

## رابطه تنفس میکربی و کربن زی توده میکربی با ماده آلی خاک در تیپ‌های مختلف جنگل راش آمیخته

هاشم حبشی\*

استادیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۳۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۴

### چکیده

تنفس میکربی و کربن زی توده میکربی خاک دو شاخص مهم زیستی برای ارزیابی کیفیت رویشگاه هستند که می‌توان به کمک آن‌ها سلامت اکوسیستم و سرعت چرخش کربن در تیپ‌های جنگلی حین فرآیند تجزیه لاش‌ریزه را تعیین کرد. هدف از این تحقیق تعیین رابطه تنفس میکربی خاک و کربن زی توده میکربی با ماده آلی خاک در تیپ‌های جنگل راش آمیخته در قطعه دائمی پارسل ۳۲ جنگل شصت کلاته است. ۹۰ قطعه نمونه به صورت منظم - تصادفی انتخاب و مشخصات درختان یادداشت و از خاک نمونه شد. تنفس میکربی خاک به روش ظروف دربسته، کربن زی توده میکربی خاک به روش تدخین-استخراج و ماده آلی خاک به روش والکلی-بلک در نمونه‌های خاک تعیین شد. تحلیل‌ها توسط رگرسیون خطی، آنالیز واریانس و آزمون دانکن انجام شد. چهار تیپ درختی راش خالص، راش-ممرز، راش-افرا و آمیخته در منطقه شناسایی شد. نتایج تجزیه واریانس تنفس میکربی، کربن زی توده میکربی و ماده آلی خاک در تیپ‌های درختی نشان داد، بین تیپ راش خالص با دیگر تیپ‌ها تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد. نتایج رگرسیون خطی رابطه مثبت معنی داری بین تنفس میکربی، کربن زی توده میکربی و ماده آلی خاک نشان داد و ضریب تبیین ۸۹ درصد گویای نقش حائز اهمیت مواد آلی خاک در غنای میکربی و افزایش سرعت تجزیه لاش‌ریزه است. کیفیت و سلامت خاک رویشگاه در تیپ راش-ممرز به واسطه‌ی همراهی ممرز حداکثر بود، از این رو در نشانه‌گذاری جنگل حین عملیات جنگل‌شناسی بر حفظ ممرز توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنفس میکربی خاک، کربن زی توده میکربی، ماده آلی خاک، راش آمیخته.

## مقدمه

مدیریت‌ها و کاربری‌های مختلف اراضی باشد (Grecorich *et al.*, 1994; Aletta *et al.*, 2010). ماده آلی خاک با بهبود پایداری خاکدانه‌ها و کاهش فرسایش‌پذیری خاک در افزایش کیفیت و تکامل خاک نقش دارد. از این‌رو با اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک می‌توان نسبت به کیفیت خاک و مقدار تجزیه و بازگشت مواد آلی در چرخه عناصر غذایی اکوسیستم جنگل پی برد. Salehi و همکاران (2005) در بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی روی شاخص‌های کیفیت خاک نتیجه گرفتند که با تخریب پوشش گیاهی زمین، ماده آلی خاک کاهش می‌یابد. Jia و همکاران (2005) همبستگی مثبت معنی‌داری بین تنفس میکروبی خاک و کربن زی‌توده میکروبی گزارش کردند و نشان دادند که با افزایش مقدار کربن زی‌توده میکروبی خاک مقدار تنفس خاک و به‌تبع آن تجزیه مواد آلی خاک افزایش می‌یابد. Yousefi Fard و همکاران (2007) طی پژوهشی با هدف مقایسه برخی شاخص‌های کیفیت خاک در چهار کاربری اراضی نتیجه گرفتند که تغییر کاربری اراضی از عرصه‌های منابع طبیعی مانند جنگل به کاربری‌هایی که کشت و کار نقش اساسی را در آن‌ها ایفا می‌کند و خاک سطحی را در برابر فرسایش حساس می‌نماید، سبب کاهش تنفس میکروبی خاک، فسفر قابل دسترسی و ماده آلی خاک می‌شود. Ajami و همکاران (2006) بیان داشتند رابطه خطی مثبتی میان تنفس میکروبی خاک و کربن زی‌توده میکروبی با ماده آلی خاک وجود دارد. (Shalakar 2007) با بررسی تغییرپذیری مکانی برخی از شاخص‌های کیفیت خاک در تناوب‌های مختلف کشت برنج بیان کرد که بین تنفس میکروبی خاک و ماده آلی خاک همبستگی مثبت وجود دارد. Aghababaii and Raiisi (2008) اثرهای بوم‌شناختی مواد مختلف بر فعالیت زی‌توده میکروبی خاک را بررسی کردند. نتایج این

