

## مقایسه عناصر غذایی و باز جذب آنها در گونه‌های جنگلکاری شده آزاد، افرا پلت و کاج بروسیا (مطالعه موردی: جنگل دارابکلا - مازندران)

سیده فاطمه هاشمی\*، سیدمحمد حجتی<sup>۱</sup>، سیدمحمد حسینی نصر<sup>۲</sup> و حمید جلیلود<sup>۳</sup>  
<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
<sup>۲</sup>استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
<sup>۳</sup>دانشیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
(تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۶، تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۰)

### چکیده

کاهش سطح جنگل‌های طبیعی سبب شده است که جنگلکاری با هدف توسعه سطح جنگل و تولید چوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شود، بنابراین ارزیابی جنگلکاری‌های انجام‌شده، نقش مهمی در ایجاد جنگل‌هایی با کیفیت و کمیت بهتر در آینده خواهد داشت. وضعیت تغذیه‌ای رویشگاه از عوامل مهم کیفی در توده جنگلی است. محتوای عناصر غذایی موجود در برگ درختان، از طریق جذب ریشه‌ای از خاک یا باز جذب عناصر غذایی از برگ‌های در حال پیر شدن و انتقال به ذخیره بافت هر ساله و برگ‌های جوان تامین می‌شود. در این تحقیق، عناصر غذایی (Mg, Ca, K, P, N) برگ تابستانه و پاییزه و مقدار باز جذب این عناصر در ۳ گونه (آزاد، افرا پلت و کاج بروسیا) جنگلکاری شده در جنگل آموزشی - پژوهشی دارابکلا اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری در دو مرحله اواسط تابستان در اوج پویایی تغذیه‌ای درختان و اواسط پاییز قبل از خزان برگ درختان انجام گرفت. نتایج نشان داد که عناصر غذایی برگ تابستانه و پاییزه گونه‌های مورد بررسی، تفاوت دارند ( $p < 0.05$ ). ترتیب مقدار باز جذب عناصر غذایی به این صورت بود:  $K < Mg < N < Ca < P$ . در بین گونه‌ها، افرا بیشترین باز جذب Ca و Mg، آزاد بیشترین باز جذب N و K و کاج بیشترین باز جذب P را به خود اختصاص دادند. نتایج همچنین نشان داد که گونه‌های بررسی شده، عناصر تغذیه‌ای متفاوتی دارند و مقدار باز جذب هر عنصر نیز متفاوت است. از آنجا که این گونه‌ها تحت شرایط مشابه رشد کرده‌اند، می‌توان گفت این تفاوت‌ها ناشی از ژنتیک گونه‌هاست.

واژه‌های کلیدی: عناصر غذایی، باز جذب، جنگلکاری، دارابکلا.

## مقدمه و هدف

کاهش سطح جنگل‌های طبیعی در نتیجه عوامل مختلف سبب اهمیت ویژه جنگلکاری با هدف توسعه سطح جنگل و تولید چوب شده است. از این رو ارزیابی جنگلکاری‌های انجام گرفته، نقش مهمی در ایجاد جنگل‌هایی با کیفیت و کمیت بهتر در آینده خواهد داشت (مسیب‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۶). وضعیت تغذیه‌ای رویشگاه و چگونگی گردش عوامل تغذیه‌ای به صورت پایدار از عوامل مهم کیفی در توده جنگلی است. در این زمینه، شناخت ترکیب شیمیایی برگ درخت اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌توان از آن برای پی بردن به وضعیت تغذیه‌ای و تشخیص کمبودها استفاده کرد (Duchesne et al., 2001). غلظت عناصر غذایی در برگ اغلب برای ارزیابی وضعیت عناصر غذایی گیاه به کار می‌رود (Hagen-Thorn et al., 2004). منابع اولیه عناصر غذایی موجود در برگ، خاک و بازجذب عناصر غذایی از برگ‌های پیر است (Binkley et al., 1995; Kathryn et al., 2000). بررسی شیمی برگ در تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که غلظت عناصر غذایی برگ و نسبت‌های آنها در درختان جنگلی، دارای مقادیر متفاوت و گسترده‌ای است (Van den Berg, 1985) که نشان‌دهنده اختلافات ویژه بین گونه‌هاست و ممکن است تحت تأثیر زمان نمونه‌برداری و شرایط آب و هوایی و تیپ خاک تغییر کند (Hagen-Thorn et al., 2004). بازجذب عناصر، حرکت و انتقال عناصر غذایی از برگ‌های در حال پیر شدن به ذخیره بافت هر ساله است که فرآیندی کلیدی در پویایی عناصر مغذی در اغلب اکوسیستم‌های گیاهی به‌ویژه اکوسیستم‌های پهن‌برگ به‌شمار می‌رود (Killingbeck, 1996; Duchesne et al., 2001) و مقداری از هر عنصر غذایی است که قبل از افتادن برگ‌ها از آنها جدا می‌شود (Van Heerwaarden et al., 2003). در این چرخه درون‌گیاهی، عناصر جداشده ذخیره می‌شود و در رویش جدید گیاه به کار می‌رود (Van Heerwaarden et al., 2003; Millard & Proe, 1992). این ذخیره حاصل بازجذب، 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 فرایند در حفظ عناصر غذایی، به‌ویژه در گونه‌های درختی

