

## مقایسه برخی عناصر غذایی در برگ شش گونه اکالیپتوس و رابطه آن با خاک

حسین سردابی<sup>۱\*</sup>، احمد رحمانی<sup>۱</sup>، بهنام حمزه<sup>۲</sup>، محمد حسن عصاره<sup>۳</sup> و محمود قرانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>استادیار پژوهشی بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۲</sup>مربی پژوهشی بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۳</sup>استاد پژوهشی گروه زیست‌فناوری منابع طبیعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

<sup>۴</sup>کارشناس ارشد شرکت سهامی جنگل شفاورد، استان گیلان

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۹، تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۴)

### چکیده

این تحقیق با هدف بررسی احتمال تأثیر منفی جنگلکاری اکالیپتوس بر حاصلخیزی خاک و تغذیه گونه‌های مختلف اکالیپتوس و اختلاف شش گونه مورد بررسی از نظر اندازه سه عنصر ازت، پتاسیم و فسفر در برگ‌ها، در یک توده ۲۴ ساله در استان گیلان و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، با استفاده از گونه‌های *Eucalyptus camaldulensis*، *E. macarthurii*، *E. maidenii*، *E. rubida*، *E. saligna* و *E. viminalis* انجام گرفت. در هر واحد آزمایشی ۱۰۰ اصله درخت به فاصله ۲ × ۲ متر کاشته شده بود که سه اصله به صورت تصادفی انتخاب شد و برای تجزیه شیمیایی و تعیین مقدار عناصر ازت، فسفر و پتاسیم در برگ‌ها، نمونه‌برداری از یک سوم انتهایی تاج درخت انجام شد. نتایج نشان داد که میان تیمارها فقط از نظر درصد ازت، اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. کمترین مقدار ازت به گونه *E. maidenii* مربوط بود و پنج گونه دیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین رابطه رگرسیون میان درصد پتاسیم برگ‌های اکالیپتوس و دو خصوصیت خاک شامل درصد فسفر و درصد پتاسیم و میان درصد فسفر برگ‌های اکالیپتوس و درصد فسفر خاک معنی‌دار بود. با مقایسه عناصر غذایی برگ‌ها و خاک زیرآشکوب، کمبودی در برگ‌ها مشاهده نشد و به نظر می‌رسد جنگلکاری اکالیپتوس تأثیر منفی بر حاصلخیزی خاک و رشد درختان اکالیپتوس ندارد.

**واژه‌های کلیدی:** اکالیپتوس، عناصر غذایی، تجزیه برگ، ازت، فسفر.

## مقدمه و هدف

سطح زیر کشت گونه‌های مختلف اکالیپتوس در جهان از ۵/۳ میلیون هکتار در سال ۱۹۸۱ (Attwill & Adams, 1996) به ۱۴/۶۲ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۵ (Coppin, 2002) رسید. علاوه بر انتخاب بهترین گونه و پرووانس داخل هر گونه، دانشمندان در سرتاسر جهان در حال بررسی امکان تولید چوب بیشتر در واحد سطح کمتر با اصلاح وضعیت تغذیه درختان هستند (Attwill & Adams, 1996). در کشور ما نیز با توجه به نیاز صنایع چوب و کاغذ به چوب و عدم ناکافی بودن تولید داخلی، اهمیت زراعت چوب با استفاده از درختان تندرشدی مانند اکالیپتوس بیش از پیش نمایان می‌شود. از آنجا که بررسی اثرهای متقابل اکالیپتوس-خاک و نتایج آنها بر رشد گیاه، برای توسعه جنگلکاری گونه‌های مختلف اکالیپتوس و جلوگیری از آثار منفی آنها بر حاصلخیزی خاک ضروری است، این تحقیق در استان گیلان و در یک توده ۲۴ ساله انجام گرفته است. مراحل طبیعی بررسی تغذیه معدنی گیاهان بعد از تجزیه خاک بر تجزیه شیمیایی برگ‌ها پایه‌گذاری شده است. بررسی خاک به علت تعدد عامل‌های مؤثر بر حاصلخیزی آن، بسیار مشکل و ناکافی است، ولی تجزیه برگ‌ها وضعیت کلی جذب عناصر معدنی را در مجموع حجم خاکی که ریشه‌ها استفاده می‌کنند به خوبی نشان می‌دهد (حبیبی کاسب، ۱۳۷۱). غلظت عناصر غذایی کلان (ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم) در زیتوده اندام‌های هوایی اکالیپتوس‌ها متفاوت است. برای مثال، در گونه *E. globulus* که در اراضی مرتفع مرکزی ایتوپیی کاشته شده است، بیشترین غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها و کمترین آن در چوب تنه و شاخه‌ها بوده است. مقدار عناصر غذایی (کیلوگرم در هکتار) در اندام‌های درخت تابع روند زیر بود (Zewide, 2008):

برگ‌ها < چوب تنه < پوست تنه < ترکه‌ها < شاخه‌ها  
باتوجه به نامرغوب بودن بسیاری از خاک‌های جنگلی استرالیا از نظر شیمیایی، زیاد بودن لاشبرگ‌ها و ضایعات اکالیپتوس‌ها و کمبود مواد غذایی لاشبرگ‌ها و ضایعات، احتمال دارد که پدیده معدنی شدن به مرور زمان به کندی گراید. تجزیه لاشبرگ‌ها و ضایعات جنگل تنها در رویشگاه‌های فقیرتر بسیار کند صورت می‌گیرد. در نتیجه، مواد غذایی محبوس در لایه‌ی

