

## فرایند تغذیه و بازگشت عناصر غذایی در جنگل کاریهای خالص و آمیخته بلندمازو (مطالعه موردی: جنگلهای پایین دست چمستان نور)

عین‌اله روحی مقدم<sup>۱\*</sup>، سیدمحسن حسینی<sup>۲</sup>، احمد رحمانی<sup>۳</sup>، مسعود طبری<sup>۴</sup> و عزت‌اله ابراهیمی<sup>۵</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار، دانشگاه زابل. پست الکترونیک: rouhimoghaddam@yahoo.com

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

۴- کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۵

### چکیده

این تحقیق در یکی از طرحهای تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان (که در سال ۱۳۷۳ شروع شده بود) انجام شد. در این طرح کاملاً تصادفی، بلوط به صورت خالص و آمیخته به نسبت ۵۰ درصد به ۵۰ درصد با هر یک از گونه‌های آزاد، پلت، داغداغان و ممرز جنگل کاری شد. اهداف این تحقیق عبارتند از: بررسی میزان عناصر غذایی برگها و آگاهی از میزان بازگشت عناصر غذایی توسط برگهای مرده در جنگل کاریهای خالص و آمیخته، تعیین تولید در هکتار لاشبرگ برای هر یک از گونه‌ها و جنگل کاریها و برآورد میزان انباشت عناصر غذایی از طریق جریان عناصر از لاشبرگها به کف جنگل. به همین منظور نمونه برداری برگهای سبز هر یک از گونه‌ها و در هر یک از تیمارها در مردادماه و برای برگهای مرده و در حال خزان در آذرماه انجام شد و عناصر غذایی آنها در آزمایشگاه مورد اندازه گیری قرار گرفت. در داخل هر یک از تیمارها در ابتدای فصل خزان تله‌های جمع‌آوری برگ گذاشته شده و در پایان فصل خزان برگهای جمع شده پس از تفکیک گونه‌ها و خشک شدن، توزین شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان عناصر غذایی جنگل کاریهای آمیخته بهتر از جنگل کاریهای خالص می‌باشد. در این تحقیق تولید لاشبرگ در تیمار بلوط آمیخته با داغداغان به میزان ۵/۰۲ و در تیمار بلوط خالص ۶/۱۴ تن ماده خشک در هکتار در سال بدست آمد که بالاتر از متوسط تولید لاشبرگ سالیانه جنگلهای معتدله اروپا می‌باشد. میزان انباشت عناصر غذایی در کف جنگل در پی ریزش لاشبرگها در تیمار آمیخته بلندمازو- پلت بیشتر از تیمارهای آمیخته دیگر و تیمار بلوط خالص بود. نتایج این تحقیق این موضوع را تأیید می‌کند که شناخت رفتار تغذیه‌ای در جنگل کاریها برای مدیریت پایدار آنها سودمند خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: جنگل کاری خالص و آمیخته، تغذیه، بازگشت عناصر غذایی، تولید لاشبرگ، بلندمازو.

### مقدمه

رویشگاه، وابستگی زیادی به انتخاب گونه مناسب، فراهم بودن عناصر غذایی و توانایی استفاده از آنها دارد. قابلیت تولید و الگوی چرخه عناصر غذایی به طور مداوم با سن جنگل تغییر پیدا می‌کند (Binkley & Ryan, 1998). برداشتهای مکرر از درختان جنگل کاری شده موجب از دست رفتن عناصر غذایی خاک می‌شود. کاهش شدید

به‌علت کمبود یک یا چند عنصر غذایی قابلیت تولید جنگل محدود می‌گردد و مدیریت تغذیه‌ای جنگلهای تجارتي از طریق کشت آمیخته گونه‌ها حائز اهمیت است (Folster & Khanna, 1997; Stanley & Montagnini, 1999; Stape et al., 2006). بالا بودن میزان تولید در یک

به طور قابل ملاحظه‌ای در میان گونه‌های مختلف و در میان افراد مختلف از یک گونه حتی با وجود شباهت شرایط خاک فرق می‌کند (Niinemets & Kull, 2003).

به طور کلی تولید اولیه و پایداری ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های جنگلی نه تنها به پویایی مواد آلی بلکه به متغیرهای متعدد تغذیه‌ای و روش مدیریتی بستگی دارد (Kadeba, 1991; Lodhiyal and Lodhiyal, 2003). از این رو الگوی مصرفی عناصر غذایی، چرخه و جریان مواد آلی و خاک یک نقش کلیدی دارند. قابل دسترس بودن عناصر مهمترین عامل تأثیرگذار در پراکنش گونه‌های گیاهی می‌باشد. از این رو تولید محصولات به دلیل کمبود عناصر غذایی محدود می‌شود. همچنین، عملکرد یک جنگل دست‌کاشت از نظر تولید و چرخه غذایی تحت تأثیر ویژگی‌های گونه‌ها، رویشگاه و فضایی که گونه‌ها در آنها کاشته می‌شوند، قرار دارد. جریان مواد برای تداوم و پایداری سیستم‌های زنده ضروریست. اندامهای با طول عمر کوتاه، از نظر قدرت باروری و چرخه عناصر غذایی در جنگلها نقش مهمی ایفا می‌کنند (Lodhiyal & Lodhiyal, 2003). لاشبرگها در بازگشت عناصر غذایی و در انتقال انرژی میان گیاهان و خاک (به‌عنوان منبع عناصر غذایی) یک نقش اساسی دارند (Regina & Tarazona, 2009; Pe'erez-Suarez et al., 2001). در حقیقت در چرخه غذایی، یک رابطه قوی میان کیفیت لاشبرگ، معدنی شدن آن و رویش جنگل وجود دارد (Bubb et al., 1998). معمولاً جنگل‌کاریها همزمان با فشردگی تاج‌پوشش و افزایش نیاز غذایی به‌ویژه نسبت به نیتروژن دچار فقر غذایی می‌شوند. ترکیبی از اقدامات تنک‌کردن و کوددهی می‌تواند موجودی عناصر غذایی را با نیازهای غذایی گیاه هماهنگ سازد (Scott et al., 2004). از این رو مطالعه فرایند بازگشت عناصر غذایی به‌منظور ارزیابی مراحل رویشی یک گونه از اهمیت بالایی برخوردار است (Shanmughavel & Francis, 2001). از آنجایی که

عناصر غذایی بر کیفیت طولانی‌مدت رویشگاه و تولید پایدار اثر منفی دارد (Hopman et al., 1993; Khanna, 1997; Parrotta, 1999; Swamy et al., 2006). از دست رفتن این عناصر ممکن است خیلی بیشتر از جایگزینی آنها از طریق هوازدگی عناصر معدنی در خاک یا از طریق بارندگی باشد. از این رو کاشت ترجیحی گونه‌های درختی که تقاضای زیادی به عناصر غذایی رویشگاه ندارند، در حفظ عناصر غذایی رویشگاه مؤثر می‌باشد (Bruijnzeel, 1989; Montagnini & Sancho, 1994; Montagnini, 2000).

جذب متفاوت درختان از منابع و میزان بازگشت کربن و عناصر غذایی توده جنگلی به خاک از عوامل مهم تأثیرگذار در میزان جریان عناصر غذایی در درون سیستم هستند (Miller, 1984). درختان جنگلی توانایی خاص و منحصر به فردی در بهره‌گیری از منابع قابل دسترس دارند و در الگوی ذخیره‌سازی و چرخه دوباره عناصر غذایی از نوع برخوردارند (Wang et al., 1991; Marschner, 1995; Parrotta, 1999). این تفاوتها به دلیل عوامل ژنتیکی و یا واکنش فنوتیپی به محیط و یا قابل دسترس بودن منابع می‌باشد (Van den Driessche, 1984; Cuevas & Lugo, 1998).