خزان‌کننده نقش اساسی دارد، زیرا عناصر غذایی از طریق لاشه‌ریزی کمتر از دست می‌رود (Duchesne et al., 2001) و به بافت‌های زنده برمی‌گردد و در داخل بیوماس زنده حفظ و نگهداری می‌شود. بازجذب به‌عنوان چرخه داخل گیاهی عناصر غذایی، سبب کاهش وابستگی جنگلکاری به فرایندهای بیوشیمیایی برای برآوردن عناصر غذایی مورد نیاز در مراحل بعدی رویش (Melillo et al., 1982) و نیز کاهش تلفات ناشی از آبشویی و فرسایش می‌شود. بررسی بازجذب عناصر غذایی به شناخت مقدار عناصر غذایی در دسترس برای استفاده مجدد در رویش جدید و تهیه اطلاعات برای مدیریت عناصر غذایی در جنگل‌های تولیدی کمک می‌کند (Fife & Nambiar, 1997). بررسی مقایسه‌ای چندین گونه در حال رویش بر روی خاک مشابه، امکان درک بهتر اختلاف بین گونه‌ها در شرایط مشابه تغذیه‌ای و رویشگاهی را فراهم می‌کند (Hagen-Thorn et al., 2004, 2006).

در این تحقیق، عناصر غذایی (کلسیم، فسفر، پتاسیم، منیزیم و نیتروژن) برگ‌های سبز (تابستانه) و پیر (پاییزه) و بازجذب آنها در گونه‌های درختی آزاد (*Zelkova carpinifolia* (Pallas) K. Koche)، افرا پلت (*Acer velutinum* Boiss.) و کاج بروسیا (*Pinus brutia* Ten.) جنگلکاری‌شده در توده‌های مجاور واقع در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری-مازندران اندازه‌گیری و مقایسه شد.

## مواد و روش‌ها

- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی منطقه مورد بررسی جنگلکاری‌های سری یک جنگل دارابکلا است که در حاشیه شمالی رشته‌کوه البرز و در قسمت مرکزی آن قرار دارد و در ارتفاعات پایین‌بند تا میان‌بند حوضه آبخیز ۷۴ گسترده است. این گستره در جنوب غربی شهرستان نکا واقع بوده و دارای عرض جغرافیایی ۲۸° ۳۶ تا ۳۳° ۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ۲۰° ۵۲ تا ۳۱° ۵۲ شرقی است. اقلیم منطقه، معتدل مرطوب تا خیلی مرطوب، میانگین دمای سالیانه، ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۹۸۳/۸ میلی‌متر است.

قابلیت بازجذب عناصر از برگ‌های در حال پیر شدن بر اساس (Huang et al., 2007) محاسبه می‌شود:

$$NRE = [(Nu_{live} - Nu_{dead}) / Nu_{live}] \times 100$$

NRE: قابلیت بازجذب عناصر نیتروژن یا فسفر،  $Nu_{live}$ : غلظت مواد برگی عناصر تغذیه‌ای و  $Nu_{dead}$ : غلظت عناصر تغذیه‌ای در برگ پیر.

- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های شیمیایی خاک با استفاده از نرم‌افزار SPSS16. پس از اطمینان از توزیع نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس آنها مقایسه کلی داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون Duncan انجام گرفت. برای بررسی رابطه خطی بین داده‌ها از همبستگی پیرسون استفاده شد.

### نتایج

مقدار عناصر غذایی در برگ‌های تابستانه (سبز) و پاییزه (پیر) متفاوت بود. محتوای عناصر غذایی این برگ‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است. نتایج آنالیز واریانس غلظت عناصر غذایی برگ تابستانه گونه‌های مورد بررسی نشان داد که آنها از لحاظ آماری در نیتروژن برگ تابستانه تفاوت معنی‌داری ندارند. نتایج نشان داد که گونه‌ها در سایر عناصر غذایی، تفاوت‌های معناداری (فسفر، پتاسیم و منیزیم) ( $p < 0.01$ ) و کلسیم ( $p < 0.05$ ) دارند. در بین نمونه‌های برگ تابستانه بیشترین مقدار عناصر غذایی نیتروژن و فسفر (P و N) در آزاد و بیشترین مقدار عناصر منیزیم، کلسیم و پتاسیم (Ca، Mg) و K در افرا پلت به دست آمد. کمترین مقدار عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در کاج بروسیا مشاهده شد.

- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری عناصر تغذیه‌ای برگ  
از آنجا که درختان مناسب برای تجزیه برگ، باید سالم و از طبقه چیره باشند، روش نمونه‌برداری غیرتصادفی و انتخابی به کار برده شد (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱). برای بررسی مقدار تغذیه و بازگشت عناصر غذایی هر توده جنگلکاری، شش درخت از هر گونه در هر توده از قطورترین و غالب‌ترین درختان به صورت انتخابی نمونه‌گیری شد (Liao et al., 2006; Polyakova & Nedret, 2007). این درختان تا حد امکان سالم و بدون آفت‌زدگی بود و به دلیل اثر حاشیه‌ای از کناره‌های لکه‌ها انتخاب نشد. جنگلکاری ۲۰ ساله بوده و متوسط قطر گونه‌های مورد بررسی بدین شرح است: افرا پلت ۲۹/۷ سانتی‌متر، کاج بروسیا ۱۹ سانتی‌متر و آزاد ۱۳/۲ سانتی‌متر. متوسط ارتفاع آنها نیز به ترتیب ۱۸/۶، ۱۳/۵ و ۱۴/۷۹ متر برای افرا، کاج و آزاد اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری در دو مرحله صورت گرفت: مرحله اول از برگ‌های سبز در اواسط تابستان (مرداد) در زمان اوج پویایی تغذیه‌ای برگ از یک‌سوم بالای (Jalilvand, 2001) و از چهار جهت تاج؛ و مرحله دوم در اواسط پاییز (اواخر آبان) هنگام اوج ریزش برگ از همان درختان.

