

تأثیر شیوه گزینشی بر تغییرات برخی شاخص‌های میکروبیولوژیکی خاک توده راش آمیخته جنگل‌های هیرکانی

فاطمه رفیعی^۱، هاشم حبشی^{۲*}، رامین رحمانی^۲ و خسرو ثاقب طالبی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۲- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۳- دانشیار، بخش تحقیقات جنگل مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۳

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر اجرای شیوه گزینشی بر شاخص‌های میکروبیولوژی خاک و تعیین عوامل مؤثر بر آنها در بخشی از جنگل‌های معتدله شمال انجام شد. به این منظور، ۱۸ قطعه نمونه به ابعاد ۳×۳ متر در روشنه‌هایی به مساحت حدود ۴۰۰ مترمربع و همین تعداد قطعه نمونه در زیر تاج پوشش در دو پارسل شاهد و مدیریت شده به شیوه گزینشی با ترکیب گونه‌ای راش آمیخته (راش-ممرز) در نظر گرفته شد و تغییرات برخی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. میانگین تنفس خاک در زیر تاج پوشش ($3/30 \pm 0/64$ میکرومول در مترمربع در ثانیه) نسبت به روشنه ($2/50 \pm 0/62$ میکرومول در مترمربع در ثانیه) افزایش معنی دار داشت، درحالی که اختلاف معنی دار در مقدار کربن آلی خاک روشنه و زیر تاج پوشش مشاهده نشد. افزایش رطوبت و دمای خاک منجر به افزایش معنی دار تنفس میکروبی، کربن زی توده میکروبی و سهم میکروبی در روشنه‌ها نسبت به زیر تاج پوشش شد که بیانگر تأثیر آشفستگی بر ویژگی‌های مورد بررسی است. این در حالی است که مدیریت به شیوه گزینشی تأثیر معنی داری بر مشخصه‌های فوق نداشت که می‌تواند حاکی از تشابه عملکرد اکوسیستم در این دو توده باشد.

واژه‌های کلیدی: تنفس خاک، تنفس میکروبی، شیوه گزینشی، روشنه، کربن زی توده میکروبی.

مقدمه

نشان‌دهنده وجود همبستگی منفی بین مساحت روشنه با تنفس خاک است. Liu و همکاران (2014) طی پژوهشی که در جنگل‌های آمیخته معتدله چین انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تغییر قطر تاج‌پوشش درختی به‌واسطه تغییراتی که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در شرایط محیطی ایجاد می‌کند، منجر به تغییر نرخ تنفس خاک خواهد شد.

Suchewaboripont و همکاران (2015) با پژوهشی که در جنگل‌های آمیخته راش - بلوط ژاپن انجام دادند، اذعان کردند که نرخ تنفس خاک در طول فصل رویش (به‌استثنای ماه نوامبر) در ناحیه زیر تاج-پوشش بیشتر از روشنه‌های طبیعی بوده است. Chunnyu and Xiuhai (2007) افزایش ۱۲/۶۶ درصدی در مقدار کربن آلی خاک و ۱۷/۶۵ درصدی محتوی رطوبتی خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری را در روشنه نسبت به منطقه زیر تاج‌پوشش گزارش کردند. درحالی‌که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش Abrari vajari و همکاران (2011) که به بررسی اثر شیوه گزینشی در جنگل‌های راش هیرکانی ایران پرداختند، ایجاد روشنه‌های ناشی از اجرای این شیوه، تأثیر معنی‌داری بر کربن آلی خاک نداشت. Muscolo و همکاران (2007) با مقایسه ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک در روشنه‌های مصنوعی کوچک (۱۸۵ مترمربعی)، متوسط (۴۱۰ مترمربعی) و نواحی زیر تاج‌پوشش در جنگل طبیعی نراد-راش، اظهار داشتند که ایجاد روشنه‌های کوچک که موجب افزایش ماده آلی خاک و زی‌توده میکروبی خاک شده است، می‌تواند به‌منظور ایجاد تعادل بهتر در تولید و حفظ تنوع زیستی، در مدیریت جنگل تأثیر بسزایی داشته باشد. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهشی که توسط Arunachalam and Arunachalam (2000) در شمال شرق هند انجام شد حاکی از کاهش معنی‌دار کربن

اکوسیستم‌های جنگلی با بیشترین ظرفیت در ذخیره-سازی کربن و تجمع مواد آلی در مدت‌زمان طولانی، به‌عنوان مهم‌ترین مخزن ذخیره کربن در میان اکوسیستم‌های خشکی به‌شمار می‌آیند (Lorenz and Lal, 2010). عوامل طبیعی، مصنوعی و یا ترکیبی از آنها که در نهایت منجر به مرگ درختان در مراحل مختلف توالی می‌شود، موجب ایجاد روشنه‌هایی در لایه‌هایی از تاج‌پوشش جنگلی خواهند شد. آشفته‌گی به وجود آمده در مقدار تشعشعات خورشیدی، دمای هوا، دمای خاک و محتوای رطوبتی خاک موجب ایجاد خرد اقلیمی متفاوتی در روشنه نسبت به مناطق اطراف آن خواهد شد که در نهایت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مؤثر است (Muscolo et al., 2007). بهره‌برداری جنگل به شیوه گزینشی از طریق ایجاد روشنه و تغییر در کمیت و کیفیت لاش‌ریزی موجب تغییر ورودی کربن، ترکیب جمعیت میکروبی و خرد اقلیم می‌شود که موجب به هم خوردن تعادل چرخه کربن خاک می‌شود (Gray et al., 2002; Hassett and Zak, 2005). بررسی تغییرات ایجادشده در روشنه‌های مصنوعی یکی از بهترین روش‌هایی است که به‌منظور درک چگونگی عملکرد جنگل در اثر دخالت‌های مدیریتی مورد استفاده محققان قرار می‌گیرد. با توجه به آنکه دوسوم کربن اکوسیستم‌های جنگلی در خاک‌های جنگلی ذخیره شده است (Goodale et al., 2002)؛ بررسی تغییرات ایجادشده در چرخه کربن خاک این اکوسیستم‌ها در اثر دخالت‌های مدیریتی از اهمیت بالایی برخوردار است. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش Schliemann and Bockheim (2014) که در ۱۲ روشنه طبیعی با سطوح مختلف ۲۷ تا ۵۹۰ مترمربعی در بخشی از جنگل‌های پهن‌برگ میشیگان انجام شد،

مصنوعی موجب ایجاد تغییرهای معنی‌داری در برخی ویژگی‌های میکروبیولوژیک خاک خواهد شد. عبارت آشفته‌گی‌های طبیعی و مصنوعی در این پژوهش به- ترتیب به روشنه‌هایی که به صورت طبیعی و در نتیجه افتادن طبیعی درخت (دیر زیستی، خشک شدن، بادافتادگی و ...) در جنگل بکر و روشنه‌هایی که در نتیجه عمل قطع تک‌درخت (در چارچوب شیوه‌ جنگل‌شناسی تک‌گزینی پایه‌ای) در جنگل ایجاد می- شود، اشاره دارد (Carson and Schnitzer, 2008). (۲) اجرای شیوه‌گزینی موجب تغییرهای معنی‌داری در برخی ویژگی‌های میکروبیولوژیک خاک خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

این پژوهش در سری یک طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا واقع در جنگل آموزشی-پژوهشی شصت- کلاته گرگان با مساحت حدود ۱۷۱۳/۳ هکتار انجام شد. این سری در محدوده طول جغرافیایی ۳۶° ۲۴' تا ۵۴° ۲۵' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸° ۳۶' تا ۴۲° ۳۶' شمالی قرار دارد. طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا در محدوده ارتفاعی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر قرار دارد و بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد گرگان در فاصله هشت کیلومتری شمال حوزه دارای میانگین بارش سالانه ۶۴۹ میلی‌متر است و بر مبنای طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم مرطوب معتدله است (Anonymous, 1995).