میزان ریزش و متعاقب آن پویایی تجزیه لاشبرگ بر نحوه تشکیل ماده آلی خاک و میزان ذخیره عناصر غذایی مؤثر است (Lugo et al., 1990). شدت این تأثیر به تیپ خاکی که جنگل‌کاری در آن استقرار پیدا کرده و شرایط اقلیمی منطقه بستگی دارد. سامان‌دهی عناصر غذایی و برگشت زی‌توده از طریق ریزش لاشبرگ به کف جنگل برای مدیریت جنگل‌کاری مهم است (Cuevas & Lugo, 2001; Regina & Tarazona, 1998). کیفیت لاشبرگ عامل مهمی در تعیین میزان بازگشت عناصر غذایی حاصل از تجزیه ماده آلی می‌باشد (Ganjegunte et al., 2004). در داخل یک جامعه، غلظت عناصر غذایی شاخ و برگ

و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی واقع است. ارتفاع آن از سطح دریا از ۷۰ تا ۱۵۰ متر و شیب آن از صفر تا ۳ درصد متغیر است. آب و هوای منطقه معتدل و مرطوب است. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی سالانه ۸۴۰ میلی‌متر و متوسط تعداد روزهای بارندگی در طول سال ۸۴ روز می‌باشد. حداقل و حداکثر مطلق دمای هوا، به ترتیب ۸/۵- و ۳۶ درجه سانتی‌گراد است. متوسط رطوبت نسبی ۷۸ درصد و تعداد روزهای یخبندان ۲۷ روز در سال است. با توجه به کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت، فصل خشک منطقه (۷۵ روز) از خردادماه شروع و تا اواخر مرداد ادامه می‌یابد. به‌طور کلی خاک جنگل‌کاری فاقد شوری می‌باشد. اسیدیته آن از ۶/۰ تا ۷/۵ متغیر و دارای ۱۵-۰ درصد آهک است. عمق خاک عمیق، رنگ آن از قهوه‌ای خاکستری و بافت آن عمدتاً رسی لومی می‌باشد (Ebrahimi, 2006).

در این طرح کاشت بلندمازو به‌عنوان گونه اصلی به‌صورت خالص و آمیخته به نسبت ۵۰ به ۵۰ با هر یک از گونه‌های همراه شامل ۵ تیمار مختلف و هر یک در ۳ تکرار با فاصله کاشت ۱×۱ متر انجام شده است. هر یک از کرت‌ها قطعه‌ای به ابعاد ۲۵×۲۵ متر می‌باشد و به‌طور تصادفی در هر یک از تکرارها اجرا شد. نحوه آمیختگی به‌صورت پایه‌ای بوده است.

نمونه‌برداری برگها در مردادماه (اوج رشد برگ) انجام شد. بدین منظور شش درخت از هر گونه (دو اصله در مرکز پلات و چهار اصله در چهار گوش پلات) انتخاب گردید و برگهای مربوط به شاخه‌های جوان واقع در یک‌سوم پایینی و در دو سوی تاج درختان چیده شد. تعداد برگهای نمونه‌برداری شده برحسب نوع گونه و اندازه آن فرق می‌کرد (حداقل ۴۰ برگ). به‌منظور تعیین میزان بازگشت عناصر غذایی و جذب مجدد و درونی آن توسط درختان، نمونه‌برداری برگهای مسن (Senescent)

ترکیب گونه‌های اشکوب بالا می‌تواند میزان انباشت عناصر متعدد غذایی را تغییر دهند (Fichter et al., 1998)، بنابراین گونه‌های درختی می‌توانند در میزان ورودی- خروجی عناصر تأثیر داشته باشند (Augusto et al., 2002; Quingui et al., 2008). مطالعات متعدد در سالهای مختلف بعد از کاشت گونه‌ها در جنگل‌کاریهای همسال، روند توسعه توده و الگوی تجمع ماده آلی و عناصر غذایی را میسر می‌سازد (Swamy et al., 2004).

این تحقیق در یکی از طرحهای مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور تحت عنوان «کشت خالص و آمیخته بلندمازو با گونه‌های بومی جنگلهای شمال» انجام شده است. این طرح در سال ۱۳۷۳ و در اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان که یکی از مهمترین رویشگاه‌های جلگه‌ای بلوط در منطقه می‌باشد، توسط Ebrahimi (2006) به اجرا درآمد. در این طرح، بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.) به‌صورت خالص و آمیخته با چهار گونه از درختان بومی جنگلهای خزری شامل آزاد (*Zelkova carpinifolia* (Pall.) Dipp)، پلت (*Acer velutinum* Bioss. et Buhse)، ممرز (*Carpinus betulus* L.) و داغداغان (*Celtis australis* L.)

جنگل‌کاری شده است. اهداف این تحقیق عبارتند از:

- بررسی میزان عناصر غذایی برگها در جنگل‌کاریهای خالص و آمیخته
- آگاهی از میزان بازگشت عناصر غذایی توسط برگهای مرده در جنگل‌کاریهای خالص و آمیخته
- تعیین تولید در هکتار لاشبرگ برای هر یک از گونه‌ها و جنگل‌کاریها و برآورد میزان جریان و انباشت عناصر غذایی از طریق لاشبرگها به کف جنگل.

## مواد و روشها

منطقه اجرای طرح اراضی ایستگاه تحقیقات جنگل و مرتع چمستان می‌باشد که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه

سلطانی (اسید نیتریک و اسید کلریدریک) و رسانیدن آن به حجم ۱۰۰ ml با آب مقطر تعیین گردیدند (Issac & Johnson, 1975).

به منظور برآورد میزان تولید سالیانه لاشبرگ و میزان انباشت سالیانه عناصر غذایی (Nutrient Fluxes) هر یک از تیمارها، تله‌های جمع‌آوری برگ (Litter traps) به ابعاد ۱×۱ متر و بلندی ۳۰ سانتی‌متر ساخته شد (شکل ۱) و در مهرماه (ابتدای فصل خزان) در کف هر یک از پلات‌ها و به دور از حاشیه کرت‌ها قرار داده شد. لاشبرگ‌های موجود در هر یک از تله‌ها در بهمن‌ماه همان سال جمع‌آوری گردید و پس از تفکیک آنها براساس نوع گونه در دمای ۷۰°C در آون خشک و سپس توزین گردید. برای تعیین میانگین میزان انباشت عناصر غذایی لاشبرگ‌های کف جنگل، زی‌توده هر یک از توده‌ها (n= ۳) در میانگین غلظت هر یک از عناصر در برگ‌های مرده ضرب شد.

و در شرف خزان (یا به‌تازگی خزان کرده) برای هر گونه و در هر تیمار نیز در پاییز همان سال انجام شد. نمونه‌های برگ در داخل دستگاه آون در دمای ۷۰°C حداقل به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس با دستگاه آسیاب به پودر تبدیل شدند. نمونه‌های پودر شده برای تعیین عناصر غذایی ماکرو نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم مورد آزمایش قرار گرفتند. نیتروژن برگ‌ها بعد از هضم یک گرم از نمونه در اسید سولفوریک غلیظ و بکارگیری یک قرص کاتالیزور (potassium sulphate و cupric sulphite) با روش میکرو-کج‌جدال (Jackson, 1967) تعیین شد. فسفر برگ‌ها به روش وانادو-مولیدات بعد از هضم یک گرم نمونه در محلول اسیدهای سه‌گانه (اسید نیتریک، اسید سولفوریک و اسید کلریدریک) با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر بدست آمد (Jackson, 1967). پتاسیم، کلسیم و منیزیم برگ‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی بعد از هضم ۱ گرم نمونه در محلول تیزاب



شکل ۱- تله جمع‌آوری برگ درختان

(ANOVA) مورد مقایسه کلی قرار گرفتند و برای مقایسه چندگانه با توجه به همگنی واریانس و نرمال بودن داده‌ها از آزمون Tukey-HSD و Duncan استفاده شد. برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شده است.

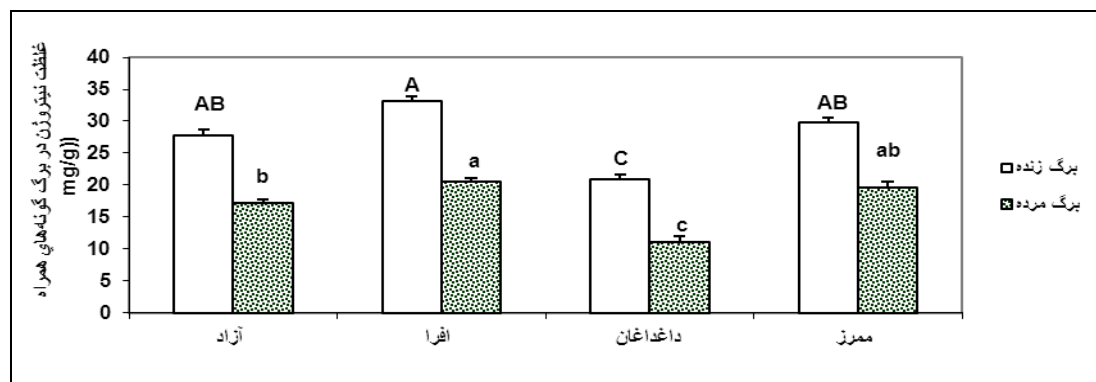
داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS 12 شده و در اولین مرحله نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون Kolmogrov-Smirnov بررسی گردید. همگنی واریانس داده‌ها با آزمون Leven ازمایش شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس

## نتایج

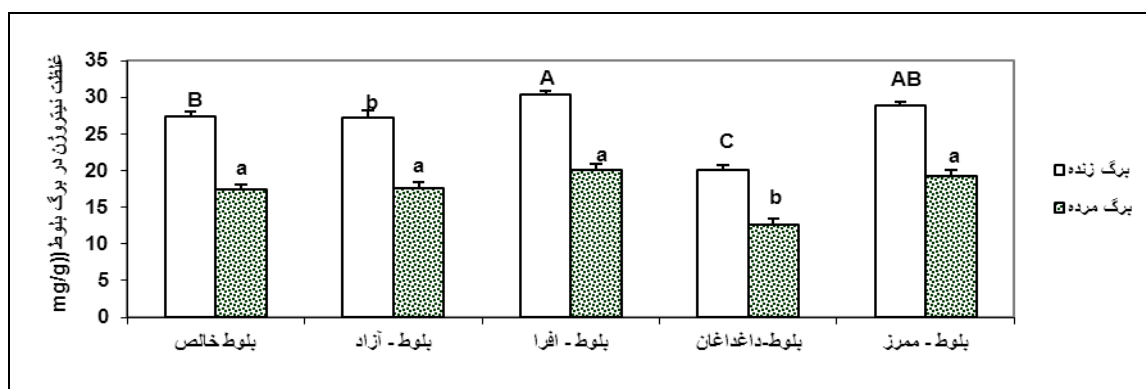
## غلظت عناصر غذایی در برگ درختان

غلظت نیتروژن: همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، درختان افرا دارای بیشترین و درختان داغداغان دارای کمترین مقدار نیتروژن در برگهای بالغ و زنده (نمونه‌برداری شده در مردادماه) و مرده (نمونه‌برداری شده

در ابتدای فصل خزان) از بین گونه‌های همراه هستند ( $p < 0/01$ ، دانکن) (شکل ۲). بیشترین مقدار نیتروژن موجود در برگهای زنده بلوط نیز در ترکیب با افرا و کمترین آن در ترکیب با داغداغان و نیز کمترین مقدار آن در برگهای مرده در ترکیب با داغداغان قابل اندازه‌گیری بود ( $p < 0/01$ ، دانکن) (شکل ۳).



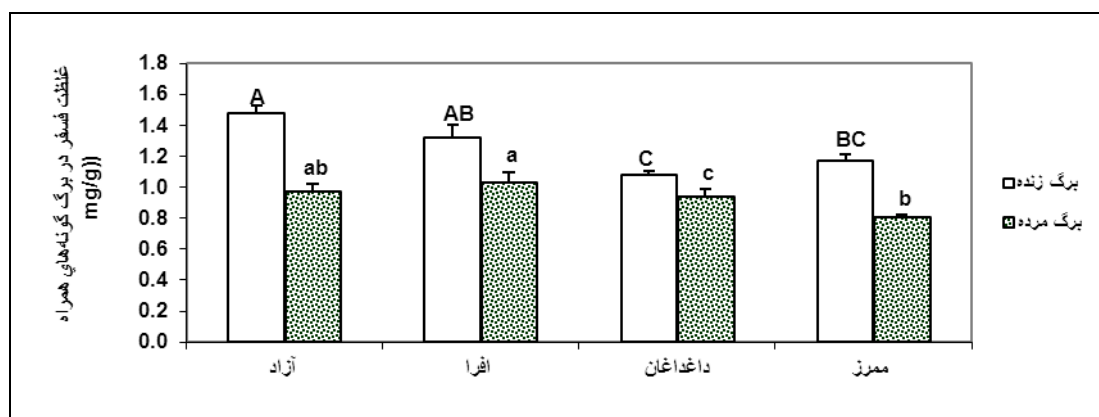
شکل ۲- نمودار مقایسه غلظت نیتروژن در برگهای بالغ و زنده و برگهای مرده و در شرف خزان گونه‌های همراه (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)



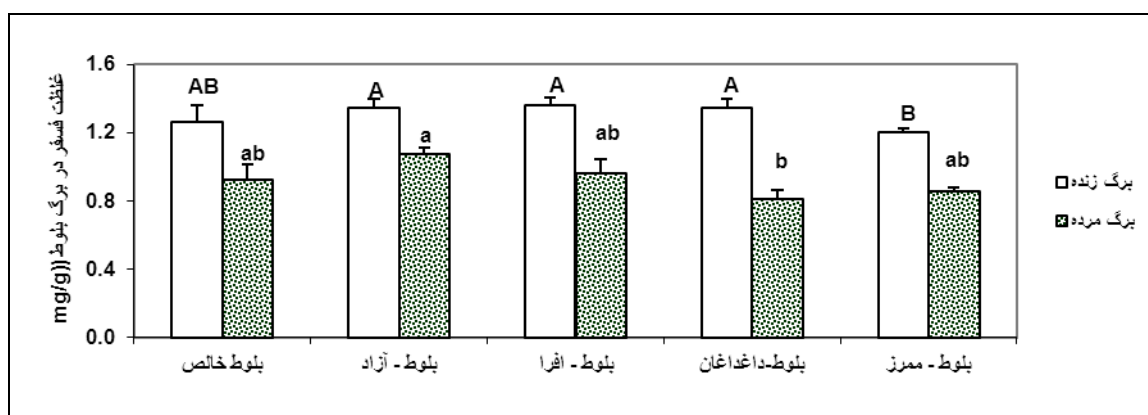
شکل ۳- نمودار مقایسه غلظت نیتروژن در برگهای زنده و مرده بلندمازو در میان تیمارهای مختلف (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)

می‌شود درختان بلوط در ترکیب‌های مختلف تفاوتی از نظر میزان فسفر در برگ ندارند. برگهای مرده بلندمازو در ترکیب با آزاد بالاترین و در ترکیب با داغداغان پایین‌ترین غلظت این عنصر را به خود اختصاص می‌دهند ( $p < 0/01$ ، دانکن) (شکل ۵).

غلظت فسفر: از میان گونه‌های همراه کاشته شده در این طرح، درختان آزاد دارای بیشترین و درختان داغداغان دارای کمترین مقدار فسفر در برگهای زنده هستند. درختان افرا و داغداغان نیز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت فسفر در برگهای مرده می‌باشند ( $p < 0/01$ ، دانکن) (شکل ۴). اما همان طور که در شکل ۵ ملاحظه



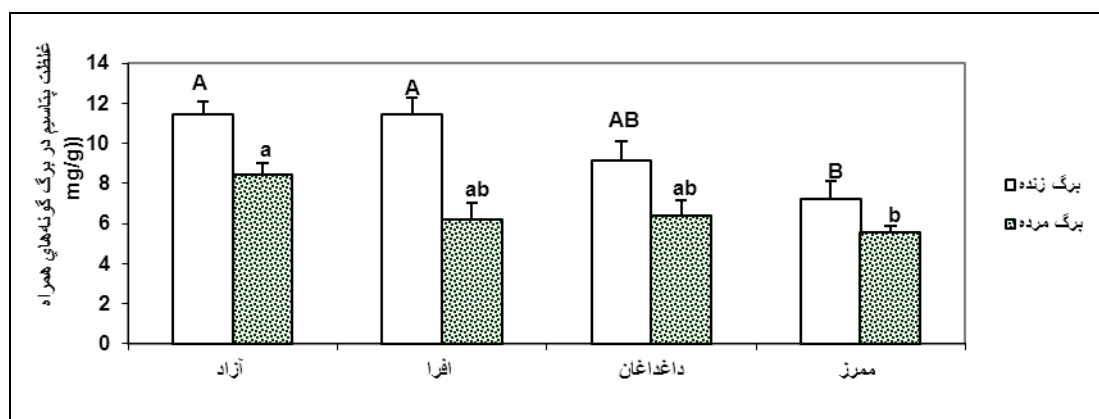
شکل ۴- نمودار مقایسه غلظت فسفر در برگهای زنده و برگهای مرده و در شرف خزان گونه‌های همراه (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)