نمونه‌های برگی در هر دو مرحله (اواسط مرداد و اواخر آبان)، بعد از تهیه به‌طور کامل با آب مقطر شسته شده و برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن قرار داده شد. پس از خشک شدن، نمونه‌های برگی آسیاب شده و آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شد. نیتروژن کل با استفاده از روش کج‌لدال، فسفر به روش اسپکتروفتومتر و پتاسیم، کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (غازان‌شاهی، ۱۳۷۶).

جدول ۱- میانگین و اشتباه معیار عناصر غذایی برگ تابستانه در گونه‌های بررسی شده

عناصر غذایی (درصد)					گونه
Mg(%)	Ca(%)	K(%)	P(%)	N(%)	
۰/۱۵±۰/۰۰۱ <sup>c</sup>	۰/۶۲±۰/۰۰۴ <sup>c</sup>	۱/۳±۰/۰۰۶ <sup>c</sup>	۰/۱۷±۰/۰۰۲ <sup>c</sup>	۲/۰۹±۰/۰۱۲	کاج
۰/۱۶±۰/۰۰۸ <sup>b</sup>	۰/۶۳±۰/۰۰۸ <sup>b</sup>	۲/۱۳±۰/۰۱۸ <sup>b</sup>	۰/۴۶±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۲/۲۲±۰/۰۰۸	آزاد
۰/۲۷±۰/۰۰۳۵ <sup>a</sup>	۰/۸۸±۰/۰۰۳ <sup>a</sup>	۲/۳۶±۰/۰۱۱ <sup>a</sup>	۰/۴۵±۰/۰۰۷ <sup>b</sup>	۱/۹۸±۰/۰۱۲	افرا
۹/۲۳	۲/۶	۱۳/۴	۴/۷	۱/۵	F
۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۳**	۰/۰۲۱	P

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است. \* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

برگ پاییزه افرا پلت و کمترین غلظت آن در سوزن‌های کاج بروسیا مشاهده شد. تفاوت در پتاسیم برگ پاییزه گونه‌های مورد بررسی معنی‌دار نبود. کلسیم برگ پاییزه گونه‌ها تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) نشان داد. گونه‌ها در غلظت منیزیم برگ پاییزه تفاوت معنی‌داری نداشتند. کاج بروسیا بیشترین غلظت کلسیم و منیزیم را به خود اختصاص داد. کمترین غلظت کلسیم و منیزیم مربوط به برگ پاییزه افرا پلت بود.

نتایج آنالیز آماری برگ‌های پاییزه نشان داد که غلظت نیتروژن گونه‌های بررسی‌شده، تفاوت معناداری ( $p < 0.01$ ) دارد. در بین سه گونه مورد بررسی، کاج بروسیا بیشترین غلظت نیتروژن، و آزاد کمترین غلظت نیتروژن را در برگ پاییزه داشتند. در بین گونه‌ها، تفاوت‌ها برای فسفر نیز معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) بود. بیشترین غلظت فسفر در برگ پاییزه افرا پلت و کمترین آن در برگ پاییزه کاج بروسیا به‌دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین غلظت پتاسیم در

جدول ۲- میانگین  $\pm$  اشتباه معیار عناصر غذایی برگ پاییزه در گونه‌های مورد بررسی

عناصر غذایی (درصد)					
گونه	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
کاج	۱/۹۳ $\pm$ ۰/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۰۹۸ $\pm$ ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۱/۱ $\pm$ ۰/۰۴	۰/۴۶ $\pm$ ۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۰۰۱
آزاد	۱/۳۱ $\pm$ ۰/۰۷ <sup>c</sup>	۰/۲۶ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>b</sup>	۱/۶۷ $\pm$ ۰/۲	۰/۵ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۱۵ $\pm$ ۰/۰۰۸
افرا	۱/۷۶ $\pm$ ۰/۱ <sup>b</sup>	۰/۳۳ $\pm$ ۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲/۱ $\pm$ ۰/۱	۰/۴۲ $\pm$ ۰/۱۱ <sup>c</sup>	۰/۱۴ $\pm$ ۰/۰۰۱
F	۰/۳۸	۶/۵۴	۱۴/۲۳	۳/۳۲	۰/۴۲
P	۰/۰۰۴۸ <sup>**</sup>	۰/۰۰۳ <sup>**</sup>	۳/۶	۰/۰۲ <sup>*</sup>	۰/۸۳

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است. \* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

- بازجذب

مقدار بازجذب عناصر غذایی در بین سه گونه مورد بررسی بدین ترتیب بود: نیتروژن (N)؛ آزاد < افرا < کاج، فسفر (P)؛ کاج < آزاد < افرا، پتاسیم (K)؛ آزاد < کاج < افرا، کلسیم (Ca)؛ افرا < کاج < آزاد و منیزیم (Mg)؛ افرا < آزاد < کاج.

