند (Richter & Markewitz, 1994). به‌علاوه براساس نتایج، خاک منطقه مورد بررسی از نظر مقدار کربن آلی ضعیف است و از آنجایی که رابطه کربن آلی و نیتروژن در خاک نیز رابطه‌ای مستقیم است (Sayyad *et al.*, 2007) و مناطقی که دارای بیشترین مقدار کربن آلی هستند، از مقدار نیتروژن بیشتری نیز برخوردار هستند (Sienkiewicz *et al.*, 2014) می‌توان این‌گونه استنباط کرد که کم‌بودن مواد آلی خاک موجب کاهش مقدار نیتروژن خاک و در نتیجه افزایش بازانتقال آن شده است. از طرف دیگر پتاسیم از عناصر غذایی است که برخلاف شیب الکترومغناطیسی درون سلول‌های گیاهی انتقال می‌یابد و اغلب گیاهان به‌علت سیستم حفاظتی خود، قبل از خزان برگ‌ها و شاخه آن را بازیافت می‌کنند (Noori Kia *et al.*, 2012). در مورد فسفر، از آنجایی که تغییرات این عنصر در خاک بسیار کند بوده و به‌مدت زمان طولانی نیازمند است، تجزیه و تحلیل تأثیر گونه‌های درختی بر روی مقدار آن در خاک امری دشوار است (Adugna *et al.*, 2016)؛ اما

سرشاخه چندساله تأثیر منفی داشت و در مدل رگرسیونی وارد شد. باتوجه به این مطالب می‌توان بیان داشت هدایت الکتریکی یکی از مهم‌ترین عوامل خاکی است که بر جذب نیتروژن تأثیر مثبت و بر جذب فسفر تأثیر منفی داشته است در تأیید این نتیجه Jahanbazi و همکاران (2014) نیز نشان دادند که افزایش شوری موجب کاهش جذب پتاسیم و افزایش جذب نیتروژن و فسفر شده است. در پژوهش Filep and Rékási (2011) نیز گزارش شد که وضعیت نیتروژن خاک تأثیر زیادی بر روی غلظت کربن آلی و نسبت کربن آلی به نیتروژن محلول در خاک داشت، همچنین اسیدیته خاک بر روی مقدار کربن آلی تأثیر مثبت و بر روی نیتروژن محلول تأثیر عکس دارد. بر- اساس نتایج این پژوهش می‌توان این‌گونه استنباط کرد که مهم‌ترین عوامل در بازانتقال عناصر غذایی توسط درختان، شرایط و ویژگی‌های خاک مانند حاصلخیزی خاک، وضعیت مواد غذایی برگ، بارش سالانه، مدت- زمان پیری و خشکی تابستانه هستند (Herras et al., 2017). در نهایت براساس نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود بررسی تراکم عناصر غذایی پرمصرف در خاک و در بافت‌های گیاهی در دوره‌های زمانی طولانی‌تر نیز انجام شود تا موجب افزایش آگاهی و اطلاع از کمبود عناصر غذایی، فرآیند بازانتقال و تغییر و اصلاح برنامه‌های مدیریتی جنگل شود. همچنین از آنجایی که یکی از اهداف برنامه‌های جنگلکاری توسعه و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و بررسی سازگاری درختان با شرایط آب و هوایی و خاکی منطقه است، اطلاع از نیاز گیاه و طبیعت مقدار ماده غذایی در خاک و امکان تغییر آن در طول دوره رشد، می‌تواند موجب تحلیل و قضاوت آگاهانه‌تر و دقیق‌تر در مورد وضعیت تغذیه‌ای و سازگاری درختان جنگلکاری شده شود.

به‌نظر می‌رسد اسیدیته بالای خاک و فقیربودن خاک از نظر دارا بودن فسفر قابل دسترس و کمبود مواد آلی خاک از عامل‌هایی بودند که در جذب فسفر توسط ریشه نقش داشته‌اند. در تأیید این نتیجه Ebadi Nahari و همکاران (2018) بیان کردند در خاک‌های آهکی ایران که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک تحول پیدا کرده‌اند، وجود آهک و کمبود مواد آلی و خشکی خاک سبب شده است که مقدار فسفر قابل جذب کاهش یابد. همچنین Fatemi و همکاران (2011) نیز در پژوهش خود بیشترین مقدار فسفر قابل جذب را در خاک‌هایی با بیشترین مقدار کربن آلی و درصد رس گزارش کردند. در همین راستا Heydari و همکاران (2015) کم بودن فسفر در خاک توده‌های سوزنی‌برگ را به دلیل فعالیت ضعیف‌تر میکروارگانیسم‌ها در خاک این توده‌ها دانست.