شیوه اجرای پژوهش

به منظور بررسی اثر اجرای شیوه‌گزینی بر ویژگی- های میکروبیولوژیک خاک، بخشی از پارسل ۳۱ که شیوه‌ جنگل‌شناسی گزینی در آن اجرا شده است و قسمتی از پارسل ۳۲ به عنوان توده دخالت‌نشده در نظر گرفته شد. هر دو پارسل در محدوده ارتفاعی یکسان

زی توده میکروبی در روشنه نسبت به زیر تاج پوشش و همچنین کاهش کربن آلی و نیتروژن خاک با افزایش اندازه روشنه طبیعی است. نتایج حاصل از پژوهش Ma و همکاران (2013) نشان داد پنج ماه بعد از اجرای برش‌های قطع یکسره تنفس خاک تغییر معنی‌داری دارد، اما اثرهای آن در طولانی مدت معنی- دار نیست. چنانچه هیچ تفاوت معنی‌داری در نرخ سالانه تنفس خاک در قطعه‌نمونه‌های قطع یکسره شده (50.8 ± 2.3 گرم بر مترمربع در سال) نسبت به قطعه‌نمونه‌های دست‌نخورده ($48.0 + 1.2$ گرم بر مترمربع در سال) مشاهده نشد. زمانی که اطلاعات ما در زمینه بازخورد مشخصه‌های میکروبیولوژیک خاک از ویژگی‌های روشنه ناشناخته است، ارزیابی نقش روشنه‌ها در فرآیندهای زیستی بسیار دشوار است. شاخص‌های میکروبیولوژیک خاک به دلیل حساسیت بالا و عکس‌العمل سریع به آشفته‌گی‌ها و تنش‌های محیطی به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های بررسی کیفیت خاک در کوتاه‌مدت، مورد استفاده پژوهشگران قرار می‌گیرند (Dalal, 1998). تاکنون پژوهش‌های متعددی به منظور بررسی اثرهای ناشی از اجرای شیوه‌گزینی و ایجاد روشنه بر بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های جنگلی انجام شده است (Abrari Vajari, 2016; Eshaghi Rad et al., 2009; Waez Mousavi et al., 2016)، با این حال تأثیر اجرای این شیوه بر مشخصه‌های میکروبیولوژیک خاک برای نخستین بار بررسی می‌شود؛ بنابراین بررسی تغییر این ویژگی‌ها در نتیجه اجرای شیوه‌گزینی می‌تواند درک عمیق‌تری از اثرهای اجرای این شیوه در اختیار ما قرار دهد. این پژوهش با هدف ارزیابی اثر اجرای شیوه‌گزینی بر برخی از مهم‌ترین مشخصه‌های میکروبیولوژیک خاک در بخشی از جنگل‌های شمال کشور به آزمون فرضیه‌های زیر می‌پردازد: (۱) آشفته‌گی‌های طبیعی و

دستگاه Luster Leaf 1625 Digital Soil Thermometer مخصوص اندازه‌گیری دمای خاک در عمق ۱۰ سانتی متری خاک انجام شد. همچنین اسیدیتته خاک با استفاده از روش پتانسیومتری، وزن مخصوص خاک با استفاده از روش سیلندر، وزن مخصوص حقیقی با استفاده از روش پیکنومتری، بافت خاک از روش هیدرومتری و محتوی رطوبتی خاک با استفاده از روش تفاوت وزنی (Jafari Haghighi, 2003) اندازه‌گیری و درصد تخلخل خاک محاسبه شد.

روش‌های تحلیل داده‌ها

نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، همگنی واریانس‌ها با آزمون لون و مقایسه دوگانه با آزمون تی غیرجفتی بررسی شد. مقدار همبستگی بین متغیرهای وابسته و مستقل با ضریب پیرسون محاسبه شد. از تجزیه واریانس دوطرفه برای نشان دادن اثرهای اصلی دخالت مدیریتی و آشفستگی و همچنین اثرهای متقابل آنها بر شاخص‌های میکروبیولوژیک خاک استفاده شد. از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه‌های چندگانه استفاده شد. به منظور انجام تمامی آزمون‌های آماری نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ به کار گرفته شد.

نتایج

بر پایه نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) در دو پارسل کنترل و مدیریت شده، اثر اصلی آشفستگی بر اغلب شاخص‌های موردبررسی معنی‌دار است. این در حالی است که اثر اصلی مدیریت به شیوه گزینشی بر هیچ‌یک از مشخصه‌ها، به‌استثنای اسیدیتته خاک، در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است. همچنین نتایج ارائه شده این جدول، حاکی از عدم معنی‌داری اثر متقابل آشفستگی و مدیریت برای کلیه مشخصه‌های موردبررسی است.

(۹۰۰ متر) قرار داشته و توده راش-ممرز به‌عنوان توده غالب استقرار یافته است. تعداد ده ریشه سه‌ساله به مساحت تقریبی ۴۰۰ مترمربع که دارای شرایط محیطی یکسانی (شیب، جهت عمومی منطقه، بافت خاک، مقدار بارش سالانه) بودند در هر پارسل تعیین و از بین آنها سه ریشه همسال به‌صورت تصادفی انتخاب شد. در هر ریشه و با فاصله حداقل ۲۵ متر در جنگل مجاور آن، سه قطعه‌نمونه به ابعاد سه در سه متر ایجاد و در هر قطعه‌نمونه اقدام به نمونه‌برداری در سه تکرار در تابستان ۱۳۹۵ شد. به این ترتیب در ۱۰۸ نقطه نمونه (۱۰۸=۲ توده × ۳ ریشه) + ۶ منطقه زیر تاج‌پوشش) × ۳ قطعه‌نمونه × ۳ تکرار) نرخ تغییرهای تنفس خاک و دیگر مشخصه‌های شیمیایی و میکروبیولوژیکی برداشت شد. برای اندازه‌گیری نرخ تنفس خاک، حلقه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با قطر داخلی ۱۵/۵ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک قرار داده شد. با استفاده از چمبر دینامیکی بسته مقدار نرخ تصاعد دی‌اکسید کربن از سطح خاک در طی پنج دقیقه در هر یک از حلقه‌ها اندازه‌گیری و برحسب واحد میکرو مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه محاسبه شد (Qubit, 2014). نرخ تنفس میکروبی خاک با استفاده از روش اندازه‌گیری مقدار دی‌اکسید کربن حاصل از معدنی شدن کربن از طریق تیتراسیون برگشتی با سود باقی‌مانده (Anderson, 1982)، کربن آلی خاک با روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934) و کربن زی‌توده میکروبی با روش انکوباسیون-تدخین (Jenkinson and Powelson, 1976) اندازه‌گیری و سپس سهم میکروبی (نسبت کربن زی‌توده میکروبی به کربن آلی خاک) و سهم متابولیکی (نسبت تنفس میکروبی به کربن زی‌توده میکروبی) نیز بر اساس آنها تعیین شد. اندازه‌گیری دمای خاک با قرار دادن probe