بازجذب عناصر غذایی در بین گونه‌ها تفاوت داشت. میانگین مقدار بازجذب عناصر غذایی در گونه‌های مورد بررسی در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- میانگین بازجذب عناصر غذایی برگ در گونه‌های مورد بررسی

عناصر غذایی (درصد)					
گونه	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
کاج	۶/۱ <sup>c</sup>	۳۹/۹۹	۱۶/۱ <sup>b</sup>	۲۵/۵ <sup>b</sup>	۲/۶ <sup>c</sup>
آزاد	۴۱/۱ <sup>a</sup>	۳۹/۴۸	۱۹/۲ <sup>a</sup>	۲۲/۶ <sup>c</sup>	۵/۹ <sup>b</sup>
افرا	۱۰/۹ <sup>b</sup>	۳۱/۹۶	۱۱ <sup>c</sup>	۵۰/۵ <sup>a</sup>	۴۲/۴ <sup>a</sup>
F	۱۸/۸	۱/۶	۳/۵	۵/۶	۲۵/۰۶
P	۰/۰۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۲	۰/۰۲ <sup>*</sup>	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>**</sup>

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است. \* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد، \*\* معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

پاییزه همبستگی مثبت معنی‌داری با فسفر و پتاسیم برگ تابستان ( $p < 0.00$ ) نشان داد. همچنین عنصر پتاسیم پاییزه با عناصر فسفر ( $p < 0.00$ )، پتاسیم ( $p < 0.00$ )، کلسیم و منیزیم ( $p < 0.05$ ) تابستانه همبستگی مثبت نشان داد.

نتایج آنالیز همبستگی غلظت عناصر غذایی برگ پاییزه و تابستانه نشان داد که مقدار نیتروژن پاییزه با فسفر برگ تابستان ( $p < 0.05$ ) و فسفر برگ پاییزه با فسفر برگ تابستان ( $p < 0.00$ ) همبستگی منفی دارند. فسفر برگ



## بحث

- عناصر غذایی برگ تابستانه و پاییزه گونه‌های مورد بررسی مقدار تغذیه که نشان‌دهنده محتوای عناصر غذایی موجود در برگ تابستانه است، شاخص مهمی در ارزیابی حاصلخیزی خاک است (Hagen-Toren, 2004). ترکیبات آلی و معدنی برگ درختان اطلاعات مفیدی از نظر تغذیه و در نتیجه قدرت حاصلخیزی خاک در اختیار محققان قرار می‌دهد (روحی‌مقدم، ۱۳۸۵). ترکیب‌های شیمیایی برگ درختان تحت تاثیر عوامل مختلف تغییر می‌یابد که مهم‌ترین آنها زمان نمونه‌برداری، سن برگ‌ها، خصوصیات ژنتیکی درخت، موقعیت برگ‌ها روی درخت و انتخاب گونه درخت است (زرین‌کفش، ۱۳۸۰). گونه‌های درختی از طریق ویژگی‌های متفاوتشان در لاشبرگ تولیدشده، رهاسازی عناصر غذایی و ارائه ترکیبات شیمیایی ویژه در لاشبرگ نقش اساسی در چرخه عناصر غذایی بازی می‌کنند (Rahajoe, 2003). لاشه‌ریزی برگ‌ها، شاخه‌ها و دیگر قسمت‌های درخت معمولاً مسیر اصلی انتقال عناصر غذایی و مواد آلی به خاک است. مقدار عناصر غذایی موجود در برگ پیر با کسر سهم عناصر آبشویی‌شده و عناصر بازجذب‌شده، مقداری از آن عنصر است که درخت به خاک بر می‌گرداند.

ذخایر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از شاخص‌های مهم در ارزیابی اثر گونه‌های درختی بر عملکرد اکوسیستم است (Lovett et al., 2002). در مقدار نیتروژن برگ تابستانه در بین گونه‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری دیده نشد که نشان می‌دهد این گونه‌ها از نظر جذب نیتروژن اختلاف زیادی با هم ندارند. فسفر عنصری ضروری برای گیاهان است و مانند نیتروژن در فرایند بیوسنتز پروتئین اهمیت دارد (Mankovska et al., 2004). آزاد بیشترین مقدار فسفر را در برگ تابستان نسبت به دو گونه دیگر داشت. پتاسیم راهبردهای الکتروشیمیایی، کاتالیزوری و آنزیمی بر عهده دارد. بیشترین مقدار پتاسیم برگ‌های تابستانه در برگ گونه افرا به‌دست آمد که با نتایج تحقیق روحی‌مقدم (۱۳۸۵) همخوانی دارد. بیشترین مقدار کلسیم برگ تابستانه در افرا پلت و کمترین مقدار آن در کاج به‌دست آمد. روحی‌مقدم (۱۳۸۵) در تحقیق خود کمترین مقدار کلسیم را در آزاد به‌دست آورد. با کاهش کلسیم قابل جذب

در خاک، غلظت این عنصر در شاخ و برگ نیز کاهش می‌یابد (Olsson et al., 2000; Merino et al., 2004). بیشترین مقدار منیزیم در افرا به‌دست آمد که با نتایج تحقیق روحی‌مقدم (۱۳۸۵) همخوانی دارد.

عناصر غذایی برگ پاییزه (پیر) در بین گونه‌های مورد بررسی متفاوت است. در برگ پاییزه سه گونه، بیشترین مقدار نیتروژن متعلق به کاج بروسیا و کمترین مقدار نیتروژن برگ پاییزه، متعلق به برگ آزاد است، در حالی که آزاد در برگ تابستانه خود بیشترین مقدار نیتروژن را داراست و اختلاف غلظت نیتروژن بین برگ تابستانه و پاییزه آن زیاد است. این اختلاف غلظت ممکن است به علت بازجذب بیشتر نیتروژن در این گونه باشد. افرا پلت بیشترین مقدار فسفر برگ پاییزه را در میان گونه‌های مورد بررسی داراست، در حالی که کمترین مقدار آن مربوط به کاج بروسیا است که با توجه به همیشه سبز بودن کاج، چنین حالتی انتظار می‌رود.