لاشبرگ‌های انباشته‌شده در کف جنگل بدون استفاده و بی تغییر باقی می‌ماند. (Pryor (1963 شرایط نامطلوب و محدودکننده مشاهده‌شده در خاک بکر یک جنگل اکالیپتوس را از نظر تغذیه عناصر معدنی به تبادیل پذیر نبودن مواد غذایی لاشبرگ‌ها نسبت داده است. (1962) Attwill نیز سطح فسفر موجود در خاک زیر پوشش جنگلی بالغ گونه *E. obliqua* را بسیار ناچیز ارزیابی کرده است، به نحوی که در نبود عوامل تحریک‌کننده خارجی، رشد موفقیت‌آمیز نهال‌ها کافی نیست. در شرایط محیطی استرالیا، آتش‌سوزی زیاد و به هم خوردگی مکانیکی خاک بر اثر بهره‌برداری از جنگل، عوامل محرک به حساب می‌آیند (Barker et al., 1991؛ Cromer et al., 1991؛ Tome & Pereira, 1991؛ O'Connell, 1991؛ al., 1991؛ Weston & Attwill, 1991؛ Weston, 1991).

مقایسه اثرهای متقابل خاک-گیاه یک توده جنگلی طبیعی اکالیپتوس با یک توده دست‌کاشت مشکل است، به‌ویژه اگر جنگلکاری‌ها روی خاک‌هایی حاصلخیزتر و در مناطقی با آماده‌سازی عرصه و به‌کارگیری کودهای شیمیایی بین فواصل بهره‌برداری به نسبت کوتاه انجام شود. تغییرات بیولوژیکی در شرایط خاک در محیطی طبیعی، به نظر می‌رسد نتیجه درازمدت اثرها و مراحل خاک-گیاه باشد که در این صورت شرایط خاک ممکن است در برابر به هم خوردگی آن واکنش نشان دهد. بنابراین به نظر می‌رسد رقابت شدید برای جذب عناصر غذایی و آب در طی مرحله رشد سریع اکالیپتوس‌ها، ممکن است بیش از اثرهای مستقیم مواد سمی اکالیپتوس‌ها بر خاک و دیگر گیاهان، بر عرصه جنگلکاری اثر بگذارد (Florence, 1986). با به‌کارگیری روش‌های جنگلکاری دقیق‌تر، اکالیپتوس قادر است با صرف مواد غذایی کمتر یا به‌طور اساسی با هزینه تغذیه‌ای کمتر (استهلاک مواد غذایی)، چوب تولید کند. روش‌های جنگلکاری ممکن است شامل به‌کارگیری دوره‌های بهره‌برداری طولانی‌تر (دست‌کم ۲۰ تا ۳۰ ساله)، جلوگیری از برداشت خاکبرگ، ممانعت از سوزاندن ضایعات جنگل، استفاده از گیاهان خانواده Leguminosae در چرخه تولیدی جنگل و استفاده از روش‌های عملیاتی با کمترین حد فرسایش و از دست‌دادن حاصلخیزی خاک

بیولوژیک ضعیف است (قرانی، ۱۳۸۲). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز در جدول ۱ آورده شده است.

- پوشش گیاهی همراه

گونه‌های درختی و درختچه‌ای بومی با فراوانی بسیار کم و به صورت خیلی پراکنده در عرصه و زیرآشکوب درختان وجود دارند.

- نمونه برداری برگ

در هر واحد آزمایشی که دارای فقط یک گونه اکالیپتوس بود، سه درخت به صورت تصادفی به نحوی انتخاب شدند که درخت یا درختچه همراه بومی وجود نداشته باشد. همچنین از یک سوم قسمت بالای تاج درختان، شاخه‌هایی در چهار جهت جغرافیایی قطع و برگ آنها به اندازه نیاز نمونه برداری شد. نمونه برداری برگ‌ها در آخر مرداد ۱۳۸۶ انجام گرفت، زیرا براساس منبع (Attwill & Adams, 1996)، در این فصل درخت به بیشترین اندازه رشد می‌رسد و عناصر غذایی در برگ‌ها تثبیت می‌شوند. برای نمونه برداری از برگ‌های کامل که به بیشترین حد رشد خود رسیده بودند، استفاده شد، زیرا عناصر غذایی آنها نسبت به برگ‌های کوچک و متوسط، بیشتر است. همچنین سعی شد نمونه‌ها از جهت‌های مختلف برداشت شوند. با توجه به شش گونه موجود و چهار تکرار، تعداد کل نمونه‌ها ۷۲ عدد بود. با توجه به ارتفاع زیاد درختان، نمونه برداری بسیار مشکل بود که با استفاده از نردبان بلند و افراد بومی که توانایی بالا رفتن از درخت را داشتند، انجام گرفت. نمونه‌های برداشت شده در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و برای خشک کردن و ادامه کار به آزمایشگاه انتقال یافت. برگ‌ها در داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز قرار داده شدند تا خشک شوند و سپس آسیاب شدند تا به پودر تبدیل شوند. پس از عصاره‌گیری نمونه‌ها، عناصر اصلی آنها شامل ازت، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شد. برای بررسی اندازه سه عنصر یادشده در خاک، در هر واحد آزمایشی با به کارگیری اوگر، نمونه برداری خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری سطح خاک صورت گرفت. در برگ‌ها و خاک‌ها، ازت کل به روش کج‌لدال، فسفر کل به روش کالریتری (رنگ آبی با اسید اسکوربیک) و قرائت شدت رنگ با دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم کل به روش فلیم فتومتر، درصد کربن آلی به روش

باشد (O'Connell & Grove, 1991). متخصصان شرکت Aracruz در برزیل که دارای بیش از سه میلیون هکتار جنگلکاری اکالیپتوس است، گزارش کرده‌اند که اگر مدیریت علمی در جنگلکاری اکالیپتوس اجرا شود، اکالیپتوس موجب فرسایش خاک و وارد شدن فشار و صدمه به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نمی‌شود (Anonymous, 2008).