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرهای اصلی و متقابل آشفته‌گی و مدیریت بر مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک

Table 1. ANOVA table, main and interaction effects of gap disturbance and forest management on physical, chemical and microbiological soil characteristics

F(sig)	منبع تغییرات Source of variation	مشخصه Properties	F(sig)	منبع تغییرات Source of variation	مشخصه Properties
0.07(0.80)	مدیریت Management	تنفس میکروبی خاک	0.69(0.43)	مدیریت Management	رس (درصد)
17.20(0.00)	آشفته‌گی Disturbance	(میلی گرم CO ₂ در گرم خاک در روز)	6.26(0.04)	آشفته‌گی Disturbance	Clay (%)
0.003(0.96)	آشفته‌گی × مدیریت Management × Disturbance	Soil microbial respiration (mg CO ₂ g ⁻¹ day ⁻¹)	0.17(0.69)	آشفته‌گی × مدیریت Management × Disturbance	
0.88(0.35)	مدیریت Management	کربن آلی خاک (درصد)	0.57(0.47)	مدیریت Management	سیلت (درصد)
45.54(0.00)	آشفته‌گی Disturbance	Soil organic C (%)	1.02(0.34)	آشفته‌گی Disturbance	Silt (%)
0.01(0.92)	آشفته‌گی × مدیریت Management × Disturbance		0.25(0.63)	آشفته‌گی × مدیریت Management × Disturbance	
0.11(0.75)	مدیریت Management	کربن زی توده میکروبی	0.09(0.78)	مدیریت Management	شن (درصد)
23.79(0.00)	آشفته‌گی Disturbance	(میلی گرم بر کیلوگرم خاک خشک)	1.39(0.27)	آشفته‌گی Disturbance	Sand (%)
0.49(0.48)	آشفته‌گی × مدیریت Management × Disturbance	Microbial biomass C (mg kg ⁻¹)	0.09(0.78)	آشفته‌گی × مدیریت Management × Disturbance	
0.10(0.75)	مدیریت Management	سهم متابولیکی (میلی گرم CO ₂ در میلی گرم کربن زی توده میکروبی در روز)	0.08(0.78)	مدیریت Management	رطوبت خاک (درصد)
2.52(0.12)	آشفته‌گی Disturbance	Metabolic quotient (mg CO ₂ mg MBC ⁻¹ day ⁻¹)	34.33(0.00)	آشفته‌گی Disturbance	Soil humidity (%)

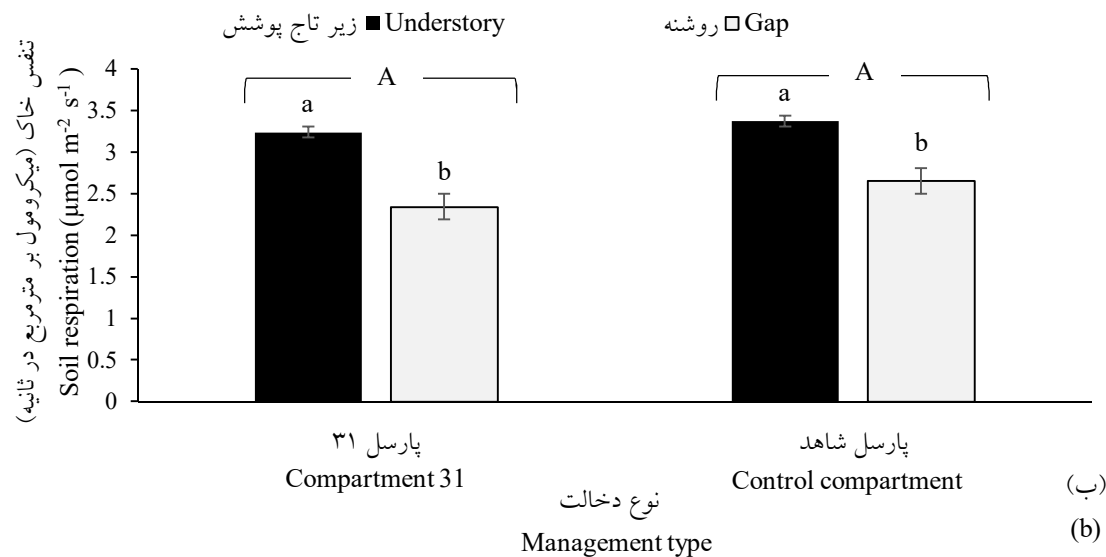
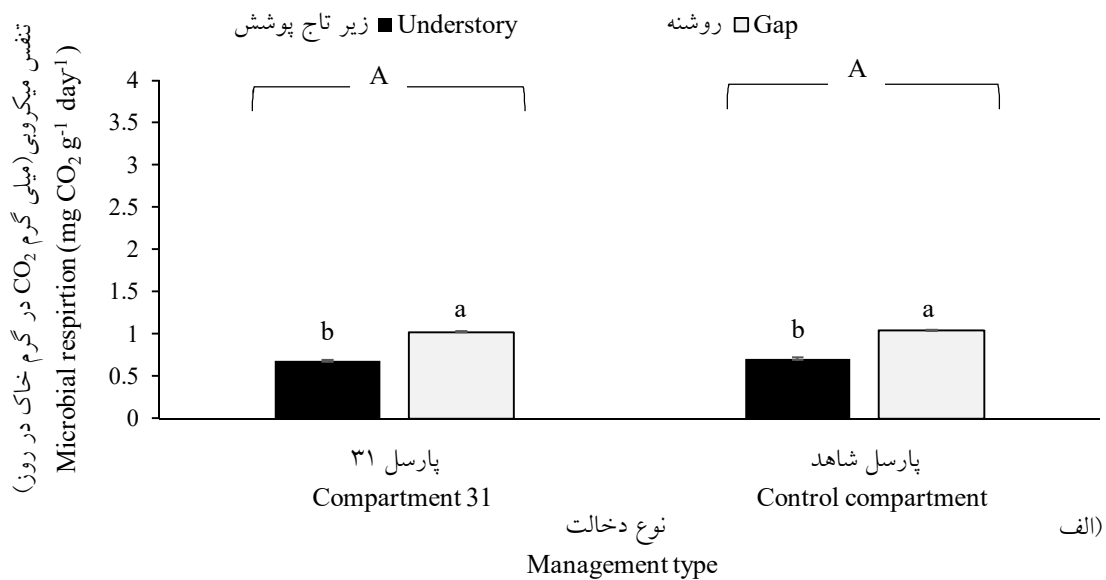
ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