خاک منبع مهمی برای ذخیره کربن است به‌طوری‌که مقدار کل کربن نگه‌داشته شده در خاک برابر با  $1018 \times 1/394$  گرم کربن است، به همین دلیل خاک در گرم شدن کره زمین ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای حائز اهمیت است (Raich and Schlesinger, 1992). انتشار دی‌اکسید کربن خاک نتیجه تنفس به‌وسیله ریشه گیاهان، ریزگیگان و جانوران (فون) خاک است (Ying *et al.*, 2009). سهم تنفس ریشه نسبت به تنفس کل خاک‌های جنگلی در دامنه‌ی بین ۳۰ تا ۶۰ درصد است (Singh *et al.*, 2003; Tate *et al.*, 1993; Epron *et al.*, 1999). ریزجانداران خاک در تجزیه لاشبرگ‌های کف جنگل و تبدیل آن‌ها به مواد آلی خاک نقش مهمی دارند، از این‌رو انتظار می‌رود با افزایش تنفس خاک مقدار ماده آلی افزایش یابد. تنفس خاک همچنین به‌عنوان یک شاخص مهم ارزیابی کیفیت خاک و اندازه سلامت اکوسیستم مطرح است (Parkin *et al.*, 1996; Rey *et al.*, 2002). میکروبی‌های خاک شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها می‌باشند و معمولاً کمتر از یک درصد از حجم خاک را به خود اختصاص می‌دهند، درحالی‌که تعداد آن‌ها بسیار زیاد و تأثیر آن‌ها در فرایندهای خاک بسیار بااهمیت است (Rovira and Greacen, 1957). فعالیت متابولیکی و بیولوژیکی این بخش نقش اساسی در گردش انرژی، عناصر غذایی، تجزیه ماده آلی خاک و تنفس میکروبی حاصل از تجزیه ماده آلی خاک دارد (Bowden *et al.*, 1993). کربن زی‌توده میکروبی در خاک‌ها یکی از منابع قابل دسترس برای عناصر غذایی گیاهان و عاملی برای انتقال و چرخه کربن و عناصر غذایی است. علاوه بر این کربن زی‌توده میکروبی به‌علت پاسخ سریع به مدیریت‌های مختلف اراضی و تیپ‌های مختلف جنگلی می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی اثر

توده است، تأثیر زیادی بر جمعیت‌های میکربی، تجزیه لاش‌ریزه و در نهایت حاصلخیزی خاک خواهد داشت. هدف از تحقیق حاضر تعیین رابطه تنفس میکربی خاک، کربن زی توده میکربی با مقدار ماده آلی خاک در تیپ‌های جنگل راش آمیخته است. تیپ راش آمیخته یکی از مهم‌ترین و تولیدی‌ترین تیپ جنگل‌های شمال است و با توجه به نقش و اهمیت گونه راش از نظر جنبه‌های تجاری و به‌ویژه زیست‌محیطی، در مقیاس ملی و بین‌المللی برنامه‌ریزی برای پایداری، تداوم و بهبود توده‌های راش از اهمیت زیادی برخوردار است و بایست در خصوص کیفیت رویشگاه و خاک برای حفظ، احیاء و بهره‌برداری اطلاعات بیشتری تولید کرد.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد بررسی

این تحقیق در قطعه بررسی دائمی پارسل ۳۲ جنگل شصت کلاته با مساحت ۱۶/۹ هکتار (به ابعاد ۴۰۶ × ۴۱۶ متر) انجام شد. ارتفاع آن بین ۸۲۰ تا ۹۶۰ متر از سطح دریا متغیر است و دارای اقلیم خزری است. بر اساس کلیموگرام آمبرژه مقدار Q برابر با ۴۶/۷ است که گویای اقلیم نیمه مرطوب سرد است. زمین پارسل از سنگ‌های ماسه‌ای به همراه شیست متعلق به اوایل دوره مزوزوئیک تشکیل شده و خاک جنگلی به رنگ قهوه‌ای و بسیار عمیق با بافت لوم، سیلتی - رسی است. افق A در این خاک به ضخامت پنج تا ۱۰ سانتی‌متر، قهوه‌ای تیره و غنی از مواد آلی است و فعالیت بیولوژیکی خوبی در منطقه مشاهده می‌شود. جهت پارسل رو به غرب و قسمتی نیز رو به شمال است و شیب آن از ۱۵ تا ۳۵ درصد تغییر می‌کند. عرصه فوق از نظر شرایط توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب و همچنین ترکیب گونه‌ای در وضعیت به نسبت یکنواختی قرار دارد و وضعیت رویشگاه بیانگر