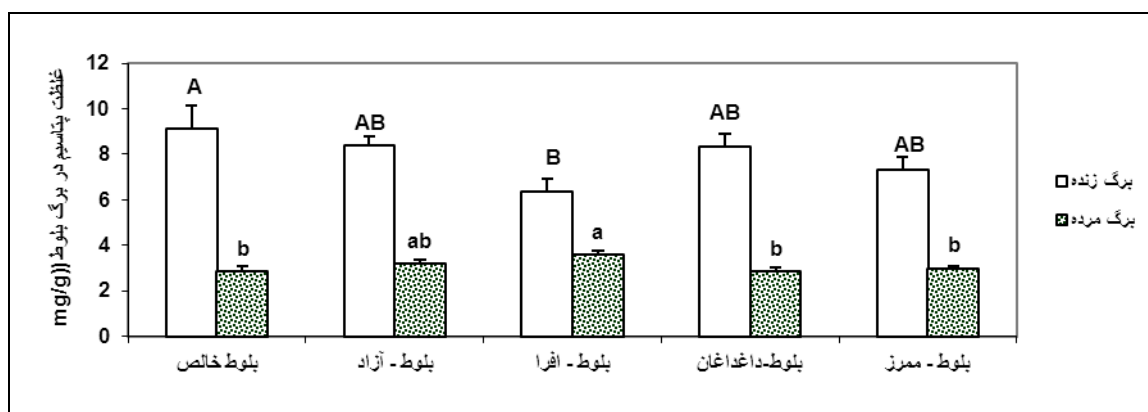
شکل ۵- نمودار مقایسه غلظت فسفر در برگهای زنده و مرده بلندمازو در میان تیمارهای مختلف (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)

۷ دیده می‌شود، گونه بلندمازو بالاترین مقدار پتاسیم موجود در برگهای زنده خود را در تیمار بلوط خالص و کمترین آن را در آمیختگی با افرا دارد ( $p < 0/01$ ; دانکن) (شکل ۷). بعکس بیشترین غلظت این عنصر را در ترکیب با افرا و در درجه بعدی با آزاد در برگهای پیر شده خود دارد ( $p < 0/05$ ; دانکن).

**غلظت پتاسیم:** گونه ممرز کمترین غلظت پتاسیم را در برگهای زنده و همچنین در برگهای پیر و در شرف خزان خود نسبت به دیگر گونه‌های همراه بلندمازو در این طرح دارد. داغداغان از این نظر در حد متوسطی قرار دارد. گونه آزاد همانند فسفر، در مورد پتاسیم نیز بالاترین مقدار را در برگهای مرده خود نسبت به دیگر گونه‌های همراه دارد ( $p < 0/01$ ; دانکن) (شکل ۶). همانطور که در شکل



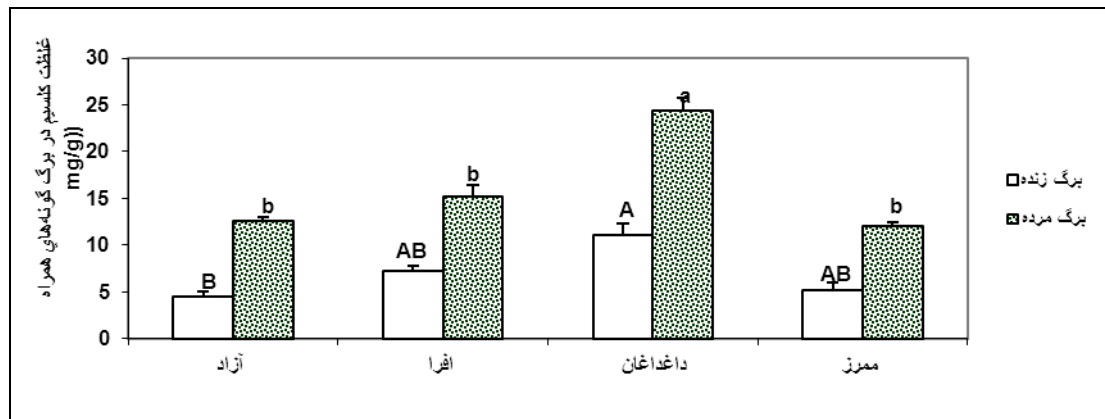
شکل ۶- نمودار مقایسه غلظت پتاسیم در برگهای بالغ و زنده و برگهای مرده و در شرف خزان گونه‌های همراه (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)



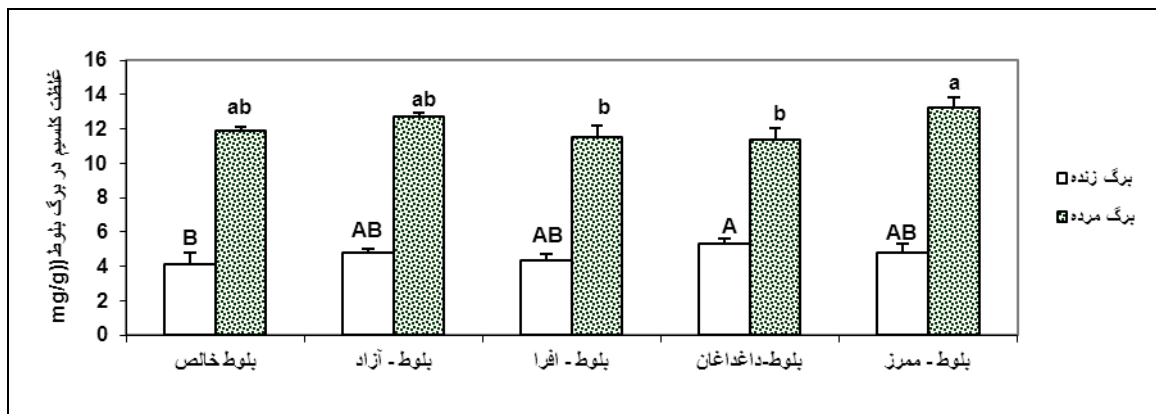
شکل ۷- نمودار مقایسه غلظت پتاسیم در برگهای زنده و مرده بلندمازو در میان تیمارهای مختلف (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد).

(به‌همراه درختان ممرز) خود دارد ( $p < 0.01$ , دانکن) (شکل ۸). همان‌طور که در شکل شماره ۹ ملاحظه می‌شود، برگهای زنده و مرده بلوط در تیمارهای مختلف از نظر دارا بودن میزان غلظت کلسیم تفاوتی از خود نشان نمی‌دهند.

**غلظت کلسیم:** گونه داغداغان برخلاف آنچه که در مورد غلظت نیتروژن و فسفر داشته، بیشترین مقدار عنصر کلسیم موجود در برگهای زنده و مرده را نسبت به گونه‌های همراه دیگر به خود اختصاص می‌دهد. درختان آزاد پایین‌ترین غلظت کلسیم را در برگهای زنده و مرده



شکل ۸- نمودار مقایسه غلظت کلسیم در برگهای بالغ و زنده و برگهای مرده و در شرف خزان گونه‌های همراه (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)

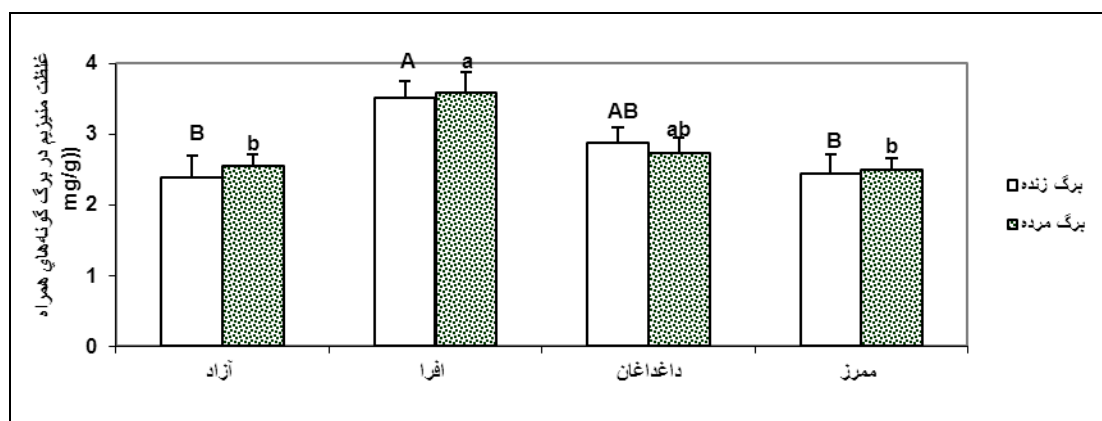


شکل ۹- نمودار مقایسه غلظت کلسیم در برگهای زنده و مرده بلندمازو در میان تیمارهای مختلف (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)

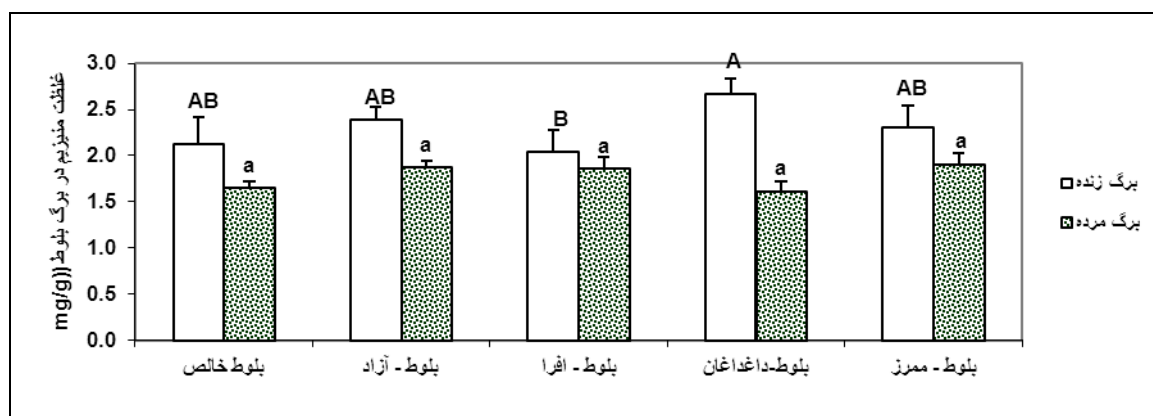
دیگر تیمارها قرار دارد و این میزان در تیمار بلوط-داغداغان حداکثر می‌باشد ( $p < 0.05$ , دانکن) (شکل ۱۱). غلظت این عنصر در برگهای مرده درختان بلندمازو تفاوت معنی‌داری در تیمارهای اصلی این طرح ندارد (شکل ۱۱).

