نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۵، آذر –دی ۱۳۹۶، ص. ۱۴۲۲-۱۴۰۹

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 5, Nove.-Dec. 2017, p. 1409-1422

پیامد ترکیب‌های درختی مختلف و ویژگی‌های خاک بر جامعه میکروبی خاک

سمانه تاجیک[۱]- شمس الله ایوبی[۲*]- جهانگیر خواجه علی[۳]- شعبان شتایی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۱

چکیده

ریزجانداران خاک جزء ضروری سیستم زنده و پویای جنگل‌ها هستند و نقش کلیدی در دگرگونی و تبدیل عناصر غذایی و فروزینگی مواد آلی ایفا می‌کنند. ارتباط بین درختان و ترکیب‌های درختی گوناگون با ریزجانداران‌خاک کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور در این پژوهش برای بررسی پیامد ترکیب‌های درختی گوناگون بر جامعه میکروبی خاک از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری یازده ترکیب درختی مختلف نمونه‌برداری انجام گرفت. از آنالیز اسیدهای چرب فسفولیپدی (PLFA) برای بدست آوردن ساختار جامعه میکروبی در خاک استفاده شد. نتایج نشان دادند درختان به همراه ویژگی های خاک بر جامعه میکروبی خاک تأثیر دارند. تقریبا تمامی گروه‌های میکروبی ارتباط مثبت و معنی‌داری با مقدار کربن آلی، نیتروژن کل و تنفس میکروبی خاک داشتند. تغییرات پروتوزوئرها متفاوت از سایر گروه‌های میکروبی بود و بیشتر از آنها تحت تأثیر ویژگی‌های خاک قرار گرفت. آنها همبستگی منفی و معنی‌داری با pH، کربنات کلسیم معادل، EC و شن داشتند. اما همبستگی آنها با سیلت مثبت و معنی‌دار بود. ترکیب درختی سه تایی ممرز–پلت–انجیلی بهترین شرایط برای ریزجانداران خاک را داشت و پلات‌هایی که تنها ممرز داشته‌اند دارای کمترین مقادیر ریزجانداران بودند. بنابراین، تغییر در ترکیب گونه‌های درختی همراه با تغییر در ویژگی‌های خاک منجر به تغییر در ترکیب و تنوع منابع در دسترس و شرایط زیستی برای ریزجانداران خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب فسفولیپید، افرا پلت، انجیلی، ترکیب درختان، ممرز

مقدمه

ریزجانداران خاک جزء ضروری سیستم زنده و پویای جنگل‌ها هستند و نقش کلیدی در چرخه عناصر غذایی ایفا می‌کنند. همچنین فعالیت آنها را می‌توان به عنوان شاخص‌های حساسی از کیفیت خاک در نظر گرفت چرا که ترکیب و فعالیت جامعه میکروبی خاک تا اندازه زیادی چرخه‌های بیوشیمیایی، فروزینگی کربن آلی، حاصل‌خیزی و کیفیت خاک را تعیین می‌کنند. از آنجایی‌که گروه‌های میکروبی گوناگون پاسخ متفاوتی به شرایط محیطی می‌دهند، ویژگی‌های پلات‌های جنگلی (خاک و گیاهان) بر جامعه میکروبی خاک تأثیر می‌گذارند (۳۱).