F(sig)	منبع تغییرات Source of variation	مشخصه Properties	F(sig)	منبع تغییرات Source of variation	مشخصه Properties
0.07(0.79)	آشفتگی × مدیریت (Management × Disturbance)		0.02(0.89)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance	رطوبت خاک (درصد) Soil humidity (%)
0.42(0.52)	مدیریت Management		0.00(0.99)	مدیریت Management	دمای خاک
14.72(0.00)	آشفتگی Disturbance	سهم میکروبی (درصد) Microbial quotient (%)	14.99(0.00)	آشفتگی Disturbance	(درجه سانتی گراد) Soil temperature (°C)
1.06(0.31)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance		1.29(0.26)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance	
0.66(0.42)	مدیریت Management		5.02(0.03)	مدیریت Management	
7.74(0.01)	آشفتگی Disturbance	تنفس خاک (میکرومول بر مترمربع در ثانیه) Soil respiration ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	4.73(0.04)	آشفتگی Disturbance	اسیدیته خاک Soil pH
0.93(0.34)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance		0.08(0.78)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance	
1.92(0.17)	مدیریت Management		1.92(0.17)	مدیریت Management	
1.59(0.21)	آشفتگی Disturbance	تخلخل خاک (درصد) Porosity (%)	1.59(0.21)	آشفتگی Disturbance	وزن مخصوص خاک Soil Bulk density
1.80(0.19)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance		1.80(0.19)	آشفتگی × مدیریت Management × Disturbance	

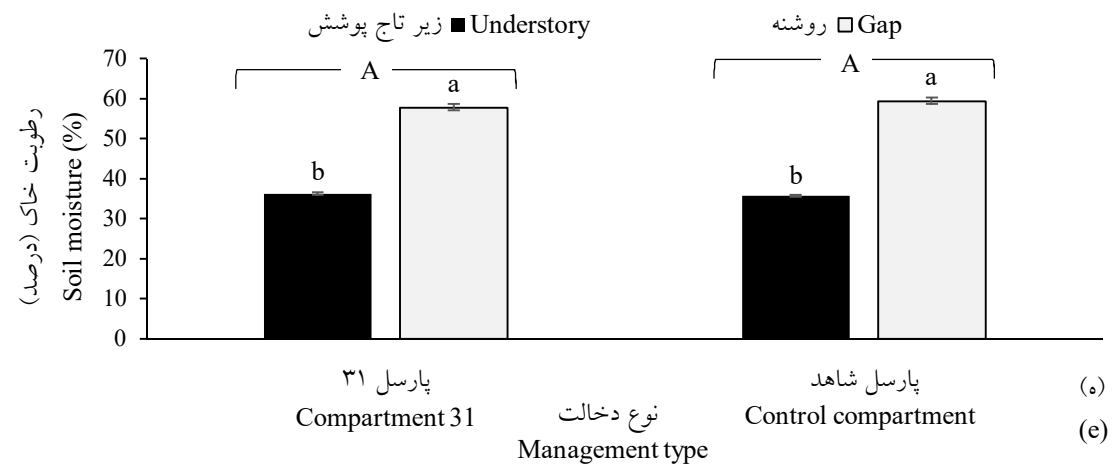
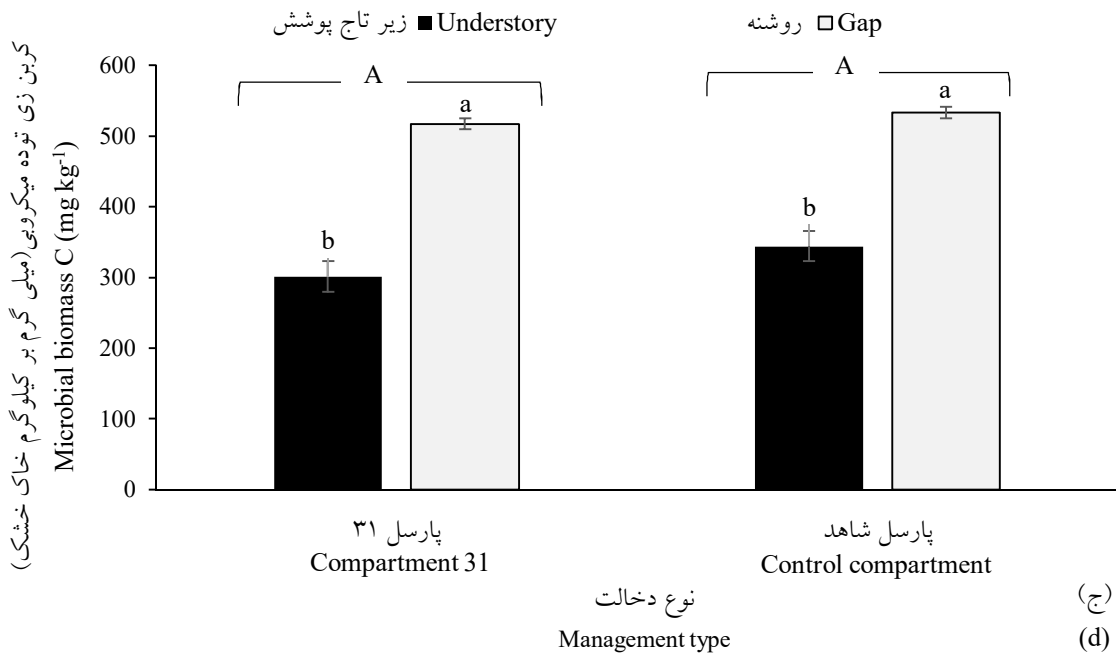
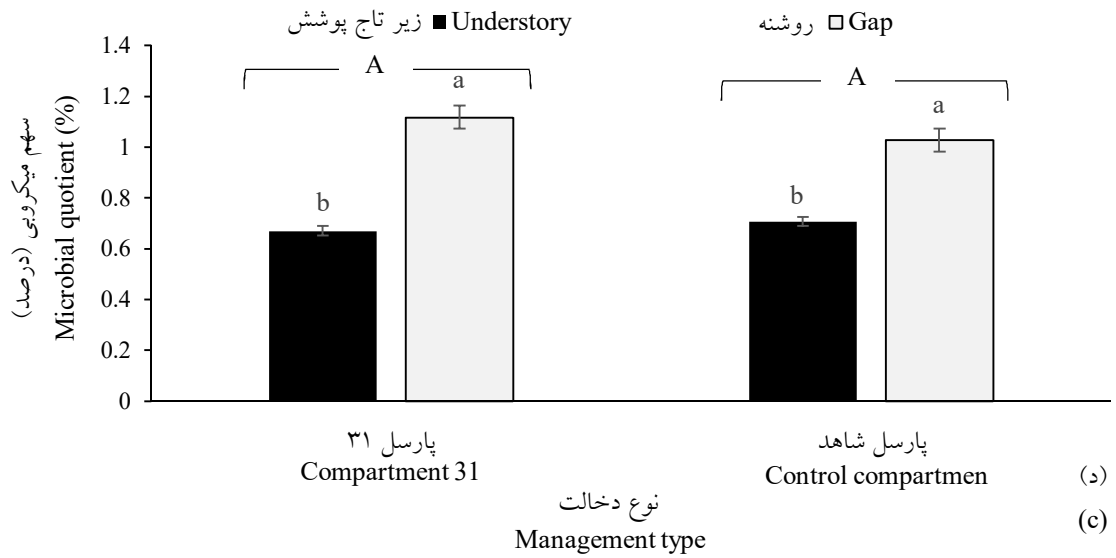
درجه سانتی‌گراد)، در هر دو پارسل شاهد و مدیریت-
شده در روشن‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین
مقدار تنفس خاک (۳/۳۰ میکرو مول بر مترمربع در
ثانیه) در هر دو توده، به زیر تاج‌پوشش اختصاص
یافت.

مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد بررسی (شکل
۱) بیانگر آن است که بیشترین مقادیر تنفس میکروبی
(۱/۰۳ میلی‌گرم $\text{CO}_2\text{-C}$ بر گرم خاک در روز)، کربن
زی‌توده میکروبی (۵۲۵/۴۳ میلی‌گرم $\text{CO}_2\text{-C}$ بر
کیلوگرم خاک خشک)، سهم میکروبی (۱/۰۷ درصد)،
رطوبت وزنی (۵۸/۶۳ درصد) و دمای خاک (۲۰/۵۹)



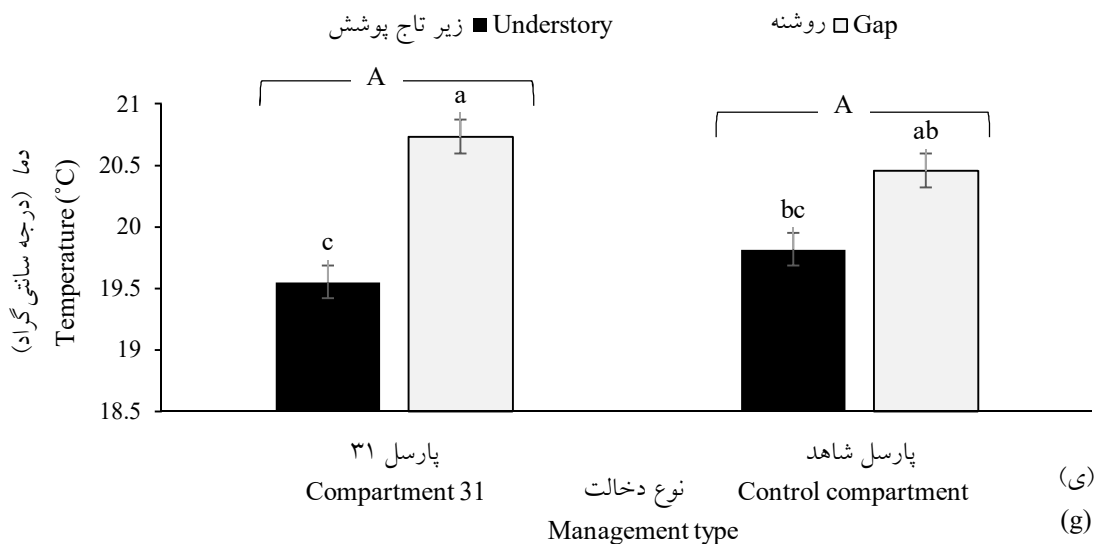
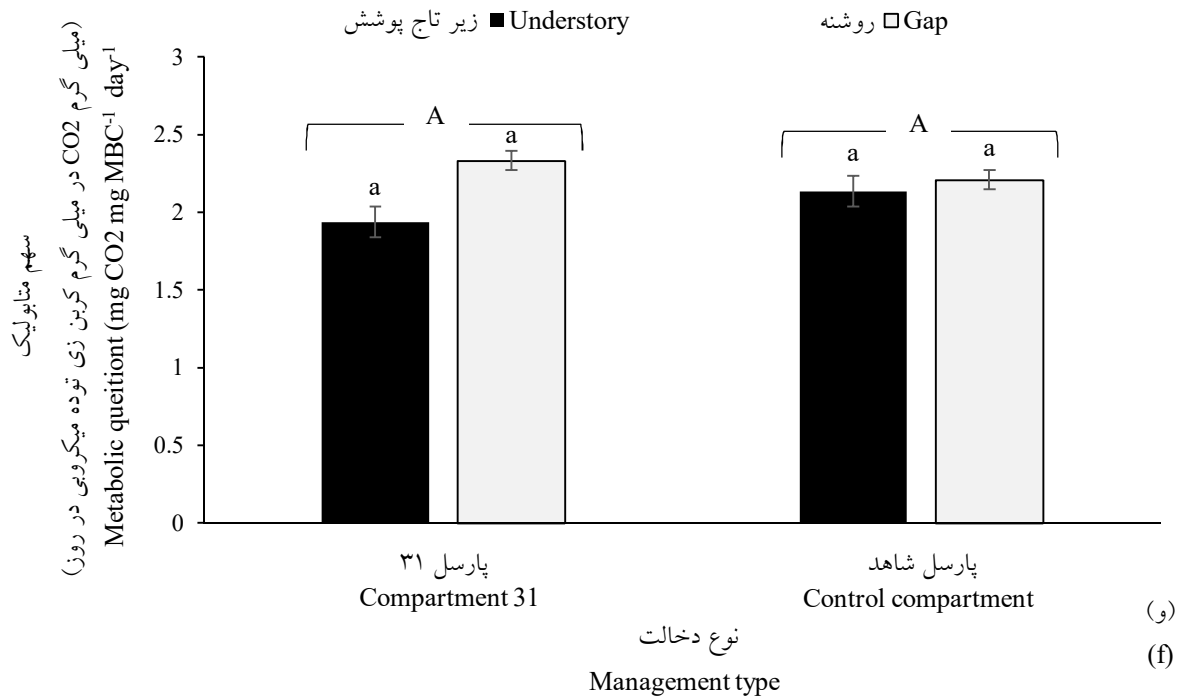
شکل ۱- مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در روشن‌ها و زیر تاج‌پوشش (حروف کوچک)، پارسل شاهد و مدیریت‌شده (حروف بزرگ)

Figure 1. Comparison of soil properties between canopy gap and understory (minuscule), control and managed compartment (capital)



ادامه شکل ۱.

Continued figure 1.



ادامه شکل ۱.

Continued figure 1.

دو پارسل شاهد و مدیریت‌شده، تنها تنفس میکروبی خاک و کربن زی‌توده میکروبی (در زیر تاج‌پوشش) همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد با رس خاک داشته، درحالی‌که بین دیگر متغیرها همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. همبستگی متغیر تنفس خاک و درصد سیلت نیز تنها در روشنه معنی‌دار بود.