در گونه‌هایی که برگ‌هایشان عمر طولانی دارد، مانند گونه‌های همیشه‌سبز، غلظت عناصر غذایی برگ کم است (Aerts & Chapin, 2000). در تحقیق حاضر نیز کاج بروسیا که تنها گونه همیشه‌سبز در بین ۳ گونه مورد بررسی است، کمترین مقدار عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و منیزیم در برگ‌های سبز را داشت. همچنین در برگ پیر، کمترین مقدار فسفر و پتاسیم را به خود اختصاص دادند.

## - بازجذب در گونه‌های مورد بررسی

بررسی مقدار انتقال مجدد عناصر غذایی درختان، از روش‌های ارزیابی توانایی اکولوژیک جنگل‌هاست، به‌طوری که هنگام نامساعد شدن شرایط رویشگاه، بازجذب در درختان افزایش می‌یابد. به عبارتی اختلاف بین عناصر غذایی برگ‌های زنده و مرده یک گونه بیشتر می‌شود. زیرا درختان نسبت به نامطلوب شدن شرایط محیطی واکنش نشان می‌دهند و سعی می‌کنند بازجذب عناصر غذایی از برگ‌ها و ذخیره آن در تنه را افزایش دهند (Boerner, 1984; Ralhan & Singh, 1987). بنابراین می‌توان گفت در این تحقیق هر یک از گونه‌های جنگلکاری که بازجذب بیشتری از برگ‌های پیر خود داشته است، نشان‌دهنده ضعف چرخه عناصر غذایی رویشگاه جنگلکاری‌شده است و

افرا بیشترین مقدار کلسیم را در برگ تابستانه و کمترین مقدار کلسیم را در برگ پاییزه داشت، یعنی بیشترین اختلاف کلسیم میان برگ تابستانه و پاییزه آن وجود داشت که نشان‌دهنده بازجذب بیشتر این عنصر در بین گونه‌های مورد بررسی است. منیزیم عنصری است که سیالیت کمتری در مقایسه با نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارد و در نتیجه مقدار آن در بافت‌های قدیمی‌تر گیاه بیشتر است (Rahmani, 1997). برخلاف نتایج تحقیق (Kumar *et al.* (2010)، که منیزیم درصد بازجذب زیادی را نشان داد، در نتایج تحقیق حاضر، منیزیم کمترین مقدار بازجذب را به خود اختصاص داد. منیزیم عنصری کم‌تحرک در مقایسه با نیتروژن، فسفر و پتاسیم است و بیشترین غلظت آن در بافت‌های قدیمی گیاه یافت می‌شود (Rahmani, 1997). این موضوع ممکن است دلیلی برای بازجذب کمتر این عنصر نسبت به دیگر عناصر غذایی بررسی شده باشد. بیشترین بازجذب منیزیم در افرا مشاهده شد. احتمالاً می‌توان گفت مقدار منیزیم در برگ پاییزه افرا کمتر از دیگر گونه‌ها و در برگ تازه و تابستانه آن بیشتر از دیگر گونه‌هاست که نتایج به درستی این موضوع را نشان می‌دهد.

Huang *et al.* (2007) اظهار داشتند گونه‌هایی با عمر طولانی برگ، مانند درختان همیشه‌سبز و درختچه‌ها، برای کاهش از دست دادن عناصر غذایی قابلیت بازجذب زیادی دارند. این موضوع در مورد جنگلکاری‌ها شاید صادق نباشد، چرا که در تحقیق حاضر، کاج بروسیا در مقایسه با پهن‌برگان مورد بررسی به غیر از بازجذب فسفر که بیشترین مقدار را داشت در بازجذب سایر عناصر در حد متوسطی قرار گرفت و در بازجذب نیتروژن کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. از دلایل این مورد می‌توان به این نکته اشاره کرد که نوع کاربری گذشته زمین کاشت آن و وضعیت عناصر غذایی خاک محل کاشت اهمیت زیادی دارد.

به‌طور کلی نسبت‌های فسفر به نیتروژن (P/N) در لاشبرگ همیشه کمتر از برگ‌های سبز و زنده تاج است که آن هم به دلیل بازجذب بیشتر فسفر نسبت به نیتروژن قبل از خزان برگ‌هاست (Medina & Cuevas, 1994). Huang *et al.* (2007) در تحقیق خود بر روی گونه‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز شرق چین، آبشویی را از عوامل

گونه مناسبی از لحاظ مدیریت پایدار اکوسیستم جنگلی به‌شمار نمی‌رود. شواهد موجود نشان می‌دهد که قابلیت بازجذب عناصر غذایی احتمالاً به‌صورت اولیه براساس قابلیت دسترسی عناصر غذایی (Ostman & Weaver, 1982) یا محتویات عناصر غذایی گیاه تعیین می‌شود (Negi & Singh, 1993).

Cuevas & Lugo (1998)، بیان کردند که گونه‌ها بر اساس مقدار بازجذب نیتروژن و فسفر قبل از لاشه‌ریزی متفاوتند و این تفاوت به تغییرات اکوفیزیولوژیکی در واکنش هر گونه به وضعیت خاک و آب و هوا بر می‌گردد. ترتیب قابلیت بازجذب عناصر غذایی گونه‌ها در این تحقیق بدین صورت بود:  $Mg < K < N < Ca < P$ .