فعالیت‌های زیستی در خاک در لایه بالایی آن متمرکز بوده و با عمق کاهش می‌یابد و در عمق ۳۰ سانتی‌متری مقدار فعالیت ریزجانداران خاک بسیار کم است. ریزجانداران درصد خیلی کمی از لایه بالایی خاک را شامل می‌شوند. اما این جز کوچک نقش کلیدی در چرخه نیتروژن، فسفر، گوگرد و فروزینگی بقایای آلی خاک ایفا می‌کند (۳۴). ریزجانداران خاک از طریق تاثیر بر اتصال ذرات و کربن آلی، نقش مهمی در خاکدانه‌سازی، حاصل‌خیزی، بهبود ساختمان، فروزینگی موادآلی، تصفیه آب و ترکیب اتمسفر دارند (۳). بقایای آلی که توسط ریزجانداران فروزینه می‌شوند در واقع به زیست‌توده، دی اکسید کربن، آب، نیتروژن و فسفر معدنی و یا دیگر عناصر غذایی تبدیل می‌گردند. عناصر معدنی که در پیکر ریزجانداران تثبیت شده‌اند، زمانی‌که میکروب‌ها توسط شکارچیانی مانند پروتوزوئرها و نماتدها شکار می‌شوند، آزاد می‌شوند (۲۳).

بچ و همکاران (۳) نشان دادند که بسیاری از فرآیندهای مستقیم و غیر مستقیم اکوسیستم توسط ریزجانداران خاک تعدیل می‌شوند. ریزجانداران خاک از طریق تأثیر بر اتصال ذرات خاک با مواد آلی و تشکیل خاکدانه‌ها، نقش ویژه‌ای درتوسعه و تغییر در ساختمان خاک دارند (۳ و ۲۸) همچنین تغییرات در ویژگی‌های خاک، توپوگرافی، مدیریت و اقلیم تأثیر معنی‌داری بر پویایی اکوسیستم دارند که منجر به تغییر جامعه میکروبی خاک می‌شود. کورم و همکاران (۱۶) بیان کردند که فراوانی ریزجانداران خاک متأثر از عناصر غذایی موجود

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکترا و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: ayoubi@cc.iut.ac.ir)
۳-دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴-دانشیار دانشکده جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
DOI: 10.22067/jsw.v31i5.62819

درخاک می‌باشد.

از آنجایی‌که پارامترهای میکروبی خاک در دسترس‌ترین شاخص های کیفیت خاک هستند (۳۵). بنابراین، توصیفات کمی تنوع میکروبی خاک از موضوعات مهم و مورد توجه می‌باشد. بیشتر ریزجانداران با روش‌های مرسوم قابل کشت نیستند. باتوجه به اینکه در حدود ۸۰-۹۹ درصد از گونه‌های ریزجانداران هنوز کشت نشده‌اند (۳۵). یکی از روش‌هایی که می‌تواند به مشکل کشت انتخابی غلبه کند و نگاه بدون تبعیضی به ساختار پیچیده جامعه میکروبی داشته باشد، روش بررسی جمعیت میکروبی توسط اسیدهای چرب فسفولیپید [۱] (PLFA) است. در روش PLFA یا تعیین الگوی تمام اسیدهای چرب، استخراج لیپیدها از نمونه با استفاده از حلال مناسب انجام می شود و سپس آنها را در گروه‌های مختلف لیپیدها طبقه‌بندی می‌کند. اسیدهای چرب از جز فسفولیپید آزاد می‌شوند و سپس توسط تکنیک کروماتوگرافی گازی [۲] (GC) تعیین می‌گردند و یا به گروه‌های شیمیایی مختلف تفکیک می‌شوند (۳۵). آنالیز PLFA یک گروه از مارکرها را فراهم می‌کند که شامل گروه‌های مختلف میکروبی هستند که می‌توانند برای تعیین زیست توده میکروبی زنده کل و بررسی تغییرات جامعه میکروبی استفاده شوند. فسفولیپیدها جزء ضروری غشای یاخته در تمام یاخته‌های زنده هستند و در ساختارهای ذخیره ای و یا در یاخته‌های مرده یافت نمی‌شوند. در شرایط طبیعی، فسفولیپیدها قسمتی از زیست توده ارگانیسم‌ها را تشکیل می‌دهند. نتایج بدست آمده از بررسی خاک و رسوبات نشان داده است که تغییرات سریع در ساختار جمعیت میکروبی می‌تواند توسط تغییرات در الگوی PLFA مشاهده و بررسی شود. بنابراین پیشنهاد شده است که آنالیزهای PLFA یک روش مناسب برای بررسی تغییرات سریع در جمعیت زنده میکروب‌ها می‌باشد (۳۵). در واقع PLFA این امکان را فراهم می‌کند تا یک دید جامع از اجتماع میکروبی در زیستگاه آنها بدست آید. پژوهش‌های مختلفی در خاک‌های جنگلی از آنالیز PLFA برای بررسی تغییرات ریزجانداران تحت تأثیر کودها و مدیریت‌های مختلف استفاده کرده‌اند (۶، ۱۷).