بر اساس جدول ۲، همبستگی متغیرهای تنفس میکروبی، کربن زی‌توده میکروبی و سهم میکروبی با دو مشخصه دما و رطوبت خاک، حاکی از تأثیر این دو مشخصه محیطی بر ویژگی‌های موردنظر است. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از همبستگی مشخصه‌های میکروبیولوژیکی مورد بررسی با اجزای تشکیل‌دهنده خاک نشان داد که از میان تمامی متغیرها، در مجموع

جدول ۲- ضریب همبستگی پیرسون (سطح احتمال) بین ویژگی‌های میکروبیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک
 Table 2. Pearson correlation coefficient (significant level) between microbiological characteristics and physical, chemical soil properties

سهم میکروبی (درصد) Microbial quotient (%)		کربن زی توده میکروبی (میلی گرم بر کیلوگرم خاک خشک) Microbial biomass C (mg kg ⁻¹)		تنفس خاک (میکرو مول بر مترمربع در ثانیه) Soil respiration (μmol m ⁻² s ⁻¹)		تنفس میکروبی خاک (میلی گرم CO ₂ در گرم خاک در روز) Soil microbial respiration (mg CO ₂ g ⁻¹ day ⁻¹)		مشخصه خاک Soil properties
زیر تاج پوشش Understory	روشنه Gap	زیر تاج پوشش Understory	روشنه Gap	زیر تاج پوشش Understory	روشنه Gap	زیر تاج پوشش Understory	روشنه Gap	
-0.560(0.124)	0.367(0.237)	-0.737*(0.047)	0.277(0.298)	-0.120(0.411)	0.003(0.497)	-0.886*(0.045)	-0.934*(0.02)	رس (درصد) Clay (%)
0.000(0.500)	-0.496(0.159)	0.118(0.412)	-0.348(0.250)	-0.082(0.439)	0.847*(0.017)	0.589(0.109)	0.415(0.207)	سیلت (درصد) Silt (%)
0.656(0.078)	0.203(0.350)	0.726(0.051)	0.185(0.363)	0.236(0.326)	0.490(0.162)	-0.460(0.179)	-0.206(0.348)	شن (درصد) Sand (%)
-0.489*(0.03)	-0.462*(0.04)	-0.253(0.071)	-0.485*(0.02)	0.457*(0.033)	0.254(0.154)	0.421*(0.036)	0.528*(0.046)	رطوبت خاک (درصد) Soil moisture (%)
0.233(0.148)	-0.155(0.252)	-0.542**(0.006)	-0.464*(0.022)	-0.062(0.407)	0.172(0.262)	0.196(0.11)	0.452*(0.049)	دمای خاک (درجه سانتی گراد) Soil temperature (°C)
-0.220(0.151)	-0.597**(0.001)	0.335(0.055)	-0.185(0.193)	-0.040(0.439)	-0.310(0.105)	0.059(0.409)	0.197(0.178)	کربن آلی خاک (درصد) Soil Organic C (%)

بحث

اکوسیستم‌ها گزارش شده است. در این پژوهش درصد رطوبت خاک در روشنه‌ها افزایش معنی داری را نسبت به زیر تاج پوشش نشان داده است (شکل ۱-ه). این افزایش معنی دار می‌تواند به دلیل عواملی چون افزایش جذب آب توسط ریشه درختان (Muscolo *et al.*, 2007)، ربایش تاجی توسط تاج پوشش (McCarthy and Brown, 2006)، دریافت بدون واسطه بارش و

بر اساس پژوهش‌های متعدد انجام شده، دما و رطوبت خاک مهم‌ترین عوامل محیطی دارای بیشترین ارتباط با تنفس خاک و اجزای آن معرفی شده‌اند (Shi *et al.*, 2011; Inoue and Koizumi, 2012). باین حال به دلیل وجود شرایط اقلیمی متغیر در اکوسیستم‌های جنگلی، روند متفاوتی از تغییرات تنفس میکروبی خاک در این

افزایش احتمالی تنفس ریشه زیر تاج‌پوشش نسبت به روشنه موجب غالبیت تنفس خاک در این بخش نسبت به روشنه شده است.

زی‌توده ریز جانداران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های فعال ماده آلی خاک است که در چرخه، هماهنگی، جابجایی و همچنین انباشتگی عناصر غذایی در خاک کارایی دارد (Aliasgharzad, 2006). این شاخص حساس به متغیرهای محیطی برای بررسی اثرهای عوامل محیطی بر جمعیت‌های میکروبی خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Killham, 1994). کاهش کربن زی‌توده میکروبی در روشنه نسبت به زیر تاج‌پوشش در پژوهش Arunachalam and (2000) منطبق با نتایج این پژوهش نیست. این مغایرت احتمالاً به دلیل کمتر بودن رطوبت خاک روشنه نسبت به زیر تاج‌پوشش در پژوهش مذکور است که دارای روند متفاوتی با این پژوهش است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کربن زی‌توده میکروبی و مشخصه‌های دما و رطوبت خاک در این پژوهش، حاکی از افزایش این مشخصه میکروبیولوژیکی در روشنه‌ها نسبت به زیر تاج‌پوشش است. در فصل رویش و هم‌زمان با شرایط رطوبتی و حرارتی مطلوب، سطح فعالیت خاکزیان و سرعت فرآیند تجزیه، افزایش می‌یابد؛ اما در این زمان گیاهان در جذب عناصر غذایی نسبت به جمعیت‌های میکروبی پیشی می‌گیرند (Arunachalam and 2000). به این ترتیب، به دلیل افزون بودن زی‌توده ریشه درختان در زیر تاج‌پوشش نسبت به روشنه‌ها (Suchewaboripont et al., 2015) بیشتر عناصر حاصل از تجزیه مواد آلی در این فصل، در اختیار پوشش گیاهی قرار گرفته و قسمت کمی از آن صرف رشد جمعیت‌های میکروبی خواهد شد. از این رو کربن زی‌توده میکروبی زیر تاج‌پوشش نسبت

همچنین تعرق کمتر در خاک روشنه‌ها باشد (Zhang and Zak, 1995; Gray et al., 2002). افزایش دمای خاک (شکل ۱- ی) به همراه افزایش درصد رطوبت خاک در روشنه‌ها، موجب فراهم شدن محیطی به مراتب مطلوب‌تر به منظور حضور و فعالیت خاکزیان شده که می‌تواند منجر به افزایش تنفس میکروبی خاک شود (شکل ۱- الف). همبستگی مثبت و معنی‌داری که بین تنفس میکروبی با دو مشخصه دما و رطوبت خاک مشاهده شد، مؤید این موضوع است.