هدف این پژوهش، بررسی احتمال تأثیر منفی جنگلکاری اکالیپتوس بر حاصلخیزی خاک و تغذیه گونه‌های مختلف اکالیپتوس و اختلاف شش گونه مورد بررسی از نظر سه عنصر ازت، پتاسیم و فسفر در برگ‌هاست.

## مواد و روش‌ها

- سابقه کاشت گونه‌های اکالیپتوس

در ایستگاه شیخ‌نشین شرکت سهامی جنگل سفارود که در شمال رضوانشهر در استان گیلان قرار دارد، آزمایش کمی و کیفی شش گونه اکالیپتوس شامل *E. camaldulensis*، *E. viminialis*، *E. saligna*، *E. rubida*، *E. maidenii* و *E. macarthurii* انجام گرفته است. نهال‌ها در سال ۱۳۶۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار به تعداد ۱۰۰ اصله در هر کرت، با فاصله ۲×۲ متر کاشته شدند. در هر کرت یا واحد آزمایشی فقط یک گونه کاشته شد. به عبارت دیگر، هیچ گونه آمیختگی میان گونه‌های اکالیپتوس وجود نداشت.

- شرایط آب و هوایی ایستگاه

میانگین بارندگی سالیانه ۱۰۳۴ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت سالیانه و حداقل و حداکثر مطلق آن به ترتیب ۱۶، ۳/۶- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد، مدت یخبندان در سال ۱۴ روز، طول دوره خشکی ۶۰ روز و نوع اقلیم بر اساس شاخص خشکی دومارتن خیلی مرطوب است (قرانی، ۱۳۸۲).

- وضعیت خاک

تیپ خاک سدوگلی (براساس رده‌بندی FAO) همراه با لکه‌های هیدرومورفی (معادل Aqualls در رده‌بندی USDA)، بافت رسی سنگین، واکنش اسیدی (pH حدود ۵/۵ تا ۶)، ازت کل در سطح خاک در حد مطلوب، فسفر ضعیف، پتاسیم در حد متوسط، زهکشی ناقص و فعالیت

خاک، با به کارگیری نرم افزار SAS، استفاده شد. در مورد رابطه رگرسیون، رابطه میان هریک از درصد عناصر ازت، فسفر و پتاسیم در برگ های اکالیپتوس به عنوان تابع با هفت خصوصیت مختلف خاک، شامل اسیدیته، کربن، مواد آلی، رابطه کربن به ازت، فسفر، پتاسیم و ازت به عنوان متغیر، بررسی شد. شایان توضیح است که نویسندگان در تمام واحدهای آزمایشی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای تحقیق را پیش از این به صورت جداگانه انجام داده بودند که در جدول ۱ به نمایش گذاشته شده است و در بخش نتایج به آن پرداخته خواهد شد.

Anne، درصد مواد آلی به روش Anne یا حاصل ضرب درصد کربن آلی در ضریب ۱/۷۲ اندازه گیری شد و رابطه C/N نیز محاسبه شد (حبیبی کاسب، ۱۳۶۱).

- تجزیه و تحلیل داده ها

از روش تجزیه واریانس، آزمون دانکن و تجزیه رگرسیون خطی چندگانه به ترتیب برای آزمون معنی دار بودن اثر تیمارها بر اندازه عناصر غذایی درون برگ ها، آزمون معنی دار بودن تفاوت میان تیمارها یا گونه های اکالیپتوس با توجه به صفت اندازه گیری شده و بررسی رابطه رگرسیون میان هریک از عناصر غذایی برگ و دیگر صفات مرتبط

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک واحدهای آزمایشی اکالیپتوس در ایستگاه شیخ نشین شرکت شفاورد