فراوانی، ترکیب و تنوع ریزجانداران موجود در خاک به‌طور اساسی می‌توانند منجر به تغییر فرآیندهای خاک شوند به طوری‌که در نهایت عناصر غذایی در دسترس خاک را تغییر می‌دهند. همچنین رشد جمعیت میکروبی و فعالیت آنها در خاک بستگی به برهم‌کنش بین گونه‌های گیاهی و خاک دارد. در واقع یکی از مهم‌ترین متغیرها در تعیین ترکیب جمعیت میکروبی خاک گونه‌های گیاهی هستند. تأثیر گونه‌های گیاهی مختلف بر جامعه میکروبی احتمالا به دلیل تفاوت در اجزای سلولی ریشه و ترشحات ریشه آنها می‌باشد که این اثرات به دلیل منطقه ریشه، سن گیاه، منابع نیتروژن و داشتن قارچ مایکورایزا تغییر می‌کند (۱۹). لیو و همکاران (۱۷) گزارش کردند تنوع باکتری‌ها و قارچ‌ها در خاک رایزوسفر به طور معنی‌داری بیشتر از خاک غیر رایزوسفری است.

پژوهش‌های مختلف نشان دادند که گونه‌های گیاهی نه تنها بر ویژگی‌های خاک تأثیر دارند، بلکه بر فراوانی و ترکیب جامعه میکروبی خاک نیز مؤثرند. تأثیر درختان در تشکیل خاک و چرخه عناصر غذایی مدت زمان زیادی است که مورد بررسی قرار گرفته است. گونه‌های درختان دارای تأثیر معنی‌داری بر چرخه عناصر غذایی و هوادیدگی مواد معدنی درخاک دارند. همچنین گیاهان در طول رشد خود مقادیر متفاوتی از ترکیبات آلی، امینو اسیدها و قندها را به درون خاک ترشح می‌کنند (۲۲). بررسی تغییرات جامعه میکروبی خاک تحت تأثیر گونه‌های گیاهی می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با چرخه عناصر غذایی مانند نیتروژن و کربن و قابلیت دسترسی عناصر غذایی ارائه کند (۸).