تحقیق نشان داد افزودن بقایای گیاهی و اسیدآمین به خاک افزایش چشمگیر تنفس میکربی خاک را به همراه خواهد داشت و همچنین کیفیت ماده اضافه‌شده به خاک، به‌ویژه میزان نیتروژن نقش بسیار مهمی در سرعت تجزیه و فعالیت میکربی دارد. به‌طور خلاصه اختلاف فاحش در سرعت تجزیه بقایای گیاهی نه تنها پویایی کربن و چرخه عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه تولید محصول و غلظت CO<sub>2</sub> در اتمسفر را نیز تغییر می‌دهد. Schaefer و همکاران (2009) طی تحقیقی تأثیر مقدار ورود کربن گیاه به خاک و عوامل محیطی را بر مقدار تنفس خاک بررسی کردند. چنین گزارش شد که مقدار کربن ورودی از گیاه به خاک و مقدار ماده آلی خاک عوامل مهم تأثیرگذار بر مقدار تنفس میکربی خاک هستند.

Kirsten و همکاران (2011) تغییرات ماده آلی خاک را در ارتباط با دی‌اکسید کربن اندازه‌گیری نمودند و مشخص شد که رابطه‌ی مثبت معنی‌داری بین افزایش ماده آلی و بالارفتن تنفس خاک و کربن زی‌توده میکربی وجود دارد. Aponte و همکاران (2014) بین سه تیپ جنگل بلوط، اثرهای تغییرات فصلی و عمق خاک را بر تغییرات ماده آلی خاک و کربن زی‌توده میکربی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش عمق خاک و تبدیل فصل مرطوب به فصل خشک، ماده آلی و کربن زی‌توده میکربی به‌صورت هم‌زمان کاهش می‌یابد. تغییر تیپ و ساختار جنگل با تغییر لاش‌ریزه ورودی، تأثیر معنی‌داری بر هر دو عامل داشت. Chavez-Vergara و همکاران (2014) در دو تیپ جنگل بلوط و شاه‌بلوط، تغییرات جمعیت‌های میکربی را با کیفیت ماده آلی بررسی کردند و مشاهده شد که ترکیب شیمیایی لاش‌ریزه ورودی به جنگل که متأثر از تیپ و ترکیب

متوسطی از راشستان های شرق هیرکانی است (Bahramnia, 1995).

برای بررسی و تعیین تیپ های درختی در سطح قطعه مورد بررسی، به روش منظم - تصادفی ۹۰ قطعه نمونه دایره ای به شعاع ۱۷/۸۴ متر برداشت شد و قطر برابرسینه درختان اندازه گیری شده و با استفاده از آن سطح مقطع کلیه درختان به تفکیک گونه محاسبه شد. سپس از روش تیپ بندی ویژه به منظور دسته بندی و تفکیک تیپ های درختی استفاده شد (Shataee, 2004). پنج نمونه خاک به وسیله اُگر (Auger Sampler) از عمق کمتر از ۲۰ سانتی متر خاک معدنی در هر قطعه نمونه برداشت شد و پس از مخلوط نمودن یک نمونه انتخاب شد. بلافاصله بعد از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه ۲۵ گرم نمونه تازه برای تعیین تنفس میکربی و کربن زی توده میکربی در ارلن قرار داده شد و مقداری از هر نمونه نیز برای تعیین ماده آلی خاک، در معرض هوا خشک شده و پس از کوبیده شدن از الک دو میلی متری عبور داده شد. تنفس میکربی با استفاده از روش ظروف در بسته (Closed Bottle Method) بر حسب میلی گرم CO<sub>2</sub> در روز (Anderson, 1982)، کربن زی توده میکربی خاک به روش تدخین - استخراج بر حسب میلی گرم کربن در خاک (Vance et al., 1987) و ماده آلی خاک به روش والکلی - بلک (Walkley- Black) بر حسب درصد (Nelson and Sommers, 1982) اندازه گیری شد. رابطه بین تنفس میکربی و ماده آلی خاک، توسط رگرسیون خطی تعیین شد و آماره های برازش مدل برای تشخیص بهترین مدل استفاده شد. برای بررسی روابط بین عوامل اندازه گیری شده خاک و تیپ های درختی از آنالیز واریانس و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ها استفاده شد.