**غلظت منیزیم:** درختان پلت بیشترین غلظت منیزیم را در برگهای زنده و مرده نسبت به دیگر درختان همراه به خود اختصاص می‌دهند. درختان داغداغان نیز از این نظر در وضعیت بینابینی قرار دارند ( $p < 0.01$ , دانکن) (شکل ۱۰). بعکس غلظت منیزیم در برگهای زنده بلندمازو در جنگل‌کاری آمیخته با افرا در کمترین حد خود نسبت به





شکل ۱۰- نمودار مقایسه غلظت منیزیم در برگهای زنده و مرده گونه‌های همراه (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)



شکل ۱۱- نمودار مقایسه غلظت منیزیم در برگهای زنده و مرده بلندمازو در میان تیمارهای مختلف (حروف لاتین متفاوت بیانگر متفاوت بودن میانگین‌ها در تیمارهای مختلف می‌باشد)

### تولید سالیانه لاشبرگ

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، تولید لاشبرگ درختان بلوط به میزان ۱/۸۱ در ترکیب با افرا تا ۶/۱۴ تن (مگاگرم) در هکتار در سال در تیمار بلوط خالص بدست آمد. از میان گونه‌های همراه، درختان افرا با  $4/27 \text{ Mg ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  و درختان داغداغان با  $0/67$

به ترتیب بیشترین و کمترین تولید لاشبرگ را دارند ( $p < 0/01$ , توکی). تولید کل لاشبرگ توده به میزان  $5/02 \text{ ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  در جنگل کاریهای آمیخته بلوط و داغداغان تا  $6/14 \text{ Mg ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  در جنگل کاریهای خالص بلوط می‌باشد. آزمون‌های آماری تفاوت معنی‌داری را میان جنگل کاریها از این نظر نشان نمی‌دهد.

جدول ۱- میانگین (اشتباه معیار) تولید لاشبرگ و انباشت عناصر غذایی از طریق ریزش لاشبرگ در توده‌های جنگل کاری شده ۱۲ ساله خالص و آمیخته بلندمازو (خطای استاندارد در داخل پرانتز نشان داده شده است).

ANOVA	بلوط - ممرز			بلوط - داغداغان			بلوط - افرا			بلوط - آزاد			بلوط	
	کل	ممرز	بلوط	کل	داغداغان	بلوط	کل	افرا	بلوط	کل	آزاد	بلوط	خالص	
ns	a5/43 (0/34)	1/27 (0/12)	4/15 (0/23)	a5/02 (0/30)	0/67 (0/04)	4/35 (0/27)	a6/08 (0/32)	4/27 (0/27)	1/81 (0/18)	a5/48 (0/40)	2/02 (0/18)	3/46 (0/94)	a6/14 (0/58)	تولید لاشبرگ (تن در هکتار در سال)
	انباشت عناصر (کیلوگرم در هکتار در سال):													
*	ab104/10 (6/07)	25/09 (2/57)	79/01 (4/78)	c60/90 (3/19)	7/28 (0/57)	53/59 (3/05)	a124/54 (8/83)	87/75 (6/33)	36/79 (5/09)	b95/65 (7/59)	35/15 (3/05)	61/50 (5/78)	ab105/21 (7/35)	نیترژن
*	ab4/59 (0/31)	1/04 (0/09)	3/55 (0/25)	b4/14 (0/35)	0/63 (0/05)	3/51 (0/32)	a5/94 (0/35)	4/28 (0/32)	1/66 (0/15)	a5/77 (0/56)	1/99 (0/23)	3/78 (0/30)	a5/70 (0/82)	فسفر
**	bc19/55 (1/40)	7/26 (0/93)	12/29 (0/63)	c16/57 (1/39)	4/31 (0/72)	12/26 (0/91)	a32/00 (2/92)	25/44 (3/00)	6/56 (0/81)	ab29/28 (3/39)	18/14 (2/30)	11/14 (1/24)	c17/71 (2/45)	پتاسیم
*	ab70/39 (4/64)	15/36 (1/53)	55/03 (3/75)	b65/99 (5/73)	16/16 (1/42)	49/83 (5/11)	a87/19 (7/49)	65/78 (7/98)	21/51 (2/88)	ab69/26 (5/11)	25/84 (2/99)	43/42 (3/00)	ab72/82 (7/17)	کلسیم
**	b11/02 (0/75)	3/17 (0/30)	7/85 (0/64)	b9/04 (0/95)	1/85 (0/23)	7/19 (0/82)	a18/38 (1/36)	14/99 (1/40)	3/39 (0/37)	b11/56 (1/00)	5/11 (0/65)	6/45 (0/57)	b10/13 (1/08)	منیزیم

ns معنی دار نبودن اثر تیمارها، \* :  $p < 0/05$  ; \*\* :  $p < 0/01$  ; حروف لاتین مشابه مبین عدم وجود تفاوت آماری معنی دار در میان تیمارها می‌باشد.

### انباشت عناصر غذایی

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، میزان انباشت هر یک از پنج عنصر غذایی ماکرو در میان تیمارهای مورد بررسی به شرح زیر است.

در مجموع بیشترین انباشت نیترژن از طریق ریزش لاشبرگ درختان در تیمار بلوط - افرا ( $\text{Kg N ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) و کمترین آن در تیمار بلوط - داغداغان ( $\text{Kg N ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) در میان تیمارهای اصلی این طرح محاسبه شده است.

در این تحقیق کمترین انباشت فسفر ( $\text{Kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) در تیمار بلوط با داغداغان است. بیشینه این میزان در تیمار بلوط - افرا ( $\text{Kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) محاسبه شده است.

متوسط میزان کل انباشت پتاسیم برای تیمارهای بلوط آمیخته با داغداغان ( $\text{Kg P ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) و بلوط خالص کمترین و برای تیمار بلوط آمیخته با افرا ( $\text{Kg P ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) بیشترین بوده است.

به‌طور کلی بیشترین متوسط انباشت کلسیم برای تیمار بلوط - پلت ( $\text{Kg Ca ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) و کمترین آن برای تیمار بلوط - داغداغان ( $\text{Kg Ca ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) در میان تیمارهای اصلی این تحقیق بدست آمده است.

آزمون‌های آماری مشخص نمود که بیشترین انباشت منیزیم در تیمار بلوط - افرا ( $\text{Kg Mg ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ) در میان تیمارهای اصلی این طرح بوده است که با سایر تیمارها تفاوت معنی دار دارد.

## بحث

میزان غلظت عناصر غذایی در اندام‌هایی که از نظر رویشی فعال هستند (مانند برگها) بیشترین و در اندام‌های ساختمانی و کند رشد (مانند چوب ساقه) کمترین می‌باشد (Singh & Singh, 1991; Lodhyial & Lodhiyal, 2003; Liu *et al.*, 2004; Swamy *et al.*, 2004 & 2006; Onyekwelu *et al.*, 2006). از این‌رو غلظت عناصر غذایی در برگها اغلب برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای درختان بکار می‌رود (Rothe & Binkley, 2001). تجزیه برگ‌های نشان‌دهنده وضع حاصلخیزی خاک و تغذیه درختان است. ترکیبات معدنی و آلی برگ درختان می‌توانند اطلاعات جالبی از نظر تغذیه معدنی و در نتیجه قدرت حاصلخیزی خاک در اختیار محققان قرار دهند. با تجزیه برگ‌های می‌توان کمبود یا زیادی عناصر را نیز تشخیص داد. بررسی ترکیب‌های مختلف جنگل‌کاری نشان می‌دهد که رابطه‌ای میان نیتروژن موجود در برگ بلوط با غلظت این عنصر در برگ گونه‌های همراه وجود دارد. به‌طوری که غلظت نیتروژن در برگ‌های زنده بلوط در ترکیب با افرا (که بالاترین غلظت نیتروژن را در برگ‌های زنده و مرده خود در میان گونه‌های همراه دارد) بیشترین و در ترکیب با داغداغان (که پایین‌ترین غلظت این عنصر را در برگ‌های زنده و مرده خود در میان گونه‌های همراه دارد) کمترین مقدار بوده است.