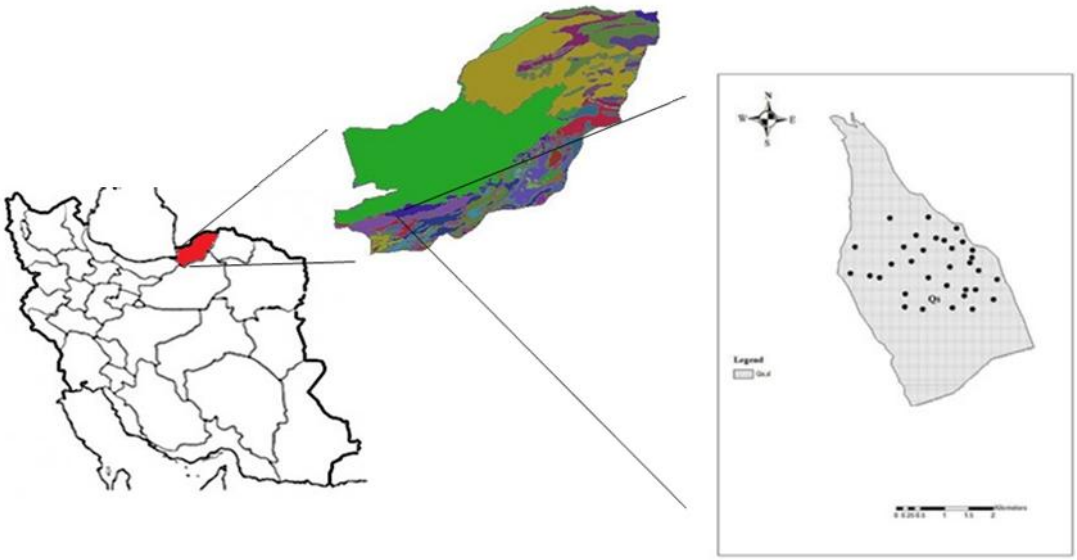
از آنجایی‌که به طور کلی تغییر پوشش گیاهی بر حیات و شرایط محیطی دیگر موجودات زنده خاک تأثیر دارد، به نظر می‌رسد ترکیب های درختی مختلف نیز بر ویژگی‌های خاک و ترکیب ریزجانداران تأثیرگذار باشند. همچنین دانش و شناخت بهتر از روابط اکوسیستم توانایی ما را برای پیش‌بینی تأثیر تغییرات محیط بر گونه‌های موجود در اکوسیستم افزایش می‌دهد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر گونه‌های درختی مختلف و ویژگی‌های خاک بر جامعه میکروبی جنگل طبیعی برای تفسیر فاکتورهای مؤثر بر روابط بین خاک، ریزجانداران و گونه‌های گیاهی در بخشی از جنگل‌های شصت کلاته استان گلستان طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) واقع در جنگل آموزشی پژوهشی منطقه شصت کلاته در جنوب شرقی شهر گرگان دراستان گلستان است. این منطقه در شیب شمالی کوه‌های البرز، در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی واقع شده است. که به صورت شرقی- غربی در امتداد دریای خزر قرار دارد و مساحت آن۳۷۱۶ هکتار می‌باشد. ارتفاع این منطقه کوهستانی از سطح دریا بین۲۸۰ تا ۷۰۶ متر متغیر است. ماده مادری منطقه لسی است و از نظر طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم مرطوب معتدل با میانگین بارندگی سالانه ۶۴۹ میلی‌متر است که بین ۵۲۸ تا ۸۱۷ میلی‌متر در سال تغییر می‌کند.

1- Phospholipid fatty acids
2- Gas chromatography



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی و پراکنش نقاط مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی منطقه (بر روی رسوبات دوره کواترنری)
Figure 1- The map of geographic position and distribution of soil samples on geology map

طراحی الگوی نمونه‌برداری و انجام آنالیزهای آزمایشگاهی

برای انجام این پژوهش، ابتدا یازده ترکیب درختی مختلف شناسایی شدند (جدول ۱) و برای هر ترکیب سه پلات انتخاب شد. نحوه تیپ‌بندی هر پلات بر اساس فراوانی گونه‌های درختی با مبنای سطح مقطع درختان می‌باشد. نام‌گذاری پلات‌ها براساس ترتیب فراوانی گونه‌های درختان موجود در پلات بوده است به این صورت که پلات‌های محتوی یک گونه در واقع دارای تنها یک گونه با فراوانی بالاتر از ۵۰٪ هستند و دیگر گونه‌ها دارای فراوانی کمتر از ۱۰٪ می‌باشند و یا فاقد گونه‌های دیگر هستند. به همین ترتیب پلات‌های محتوی دو یا سه گونه در واقع دارای دو یا سه گونه با فراوانی کمتر از ۵۰٪ و بالاتر از ۱۰٪ می‌باشند و نام پلات براساس ترتیب بیشترین فراوانی گونه‌ها می‌باشد (۲۸).