## نتایج

تفکیک پوشش درختی در نهایت منجر به تشکیل چهار تیپ درختی در منطقه شد. گونه راش در سه تیپ درختی غالب بود و گونه اصلی که سبب تفکیک تیپ دوم از تیپ اول شد، گونه درختی افرا بود که به همراه راش در این تیپ قرار گرفت. تیپ سوم نیز به علت حضور گونه همراه ممرز از دو تیپ دیگر متمایز شد و در نهایت تیپ چهارم به علت حضور همه گونه ها و فقدان گونه غالب به نام تیپ آمیخته نام گذاری شد. گونه هایی چون خرمنندی، توسکا، انجیلی، ون، گیلاس وحشی و بارانک نیز در سطح منطقه مورد بررسی حضور داشتند، اما نتوانستند جزو گونه های اصلی در تیپ بندی باشند. از این رو در مجموع چهار تیپ راش، راش - افرا، راش - ممرز و آمیخته در منطقه شناسایی و تفکیک شد. در جدول ۱ خلاصه اطلاعات مربوط به رویه زمینی گونه های درختی در تیپ های تفکیک شده، ارائه شده است و همان گونه که ملاحظه می شود در تیپ اول تا سوم رویه زمینی گونه راش غالب است. در جدول ۲ مقدار تنفس میکربی، کربن زی توده میکربی خاک و ماده آلی هریک از تیپ ها آمده است. تجزیه واریانس تنفس میکربی، کربن زی توده میکربی و ماده آلی خاک در تیپ های درختی تفکیک شده انجام شد و مشخص شد تنها بین تیپ راش با دیگر تیپ ها تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد.

جدول ۱- میانگین  $\pm$  انحراف معیار رویه زمینی گونه‌های درختی (مترمربع در هکتار) در تیپ‌های مختلف راش آمیخته

Table 1. Average  $\pm$  standard deviation of tree ground basal area ( $m^2/ha$ ) in different mixed beech forest type

آمیخته Mixed	راش - ممرز Beech - Hornbeam	راش - افرا Beech - Maple	راش خالص Pure beech	گونه درختی Tree species
11.38 $\pm$ 6.20	21.36 $\pm$ 7.80	18.87 $\pm$ 8.40	20.36 $\pm$ 7.40	راش Beech
2.05 $\pm$ 0.30	1.76 $\pm$ 0.90	6.26 $\pm$ 3.70	0.01 $\pm$ 0.03	افرا Maple
6.48 $\pm$ 3.60	6.05 $\pm$ 3.40	2.04 $\pm$ 1.40	0.00 $\pm$ 0.00	توسکا Alder
4.94 $\pm$ 2.30	2.02 $\pm$ 1.70	2.72 $\pm$ 2.10	1.38 $\pm$ 0.60	انجیلی Persian Iron Wood
8.02 $\pm$ 3.50	7.38 $\pm$ 4.50	3.88 $\pm$ 2.60	0.97 $\pm$ 0.04	ممرز Hornbeam
0.81 $\pm$ 0.09	0.80 $\pm$ 0.03	0.25 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.01	خرمندی Date plum

جدول ۲- میانگین  $\pm$  انحراف معیار تنفس میکروبی ( $mg CO_2.day^{-1}$ )، کربن زی توده میکروبی ( $mg C.gr^{-1}$ ) و ماده آلی خاک (درصد) در تیپ‌های مختلف راش آمیخته

Table 2. Average  $\pm$  standard deviation microbial respiration ( $mg CO_2.day^{-1}$ ), microbial biomass C ( $mg C.gr^{-1}$ ) and organic matter (Percent) in different mixed beech forest type

آمیخته Mixed	راش - ممرز Beech - Hornbeam	راش - افرا Beech - Maple	راش خالص Pure beech	خاک Soil
1.196 $\pm$ 0.03a	0.206 $\pm$ 0.02a	0.199 $\pm$ 0.03a	0.126 $\pm$ 0.03b	تنفس میکروبی خاک Soil microbial respiration
12.15 $\pm$ 6.19a	13.14 $\pm$ 3.71a	13.13 $\pm$ 6.55a	4.68 $\pm$ 1.79b	کربن زی توده میکروبی Microbial biomass C
2.56 $\pm$ 1.22a	3.04 $\pm$ 1.07a	2.97 $\pm$ 1.30a	1.21 $\pm$ 0.26b	ماده آلی خاک Soil organic matter

### نتایج تجزیه و تحلیل CCA

با کربن زی توده میکروبی ۰/۹۴۲ محاسبه شد. نتایج حاصل از رگرسیون خطی گویای رابطه‌ی قوی ماده آلی خاک با تنفس میکروبی و کربن زی توده میکروبی خاک است. ضریب تبیین این روابط بین ۸۷ تا ۸۹ درصد به دست آمد.