تیمارها	خصوصیات خاک	تکرار	pH	درصد کربن	درصد مواد آلی	درصد ازت	نسبت کربن به ازت	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
	<i>E. macarthurii</i>	۱	۶/۰	۴/۵۵	۷/۸۲	۰/۱۵	۳۰/۳	۳/۸	۱۰۵
	<i>E. camaldulensis</i>	۱	۵/۸	۳/۳۸	۵/۸۱	۰/۱	۳۳/۸	۹/۷۵	۱۱۰
	<i>E. viminalis</i>	۱	۵/۹	۲/۵۸	۴/۴۳	۰/۱۱	۲۳/۵	۶/۹۱	۱۳۵
	<i>E. saligna</i>	۱	۵/۷	۳/۹۳	۶/۷۵	۰/۱۳۴	۲۹/۳	۴/۱۲	۱۸۰
	<i>E. rubida</i>	۱	۵/۸	۳/۶۹	۶/۳۴	۰/۱۲۸	۲۸/۸	۹/۳۳	۱۶۰
	<i>E. maidenii</i>	۱	۵/۸	۲/۴۶	۴/۲۳	۰/۰۷	۳۵/۱	۶/۷۳	۱۲۵
	میانگین تکرار ۱	—	۵/۸	۳/۴۳	۵/۹	۰/۱۲	۳۰/۲	۶/۷۷	۱۳۵/۸
	<i>E. macarthurii</i>	۲	۵/۸	۳/۸۷	۶/۶۵	۰/۱۳۴	۲۸/۹	۷/۲۱	۱۱۵
	<i>E. camaldulensis</i>	۲	۵/۷	۳/۳۸	۵/۸۱	۰/۱۰۶	۳۱/۹	۹/۴۳	۱۲۰
	<i>E. viminalis</i>	۲	۵/۶	۳/۰۷	۵/۲۸	۰/۱۲۸	۲۴/۰	۸/۰۱	۹۵
	<i>E. saligna</i>	۲	۵/۷	۲/۱۵	۳/۶۹	۰/۰۸۴	۲۵/۶	۱۰/۰۱	۱۶۰
	<i>E. rubida</i>	۲	۵/۹	۲/۷۶	۴/۷۴	۰/۰۷۶	۳۶/۳	۷/۸۲	۱۲۵
	<i>E. maidenii</i>	۲	۵/۹	۳/۴۴	۵/۹۱	۰/۰۹۵	۳۶/۲۱	۱۰/۰	۱۸۵
	میانگین تکرار ۲	—	۵/۸	۳/۱۱	۵/۳۵	۰/۱۰	۳۰/۴۸	۸/۷۵	۱۳۳/۳
	<i>E. macarthurii</i>	۳	۵/۷	۲/۸۹	۴/۹۷	۰/۰۶۷	۴۳/۱۳	۶/۹۱	۱۹۰
	<i>E. camaldulensis</i>	۳	۵/۷	۲/۹۵	۵/۰۷	۰/۱۴	۲۱/۰۷	۹/۱۶	۸۵
	<i>E. viminalis</i>	۳	۵/۸	۳/۹۹	۶/۸۶	۰/۱۵۱	۲۶/۴۲	۸/۲۱	۷۰
	<i>E. saligna</i>	۳	۵/۷	۲/۰۹	۳/۵۹	۰/۰۷۲	۲۹/۰۳	۶/۴	۸۵
	<i>E. rubida</i>	۳	۶/۰	۱/۸۴	۳/۱۶	۰/۰۵۲	۳۵/۳۸	۹/۶۱	۱۰۰
	<i>E. maidenii</i>	۳	۵/۷	۳/۰۷	۵/۲۸	۰/۱۳۴	۲۲/۹۱	۷/۳	۱۹۰
	میانگین تکرار ۳	—	۵/۸	۲/۸۱	۴/۸۲	۰/۱۰	۲۹/۶۶	۷/۹۳	۱۲۰
	<i>E. macarthurii</i>	۴	۵/۸	۲/۰۹	۳/۵۹	۰/۰۸۹	۲۳/۴۸	۴/۷۲	۱۱۵
	<i>E. camaldulensis</i>	۴	۵/۸	۲/۸۹	۴/۹۷	۰/۰۷۲	۴۰/۱۴	۹/۲	۸۰
	<i>E. viminalis</i>	۴	۵/۷	۴/۱۸	۷/۱۸	۰/۱۴	۲۹/۸۶	۷/۸۱	۱۴۵
	<i>E. saligna</i>	۴	۵/۷	۳/۰۷	۵/۲۸	۰/۱۲۸	۲۳/۹۸	۱۰/۵۱	۷۵
	<i>E. rubida</i>	۴	۶/۵	۲/۹۵	۵/۰۷	۰/۱۰	۲۹/۵۰	۸/۳۲	۷۵
	<i>E. maidenii</i>	۴	۵/۴	۳/۳۸	۵/۸۱	۰/۱۱۲	۳۰/۱۸	۵/۹۳	۸۵
	میانگین تکرار ۴	—	۵/۸	۳/۰۹	۵/۳۲	۰/۱۱	۲۹/۵۲	۷/۷۵	۹۵/۸
	میانگین کل	—	۵/۸	۳/۱۱	۵/۳۵	۰/۱۵	۳۰/۳۳	۷/۸	۱۲۱/۳

## نتایج

کمترین مقدار در گونه *E. maidenii* بود و میان پنج گونه دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج آزمون رابطه رگرسیون خطی چندمتغیره میان عناصر غذایی برگ‌ها و خصوصیات خاک نشان داد که درصد پتاسیم برگ اکالیپتوس فقط با دو ویژگی خاک شامل فسفر ( $R^2=0/2208, p>0.05$ ) و پتاسیم ( $R^2=0/3415, p>0.05$ ) در سطح اطمینان ۹۵ درصد، رابطه معنی‌دار دارد. البته رابطه آن با فسفر مثبت و با پتاسیم منفی بود. درصد فسفر برگ فقط با درصد فسفر خاک ( $R^2=0/1715, p>0.05$ )، در سطح اطمینان ۹۵ درصد، رابطه معنی‌دار داشت و همبستگی آنها مثبت بود. درصد ازت برگ‌های اکالیپتوس با هیچ‌کدام از خصوصیات خاک رابطه معنی‌دار نداشت، بنابراین رابطه درصد پتاسیم و فسفر برگ‌های اکالیپتوس با درصد فسفر خاک مثبت است که با افزایش فسفر خاک، مقدار فسفر و پتاسیم برگها افزایش می‌یابد، اما با افزایش پتاسیم خاک، پتاسیم برگ افزایش پیدا نمی‌کند.