نتایج این تحقیق با نتایج (Hagen-Toren (2006)، که نشان داد قابلیت بازجذب گونه‌های درختی متفاوت است، همخوانی دارد. (Francisco & Chapin (1993)، اظهار داشتند بیشترین مقدار بازجذب نیتروژن در خاک‌های فقیر و کمترین آن در خاک‌های غنی صورت می‌گیرد. برپایه گفته (Francisco & Chapin (1993)، می‌توان نتیجه گرفت که بازجذب بیشتر نیتروژن در توده آزاد و کمترین بازجذب آن در کاج ممکن است نشان‌دهنده وضعیت این عنصر در این توده‌ها باشد. به‌طور کلی بازجذب نیتروژن در بین گونه‌ها معنی‌دار بود. این موضوع ممکن است به دلیل تفاوت در حاصلخیزی خاک آنها باشد.

Huang *et al.* (2007) نشان دادند بازجذب فسفر در گونه‌های خزان‌کننده، بیشتر از گونه‌های پهن‌برگ همیشه‌سبز است. در این تحقیق بازجذب فسفر در گونه‌های پهن‌برگ خزان‌کننده، کمتر از گونه سوزنی‌برگ کاج بروسیا بود.

بیشترین بازجذب به‌دست‌آمده در بین عناصر غذایی بررسی شده، مربوط به فسفر بود. هرچند این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این نتایج با نتایج پژوهش رستم‌آبادی (۱۳۸۸) در بررسی بازجذب جنگلکاری‌های توسکای ییلاقی، صنوبر دلتوئیدس و دارتالاب مطابقت دارد. بیشترین بازجذب فسفر در برگ کاج و کمترین غلظت آن نیز در برگ‌های تابستانه کاج دیده شد که ممکن است نشان‌دهنده کم بودن فسفر قابل جذب در خاک زیر توده کاج باشد. در نتیجه کاج در واکنش به این کمبود، فسفر بیشتری را بازجذب می‌کند.

گفت غلظت عناصر غذایی برگ پیر بر قابلیت بازجذب اثر می‌گذارد (Kumar et al., 2010). نتایج این تحقیق نشان داد بین بازجذب کلسیم و بازجذب منیزیم همبستگی مثبت وجود دارد. در تفسیر نتایج، این نکته نیز دارای اهمیت است که نتایج به‌دست‌آمده برای درصد بازجذب عناصر، بدون احتساب مقدار عناصر آبشویی‌شده از تاج درختان مورد بررسی است و مقدار بازجذب به‌دست‌آمده بی‌تردید بازجذب واقعی نیست، بلکه درصدی از آن متعلق به آبشویی عناصر است که در این تحقیق محاسبه نشده است. بنابراین زیاد بودن بازجذب هر عنصر ممکن است به دلیل آبشویی آن عنصر در تاج درخت باشد.

با توجه به تفاوت‌های میان‌گونه‌ای در جذب و بازجذب عناصر غذایی، انتخاب گونه باید بر حسب قابلیت استفاده گونه از منابع موجود باشد. (Liu et al., 2004) اظهار داشتند که شناخت رفتار تغذیه‌ای در جنگلکاری‌ها برای مدیریت پایدار آنها مفید است. از این رو، ویژگی‌های چرخش مجدد عناصر غذایی در یک گونه، معیاری برای گزینش مناسب و متناسب با ویژگی‌های محیطی خاص است. بنابراین انتخاب گونه‌ها باید بر اساس کارایی آنها در استفاده از مقدار عناصر غذایی صورت گیرد. گونه‌های بررسی شده در این پژوهش دارای عناصر تغذیه‌ای متفاوتی در برگ تابستان و پاییز خود بودند. همچنین این گونه‌ها هر یک مقدار متفاوتی از هر عنصر را بازجذب کردند. از آنجا که این گونه‌ها در شرایط مشابه رشد کردند، این تفاوت‌ها ناشی از ژنتیک گونه‌هاست. نتایج این تحقیق اهمیت شناخت عملکرد گونه‌ها را قبل از جنگلکاری در زمینه متابولیسم عناصر غذایی روشن می‌سازد و می‌تواند بر وسعت اطلاعات به‌منظور انتخاب گونه مناسب بیفزاید.

#### منابع

حبیبی کاسب، حسین، ۱۳۷۱. مبانی خاکشناسی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۴۲۴ ص.  
رستم‌آبادی، عبدالله، ۱۳۸۸. مقایسه رشد، بازگشت عناصر تغذیه‌ای و خواص خاک در جنگلکاری‌های توسکای ییلاقی، صنوبر دلتوئیدس و دارتالاب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۸۶ ص.

کاهش عناصر محاسبه‌شده موجود در برگ پاییزی بیان کردند. آبشویی سبب از دست رفتن عنصر از تاج درختان می‌شود. به همین دلیل در برخی موارد مقدار آن عنصر در برگ پاییز کاهش یافته است. اگر از دست دادن فسفر در نتیجه آبشویی بیشتر از نیتروژن باشد، می‌توان تصور کرد آبشویی نقش مهمی نیز در قابلیت بازجذب فسفر گونه‌های پهن‌برگ خزان‌کننده بازی کند.