نمونه‌برداری از خاک در ۳۳ نقطه از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر صورت گرفت. نمونه‌های جمع‌آوری شده هوا خشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. یک قسمت از نمونه‌های هوا خشک شده برای انجام آنالیزهای آزمایشگاهی به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفتند: توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتر (۹)، اندازه‌گیری pH و EC در عصاره ۲/۵ به ۱ آب به خاک توسط دستگاه pH متر و EC متر، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی، کربن آلی به روش والکلی بلک (۱۲)، نیتروژن کل به روش کلدال (۴) و تنفس میکروبی به روش تیتراسیون (۱۴). قسمت دوم نمونه‌ها برای انجام آنالیز اسیدهای چرب اشباع شده و شناسایی ریزجانداران موجود در خاک مورد استفاده قرار گرفتند. به این ترتیب که نمونه‌ها با استفاده از روش شاتر و دیک (۲۷) به اندازه ۶۵٪ ظرفیت زراعی مرطوب شدند و به مدت ۳ روز در دمای ۳۷ سلسیوس انکوباسیون شدند و سپس اسیدهای چرب اشباع شده استخراج گردیدند و توسط دستگاه Hewlett-Packard 5890 Series II gas chromatograph (GC) مجهز به HP Ultra 2 capillary و flame ionization detector نوع آنها تعیین شد و سپس توسط برنامه Sherlock™ Microbial ID System, Version 4.5 ریزجانداران موجود در نمونه‌ها شناسایی و گروه‌بندی شدند. نشانگرهای اسیدهای چرب اشباع شده فسفولیپیدی (PLFA) که برای توصیف ساختار جامع میکروبی خاک مورد استفاده قرار گرفتند در جدول ۲ آمده است.

آنالیزهای آماری

برای انجام آنالیزهای آماری از نرم افزار ۸,۰ (Copyright 1985-2003 Statistics) استفاده شد. به منظور بررسی وضعیت کلی ویژگی‌ها و ریزجانداران خاک از کم‌ترین، بیش‌ترین و میانگین استفاده گردید.

جدول ۱- یازده ترکیب درختی مختلف

Table 1- Eleven different tree composition

Tree composition	ترکیب درختی	کداستفاده شده Tree cod used
Parrotia persica	انجیلی	1
Hornbeam	ممرز	2
Maple	پلت	3
Parrotia- Hornbeam	انجیلی–ممرز	4
Hornbeam- Parrotia	ممرز– انجیلی	5
Hornbeam- Maple	ممرز– پلت	6
Parrotia- Maple	انجیلی–پلت	7
Hornbeam- Maple-Parrotia	ممرز –پلت –انجیلی	8
Maple -Hornbeam -Parrotia	پلت –ممرز– انجیلی	9
Parrotia –Hornbeam- Maple	انجیلی–ممرز–پلت	10
Hornbeam -Parrotia -Maple	ممرز– انجیلی–پلت	11

جدول۲- نشانگرهای اسیدهای چرب اشباع شده فسفولیپیدی انتخاب شده برای توصیف ساختارجامعه میکروبی خاک

Table 2- Phospholipid fatty acids signatures chosen to characterize microbial community structure.

ریزجانداران Microorganisms	اسید اشباع شده Fatty acid
قارچ‌های آربسکولارمایکورایزا Arbuscular Mycorrhiza Fungi(AMF)	16:1 ω5c
اکتینوباکتری‌ها Actinobacteria	16:0 10-methyl 17:0 10-methyl 18:0 10-methyl
قارچ‌ها fungus	18:2ω6 16:1ω9c 18:1ω9c
باکتری‌های عمومی General bacteria	14:0 iso 15:00 17:00
باکتری‌های گرم–منفی Gram⁻ bacteria	16:1 ω7c 18:1 ω7c 19:0 cyclo
باکتری‌های گرم–مثبت Gram⁺bacteria	15:0 iso 15:0 anteiso 16:0 iso 17:0 iso 17:0 anteiso
پروتوزوئرها Protozoa	20:2ω6c 20:30ω6c 20:4ω6c

برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های خاک و ریزجانداران خاکزی، ابتدا توزیع داده‌ها توسط تبدیل لگاریتمی نرمال شد و سپس ضرایب همبستگی بین آنها محاسبه گردید. همچنین برای بررسی تأثیر ترکیب‌های درختی مختلف بر جامعه میکروبی خاک، داده‌ها در طرح کاملاً تصادفی آنالیز شده و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD[1] در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام گردید.