با بررسی روابط همبستگی عناصر غذایی گیاهان و مشخصه‌های خاک و همچنین تعیین مدل‌های رگرسیونی عناصر غذایی گیاه براساس مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز مشخص شد که عناصر موجود در بافت‌های گیاهی با برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی دارند (جدول ۵)، این ارتباط ناشی از تأثیرپذیر بودن جذب و بازجذب از خاک منطقه است. همچنین به دلیل آهکی بودن خاک منطقه جذب برخی از عناصر مانند نیتروژن توسط گیاهان سخت می‌شود (Zarrinkafsh, 2002) که این امر نیز می‌تواند عامل مؤثری بر مقدار بازانتقال عناصر غذایی در گیاه شود. براساس مدل‌های رگرسیونی هدایت الکتریکی و غلظت نیتروژن خاک با نیتروژن و پتاسیم سوزن‌ها رابطه مثبت نشان دادند، همچنین اسیدیته مهم‌ترین عامل مؤثر بر فسفر سوزن‌های چندساله گیاه بود. در مورد سرشاخه‌ها هدایت الکتریکی تنها مشخصه خاکی بود که بر فسفر

References

- Adugna, A. & A. Abegaz, 2016. Effect of Land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethiopia, *Journal of Soil*, 2(1): 63-70.
- Agee, J. K., 1998. Fire and pine ecosystems. In: Richardson DM (Eds.), *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 193-218.
- Azadi Rimeleh, A., S. M. Hojjati, H. Jalilvand & H. Naghavi, 2013. An Investigation Nutrient Status of tree, Understory Vegetation Biodiversity, Topsoil properties and It's carbon sequestration in Coniferous and Hardwood Monocultures Makhmalkoh in The City of Khoramabad. M.Sc thesis. Faculty of agriculture and Natural resource, University of Sari, Sari, Iran, 123 p (In Persian).
- Drenovsky, R. E. & J. H. Richards, 2006. Low leaf N and P resorption contributes to nutrient limitation in two desert shrubs, *Plant Ecology*, 183(2): 305-314.
- Duchesne, L., R. Ouimet & 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(2): 333-344.
- Dyckmans, J. & H. Flessa, 2005. Partitioning of remobilized N in young beech (*Fagus sylvatica* L.) is not affected by elevated [CO₂], *Annals Forest Science*, 62(3): 285-288.
- Ebadi Nahari, A., H. A. Alikhani, M. Saghfi & D. Khanloo, 2018. Determination of dissolution of inorganic and inorganic insoluble phosphates by *Pseudomonas fluorescens*. Proceeding of first National Conference on Modern Agricultural and natural resources, Iran, 5 p. (In Persian)
- Fatemi, A., M. J. Malakouti & K. Bazargan, 2011. Correlation between Mineral Composition and Potassium Quantity-Intensity Parameters and available potassium in Calcareous Soils, *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(2): 23-45 (In Persian).
- Fife, D. N., E. K. S. Nambiar & E. Saur, 2008. Retranslocation of foliar nutrients in evergreen tree species planted in a Mediterranean environment, *Tree Physiology*, 28(2): 187-196.
- Filep, T. & M. Rékási, 2011. Factors controlling dissolved organic carbon (DOC), dissolved organic nitrogen (DON) and DOC/DON ratio in arable soils based on a dataset from Hungary, *Geoderma*, 162(3-4): 312-318.
- Hagen-Thorn, A., I. Varnagirte, B. Nihlgard & K. Armolaitis, 2006. Autumn nutrient resorption and losses in four deciduous forest tree species, *Forest Ecology and Management*, 228(1-3): 33-39.
- Hagen-Thorn, A., K. Armolaitis, I. Callesen & I. Stjernquist, 2004. Macronutrients in tree stems and foliage: a comparative study of six temperate forest species planted at the same sites, *Annals of Forest Science*, 61(6): 489-498.
- Hashemi, S. F., S. M. Hojjati, M. Hosseini Nasr & 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)
- Hashemi, S. F., S. M. Hojjati, M. Hosseini Nasr, M. Saadyan & M. Tafazoli, 2017. Studying soil physical, chemical and net Nitrogen mineralization in plantation and natural stands in Darabkola Forest (Sari), *Journal of Forest Research and Development*, 3(2): 119-132 (In Persian).
- Helmissaari, H. S., 1992. Nutrient retranslocation in three *Pinus sylvestris* stands, *Forest Ecology and Management*, 51(4): 347-367.
- Herras, J., D. Moya & J. Enrique, 2017. Seasonal nutrient retranslocation in reforested *Pinus halepensis* Mill. stands in Southeast Spain, *New Forests*, 48(3): 397-413.
- Heydari, M., N. Shabanian, M. Zeinivand Zadeh & J. Mirzaei, 2015. Analysis of understory plant composition in hardwoods and conifers plantations and their relation to soil characteristics, *Forest Research and Development*, 1(2): 155-166(In Persian).
- Jahanbazi, H., S. M. Hosseini Nasr & KH. Saghebalebi, 2014. Effect of salinity on growth factors, proline, igments and absoption of elements in shoot of four wild Almond, *Forest and Rangeland research institute*, 27(5): 777-787(In Persian).
- Jiang. C., Y. Guriui, L. Yingnian, C. Guangmin, Y. Zhaoping, Sh. Wenping & Y. Wantai, 2012. Nutrient resorption of coexistence species in alpine meadow of the Qinghai-Tibetan Plateau explains plant