مقدار بازجذب پنج عنصر غذایی بررسی‌شده به‌ترتیب به‌صورت فسفر < کلسیم < نیتروژن < پتاسیم < منیزیم به‌دست آمد. این نتایج با تحقیق (Kumar et al., 2010) در تضاد است. به‌طور کلی بازجذب به‌دست‌آمده در این پژوهش بدون محاسبه و کسر مقدار عناصر غذایی آبشویی شده است و مقدار بازجذب مطلق عناصر در گونه‌ها نیست. مقدار واقعی بازجذب به احتمال زیاد کمتر از اعداد به‌دست‌آمده است. نتایج آنالیز همبستگی در این تحقیق نشان داد که بین عناصر غذایی در برگ‌های تابستانه و پاییزه رابطه مثبت وجود دارد.

نیتروژن برگ پاییزه با نیتروژن برگ تابستانه همبستگی مثبت و با فسفر تابستانه همبستگی منفی نشان داد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش فسفر، مقدار نیتروژن برگ پاییزه کاهش می‌یابد. نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که مقدار پتاسیم برگ پاییزه به مقدار آن در برگ تابستانه وابسته است و نیز پتاسیم پاییزه با فسفر تابستانه همبستگی دارد.

نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که بازجذب نیتروژن با نیتروژن برگ پاییزه همبستگی منفی دارد. به‌طوری‌که گونه آزاد که کمترین نیتروژن را در برگ پاییزه خود در گونه‌های مورد بررسی داشت، بیشترین بازجذب نیتروژن را به خود اختصاص داد. بازجذب نیتروژن با مقدار فسفر برگ تابستانه همبستگی نشان داد. بازجذب پتاسیم با پتاسیم پاییزه و فسفر تابستانه رابطه منفی نشان داد. بازجذب کلسیم با کلسیم پاییزه رابطه منفی و با کلسیم و منیزیم تابستانه رابطه مثبت داشت و با افزایش کلسیم و منیزیم برگ، بازجذب این عناصر افزایش یافت.

بازجذب منیزیم با فسفر و کلسیم پاییزه و فسفر و منیزیم تابستانه همبستگی مثبت نشان داد. به‌طور کلی می‌توان



- 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: 489-498.
- Hagen-Thoren, A., I. Varnagiryte, B. Nihlgard & K. Armolaitis, 2006. Autumn nutrient resorption and losses in four deciduous forest tree species, *Forest Ecology and Management*, 228: 33-39.
- Helmisaari, H.S., 1992. Nutrient retranslocation in three *Pinus sylvestris* stands, *Forest Ecology and Management*, 51: 347-367.
- Huang, J., X. Wang & E. Yan, 2007. Leaf nutrient concentration, nutrient resorption and litter decomposition in and green broad-leaved forest in eastern China, *Forest Ecology and Management*, 239: 150-158.
- Jalilvand, H., 2001. Development of dual nutrient diagnosis ratios for basswood, *American beech*, and white ash, *Journal of Agricultural and Technology*, 3: 121-130.
- Kathryn, B., H. Piatek & A. Lee, 2000. Site preparation effects on foliar N and puse, retranslocation and transfer to litter in 15-years old Plillrs tnerir, *Forest Ecology and Management*, 129: 143-152.
- Killingbeck, K., 1996. Nutrients in Senesced Leaves: Key to the Search for Potential Resorption and Resorption Proficiency, *Ecology*, 77: 1716-1727.
- Kumar, J.I.N., R.N. Kumar, R.K. Bhoi & K. Patel, 2010. Seasonal Changes of Bioelements in Litter and Their Potential Return to Green Leaves in Five Species of Tropical Dry Deciduous Forest. Western India, *Forestry Research*, 21: 33-38.
- Liao, J.H., H.H. Wang, C.C. Tsai & Z.Y. Hseu, 2006. Litter production, decomposition and nutrient return of uplifted coral reef tropical forest, *Forest Ecology and Management*, 235: 175-185.
- Liu, X., H. Xu, O. Berninger & C. Li, 2004. Nutrient Distribution in *Picea Likiangensis* Tree Growing in a Plantation in West Sichuan, Southwest China, *Silva Fennica*, 38: 235-242.
- Lovett, G.M., K.C. Weathers & M.A. Arthur, 2002. Control of Nitrogen Loss from Forested Watersheds by Soil Carbon: Nitrogen Ratio and Tree Species Composition, *Ecosystems*, 5: 712-718.
- روحی مقدم، عین الله، ۱۳۸۵. پویایی رشد و بازگشت عناصر غذایی در جنگل کاری‌هایی خالص و آمیخته بلندمازو، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳۵ ص.
- زرین کفش، محمد، ۱۳۸۰. خاکشناسی جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، شماره ۲۹۲، تهران، ۳۶۱ ص.
- غازان‌شاهی، جواد، ۱۳۷۶. آنالیز خاک و گیاه، انتشارات هما، ۳۱۱ ص.
- مسیب‌نژاد، ایرج، تیمور رستمی شاهراجی، احسان کهنه و حسن پوربابائی، ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت موجود جنگلکاری‌های پهن‌برگ بومی در شرق گیلان، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر، ۴: ۳۱۹-۳۱۱.
- Aerts, R. & F.S. Chapin, 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: reevaluation of processes and patterns, *Advances in Ecological Research*, 30: 1-67.
- Binkley, D., R. Carter & H.L. Allen, 1995. Nitrogen fertilization practices in forestry, In: Bacon, P.E., Nitrogen fertilization in the Environment, Marcel Dekker Inc, New York, 608 pp.
- Boerner, R.E.J., 1984. Foliar nutrient dynamics and nutrient efficiency of four deciduous tree species in relation to site fertility, *Journal of Applied Ecology*, 21: 1029-1040.
- Cuevas, E. & A.E. Lugo, 1998. Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of tropical tree plantation species, *Forest Ecology and Management*, 112: 263-279.
- Duchesne, L., R. Ouimet & D. Camire Houle, 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.
- Fife, D.N. & E.K.S. Nambiar, 1997. Changes in the canopy and growth of *Pinus radiate* in response to nitrogen supply, *Forest Ecology and Management*, 93: 137-152.
- Francisco, I.P. & F.S. Chapin, 1993. Controls over nutrient resorption from leaves of evergreen Mediterranean species, *Ecology*, 74: 124-129.