درصد ازت، فسفر و پتاسیم برگ‌ها در سطح شش گونه اکالیپتوس و چهار تکرار، در جدول ۲ و نتایج تجزیه واریانس و آزمون دانکن داده‌ها، به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود میان تکرارها از نظر درصد ازت، فسفر و پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما میان تیمارها فقط از نظر درصد ازت اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. با توجه به جدول ۲، با اینکه میان گونه‌های اکالیپتوس از نظر درصد پتاسیم و فسفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، گونه‌ها به سه گروه متفاوت طبقه‌بندی شده‌اند. از نظر درصد پتاسیم، بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به گونه‌های *E. camaldulensis* و *E. maidenii* بود و میان چهار گونه باقی‌مانده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. از نظر درصد فسفر، بیشترین مقدار در دو گونه *E. rubida* و *E. viminalis* و کمترین مقدار در گونه *E. maidenii* بود. از نظر درصد ازت نیز،

جدول ۲- زیتوده برگ، مقدار ذخیره کربن برگ و مقدار جذب  $CO_2$  از جو توسط برگ‌های درختان بنه در کل باغ و در واحد سطح

تکرارها	تیمارها	ازت	فسفر	پتاسیم
۱	<i>E. macarthurii</i>	۱/۴۶۷	۰/۲۲۷	۱/۲۳۳
۱	<i>E. camaldulensis</i>	۱/۷۶۷	۰/۳۰۰	۲/۱۶۷
۱	<i>E. viminalis</i>	۱/۸۰۰	۰/۲۸۷	۱/۵۳۳
۱	<i>E. saligna</i>	۲/۱۳۳	۰/۲۳۳	۱/۶۳۳
۱	<i>E. rubida</i>	۱/۸۶۷	۰/۲۷۳	۲/۳۰۰
۱	<i>E. maidenii</i>	۱/۲۰۰	۰/۲۲۳	۱/۲۰۰
میانگین تکرار ۱	—	۱/۷۱	۰/۲۵۷	۱/۶۸
۲	<i>E. macarthurii</i>	۱/۷۶۷	۰/۲۹۷	۲/۱۳۳
۲	<i>E. camaldulensis</i>	۱/۹۳۳	۰/۲۸۰	۲/۸۳۳
۲	<i>E. viminalis</i>	۱/۸۶۷	۰/۲۶۷	۱/۸۳۳
۲	<i>E. saligna</i>	۲/۰۳۳	۰/۲۶۳	۱/۹۶۷
۲	<i>E. rubida</i>	۱/۶۰۰	۰/۳۰۳	۱/۷۳۳
۲	<i>E. maidenii</i>	۱/۶۰۰	۰/۲۸۰	۱/۶۳۳
میانگین تکرار ۲	—	۱/۸	۰/۲۸۲	۲/۰۲۲
۳	<i>E. macarthurii</i>	۱/۹۰۰	۰/۲۳۰	۱/۴۶۷
۳	<i>E. camaldulensis</i>	۱/۸۶۷	۰/۲۵۳	۲/۵۳۳
۳	<i>E. viminalis</i>	۱/۸۳۳	۰/۳۴۰	۲/۵۳۳
۳	<i>E. saligna</i>	۱/۶۳۳	۰/۲۸۰	۲/۲۰۰
۳	<i>E. rubida</i>	۱/۷۳۳	۰/۳۰۰	۲/۲۶۷
۳	<i>E. maidenii</i>	۱/۴۰۰	۰/۲۰۳	۱/۹۳۳
میانگین تکرار ۳	—	۱/۷۲۸	۰/۲۶۸	۲/۱۵۵
۴	<i>E. macarthurii</i>	۱/۹۶۷	۰/۲۴۳	۲/۴۰۰
۴	<i>E. camaldulensis</i>	۱/۸۰۰	۰/۲۲۷	۲/۳۶۷
۴	<i>E. viminalis</i>	۱/۷۳۳	۰/۲۷۷	۱/۷۳۳
۴	<i>E. saligna</i>	۱/۳۳۳	۰/۲۵۷	۱/۹۶۷
۴	<i>E. rubida</i>	۱/۹۰۰	۰/۲۵۰	۲/۳۶۷
۴	<i>E. maidenii</i>	۰/۹۶۷	۰/۲۲۳	۱/۵۰۰
میانگین تکرار ۴	—	۱/۶۲	۰/۲۴۶	۲/۰۵۶
میانگین کل	—	۱/۷۱۳	۰/۲۶۳	۱/۹۷۸

اعلام کردند، از نظر ازت و پتاسیم در حد متوسط و از نظر فسفر زیاد است. البته براساس گزارش همین منبع، درصد عناصر ازت، فسفر و پتاسیم در برگ گیاهان مختلف به ترتیب از ۲-۶، ۰/۰۵-۲ و ۰/۱-۱۲ درصد متغیر است. گزارش‌های پژوهشگران دیگری مانند Wise & Pitman (1981) و Negi & Sharma (1996) حاکی است که در نقاط حاصلخیز هند که دارای جنگلکاری‌های *E. saligna*، *E. viminalis* و به‌طور کلی اکالیپتوس هستند، مقدار ازت برگ‌ها به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۴۳، ۱/۵۴ و ۱/۵۹ درصد، مقدار فسفر به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۲۴ و ۰/۲۴ درصد و مقدار پتاسیم به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۸۸ و ۱/۰۴ درصد است که با نتایج این تحقیق همسو است. مقادیر این سه عنصر در مناطق غیر حاصلخیز هند و در برگ جنگلکاری‌های اکالیپتوس (به‌طور کلی) و گونه‌های *E. globulus* و *E. camaldulensis*، در مورد ازت به ترتیب ۰/۱۳، ۱/۴ و ۱/۱۲ درصد، در مورد فسفر به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۱۲ و ۰/۱۱ درصد و در مورد پتاسیم به ترتیب ۰/۶۴، ۰/۸۱ و ۱/۶۵ درصد است.