تنفس خاک یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین شاخص‌های بیولوژیک مورد استفاده در سنجش فعالیت‌های زیستی خاک است (Kieft and Rosacher, 1991). در این پژوهش ایجاد آشفستگی منجر به کاهش نرخ تنفس خاک شد، به نحوی که نرخ تنفس خاک در نواحی زیر تاج‌پوشش در سطح معنی‌داری بیشتر از روشنه بود (شکل ۱- ب). Suchewaboripont و همکاران (2015) و Liu و همکاران (2014) نیز در پژوهش‌های خود اظهار کردند که تاج‌پوشش اثر معنی‌داری در افزایش نرخ تنفس خاک دارد. با توجه به اینکه تنفس خاک از دو بخش تنفس هتروتروفیک و اتوتروفیک تشکیل می‌شود (Luo and Zhou, 2006)، تفاوت در روند تغییرات تنفس خاک و تنفس میکروبی بین روشنه و زیر تاج‌پوشش احتمالاً به دلیل متفاوتی از تغییرات تنفس ریشه است که خود متأثر از مقدار زی‌توده ریشه‌های موئین است. Suchewaboripont و همکاران (2015) یکی از دلایل افزایش تنفس خاک در زیر تاج‌پوشش نسبت به روشنه‌های طبیعی در جنگل آمیخته راش-ممرز را به افزایش ۱/۷ برابری زی‌توده ریشه‌های موئین مرتبط دانستند. بر این اساس، اگرچه نرخ تنفس میکروبی روشنه بیشتر از زیر تاج‌پوشش بود (شکل ۱- الف)، اما به نظر می‌رسد

تنفس میکروبی و کربن زی توده میکروبی با کربن آلی خاک در توده راش ممرز ثابت شده است.

نتیجه گیری کلی

ایجاد آشفته‌گی‌ها از طریق تأثیرهای مستقیم و غیرمستقیم بر عوامل محیطی موجب تغییراتی در مشخصه‌های میکروبیولوژیکی خاک شد. لیکن تغییرات ایجادشده در شاخص‌های میکروبیولوژیکی روندی مشابه را در دو پارسل شاهد و مدیریت‌شده به شیوه گزینشی نشان داد. بر این اساس و با توجه به گذشت سه سال از آخرین دوره برداشت در جنگل بررسی‌شده به نظر می‌رسد این دوره زمانی برای برگشت‌پذیری خاک جنگل مدیریت‌شده به حالت اولیه کافی بوده است. به بیان دیگر این نتیجه می‌تواند بیانگر هم‌سویی عملکرد اکوسیستم جنگلی مدیریت‌شده به شیوه گزینشی با پارسل شاهد بعد از گذشت مدت‌زمان مذکور و به‌نوعی نشان‌دهنده موفقیت اجرای این شیوه در جنگل بررسی شده باشد. بر این اساس، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، فرضیه اول پژوهش مورد تأیید قرار گرفته و فرضیه دوم پذیرفته نشد. بدیهی است بررسی روند تغییرات زمانی ویژگی‌های میکروبیولوژیکی خاک در شیوه گزینشی در پژوهش‌های آینده، می‌تواند درک بهتری از چگونگی عملکرد این شیوه در اختیار پژوهشگران و مجریان قرار دهد.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است. نویسندگان از حسن توجه و راهنمایی‌های جناب آقای دکتر فایز ریسی کمال تشکر و قدردانی را ابراز می‌دارند.

به روشنه، کاهش یافت (شکل ۱-ج). سهم میکروبی شاخص مناسبی از وضعیت توزیع کربن فعال خاک بین بخش زنده و غیرزنده است و کیفیت کربن خاک را بیان می‌کند (Namazi et al., 2012). در پژوهش (Arunachalam and Arunachalam, 2000) کربن زی‌توده میکروبی خاک روشنه‌ها نسبت به زیر تاج‌پوشش، هم‌زمان با کاهش ماده آلی خاک منجر به تشابه سهم میکروبی روشنه‌ها و زیر تاج‌پوشش شد. در این پژوهش اگرچه درصد کربن آلی خاک در روشنه نسبت به زیر تاج‌پوشش بیشتر بود، اما این تفاوت از نظر آماری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است. به این ترتیب برابری کربن آلی خاک و زیادتر بودن معنی‌دار کربن زی‌توده میکروبی در روشنه‌ها نسبت به زیر تاج‌پوشش، منجر به تبدیل بیشتر کربن خاک به زی‌توده میکروبی، افزایش سهم میکروبی و در نهایت ذخیره بیشتر کربن در خاک روشنه شد (شکل ۱-د). در این پژوهش سهم متابولیکی که بیانگر اندازه کربن آلی معدنی شده به ازای هر واحد کربن زی‌توده میکروبی است در روشنه و زیر تاج‌پوشش تشابه آماری داشت (شکل ۱-و). ایجاد آشفته‌گی‌ها در ابتدا موجب افزایش سریع سهم متابولیکی شده و سپس به‌صورت تدریجی و هم‌زمان با ایجاد تعادل مجدد در شرایط محیطی، مقدار آن کاهش می‌یابد که این امر موجب برگشت‌پذیری کارایی میکروب‌ها در ذخیره‌سازی کربن خواهد شد (Insam and Anderson and Domsch, 1985). (Halvorston et al., 1991, Haselwandter, 1989). همسو بودن افزایش تنفس میکروبی و کربن زی‌توده میکروبی در روشنه همراه با گذشت زمان سه سال از ایجاد روشنه و به تعادل رسیدن شرایط محیطی موجب برابری سهم متابولیکی روشنه‌ها و زیر تاج‌پوشش شد. در پژوهش (Habashi, 2015) رابطه مثبت و معنی‌دار