- Mankovska, B., B. Godzik, O. Badea & Y. Shparyk, 2004. Chemical and morphological characteristics of key tree species of the Carpathian Mountains, *Environmental Pollution*, 130: 41-54.
- Medina, E. & E. Cuevas, 1994. Mineral Nutrient: Humid tropical forest, *Progress in Botany*, 55: 115-129.
- Melillo, J.M., J.D. Aber & J.M. Muratore, 1982. Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamics, *Ecology*, 63: 621-626.
- Merino, A., A. Fernandez-Lopez, F. Solla-Gullan & J.M. Edeso, 2004. Soil changes and tree growth in intensively managed *Pinus radiata* in northern Spain, *Forest Ecology and Management*, 196: 393-404.
- Millard, P. & M.F. Proe, 1992. Storage and internal cycling of nitrogen in relation to seasonal growth of Sitka spruce, *Tree physiology*, 10: 33-43.
- Olsson, B.A., H. Lundkvist & F.H. Staa, 2000. Nutrient status in needles of Norway spruce and Scot pine following harvesting of logging residues, *Plant Soil*, 23: 161-173.
- Ostman, N.L. & G.T. Weaver, 1982. Autumnal nutrient transfers by retranslocation, leaching, and litter fall in a chestnut oak forest in southern Illinois, *Canadian Journal of Forest Research*, 12: 40-51.
- Negi, G.C.S. & S.P. Singh, 1993. Leaf nitrogen dynamics with particular reference to retranslocation in evergreen and deciduous tree species of Kumaun Himalaya, *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 349-357.
- Polyakova, O. & B. Nedret, 2007. Impact of Deciduous Tree Species on Litterfall Quality, Decomposition Rates and Nutrient Circulation in Pine Stands, *Forest Ecology and Management*, 253: 11-18.
- Rahajoe, J.S., 2003. The Role of Litter Production and Decomposition of Dominant Tree Species on The Nutrient Cycle in Natural Forest with Various Substrate Conditions, Doctoral Dissertation, Hokkaido University, Japan.
- Rahmani, A., 1997. Reponses Aux Amendements De Deux Ecosystems Forestiers Juveniles En Limousin: Plantations De *Pinus Sylvestris* Et De *Pseudotsuga Menziesii*, Ph.D thesis, 155 pp.
- Ralhan, P.K. & S.P. Singh, 1987. Dynamics of nutrient and leaf mass in central Himalayan forest trees and shrubs, *Ecology*, 68: 1974-1983.
- Van den Berg, J., 1985. Foliar analysis for determination of tree nutrient status a compilation of literature data, Rijksinstituut De Dorschkamp, Wageningen, The Netherlands, Report No 414.
- 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: 664-669.

## Comparison of nutrient elements and elements retranslocation of *Acer velutinum*, *Zelkova carpinifolia* and *Pinus brutia* in Darabkla-Mazindaran

S.F. Hashemi<sup>1</sup>, S.M. Hojjati<sup>2</sup>, S.M. Hosseini Nasr<sup>2</sup> and H. Jalilvand<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MSc. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I. R. Iran

<sup>2</sup>Assistant Prof., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I. R. Iran

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

(Received: 15 May 2011, Accepted: 10 March 2012)

### Abstract

Decline in natural forests area due to various factors has caused the importance of plantation which is carried out with the aim of developing forest surface and wood production. Therefore, assessing the nature of plantations can play an important role in creating forests with better quality and quantity in the future. Nutritional status of habitat is an important qualitative factor in forest stand. The primary sources of nutrient elements in soil and leaf are nutrient retranslocation of old leaves. Retranslocation, movement and transfer of nutrient elements from aging leaves to tissue reservoirs occur each year, which is a key process in most ecosystems. In this study, the amount of nutrient elements (Ca, K, P, N, Mg) in summer and autumn leaves and amount of retranslocation of these elements in three plantation species (*Acer*, *Zelkova* and *Pinus*) of Darabkla-Mazindaran were measured. Sampling was conducted in two stages, one in mid-summer during ascending period of nutritional dynamism of trees, and the second stage in mid-autumn simultaneously with the beginning time of leaf fall in the same trees previously sampled. Results showed that there is difference between nutrient elements in summer and autumn leaves in the studied species. The magnitude of nutrient retranslocation was obtained in order of: P>Ca>N>Mg>K. Among the studied species, the highest retranslocation of Ca and Mg were determined in *Acer*, N and K in *Zelkova* and P in *Pinus*. The results of this study showed that the studied species had different nutritional elements and also different amounts of element retranslocation. Since the studied species had been raised under similar conditions, therefore it could be concluded that these differences are due to genetic variation of species.

**Key words:** Nutrient elements, Retranslocation, Plantation, Darabkla.