همبستگی مثبت معنی داری (در سطح احتمال ۹۹ درصد) بین ماده آلی خاک با تنفس میکروبی و کربن زی توده میکروبی خاک وجود داشت، به نحوی که ضریب پیرسون بین ماده آلی خاک با تنفس میکروبی ۰/۹۳۴ و

$$\text{ماده آلی} \times 0.03 + 0.111 = \text{تنفس میکروبی خاک} \quad r^2 = 0.87 \quad (1) \text{ رابطه}$$

$$\text{کربن زی توده میکروبی خاک} \times 0.664 + 0.637 = \text{کربن زی توده میکروبی خاک} \quad r^2 = 0.89 \quad (2) \text{ رابطه}$$

## بحث

یکی از عملکردهای اساسی ماده آلی خاک تأمین انرژی برای انجام فعالیت‌ها و فرآیندهای زیستی خاک است (Baldock and Nelson, 1999). تغییر شکل کربن به وسیله فرآیندهای زیستی سبب تأمین انرژی برای خاکزیان می‌شود. ریزجانداران در تغییر شکل ماده آلی و عناصر غذایی نقش مهمی بازی می‌کنند و ۸۰-۹۰ درصد متابولیسم کل خاک به علت فرآیندهای میکروبی است (Brady, 1990). کربن زی‌توده میکروبی، کربن بدن ریزجانداران است که با مرگ آن‌ها وارد زنجیره کربن خاک می‌شود، از این رو از آن به عنوان مهم‌ترین بخش واکنش‌دهنده ماده آلی خاک یاد می‌شود (Smith et al., 2001). پایین بودن کربن زی‌توده میکروبی می‌تواند نشان‌دهنده پاسخ ریزجانداران به تنش‌های محیطی یا ناهماهنگی در اکوسیستم باشد.

دامنه تنفس میکروبی گزارش شده در محدوده ۰/۱۲ تا ۰/۲۱ میلی گرم دی‌اکسید کربن در روز قرار داشت که مشابه مقادیر گزارش شده برای جنگل راش اروپایی و آمریکایی است (Epron et al., 1999; Tate et al., 1993). این محدوده کمتر از مقدار گزارش شده برای جنگل شاخه‌زاد بلوط اروپایی است (Rey et al., 2002) که علت آن را می‌توان به وجود نور و رطوبت بیشتر در جنگل‌های شاخه‌زاد نسبت داد که نشان داده شده است تغییرات مکانی و زمانی تنفس میکروبی تا حد زیادی وابسته به مقدار رطوبت در دسترس خاک است (Raich and Schlesinger, 1992).

ضریب همبستگی بالای پیرسون که از نظر آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بود و ضریب تبیین بالای رگرسیون خطی برازش شده در این تحقیق، روابط خطی مثبت معنی‌داری بین ماده آلی خاک با تنفس میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی خاک را اثبات کرد که با پژوهش‌های (Shalika, 2007) و

Ajami و همکاران (2006) مطابقت نشان می‌دهد. طبق نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مقدار دو شاخص فوق به طور معنی‌داری بین تیپ راش خالص با دیگر تیپ‌ها تغییر می‌کند (جدول ۲)، به گونه‌ای که در تیپ راش خالص مقدار تنفس میکروبی و ماده آلی خاک پایین است اما همزمان با حضور گونه‌های افرا و ممرز به صورت همراه در تیپ‌های دوم و سوم، ماده آلی و تنفس میکروبی افزایش می‌یابد. تیپ آمیخته نیز نسبت به تیپ راش دارای مقادیر بالاتری از تنفس میکروبی و ماده آلی خاک و نسبت به دو تیپ راش-افرا و راش-ممرز دارای مقدار پایین تری تنفس میکروبی و ماده آلی است. (Cornelissen 1996) نشان داد که حضور لاشبرگ گونه‌های پیشگام توالی در پوشش کف جنگل (Forest Floor) سبب غنای بیشتر میکروب‌ها شده و در نتیجه مقدار تنفس میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی افزایش می‌یابد. پایین بودن مقدار تنفس میکروبی و ماده آلی خاک در تیپ راش خالص ناشی از پایین بودن فعالیت میکروب‌های خاک به علت پایین بودن سرعت تجزیه لاشبرگ‌های راش نسبت به دیگر گونه‌هاست و کیفیت کم خاک را در این تیپ نسبت به دیگر تیپ‌ها را نشان می‌دهد، که در تحقیق Salehi و همکاران (2005) نیز بیان شده است. پژوهش Marvi Mohajer (2005) نشان داده که با افزایش سرعت تجزیه لاشبرگ، ماده آلی خاک افزایش می‌یابد. سرعت تجزیه لاشبرگ گونه ممرز نسبت به افرا و راش بیشتر است (Amini, 2010) و در منطقه تحقیق نیز مقادیر ماده آلی خاک، تنفس میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی خاک در تیپ راش-ممرز نسبت به دیگر تیپ‌ها بیشتر به دست آمد که می‌تواند نشان‌دهنده نسبت C/N کمتر، ازت بیشتر و بالا بودن کیفیت شیمی لاشبرگ ممرز برای خاکزیان باشد. تنفس میکروبی بیشتر معرف خاک با کیفیت بالاتر است و هرچه تنفس میکروبی بیشتر باشد