References

- Abrari Vajari, K., 2016. Interactions between canopy gaps by single-tree selection method and humus layer thickness (Case study: Alandan forest, Sari, Mazandaran province), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(3): 541-548. (In Persian)
- Abrari vajari, K., H. Jalilvand, M. R. Pourmajidian, K. Espahbodi & A. Moshki, 2011. The effect of single-tree selection system on soil properties in an oriental beech stand of Hyrcanian forest, north of Iran, *Journal of Forestry Research*, 22(4): 591-596.
- Aliasghar zad, N., 2006. Methods in soil biology (translation), Tabriz University Press, Tabriz, 522 p. (In Persian)
- Anderson, J. P. E., 1982. Soil respiration. In: Page, A. L. and R. H. Miller, (Eds.), Methods of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties, American Society of Agronomy. Madison, pp. 831-871.
- Anderson, T. H. & K. H. Domsch, 1985. Maintenance carbon requirements of actively- metabolizing microbial populations under in-situ conditions, *Soil biology and biochemistry*, 17(2): 197-203.
- Anonymous, 1995. Forest Management Plan, District 1 Dr. Bahramnia forest, Watershed 85, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 252 p. (In Persian)
- Arunachalam, A. & K. Arunachalam, 2000. Influence of gap size and soil properties on microbial biomass in a subtropical humid forest of north-east India, *Plant and Soil*, 223(1): 187-195.
- Carson, W. & S. Schnitzer, 2008. Tropical Forest Community Ecology, Wiley-Blackwell Press, 536 p.
- Chunnyu, Z. & Z. Xiuhai, 2007. Soil properties in forest gaps and under canopy in broad-leaved *Pinus Koraiensis* forests in Changbai Mountainous Region, China, *Frontiers of Forestry in China*, 2(1): 60-65.
- Dalal, R. C., 1998. Soil microbial biomass, what do the numbers really mean?, *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38(7): 649-665.
- Eshaghi Rad, J., N. Seyyedi & I. Hasazad Navrodi, 2009. Effect of single selection method on woody species diversity (Case study: Janbe sara district-Guilan), *Iranian Journal of Forest*, 1(4):277-285. (In Persian)
- Goodale, C. L., M. J. Apps, R. A. Birdsey, C. B. Field, L. S. Heath, R. A. Houghton, J. C. Jenkins, G. H. Kohlmaier, W. Kurz, S. Liu, G. J. Nabuurs & A. Shvidenko, 2002. Forest Carbon Sinks in the Northern Hemisphere, *Ecological Applications*, 12(3): 891-899.
- Gray, A. N., T. A. Spies & M. J. Easter, 2002. Microclimatic and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests, *Canadian Journal of Forest Research*, 32(2): 332-343.
- Habashi, H., 2015. Microbial respiration and microbial biomass C relationship with soil organic matter in different types of mixed beech forest, *Forest Research and Development*, 1(2):135-144. (In Persian)
- Halvorston, J. J., J. L. Smith & E. H. Franz, 1991. Lupine influence on soil carbon, nitrogen and microbial activity in developing ecosystems at Mount St. Helens, *Oecologia*, 87(2):162-170.
- Hassett, J. E. & D. R. Zak, 2005. Aspen harvest intensity decreases microbial biomass, extracellular enzyme activity and soil nitrogen cycling, *Soil Science Society of America Journal*, 69(1): 227-235.
- Inoue, T. & H. Koizumi, 2012. Effects of environmental factors upon variation in soil respiration of a *Zoysia japonica* grassland, central Japan, *Ecological Research*, 27(2): 445-452.
- Insam, H. & K. Hasselwandter, 1989. Metabolic quotient of the soil micro flora in relation to plant succession, *Oecologia*, 79(2): 174-178.
- Jafari Haghghi, M., 2003. Soils analysis methods, Nedaye Zoha Press, 240 p. (In Persian)
- Jenkinson, D. S. & D. S. Powelson, 1976. The effect of biocidal treatments of metabolism in soil-V: A method for measuring soil biomass, *Soil Biology and Biochemistry*, 8(3): 209-213.
- Kieft, T. L. & L. L. Rosacher, 1991. Application of respiration and adenylate-based soil microbiological assay to deep subsurface terrestrial sediments, *Soil biology and Biochemistry*, 23(6): 563-568.
- Killham, K., 1994. Soil Ecology, Cambridge University Press, 242 p.
- Liu, Y., S. Liu, J. Wang, X. Zhu, Y. Zhang & X. Liu, 2014. Variation in soil respiration under tree canopy in a temperate mixed forest, central China, under different soil

- water conditions, *Ecological Research*, 29(2): 133-142.
- Lorenz, K. & R. Lal, 2010. Carbon Sequestration in forest ecosystems, Springer Dordrecht Heidelberg London, New York, 279 p.
 - Luo, Y. & X. Zhou, 2006. Soil respiration and the environment, Academic Press Elsevier, 316 p.
 - Ma, Y., Y. Geng, Y. Huang, Y. Shi, P. A. Niklaus, B. Schmid & J. Sh. He, 2013. Effect of clear-cutting silviculture on soil respiration in a subtropical forest of China, *Journal of Plant Ecology*, 6(5):335-348.
 - McCarthy, D. R. & K. J. Brown, 2006. Soil respiration responses to topography, canopy cover, and prescribed burning in an oak-hickory forests in southeastern Ohio, *Forest Ecology and Management*, 237(1): 94-102.
 - Muscolo, A., M. Sidari & R. Mercurio, 2007. Variation in soil chemical properties and microbial biomass in artificial gaps in silver fir stands, *European Journal Forest Research*, 126(1): 59-65.
 - Namazi, S., F. Raiesi & SH. Ghorbani Dashtaki, 2012. The Interactive Effects of Crude Oil and N forms on C Mineralization and Microbial Biomass of a Clay Soil, *Journal of Environmental Studies*, 38(3): 1-12.
 - Qubit, 2014. Instrumentation for biological sciences. Available from <http://www.qubitbiology.com/q-box-sr1lp-soil-respiration>. Accessed 4th April 2017.
 - Schliemann, S. A. & J. G. Bockheim, 2014. Influence of gap size on carbon and nitrogen biogeochemical cycling in Northern hardwood forest of the Upper Peninsula, Michigan, *Plant and Soil*, 377(1-2): 323-335.
 - Shi. W. Y., R. Tatenno, J. G. Zhang, Y. L. Wang, N. Yamanaka & S. Du, 2011. Response of soil respiration to precipitation during the dry season in two typical forest stands in the forest-grassland transition zone of the Loess Plateau, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(7): 854-863.
 - Suchewaboripont, V., M. Ando, Y. Iimura, S. Yoshitake & T. Ohtsuka, 2015. The effect of canopy structure on soil respiration in an old-growth beech-oak forest in central Japan, *Ecological Research*, 30(5): 867-877.
 - Waez Mousavi, S. M., H. Habashi, Kh. Sagheb Talebi & R. Rahmani, 2016. Effect of single-tree selection system on regeneration in a mixed beech forest (Case study: Dr. Bahramnia forestry management plan), *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 22(4): 125-146. (In Persian)
 - Walkley, A. & I. A. Black, 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Science*, 37(1): 29-38.
 - Zhang, Q. & J. C. Zak, 1995. Effects of gap size on litter decomposition and microbial activity in a subtropical forest, *Ecology*, 76(7): 2196-2204.

Effect of selection system on variability of some soil microbiological parameters in mixed beech stand of Hyrcanian forests

F. Rafiee¹, H. Habashi^{*2}, R. Rahmani² and kh. Sagheb-Talebi³

1- Ph.D. Student of Silvicultural and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

2- Associate Professor, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

3- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran.

Received: 23.04.2017

Accepted: 16.08.2017

Abstract

The goal of study is to explore the impact of selection system on the variability of microbiological indices and characterization of their influencing factors in mixed beech stand of northern temperate forest. For this purpose, 18 sample plots were selected in the control and managed compartments of mixed beech (*Fagus orientalis*- *Carpinus betulus*). The plot size was 3×3 m within a gap area about 400 square meters. We measured some physical, chemical and biological soil properties in the depth of 10 cm. The soil respiration (average ± standard deviation) in understory ($3.30 \pm 0.64 \mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) was significantly greater than canopy gaps ($2.50 \pm 0.62 \mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) while soil organic carbon wasn't significantly different. We found that microbial respiration, microbial biomass carbon and microbial quotient were significant higher at increasing soil moisture and temperature in canopy gaps than understory, which reflected disturbance of canopy gap could change soil characteristics. Whereas, selection system as Silvicultural practices has no significant effect on above mentioned characteristics that could indicate similarities of ecosystems function between the two stands.

Keywords: Canopy gap, Microbial biomass carbon, Microbial respiration, Selection system, Soil respiration.

* Corresponding author:

Email: habashi@gau.ac.ir