در جنگلهای معتدله، ترکیب شیمیایی شاخ و برگ بستگی به نوع گونه درختی و رویشگاه دارد (Augusto *et al.*, 2002). غلظت نیتروژن برگها در هیچ یک از این جنگل‌کاریها کمتر از حد کفایت آن (۱۲ میلی‌گرم بر گرم) (Will, 1985) نبوده است.

غلظت فسفر در برگ‌های مرده بلوط در ترکیب با آزاد که بیشترین مقدار این عنصر را در میان گونه‌های همراه در برگ‌های زنده خود دارد، بالاترین و در ترکیب با داغداغان که کمترین مقدار این عنصر در برگ‌های مرده

گونه‌های همراه را به خود اختصاص می‌دهد، پایین‌ترین مقدار می‌باشد. فسفر یک عنصر ضروریست و همانند نیتروژن در فرآیند بیوسنتز پروتئین اهمیت دارد (Mankovska *et al.*, 2004). دامنه حد کمبود این عنصر از ۱ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر گرم است (Mankovska, 1996; Stefan *et al.*, 1997). از این‌رو بیشتر توده‌های تحت مطالعه تا حدودی غلظت فسفر بیشتر از این حد داشته‌اند و کمبودی از این نظر در میان درختان دیده نمی‌شود.

درختان بلوط در تیمار بلوط خالص بیشترین و در آمیختگی با افرا کمترین غلظت پتاسیم موجود را در برگ‌های زنده خود داشته‌اند. بعکس، در برگ‌های مرده خود بیشترین غلظت این عنصر را در ترکیب با افرا دارند. پتاسیم راهبردهای الکتروشیمیایی، کاتالیزوری و آنزیمی دارد. تغییرات در غلظت پتاسیم در شاخ و برگ گونه‌های درختی جنگلی توسط خاک کنترل می‌گردد (Mankovska *et al.*, 2004). در این تحقیق همه گونه‌ها مقدار پتاسیم بالاتری از حدود مرزی (۵-۳ میلی‌گرم بر گرم) (Will, 1985) داشته‌اند.

گونه داغداغان بیشترین مقدار عنصر کلسیم موجود در برگ‌های زنده و مرده را نسبت به گونه‌های دیگر به خود اختصاص می‌دهد. درختان آزاد پایین‌ترین غلظت کلسیم را در برگ‌های زنده و مرده (به همراه درختان ممرز) خود دارند. اما آمیختگی بلوط با هر یک از گونه‌های همراه تأثیری بر میزان کلسیم موجود در برگ‌های زنده و مرده بلوط نداشته است. کلسیم یک عنصر ضروریست و غلظت این عنصر در شاخ و برگ درختان بستگی به قابل جذب بودنش در خاک دارد. به‌طور اساسی غلظت کلسیم همبستگی با میزان منیزیم دارد (Mankovska *et al.*, 2004). حد مطلوب کلسیم موجود در شاخ و برگ (بیشتر از ۱ میلی‌گرم بر گرم; Will, 1985) در کلیه توده‌ها اندازه‌گیری شده است. این میزان کمتر از حد شاخ و برگ درختان اروپایی (مثلاً ۱۱/۳۴ میلی‌گرم بر گرم برای

رسیدند که نیتروژن موجود در برگهای زنده و مرده تیمار صنوبر خالص کمتر از تیمارهای صنوبر آمیخته با توسکای بیلاقی بوده است. غلظت‌های فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم موجود در برگهای زنده و مرده این دو گونه در تیمارهای خالص و آمیخته تفاوت معنی‌داری نداشته است. Montagnini (2000) نیز در مورد پتاسیم، کلسیم و منیزیم موجود در برگهای زنده به نتایج مشابهی رسید. بعکس، Parrotta (1999) میزان پتاسیم، کلسیم و منیزیم بیشتری را در برگهای مرده *Leucaena leucocephala* در تیمارهای آمیخته با *Casuarina equisetifolia* و *Eucalyptus robusta* نسبت به تیمار خالص آنها مشاهده نمود. Stanley & Montagnini (1999) نیز در بررسی خود در مورد زی‌توده و تجمع عناصر غذایی چهار گونه بومی در جنگل‌کاریهای خالص و آمیخته در کاستاریکا دریافتند که غلظت عناصر غذایی برگها در توده‌های تک‌کشتی و آمیخته متفاوت می‌باشد.

تولید سالیانه لاشبرگ درختان به‌عنوان یک متغیر کلیدی در مدل‌های قابلیت تولیدی جنگل کاربرد دارد (Gholz et al., 1990; McMurtrie et al., 1990; Romanya & Vallejo, 2004). تولید لاشبرگ در میان ترکیب‌های آمیختگی این تحقیق تفاوت آماری معنی‌داری نداشته است. احتمالاً به این دلیل است که در جنگل‌های معتدله، مقدار تولید سالیانه لاشبرگ یک توده بالغ تنها در حد ناچیزی تحت تأثیر گونه‌های اشکوب برین قرار دارد. زیرا عوامل اصلی تأثیرگذار شامل عرض جغرافیایی یا اقلیم (Rodin & Basilevich, 1967; Vogt et al., 1986) و مدیریت توده (Augusto et al., 2002) می‌باشد. در این تحقیق تولید لاشبرگ به میزان ۵/۰۲ تا ۶/۱۴ تن در هکتار در سال بدست آمده است که بالاتر از متوسط لاشبرگ سالیانه جنگل‌های معتدله اروپا (بین ۳/۵ تا ۴/۰ تن در هکتار در سال) می‌باشد. تولید لاشبرگ گونه‌های *Quercus petraea* و *Q. robur* در توده‌های بالغ به‌ترتیب

(Mankovska, 1996; Stefan et al., ) (*Fagus sylvatica* 1997) است. در گیاهان کلسیم همانند منیزیم متحرک نیست، از این‌رو در بافت‌های قدیمی گیاه تجمع پیدا می‌کند (Mankovska et al., 2004).

با وجود تفاوت‌ها در میزان غلظت منیزیم در برگهای گونه‌های همراه (در افرا بیشترین و در آزاد و ممرز کمترین)، برگهای زنده و مرده درختان بلوط تفاوتی از نظر میزان غلظت این عنصر همانند کلسیم در میان جنگل‌کاریهای خالص و آمیخته بلوط تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند. منیزیم همانند کلسیم به‌عنوان یک فعال‌کننده آنزیمی در فرایندهای فیزیولوژیکی متابولیک مهم می‌باشد. غلظت این عنصر در برگهای درختان جنگلی بستگی به غلظت آن در خاک دارد (Mankovska et al., 2004). حد کفایت غلظت منیزیم در تمام جنگل‌کاریهای این پژوهش بدست آمده است، زیرا ارزش تغذیه‌ای بهینه آن در حدود ۰/۶ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر گرم (Stefan et al., 1997) می‌باشد.

Khanna (1997) در مورد برگهای زنده اکالیپتوس در جنگل‌کاری خالص و آمیخته با آکاسیا تفاوتی را از نظر میزان نیتروژن مشاهده نکرد، در حالی که در مورد برگهای مرده نتیجه گرفت که این میزان در جنگل‌کاری آمیخته بیشتر از خالص بود. وی بیشتر بودن ارتفاع اکالیپتوس در تیمار ۵۰ درصد اکالیپتوس و ۵۰ درصد آکاسیا نسبت به تیمار خالص را به وضعیت خوب غلظت نیتروژن در برگهای زنده و مرده اکالیپتوس مربوط دانست. اما تغییراتی را در چرخه غذایی فسفر در توده‌های آمیخته مشاهده نکرد.

Stanley & Montagnini (1999) بعد از ۷ سال جنگل‌کاری چهار گونه درختی بومی در کاستاریکا، غلظت فسفر و منیزیم برگ دو گونه را در جنگل‌کاریهای آمیخته بیشتر از خالص اندازه‌گیری نمودند. Sayyad et al. (2006) در تحقیق خود به این نتیجه

توده‌های خالص بیشتر بود. در مورد برگ‌های مرده بلندمازو نیز تیمارهای آمیخته بلوط با افرا و ممرز از نظر میزان نیتروژن و پتاسیم، تیمار بلوط آمیخته با آزاد از نظر میزان فسفر، تیمار بلوط آمیخته با ممرز از نظر کلسیم بهتر از تیمار بلوط خالص بوده است.