1- Least significant difference

نتایج و بحث

منطقه مورد مطالعه دارای بافت غالب لومی رسی سیلتی با مقدار کربن آلی زیاد و pH اسیدی تا خنثی است (جدول ۳). همچنین دارای کربنات کلسیم معادل کم و تنفس میکروبی زیاد می‌باشد. ریزجانداران موجود در خاک منطقه شامل قارچ‌های مایکورایز [1] (AMF)، اکتینوباکتری‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌های عمومی، باکتری های گرم‌منفی، باکتری‌های گرم-مثبت و پروتوزوئرها می‌باشند (جدول ۴). نتایج نشان دادند که در بین ریزجانداران موجود در خاک، باکتری‌های گرم مثبت و گرم-منفی بیشترین فراوانی و پروتوزوئرها کمترین فراوانی را در منطقه دارند. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که متناسب با نوع و شرایط خاک، شمار ریزجانداران تغییر می‌کند. باکتری‌ها جزء فراوان-ترین ریزجانداران موجود در خاک هستند که تعداد آنها در خاک‌های مختلف تغییر می‌کند (۳۲).

ارتباط بین ویژگی‌های خاک و ریزجانداران

نتایج همبستگی نشان دادند که بین ریزجانداران و ویژگی‌های خاک ارتباط معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). بطوری‌که مقادیر کربن و نیتروژن خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با ریزجانداران خاک بودند. پژوهش‌های مختلفی نقش مؤثر ویژگی‌های خاک را بر ریزجانداران گزارش کرده‌اند (۱ و ۳). ریزجانداران از طریق تأثیر بر اتصال مواد آلی و ذرات خاک و تشکیل خاکدانه‌ها، نقش مؤثری در خاکدانه‌سازی دارند (۳۵). افزون بر آن مواد آلی منبع اصلی مواد غذایی برای ریزجانداران می‌باشد (۳۳). ریزجانداران خاک بخش ضروری در چرخه‌های کربن و نیتروژن هستند و از طریق تأثیر بر آنزیم‌های خاک در معدنی شدن عناصر غذایی نقش بسزایی دارند (۶ و ۱).

آنالیز همبستگی نشان داد که EC دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با AMF و اکتینوباکتری‌ها است. اگرچه EC مقدار نمک های محلول را به صورت مستقیم بیان نمی‌کند، اما این پارامتر دارای همبستگی بالایی با غلظت یون‌هایی مانند Na^+، Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^+، Cl^-، SO_4^{2-}، HCO_3^-، CO_3^{2-} و NO_3^- است (۲۹). رشد ریزجانداران با افزایش عناصر غذایی افزایش می‌یابد (۱۵). بنابراین به نظر می رسد احتمالاً افزایش EC شرایط بهتری از نظر عناصر مورد نیاز برای ریزجانداران فراهم کرده و منجر به افزایش فعالیت آنها شده است. همچنین افزودن مقادیر اندک نمک‌های محلول به خاک منجر به افزایش فعالیت باکتری‌ها موجود در خاک می‌شود (۱۰ و ۲۴).