مقدار این سه عنصر در برگ گونه *E. camaldulensis* در منطقه تاندوجام پاکستان که تحت تنش شوری است، به ترتیب ۰/۱۰، ۰/۸۹ و ۰/۱۰ درصد است (Shirazi et al., 2006) که به جز ازت، مقدار فسفر و پتاسیم آن نسبت به محل تحقیق حاضر کمتر است. کمترین مقدار عنصرهای ازت، فسفر و پتاسیم از آن گونه *E. maidenii* بود. سردابی (۱۳۸۷)، بیشترین مقدار لاشبرگ در قطعه آزمایشی اکالیپتوس در سال ۱۳۸۴ را به این گونه متعلق دانست و ادامه داد که گونه‌های دارای فسفر بیشتر در خاک زیر پوشش، لاشبرگ کمتری داشتند و موجب کاهش کمتر pH خاک شدند. همچنین این گونه به داشتن اسانس فراوان در برگ‌های خود مشهور است و همین امر اثر منفی بر فعالیت موجودات زنده خاک، سبب معدنی شدن لاشبرگ‌ها و حاصلخیزی خاک می‌شود و به کاهش بیشتر pH خاک زیر تاج و ظهور علائم کمبود در برگ‌های آن می‌انجامد.

رابطه رگرسیون میان پتاسیم برگ و فسفر خاک و همچنین فسفر برگ و فسفر خاک مثبت است، زیرا با افزایش فسفر و پتاسیم خاک، فسفر و پتاسیم برگ‌ها افزایش می‌یابد و از نظر تغذیه درختان اکالیپتوس و بازده

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تجزیه برگ‌های اکالیپتوس در قطعه آزمایشی جنگلکاری اکالیپتوس در ایستگاه شیخ‌نشین شرکت سفارود

منبع تغییرات	درجه آزادی	ازت (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)
تکرار	۳	۰/۱۰ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۷۸ ns
تیمار	۵	۰/۵۲ **	۰/۰۰۶ ns	۱/۱۷ ns
خطا	۶۳	۰/۱۶	۰/۰۰۳	۰/۵۴
ضریب تغییرات	—	۲۳/۶	۱۹/۴۹	۳۷/۲

ns معنی‌دار نیست، \*\* معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

جدول ۴- نتایج آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگین عناصر غذایی موجود در برگ شش گونه اکالیپتوس در ایستگاه

تیمارها	عناصر غذایی	برگ‌ها (درصد)
<i>E. camaldulensis</i>	پتاسیم	ازت
	۲/۴۷ a*	۰/۲۶ ab
<i>E. macarthurii</i>	۱/۸۱ ab	۰/۲۵ ab
<i>E. maidenii</i>	۱/۵۷ b	۰/۲۳ b
<i>E. rubida</i>	۲/۱۷ ab	۰/۲۸ a
<i>E. saligna</i>	۱/۹۴ ab	۰/۲۶ ab
<i>E. viminalis</i>	۱/۹۱ ab	۰/۲۹ a

\*حروف مشابه انگلیسی نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میان تیمارها از نظر صفات مورد بررسی است.

## بحث

با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار میان تکرارها یا بلوک‌ها در قطعه اکالیپتوس از نظر اندازه عناصر غذایی موجود در برگ‌ها، خوشبختانه این موضوع نشان‌دهنده یکنواختی بستر جنگلکاری و دقت علمی این تحقیق است.

نتایج این تحقیق تا حدود زیادی با نتایج Zewide (2008) مشابه است، زیرا مقدار عناصر غذایی در اغلب اندام‌های درختان *E. globulus* پس از جنگلکاری، به صورت معنی‌داری تغییر نکرد. میانگین ازت برگ‌ها از ۱/۶۲ تا ۱/۸ درصد متغیر بود، در حالی که میانگین فسفر از ۰/۲۴۶ تا ۰/۲۸۲ درصد و میانگین پتاسیم از ۱/۶۸ تا ۲/۱۵۵ درصد متغیر بود. این مقادیر براساس نتایجی که Baruah & Barthaku (1997)

اکالیپتوس‌ها همراه با پهن‌برگان بومی تندرشد مانند توسکا کاشته شوند. پیش از این، مرحوم دکتر حبیبی کاسب (۱۳۷۱) در کتاب مبانی خاک‌شناسی جنگل نیز چنین توصیه کرده بود و جزیره‌ای (۱۳۷۱) نیز ممکن است به همین دلیل در سال ۱۳۶۶ گونه‌ی توسکای ییلاقی را به همراه هشت گونه‌ی اکالیپتوس در قطعه‌ی تحقیقاتی سیاهکش شرکت شفاورد در قالب طرح تحقیقاتی منطقه‌ای با عنوان «بررسی سازگاری چند گونه‌ی اکالیپتوس در دامنه‌های شمالی البرز» کاشته باشد که نتایج مقدماتی موفقیت گونه‌ها در قالب گزارش سالانه منتشر شده است (جزیره‌ای، ۱۳۷۱). بدیهی است در صورت بهره‌برداری کوتاه‌مدت از اکالیپتوس در این نوع خاک، برای پایداری جنگلکاری، بکارگیری کود شیمیایی یا حیوانی برای رفع کمبود احتمالی عناصر غذایی در خاک ضروری است. پیش از این نیز (Laclau et al., 2003) در شرایط مشابه چنین توصیه‌ای را مطرح کرده بودند.

### سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولان و کارکنان محترم شرکت سهامی جنگل شفاورد، به‌ویژه آقای مهندس حمید سیف‌اللهیان معاون محترم اجرایی و آقای مهندس قرآنی مسئول محترم تحقیقات شرکت در تاریخ اجرای تحقیق در سال ۱۳۸۶، صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

### منابع

بی‌نام، ۱۳۸۳. <http://sepidar3.persianblog.ir/1383/7/#51>.  
حبیبی کاسب، حسین، ۱۳۶۱. روش‌های اندازه‌گیری خاک، پلی‌کی‌دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳۱ ص.  
حبیبی کاسب، حسین، ۱۳۷۱. مبانی خاک‌شناسی جنگل، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۱۱۸، ۴۲۴ ص.  
جزیره‌ای، محمد حسن، ۱۳۷۱. بررسی سازگاری چند گونه‌ی اکالیپتوس در دامنه‌های شمالی البرز: گزارش پیشرفت کار در سال زراعی ۱۳۷۰-۱۳۷۱، گزارش شماره ۴ سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۵۹ ص.