زی توده میکروبی و مقدار تنفس پایه را برای ارزیابی کیفیت خاک مناسب گزارش نموده‌اند. تیپ جنگل، ترکیب و ساختار توده جنگلی مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر کیفیت یا شیمی لاش‌ریزه ورودی به جنگل معرفی شده‌اند که تأثیر بسیار زیادی بر جمعیت میکروبی، سرعت تجزیه لاش‌ریزه و نرخ ورود مواد غذایی به خاک‌های جنگلی و در پایان حاصلخیزی خاک خواهد داشت (Aponte et al., 2014; Chavez-Vergara et al., 2014). در این تحقیق همراهی ممرز با راش به‌عنوان تیپ برتر که بیشترین ماده آلی خاک، تنفس میکروبی و کربن زی توده میکروبی را داشت، معرفی شد. به‌منظور غنای کیفیت خاک رویشگاه پرورش گونه راش به‌صورت آمیخته با گونه اصلاح‌کننده ممرز با نرخ تجزیه بالای لاشبرگ توصیه می‌شود و پیشنهاد می‌شود نشانه‌گذاری در طرح‌های جنگلداری با رعایت نرخ تجزیه لاشبرگ و کیفیت شیمیایی آن صورت گیرد. تیپ راش-ممرز در راشستان‌ها در مرحله‌ی اوج یا ماقبل آن ظاهر می‌شود و اهمیت حفظ این ترکیب بیش از پیش ظاهر شد.

## Reference

- Aghababaii, F. & F. Raiisi, 2008. Ecological effect of different substratum on soil microbial activities. 2nd National Congress of Ecological Agriculture, 12p. (In Persian)
- Ajami, M., F. Khormali, Sh. Ayoubi & R. AmoozadehOmran, 2006. Changes in Soil quality attributes by conversion of land use on a loess hillslope in Golestan Province, Iran. 1<sup>th</sup> international soil meeting (ISM) on soil sustaining life on earth, Managing Soil and Technology, Turkey. pp. 501-504.
- Aletta, A.D., E.C. Jana & H.S. Mark, 2010. Soil respiration and ecosystem carbon stocks in New England forests with varying soil drainage, *Northeastern Naturalist*, 17(3): 437-454.
- Amini, R., 2010. Comparison of Beech, Hornbeam, Maple and alder litter decomposition in Dr-Bahramnia permanent plot. M.Sc Thesis, Forest department, Faculty

فعالیت بالقوه میکروبی بیشتر خواهد بود (Parkin et al., 1996). نتیجه حاصل‌شده با یافته‌های محققینی مانند Jia و همکاران (2005)، (Shalika, 2007)، Ajami و همکاران (2006) و Schaefer و همکاران (2009) مطابقت دارد.

کربن زی توده میکروبی برای تعیین سطح پاسخ میکروبی خاک نسبت به مدیریت، تغییرات زیست‌محیطی، به‌هم‌خوردگی محل و جمعیت خاک اندازه‌گیری می‌شود. Jomura و همکاران (2004) تغییرات زی توده میکروبی را در رابطه با واریزه‌های درشت چوبی بررسی کردند و مشاهده کردند که حضور واریزه‌ها منجر به افزایش ماده آلی خاک و زی توده میکروبی می‌شود. رابطه‌ی رگرسیونی بین درصد تاج‌پوشش گونه بلوط و گردوی آمریکایی با زی توده میکروبی محاسبه شده است (Dawn and Kim, 2006). Friedel و همکاران (2006) مهم‌ترین خصوصیت تأثیرگذار رویشگاه جنگلی معتدله مرطوب در تغییرات زی توده میکروبی را ماده آلی خاک و سپس رطوبت معرفی نمودند. Kirsten و همکاران (2011) رابطه‌ی افزایشی معنی‌داری بین افزایش زی توده میکروبی و ماده آلی خاک پیدا کردند. نتایج این چهار تحقیق با یافته‌های تحقیق حاضر مشابهت نشان می‌دهد.