همبستگی بین پروتوزوئرها با ویژگی‌های خاک متفاوت از دیگر ریزجانداران بود. به طوری که آنها هیچ همبستگی معنی‌داری با تنفس میکروبی خاک نداشتند. اما pH ($r=-۰/۷۰$; $P<0.01$) EC ($r=-۰/۳۷$;$P<0.05$) ، کربنات کلسیم معادل ($r=-۰/۶۰$; $P<0.01$) و مقدار شن ($r=-۰/۳۹$; $P<0.05$) موجود در خاک همبستگی منفی و معنی‌داری بر پروتوزوئرها داشتند و مقدار سیلت موجود در خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=۰/۴۹$; $P<0.01$) با آنها بود.

این نتایج احتمالاً به دلیل ساختار و نقش متفاوت پروتوزوئرها در خاک است. پروتوزوئرها دارای اندازه بزرگتر از سایر گروه‌های میکروبی بوده و با توجه به نقش شکارگر آنها در خاک انتظار می‌رود رفتار متفاوتی از دیگر ریزجانداران از خود نشان دهند. و از آنجایی‌که ذرات سیلت و رس نقش مثبت و موثری درتنوع و فعالیت ریزجانداران خاک دارند (۳) بنابراین این احتمال وجود دارد که افزایش ذرات سیلت شرایط مناسب‌تری برای زیستگاه و تغذیه پروتوزوئرها ایجاد کرده باشد. رون و همکاران (۲۵) بیان کردند که پروتوزوئرها آغازیان تک یاخته‌ای هسته‌دار هستند. آنها به عنوان مهمترین شکارچیان در نظر گرفته شده‌اند که می‌توانند فراوانی دیگر ریزجانداران مانند باکتری‌ها، معدنی شدن کربن و نیتروژن توسط باکتری‌ها را کنترل کنند. و این نقش پروتوزئرها در خاک‌های با بافت درشت‌تر بیشتر است (۲۶).

همچنین نتایج همبستگی نشان دادند که تقریباً تمامی گروههای میکروبی نقش موثر و مثبتی در تنفس میکروبی خاک داشتند (جدول ۵). همچنین تنفس میکروبی به مقدار زیادی تحت تأثیر ویژگی‌های خاک مانند EC ($r=-۰/۵۰$; $P<0.01$)، کربن آلی ($r=-۰/۶۲$; $P<0.01$) و نیتروژن کل ($r=-۰/۵۷$; $P<0.01$) خاک بود.

پیامد ترکیب‌های درختی مختلف بر جامعه میکروبی خاک

آنالیز واریانس (جدول ۶) نشان داد که پیامد ترکیب‌های درختی مختلف تنها بر نشانگرهای methyl-۱۰ ۱۶:۰، 18:2 w6c، 20:2 w6c، 20:3 w6c، 20:4 w6c معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$) و دیگر نشانگرها تحت تأثیر ترکیب درختی قرار نگرفتند. این نشانگرها متعلق به گروه‌های میکروبی اکتینوباکتری‌ها، باکتری‌های گرم-مثبت و پروتوزوئرها هستند. نتایج (جدول ۶) نشان داد که ترکیب‌های درختی دوتایی و سه تایی دارای بیشترین مقادیر نشانگرها و پلات‌های که دارای تک گونه ممرز هستند، دارای کمترین مقادیر نشانگرها بودند. مشابه با نتایج تک تک نشانگرها، بررسی مقایسه میانگین گروه‌های میکروبی در ترکیب‌های درختی مختلف (جدول ۷) نشان داد که بین گروه‌های میکروبی مختلف در ترکیب‌های درختی متفاوت اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تنها پروتوزوئرها هستند که در پلات‌های با ترکیب گونه‌های درختی مختلف دارای تفاوت معنی‌دار هستند. همچنین با توجه به نتایج همبستگی و مقایسه میانگین می‌توان اظهار داشت فراوانی پروتوزوئرها در خاک بیشتر تحت تأثیر ویژگی‌های خاک است. از آنجاییکه نسبت C:N در باکتری‌ها و پروتوزوئرها فرق

1- Arbuscular mycorrhizal fungi

می‌کند و پروتوزوئرها نیتروژن اضافی دریافت شده از باکتری‌ها را در محیط آزاد می‌کنند بنابراین اثر مثبت و معنی‌داری بر رشد گیاهان خواهد داشت که تفسیر روابط بین آنها و درختان را پیچیده‌تر می‌کند (۱۳).