کوددهی، مانعی پدید نخواهد آمد، اما پتاسیم برگ‌ها با پتاسیم خاک رابطه منفی دارد. علت چنین پدیده‌ای شاید این باشد که جذب پتاسیم در اکالیپتوس انتخابی است و گیاه، پتاسیم مورد نیاز خود را با استفاده از روش جذب انتخابی تامین می‌کند و افزایش غلظت پتاسیم در خاک در جذب بیشتر آن تأثیری ندارد. متأسفانه منبع موثقی در مورد جذب انتخابی پتاسیم در گیاهان بدست نیامد، ولی بی‌نام (۱۳۸۳) اظهار می‌دارد که غلظت پتاسیم در محلول خاک بستگی کامل به نوع معدنی‌های رس آن دارد و خاک‌هایی که مقدار زیادی ایلیت دارند، پتاسیم را به‌طور انتخابی جذب می‌کنند، به‌طوری که غلظت پتاسیم در محلول خاک همیشه کم است. همچنین جعفری و باقرنژاد (۱۳۸۶) گزارش کردند که به‌علت تثبیت پتاسیم در خاک‌های رسی، ممکن است پتاسیم قابل جذب کم باشد. (Nourbakhsh et al., 2000) نیز تحقیقات مشابهی دارند. البته در خاک‌هایی که چنین خصوصیتی ندارند، مقدار پتاسیم خاک با پتاسیم برگ‌ها همبستگی معنی‌دار و مثبتی دارد و مصرف کودهای پتاسیمی علاوه بر افزایش رشد رویشی در برگ‌ها، موجب افزایش غلظت پتاسیم در برگ‌ها به‌صورت معنی‌دار می‌شود (منوچهری و ملکوتی، ۱۳۸۰؛ شهبابیان و ملکوتی، ۱۳۸۴؛ شکری و همکاران، ۱۳۸۶). البته عدم همبستگی میان پتاسیم برگ‌های اکالیپتوس با پتاسیم موجود در خاک‌ها ممکن است ناشی از اثرهای رقابت میان پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک به‌هنگام جذب باشد. منوچهری و ملکوتی (۱۳۸۰) چنین موردی را در خصوص درخت سیب گزارش کرده‌اند. با توجه به مقدار مناسب سه عنصر غذایی اصلی در برگ درختان اکالیپتوس، به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که جنگلکاری گونه‌های مختلف اکالیپتوس روی خاک جنگلی سنگین، هیدرومورف و اسیدی در استان گیلان پس از ۲۴ سال، اثر منفی چشمگیری بر حاصلخیزی خاک نداشته است. همچنین یادآوری این مسئله ضروری است که بهتر است در روی خاک‌های سنگین، هیدرومورف و اسیدی مناطق مرطوب و خیلی مرطوب شمال ایران از به‌کارگیری گونه‌هایی از اکالیپتوس که برگ‌های ضخیم با اسانس فراوان دارند، در جنگلکاری پرهیز کرده و سعی کرد

- Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 206 pp.
- Baruah, T.C. & H.P. Barthakur, 1997. A text book of soil analysis, Vikas Publishing House PVT LTD, New Delhi, 334 pp.
- Coppen, J.J.W., 2002. *Eucalyptus*, The Genus *Eucalyptus*, Taylor and Francis, London, 432 pp.
- Cromer, R.N., D. Cameron, J.N. Cameron, D.W. Flinn, W.A. Neilsen, M. Raupach, P. Snowdon & H.D. Waring, 1981. Response of eucalypt species to fertilizer applied soon after planting at several sites, *Australian Forestry*, 44: 3-13.
- Cromer, R.N., P.A. Ryan, T.H. Booth, D. M. Cameron & S.I. Rance, 1991. Limitations to productivity of *Eucalyptus grandis* plantations in Sub-tropical Australia, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne, 133-146.
- Florence, R.G., 1986. Cultural problems of *Eucalyptus* as exotics, *Commonwealth Forestry Review*, 65(2): 141-164.
- Khanna, P.K., R.J. Raison & J. Bauhus, 1991. Constraints to nitrification in Soils under *Eucalyptus* native Forests, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 202.
- Laclau, J., P. Deleporte, J. Ranger, J. Bouillet & G. Kazotti, 2003. Nutrient dynamics throughout the rotation of *Eucalyptus* clonal stands in Congo, *Annals of Botany*, 91: 879-892.
- Negi, J.D.S. & S.C. Sharma, 1996. Mineral nutrition and resource conservation in *Eucalyptus* plantations and other forest covers in India, In: Attwill, P.M. & M.A. Adams (Eds.). Nutrition of *Eucalypts*, CSIRO, Australia, 399-416.
- Nourbakhsh, F., M. Kalbasi & F. Rafiei, 2000. A study on potassium adsorption isotherms in some soils, *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*, 14(2): 130-140.
- O'Connell, A.M., 1991. Management of the slash residues after thinning of regrowth Karri Forest, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 212.
- O'Connell, A.M. & T.S. Grove, 1991. Processes contributing to the nutritional resilience or vulnerability of Jarrah and Karri Forests in Western Australia, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 180-197.
- Pryor, L.D., 1963. Ash bed growth response as a Key to plantation establishment on poor soils. *Australian Forestry Journal*, 27: 48-51.
- جعفری، سیروس و محمد باقرنژاد، ۱۳۸۶. اثرات تر و خشک شدن و سیستم‌های کشت بر تثبیت پتاسیم در برخی از خاک‌ها و رس‌های خوزستان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۴): ۷۷-۸۸.
- سردابی، حسین، احمد رحمانی، بهنام حمزه، محمود قرانی و اسلام پارسا، ۱۳۸۷. اثر جنگلکاری گونه‌های مختلف اکالیپتوس بر پوشش گیاهی کف عرصه و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک، گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی خاتمه یافته، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۶۷ ص.
- شکری، واحد حسن، مسعود کاووسی و حسام مجللی، ۱۳۸۶. ارزیابی آزمایشگاهی و صحرایی عصاره‌گیرهای مختلف جهت تعیین پتاسیم قابل دسترس گیاه برنج، علوم کشاورزی ایران، ۳۸(۲): ۲۰۳-۱۹۱.
- شهبان، مهرداد و محمد جعفر ملکوتی، ۱۳۸۴. اثر منابع وسطوح پتاسیم در کمیت و کیفیت برگ توت در گیلان، علوم خاک و آب، ۱۹(۱): ۱۶-۹.
- قرانی، محمود، ۱۳۸۲. پژوهشی پیرامون سازگاری و رشد اکالیپتوس در حوزه جنگلهای شرکت شفارود، در مجموعه مقالات همایش ملی فرآوری و کاربرد مواد سلولز، رضوانشهر گیلان، ۵۸-۵۴.
- منوچهری، ساسان و محمد جعفر ملکوتی، ۱۳۸۰. اثربخشی نوع و مقادیر کودهای پتاسیمی بر شاخص‌های رشد، غلظت عناصر معدنی و کیفیت میوه در درختان سیب، علوم خاک و آب، ۱۵(۲): ۱۷۹-۱۶۸.
- Anonymous, D., 2008. *Eucalyptus trees and environment*, Aracruz Corporate Communications Department, Brazil, 36 pp.
- Attwill, P.M., 1962. Effect of heat pretreatment of Soil on growth of *Eucalyptus obliqua* seedlings, in Proceedings of Third General Conference of the Institute of Forests of Australia, University of Melbourne, 9-23.
- Attwill, P.M. & M.A. Adams, 1996. Nutrition of *Eucalypts*, CSIRO Publishing, Australia, 440 pp.
- Barker, T.G., M. King, M.A. Rab, J. Maheswaran & A. Pearson, 1991. Spatial variation in Soil disturbance and Seedling growth in harvested and regenerating *Eucalyptus regnans*, in Proceedings of



Shirazi, M.U., M.A. Khan, M. Ali, S.M. Mujtaba, S. Mumtaz, M. Ali, B. Khanzada, M.A. Halo, M. Rafique, J.A. Shah, K.A. Jafri & N. Depar, 2006. Growth performance and nutrient contents of some salt tolerant multipurpose tree species growing under saline environment, *Pakistan Journal of Botany*, 38(5): 1381-1388.

Tome, M. & J.S. Pereira, 1991. Growth and management of Eucalypt plantations in Portugal, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 147-157.

Weston, C.J., 1991. Factors limiting the growth of *Eucalyptus* across a range of sites in Gippsland, Victoria, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 158-159.

Weston, C.J. & P.M. Attiwill, 1991. Recovery of nutrient cycling following disturbance in *Eucalyptus regnans* forests, in Proceedings of Third Australian Forest Soils and Nutrition Conference, Melbourne: 204.

Wise, P.K. & M.G. Pitman, 1981. Nutrient removal and replacement associated with short rotation eucalypt plantations, *Australian Forestry Journal*, 44: 142-152.

Zewide, M., 2008. Temporal changes of biomass production, soil properties and ground flora in *Eucalyptus globulus* plantations in the Central Highlands of Ethiopia. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Forest Soils, Uppsala, Sweden, 74 pp.

## Comparison of some macro-nutrient elements in foliar of six eucalypt species at a 24 year-old plantation

H. Sardabi<sup>\*1</sup>, A. Rahmani<sup>1</sup>, B. Hamze<sup>2</sup>, M.H. Assareh<sup>3</sup> and M. Ghorani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Assistant prof., Division of Forest Research, Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran

<sup>2</sup>Senior Research Expert, Division of Botany, Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran

<sup>3</sup>Prof., Division of Biotechnology, Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran

<sup>4</sup>Senior Research Expert, Shafaroud Forest Joint Stock Company, Gilan Province, I. R. Iran

(Received: 20 March 2010, Accepted: 13 February 2011)

### Abstract

Studying the soil and eucalypt relationships is essential for eucalypts plantation and avoidance of their negative effects on soil productivity. For this purpose, eucalypt species trial consisting of six species (*E. camaldulensis*, *E. macarthurii*, *E. maidenii*, *E. rubida*, *E. saligna*, and *E. viminalis*) planted in 1983 was conducted. Randomized Complete Blocks with four replicates at 2 x 2 m spacing and total number of 100 seedlings at each plot was used for this research. At each plot, three trees were randomly selected and leaf sampling was done for each tree at 1/3 of upper height at the end of summer. The aim of the study was to investigate the nutrients of six eucalypt species planted at Guilan province, Iran. The results showed that there was not significant difference among the replicates regarding the amount of N, P and K, but there was significant difference between the eucalypt species in respect to amount of N. There was significant correlation between K% and P% of eucalypt leaves and some soil characteristics.

**Key words:** Eucalyptus, Soil productivity, Leaf analysis, Nitrogen, Phosphorus.