الگوی تغییرات هماهنگ مقدار تنفس میکروبی و ماده آلی خاک، همگام با تغییرات تیپ‌های درختی در این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان از خصوصیات بیولوژیکی (تنفس میکروبی و کربن زی توده میکروبی) و شیمیایی (ماده آلی) خاک به‌عنوان شاخص‌های مناسبی برای تعیین کیفیت و سلامت خاک استفاده کرد که با تحقیقات Mohammadi و همکاران (2005) مطابقت نشان می‌دهد. Degens و همکاران (2000) نیز تعدادی از شاخص‌های میکروبیولوژیکی خاک مانند کربن

- of agricultural sciences and natural resources, Gorgan University, Gorgan, Iran, 145 p.
- Anderson, J.P.E., 1982. Soil respiration, In: A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (Eds), *Methods of Soil Analysis. Part 2*, pp. 831-872.
  - Aponte, C., L. Matias, V. Gonzales-Rodrigues, J. Castro, L.V. Gracia, R. Villar & T. Maranon, 2014. Soil nutrients and microbial biomass in three contrasting Mediterranean forests, *Plant and Soil*, 380(1): 57-72.
  - Bahramnia, H., 1995. Forestry Plan, Education Forests of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, 252 p. (In Persian)
  - Baldock, J.A. & P.N. Nelson, 1999. Soil Organic Matter. In *Handbook of Soil Science*. (Ed M. E. Sumner.) p. 25-84.
  - Bowden, R.D., K.J. Nadelhoffer, R.D. Boone & J.D. Canary, 1993. Contributions of aboveground litter, belowground litter, and root respiration to total soil respiration in a temperate mixed hardwood forest, *Canadian Journal Forest Research*, 23(7):1402-1407.
  - Brady, N.C., 1990. The nature and properties of soils. MacMillan Publishing Company, New York, 1996 p.
  - Chavez-Vergara, B., A. Merino, G. Vázquez-Marrufo & F. García-Oliva, 2014. Organic matter dynamics and microbial activity during decomposition of forest floor under two native Neotropical oak species in a temperate deciduous forest in Mexico, *Geoderma*, 235: 133-145.
  - Cornelissen, J.H.C., 1996. An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types, *Journal of Ecology*, 84 (40): 573-582.
  - Dawn R.M., & J.B. Kim, 2006. Soil respiration responses to topography, canopy cover, and prescribed burning in an oak-hickory forest in southeastern Ohio, *Forest Ecology and Management*, 237(1-3): 94-102.
  - Degens, B.P., L.A. Schipper, G.P. Sparling & M. Vojvodic-Vukovic, 2000. Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities, *Soil Biology & Biochemistry*, 32(2):189-196.
  - Epron, D., L. Farque & E. Lucot, 1999. Soil CO<sub>2</sub> efflux in a beech forest: the contribution of root respiration, *Annals of Forest Science*, 56(4): 289-295.
  - Friedel, J.K., O. Ehrmann, M. Pfeffer, M. Stemmer, T. Vollmer & M. Sommer, 2006. Soil microbial biomass and activity: the effect of site characteristics in humid temperate forests, *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 169(2):175-184.
  - Grecoch, E.G., M.R. Carter, D.A. Angers, C.M. Monreal & B.H. Ellert, 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter. Quality in agricultural soils, *Canadian Journal of Soil Science*, 74(4):367-385.
  - Jia, B.R., G.S. Zhou, Y.H. Wang, W.P. Yang & L. Zhou, 2005. Partitioning root and microbial contributions to soil respiration in *Leymus chinensis* population, *Soil Biology and Biochemistry*, 38(4):653-660.
  - Jomura, M., H. Kimura, H. Furusawa, Y. Kominami & Y. Kanazawa, 2004. The measurement of microbial biomass C in coarse woody debris by fumigation-extraction method. *Memoirs of Graduate School of Science and Technology Kobe University*, 22:67-70. (In Japanese with English summary)
  - Kirsten, S.H., R.Z. Donald, K.M. Kelly & D.J. Julie, 2011. Changes in forest soil organic matter pools after a decade of elevated CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>, *Soil Biology & Biochemistry*, 43(7):1518-1527.
  - Marvi-Mohajer, M., 2005. Forest silviculture. Tehran University press. No 2709. 387p. (In Persian)
  - Mohammadi, J., H. Khademi & M. Nael, 2005. Study the Variability of Soil Quality in Selected Ecosystems of Central Zagros. *JWSS, Isfahan University of Technology*, 9(3):105-120. (In Persian)
  - Nelson, D.W. & L.E. Sommers, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, p. 539-579.
  - Parkin, T.B., J.W. Doran & E. Franco-Vizcaino, 1996. Field and laboratory tests of soil respiration, In: Doran, J. W. and Jones, A. J. (Eds), *Methods for Assessing soil Quality*, p: 231-245.
  - Raich, J.W. & W.H. Schlesinger, 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate, *Tellus*, 44(2):81-89.
  - Rey, A., E. Pegoraro, V. Tedeschi, I. Deparri, P.G. Jarvis & R. Valentini, 2002. Annual