- adaptation to nutrient-poor environment, *Ecological Engineering*, 44: 1-9.
- Marvi Mohajer, M. R., 2005. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 387 p (In Persian)
 - Mayani, N. & H. Payam, 2013. Afforestation effects with conifer and hardwood species on some physical and chemical soil characteristics, *Journal of Social Sciences*, 3(9): 467-471.
 - Mediavilla, S., J. García-Iglesias, P. González-Zurdo & A. Escudero, 2014. Nitrogen resorption efficiency in mature trees and seedlings of four tree species co-occurring in a Mediterranean environment, *Plant and Soil*, 385(1-2): 205-215.
 - Melillo, J. M., J. D. Aber & J. M. Muratore, 1982. Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamics, *Ecology*, 63(3): 621-626.
 - Noori Kia, Z., M. A. Zare, A. Fakhire & S. Heidari, 2012. Comparison of important elements in the litter and airspace of two species of pasture in Shazand area of Arak, *Pajohesh & Sazandegi*, 103: 123-130 (In Persian)
 - Parraga-Aguado, I., J. I. Querejeta, M. N. Gonzalez-Alcaraz & H. M. Concesa, 2014. Metal (loid) allocation and nutrient retranslocation in *Pinus halepensis* trees growing on semiarid mine tailings, *Science of the Total Environment*, 485: 406-414.
 - Richter, D. D. & D. Markewitz, 1994. Soil chemical change during three decades in an old-field loblolly pine (*Pinus taeda* L.) ecosystem, *Ecology*, 75(5): 1463-1473.
 - Saur, E., E. K. S. Nambiar & D. N. Fife, 2000. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*, *Tree Physiology journal*, 20(16): 1105-1112.
 - Sayyad, E., S. M. Hosseini, M. Akbarinia & Sh. Gholami, 2007. Comparison of soil properties in pure Paplar plantation and mixed with *Alnus Subcordata*, *Journal of Environmental Studies*, 33(41): 77-84 (In Persian).
 - Shahoyi, S., 2006. The Nature and Properties of Soils (translation). Kurdistan University Press, Sanandaj, Iran, 50 p (In Persian)
 - Sienkiewicz, J., G. Porebska, A. Ostrowska & D. Gozdowski, 2014. Indicators of peat soil mineralization in the Biebrza valley, *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6): 2083-2091.
 - Van Heerwaarden, L. M., S. Toest & R. Aerts, 2003. Current measures of nutrient resorption efficiency lead to a substantial underestimation of real resorption efficiency: facts and solutions, *Oikos*, 101(3): 664-669.
 - Zarrinkafsh, M. K., 2002. Forestry Soil Research. Institute of Forests and Rangelands Press, Tehran, Iran, 361 p (In Persian).

Seasonal nutrients retranslocation patterns in needles and twigs of *Pinus brutia* Ten.

E. Malasadi¹, B. Pilevar^{*2} and Z. Mirazadi³

1- M.Sc of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khoramabad, I. R. Iran. (malasad@gmail.com)

2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khoramabad, I. R. Iran. (pilehvar.b@lu.ac.ir)

3- Assistant professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khoramabad, I. R. Iran. (Mirazadi.z@lu.ac.ir)

Received: 26.08.2019

Accepted: 24.12.2019

Abstract

Retranslocation of nutrients from senescing leaves to young and permanent parts of tree bodies is one of the main strategies to confront with nutrient loss from the soil especially in sites with nutrient poor soils. The aim of this study is to investigate retranslocation of nitrogen, phosphorous and potassium in *pinus brutia*. For this purpose we selected Makhmalkooh afforested forest at Lorestan province and sampling was carried out at 5 times. In each plot, young and senescent needles and twigs were sampled and nutrient retranslocation were measured. Within each plot, we also collected a composed sample of soil and soil physico-chemical properties were measured. Our results showed that net retranslocation was done at two growing seasons (spring and fall) and September to November. Results also highlighted correlations between nutrients concentration in plant tissues and some of the soil properties like electrical conductivity, organic carbon and pH. This emphasis on close relationship between nutrient's soils concentration and plant retranslocation. In conclusion, based on the results of this study, soil properties such as soil fertility, nutrient concentration in the senescent needles, annual precipitation and drought periods at summer are key factors that influence on nutrients retranslocation. The retranslocation results in Makhmalkooh forest reinforced the hypothesis that forest adapted to climate and edaphic condition and can be used as a guide for management plans to assist in nutritional decisions making of forest trees.

Keywords: Afforestation, Concentration, Senescent needles, Soil properties.

* Corresponding author

Tel: +989125228512