شناخت رفتار تغذیه‌ای در جنگل‌کاریها برای مدیریت پایدار آنها سودمند خواهد بود (Liu et al., 2004). اثرهای متقابل میان گیاهان از خانواده‌های مختلف موجب تعادل بیشتر مصرف عناصر غذایی رویشگاه در تیمارهای آمیخته می‌گردد (Parrotta, 1999; Montagnini et al., 1994). ورود عناصر غذایی به خاک از طریق ریزش لاشبرگ و معدنی شدن آن در تغذیه معدنی توده‌های جنگل‌کاری شده بسیار مهم است (Hopman et al., 1993; Laclau et al., 2003).

معمولاً جنگل‌کاریهای آمیخته میزان لاشبرگ بیشتری را تولید می‌نمایند و لاشبرگ‌های آمیخته میزان تجزیه متوسطی داشته و عملکردی همانند مالچ دارند (Kershner, 2000; Montagnini, 1998; & Montagnini, 2000). جنگل‌کاریهای آمیخته دارای تجزیه لاشبرگ متوسط تا سریع هستند. از این‌رو موجب رهایی و بازگشت عناصر غذایی به خاک می‌شوند و اجازه می‌دهند که لایه لاشبرگ از خاک حمایت و حفاظت نماید (Byard et al., 1996).

در مناطقی که حاصلخیزی خاک به تدریج کاهش می‌یابد و دوره‌های بهره‌برداری کوتاه است، گونه‌هایی (مانند داغداغان و ممرز) که دارای چرخش سریع عناصر غذایی هستند، سودمند می‌باشند. گونه‌هایی که غلظت‌های کمی از عناصر غذایی در بافت‌های خود دارند (مانند داغداغان) مناسبترین گزینه برای حفظ عناصر غذایی خاک هستند (Stanley & Montagnini, 1999).

وجود تفاوت‌های معنی‌دار در غلظت بعضی عناصر غذایی موجود در برگ‌های بلندمازو در میان جنگل‌کاریهای خالص و آمیخته را می‌توان به وجود اختلافات در میزان

۳/۷ و ۳/۸ (Augusto et al., 2002) و برای جنگل‌کاریهای ۳۰ ساله بلوط *Q. serrata* در هند به طور متوسط ۵ تن در هکتار در سال بدست آمده است (Pandey et al., 2007). Zarrinkafsh (2001) مقدار کل عناصر معدنی که سالیانه در اثر معدنی شدن لاشبرگ‌های بلوط زاگرس (*Q. brantii*) به خاک اضافه می‌گردد را بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال برای فسفر (۱۸/۴۸)، پتاس (۲/۹۹)، کلسیم (۱۵/۷۴) و منیزیم (۳۷/۴۷) برآورد کرده است که برای عناصر فسفر و منیزیم بیشتر از مقدار برآوردی آن برای بلندمازو در این تحقیق می‌باشد.

پنج گونه مورد بررسی در این تحقیق از نظر مقدار زی‌توده لاشبرگ و بازگشت عناصر غذایی به کف جنگل تحت شرایط زیست‌محیطی یکسان متفاوت بودند که این موضوع تغییرات در واکنش اکوفیزیولوژیکی را منعکس می‌سازد. بازگشت عناصر از طریق ریزش لاشبرگ می‌تواند به صورت ترکیبی از زی‌توده بالا و غلظت کم یا متوسط عناصر غذایی یا زی‌توده کم و غلظت بالای عناصر غذایی باشد (Cuevas & Lugo, 1998). این محققان نیز در بررسی پویایی ماده آلی و بازگشت عناصر غذایی از طریق ریزش لاشبرگ در توده‌های جنگل‌کاری شده ده گونه گرمسیری به همین نتایج رسیدند. آنها در توده‌های مورد مطالعه خود ثابت کردند که ارتباطی میان تولید لاشبرگ و انباشت عناصر غذایی وجود دارد.

به‌طور کلی نتایج این تحقیق همانند مطالعات Khanna (1997)، Parrotta, Stanley & Montagnini (1999)، Mousavi-Koupar et al. (2006) و Sayyad et al. (2011) نشان داد که میزان عناصر غذایی جنگل‌کاریهای آمیخته بهتر از جنگل‌کاریهای خالص می‌باشد. برای بعضی از عناصر (نظیر نیتروژن) جنگل‌کاریهای آمیخته بلندمازو غلظت‌های متوسطی نسبت به جنگل‌کاریهای خالص بلندمازو داشتند، در حالی که برای بعضی دیگر (نظیر کلسیم و تا حدودی منیزیم) از

تولید لاشبرگ در توده و کیفیت آن مربوط دانست. بنابراین تفاوت‌های درون‌گونه‌ای از نظر تجمع و انباشت عناصر غذایی می‌تواند حاصلخیزی خاک را تغییر دهد. از این‌رو، انتخاب اولیه گونه‌های جنگل‌کاری به‌واسطه تأثیری که بر قابلیت عناصر غذایی دارد بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

## فهرست منابع

### References

- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D. and Rothe, A., 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Ann. For. Sci.*, 59: 233-253.
- Binkley, D. and Ryan, M.G., 1998. Net primary production and nutrient cycling in replicated stands of *Eucalyptus saligna* and *Albizia facaltaria*. *Forest Ecology and Management*, 112: 79-85.
- Bruijnzeel, L.A., 1989. Nutrient content of bulk precipitation in south-central Java, Indonesia. *Tropical Ecol.*, 5: 187-202.
- Bubb, K.A., Xu, Z.H., Simpson, J.A. and Saffigna, P.G., 1998. Some nutrient dynamics associated with litterfall and litter decomposition in hoop pine plantations of southeast Queensland, Australia. *Forest Ecology and Management*, 110: 343-352.
- Byard, R., Lewis, K.C. and Montagnini, F., 1996. Leaf litter decomposition and mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. *Agric. Ecosys. Environ.*, 58: 145-155.
- Cuevas, E. and Lugo, A.E., 1998. Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species. *Forest Ecology and Management*, 112: 263-279.
- Ebrahimi, E., 2006. Investigation of pure plantation of *Quercus castaneifolia* and mixed with the Native species of the North forests of Iran. Final report of the research plan, Research Institute of Forests and Rangelands, 70 p.
- Fichter, J., Dambrine, E., Turpault, M.P. and Ranger, J., 1998. Base cation supply in spruce and beech ecosystems of the Strebgbach catchment (Vosges mountains, N-E France). *Water Air Soil Pollution*, 105: 125-148.
- Folster, H. and Khanna, P.K., 1997. Dynamics of nutrient supply in plantation soils. In: Nambiar, E.K.S. and Browb, A.G., (Eds.). *Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests*. ACIAR/CSIRO/CIFOR, ACIAR, Canberra, Australia: 338-378.
- Ganjegunte, G.K., Condron, L.M., Clinton, P.W., Davis, M.R. and Mahieu, N., 2004. Decomposition and nutrient release from radiat pine coarse woody debris. *Forest Ecology and Management*, 187: 197-211.
- Gholz, H.L., Ewel, K.C. and Teskey, R.O., 1990. Water and forest productivity. *Forest Ecology and Management*, 30: 1-18.
- Hopman, P., Stewart, H.T.L. and Flinn, D.W., 1993. Impact of harvesting on nutrients in an *Eucalyptus* ecosystem in south eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 59: 29-51.
- Issac, R.A. and Johnson, W.C., 1975. Colloborative study of wet and dry techniques for the elemental analysis of plant tissue by atomic absorption spectrometer. *J. Assoc. Agri. Chem.*, 58: 336-340.
- Jackson, M.L., 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood cliffs, NJ, USA, 521 p.
- Kadeba, O., 1991. Above-ground biomass production and nutrient accumulation in an age sequence of *Pinus caribae* stands. *Forest Ecology and Management*, 41: 237-248.
- Kershner, R. and Montagnini, F., 1998. Leaf litter decomposition, litterfall and effects of leaf mulches from mixed and monospecific plantations in Costa Rica. *J. Sustainable For.*, 7: 95-118.
- Khanna, P.K., 1997. Comparison of growth and nutrition of young monocultures and mixed stands of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, 94 (1-3): 105-113.
- Laclau, J.P., Ranger, J., Dieu Nzila, J., Bouillet, J.P. and Deleporte, P., 2003. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savana ecosystem in Congo 2. Chemical composition of soil solutions. *Forest Ecology and Management*, 180: 527-544.
- Liu, X., Xu, H., Berminger, O. and Li, C., 2004. Nutrient distribution in *Picea likiangensis* trees growing in a plantation in West Sichuan, Southwest China. *Silva Fennica*, 38 (3): 235-242.
- Lodhiyal, N. and Lodhiyal, L.S., 2003. Aspects of nutrient cycling and nutrient use pattern of Bhabar Shisham forests in central Hymalaya, India. *Ecology and Management*, 176: 237-252.
- Lugo, A.E., Cuevas, E. and Sanchez, M.J., 1990. Nutrients and mass in litter and top soil of 10 tropical tree plantations. *Plant Soil*, 125: 263-280.