- variation in soil respiration and its components in a coppice oak forest in Central Italy, *Global Change Biology*, 8(9): 851-866.
- Rovira, A. & E. Greacen, 1957. The effect of aggregate disruption on the activity of micro organisms in the Soil, *Crop and Pasture Science*, 8(6): 659-673.
  - Salehi, A., M. Zarinkafsh, Gh. Zahedi amiri & M.R. Marvi-Mohajer, 2005. A study of soil physical and chemical properties in relation to tree ecological groups in Nam-Khaneh district of KheiroodKenar forest, *Iranian Journal of Natural Resource*, 58(3): 567-578. (In Persian)
  - Schaefer, D., W. Feng & X. Zou, 2009. Plant carbon inputs and environmental factors strongly affect soil respiration in a subtropical forest of southwestern China, *Soil Biology & Biochemistry*, p:1-8.
  - Shalika, A., 2007. Investigation of spatial variability of some qualitative soil indices in different alternation rice tillage. M.Sc. Thesis, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources. 148p. (In Persian)
  - Shataee, Sh., 2004. Capability study on forest type mapping using satellite data (case study Nowshahr, Kheiroudkenar). Ph.D. thesis. Natural resources faculty, Tehran University, 155p. (In Persian)
  - Singh, B., A. Nordgren, M. Ottosson Lofvenius, M.N. Högberg, P.E. Emelland-Ber & P. Högberg, 2003. Tree root and soil respiration as revealed by girdling of boreal Scots pine forest: extending observations beyond the first year, *Plant, Cell & Environment*, 26(8):1287-1296.
  - Smith, E., P. Leeflang, S. Gommans, J. Vanden-Broek, S. Van-Mil & K. Wernars, 2001. Diversity and seasonal fluctuations of the dominant members of the bacterial soil community in a wheat field as determined by cultivation and molecular methods, *Applied and Environmental Microbiology*, 67(5): 2284-2291.
  - Tate, K.R., D.J. Ross, B.J. O'Brien & F.M. Kelliher, 1993. Carbon storage and turnover, and respiratory activity, in the litter and soil of an old-growth southern beech (*Nothofagus*) forest, *Soil Biology and Biochemistry*, 25(11): 1601-1612.
  - Vance, E.D., P.C. Brookes & D.S. Jenkinson, 1987. An Extraction Method for Measuring Soil Microbial Biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6): 703-707.
  - Ying, L., Sh. Han & L. Lu, 2009. Seasonal changes of soil respiration in *Betula platyphylla* forest in Changbai Mountain, China, *Journal of Forestry Research*, 20(4): 367-371.
  - Yousefifard, M., H. Khademi & A. Jalalian, 2007. Decline in soil quality as a result of land use change in Chemeh Ali region, Chaharmahal Bakhtiari Province, *Journal of agriculture science and natural resources*, 14(1):75-79. (In Persian)

## Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest

H. Habashi\*

Assistant Professor of Forestry department, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Golestan, I.R. Iran.

Received: 05.03.2015

Accepted: 22.09.2015

### Abstract

Soil microbial respiration (SMR) and microbial biomass C (MBC) are two important site quality indices that can be used to assess the health status and rate of carbon cycling in forest ecosystems during litter decomposition processes. The purpose of this study was to determine the relationship between SMR and MBC with soil organic matter (SOM) in mixed beech forests in a permanent plot in compartment 32 in Shastkolate Forest, Golestan province, northern Iran. Using systematic random sampling, tree characteristics were recorded and soil samples collected in 90 sample plots. SMR determined using Closed-Bottle method, MBC by fumigation-extraction method and SOM by Walkley-Black method. Linear regression analysis, ANOVA and Duncan test were conducted. In this study, four forest types including pure beech, beech-hornbeam, beech-maple and mixed beech were distinguished. ANOVA tests revealed significant differences ( $\alpha=5\%$ ) between SMR and MBC in pure beech stands compared to other forest types. Linear regression showed positively significant relation between SMR and MBC with SOM. Regression  $R^2$  was about 0.89 indicating the importance of SOM in enhanced microbial richness and litter decomposition rate. Soil quality and health were shown to be highest in beech-hornbeam forest type, suggesting the importance of hornbeam intermixed with beech. Silviculturists should thus acknowledge the crucial role of hornbeam in silvicultural interventions.

**Keywords:** Soil microbial respiration, Microbial biomass C, Soil organic matter, mixed beech.

---

\* Corresponding author:

Email: Habashi@gau.ac.ir