- Mankovska, B., 1996. Geochemical Atlas of Slovakia-forest biomass (Slovak, English). Geological Service of Slovak Republic, Bratislava, 87 p.
- Mankovska, B., Godzik, B., Badea, O., Shparyk, Y. and Moravcik, P., 2004. Chemical and morphological characteristics of key tree species of the Carpathian Mountains. *Environmental Pollution*, 130: 41-54.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York, 889 p.
- McMurtrie, R.E., Rook, D.A. and Kelliher, F.M., 1990. Modelling the yield of *Pinus radiata* on a site limited by water and nitrogen. *Forest Ecology and Management*, 30: 381-413.
- Miller, H.G., 1984. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: Bowen, G.D. and Nambiar, E.K.S., (Eds.). *Nutrition of plantation Forests*. Academic Press, New York: 53-78.
- Montagnini, F., 2000. Accumulation in above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management*, 134 (1-3): 257-270.
- Montagnini, F. and Sancho, F., 1994. Aboveground biomass and nutrients in young plantations of four indigenous tree species: Implications for site nutrient conservation. *Sustainable Forestry*, 1: 115-139.
- Montagnini, F., Fanzeres, A. and da Vina, S., 1994. Studies on restoration ecology in the Atlantic forest region of Bahia, Brazil. *Interciencia*, 19 (6): 323-330.
- Mousavi-Koupar, S.A., Hosseini, S.M., Tabari, M., Modirrahmati, A., Golchin, A. and Hosseinzadeh, F., 2011. Effects of pure and mixed plantations of *Populus deltoids* with *Alnus glutinosa* on growth and soil properties: A case study of Foman Region, Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (23): 5261-5265.
- Niinemets, U. and Kull, K., 2003. Leaf structure vs. nutrient relationships vary with soil conditions in temperate shrubs and trees. *Acta Oecologica*, 24: 209-219.
- Onyekwelu, J.C., Mosandl, R. and Stimm, B., 2006. Productivity, site evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves, Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 229: 214-227.
- Pandey, R.R., Sharma, G., Tripathi, S.K. and Singh, A.K., 2007. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management*, 240: 96-104.
- Parrotta, J.A., 1999. Productivity, nutrient cycling, and succession in single and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, 124 (1): 45-77.
- Pe´rez-Suarez, M., Arredondo-Moreno, J.T., Huber-Sannwald, E. and Vargas-Hernandez, J.J., 2009. Production and quality of senesced and green litterfall in a pine-oak forest in central-northwest Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258: 1307-1315.
- Quingkui, W., Silong, W. and Yu, H., 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management*, 255: 1210-1218.
- Regina, I.S. and Tarazona, T., 2001. Nutrient pools to the soil through organic matter and throughfall under a Scots pine plantation in the Sierra de La Demanda, Spain. *Soil Biology*, 37: 125-133.
- Rodin, L.E. and Basilevich, N.I., 1967. *Production and Mineral Cycling in Terrestrial Vegetation*. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland. 288 p.
- Romanya, J. and Vallejo, V.R., 2004. Productivity of *Pinus radiata* plantations in Spain in response to climate and soil. *Forest Ecology and Management*, 195: 177-189.
- Rothe, A. and Binkley, D., 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Can. J. For. Res.*, 31: 1855-1870.
- Sayyad, E., Hosseini, S.M., Mokhtari, J., Mahdavi, R., Jalali, S.G., Akbarinia, M. and Tabari, M., 2006. Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure and mixed stands of *Populus deltoids* and *Alnus subcordata*. *Silva Fennica*, 40 (1): 27-35.
- Scott, D.A., Burger, J.A., Kaczmarek, D.J. and Kane, M.B., 2004. Nitrogen supply and demand in short-rotation sweetgum plantations. *Forest Ecology and Management*, 189: 331-343.
- Shanmughavel, P. and Francis, K., 2001. Bioproductivity and nutrient cycling in bamboo and *Acacia* plantation forests. *Bioresources Technology*, 80: 45-48.
- Singh, L.J. and Singh, J.S., 1991. Storage and flux of nutrients in a dry tropical forest in India. *Annals of Botany*, 68: 263-273.
- Stanley, W.G. and Montagnini, F., 1999. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soils in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 113: 91-103.

- Stape, J.L., Binkley, D., Jacob, W.S. and Takahashi, E.N., 2006. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in Eucalyptus plantations at landscape scales in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 223: 358-362.
- Stefan, K., Frust, A., Hacker, R. and Bartels, U., 1997. Forest foliar condition in Europe. Technical Report, EC and UN/ECE, Brussels, Geneva, 207 p.
- Swamy, S.L., Kushwaha, S.K. and Puri, S., 2004. Tree growth, biomass, allometry and nutrient distribution in *Gmelina arborea* stands grown in red lateritic soils of Central India. *Biomass and Bioenergy*, 26: 305-317.
- Swamy, S.L., Mishra, A. and Puri, S., 2006. Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of *Populus deltoides* under an agrisilviculture system. *Bioresources Technology*, 97: 57-68.
- Van den Driessche, R., 1984. Nutrient storage, retranslocation and relationship of tree to nutrition. In: Bowen, G.D. and Nambiar, E.K.S., (Eds.). *Nutrition of plantation Forests*. Academic Press, New York: 181-210.
- Vogt, K.A., Grier, C.C. and Vogt, D.J., 1986. Production, turnover and nutrient dynamics of above- and below-ground detritus of world forests. *Adv. Ecol. Res.*, 15: 303-337.
- Wang, D., Bormann, F.H., Lugo, A.E. and Bowden, R.D., 1991. Comparison of nutrient-use efficiency and biomass production in five tropical tree taxa. *Forest Ecology and Management*, 46: 1-21.
- Will, G.M., 1985. Nutrient deficiencies and fertilizer use in New Zealand exotic forests. *FRI Bulletin*, No. 97, Rotorua, New Zealand, 53 p.
- Zarrinkafsh, M., 2001. Forest Pedology: Interactions of Plants and Soils. *Journal of Forestry*, 49: 131-134.



## Nutritional process and nutrients return in pure and mixed plantations of oak (A case study: lowland forests of Chamestan, Noor)

E. Rouhi Moghaddam<sup>1\*</sup>, S.M. Hosseini<sup>2</sup>, A. Rahmani<sup>3</sup>, M. Tabari<sup>2</sup> and E. Ebrahimi<sup>4</sup>

1\*- Corresponding author, Assistant prof., University of Zabol, Iran. E-mail: rouhimoghaddam@yahoo.com

2- Associate prof., Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, University of Tarbiat Modares, Noor, Iran.

3- Assistant prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

4- Senior Research Expert, Research Center of Agriculture and Natural Resources of Mazandaran Province, Iran.

### Abstract

This research was performed in Chamestan Forest and Rangeland Experimental Station since 1994. In this research chestnut leaved oak (*Quercus castaneifolia*) was planted at pure and mixed plantation, including Siberian elm (*Zelkova carpinifolia*), maple (*Acer velutinum*), hackberry (*Celtis australis*) and hornbeam (*Carpinus betulus*). The aims of this research were as follows: 1. investigation on nutritional elements of the leaves and their return by senescent leaves at both pure and mixed plantations, 2. litter production of the species and nutrient fluxes in the two plantation types. For these reasons, sampling was made from the fresh leaves in August and for the senescent leaves in November, and the elements were measured in laboratory. Litter traps were located within the treatment's plots for litter collection and litter dry weight was measured and recorded. The results showed that the mixed plantations produced more amounts of nutritional elements than the pure plantations. Dry litter production was 5.02 to 6.14 ton per hectare per year, which was more than the European temperate broadleaved forests production. The concentration of elements in the mixed oak- maple plantation was more than the pure oak and the other mixed plantations. It can be concluded that investigation on nutritional behavior of forest trees is very important for sustainable forest management.

**Keywords:** Pure and mixed plantation, nutrition, nutrients return, litter production, oak.