جدول ۳- آمارتوصیفی ویژگی‌های خاک درمنطقه موردمطالعه

Table 3- Statistical description of soil properties in the study area

ویژگی‌های خاک Soil properties	کم‌ترین Minimum	بیش‌ترین Maximum	میانگین Mean
pH	5.65	7.46	6.44
EC(µSiemens/cm) Electrical conductivity	221.00	741.00	448.85
کربنات‌های کلسیم معادل(٪) Equivalent calcium carbonate (%)	0.80	21.00	4.25
کربن آلی (٪) Organic carbon %	3.12	9.26	5.42
نیتروژن کل(٪) Total nitrogen (%)	0.25	0.57	0.38
رس(٪) Clay (%)	30.42	63.33	43.86
سیلت(٪) Silt (%)	31.58	56.50	41.62
شن (٪) Sand (%)	4.58	34.67	14.51
تنفس میکروبی($mgCO_2/kgrsoil.day$) Microbial respiration	267.14	809.28	433.33

جدول ٤- آمارتوصیفی تغییرات غلظت PLFA (ریزجانداران خاک)

Table 4- Statistical description of PLFA concentration (soil microorganisms)

گروه‌های میکروبی(nmol/gr soil) Microbial group	کم‌ترین Minimum	بیش‌ترین Maximum	میانگین Mean
قارچ‌هایآربسکولارمایکورایزا Arbuscular Mycorrhiza Fungi(AMF)	4.12	11.26	6.98
اکتینوباکتری‌ها Actinobacteria	21.14	60.90	32.58
باکتری‌های عمومی Generalbacteria	2.76	11.29	6.52
باکتری‌های گرم-منفی Gram$^-$ bacteria	27.99	80.77	50.38
باکتری‌های گرم-مثبت Gram$^+$bacteria	25.32	80.41	52.58
قارچ‌ها Fungi	10.35	39.24	18.70
پروتوزوئرها Protozoa	0.00	3.13	1.44
کل PLFA Total PLFA	93.21	274.95	169.17

همچنین علت تفاوت در مقادیر و روند AMF و اکتینوباکتری‌ها نسبت به سایر ریزجانداران را می‌توان به تغییرات ویژگی‌های خاک و وابستگی آنها به EC نسبت داد. بنابراین به دلیل وابستگی به EC خاک، این دو گروه دارای پراکنش متفاوتی از سایر گروه‌های میکروبی هستند. مارچنر و همکاران نشان دادند که ترکیب جامعه میکروبی خاک نتیجه برهم‌کنش بین نوع خاک، گونه‌های گیاهی و موقعیت

رایزوسفر می‌باشد (۱۹). اما اینکه کدام عامل تأثیر بیشتری دارد و تعیین کننده تغییرات جامعه میکروبی در خاک هستند متناسب با نوع منطقه، نوع گونه‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک تغییر می‌کند. برخی پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که تغییرات پوشش گیاهی به صورت غیر مستقیم از طریق اثر بر کربن آلی (۲۲)، نیتروژن، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و یا جذب آب و مواد غذایی (۲) منجر به تغییر در جامعه میکروبی خاک می‌شوند.

هاکل و همکاران (۱۱) به بررسی تغییرات جامعه میکروبی در جنگل‌هایی با درختان مختلف پرداختند. نتایج آنها نشان داد که pH خاک دلیل تغییرات جامعه میکروبی است و تنها برخی از نشانگرها در پلات‌هایی با گونه‌های درختی مختلف دارای فراوانی متفاوتی بودند. برخی پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که پیامد ویژگی‌های خاک بر ریزجانداران بیشتر از گونه‌های گیاهی است (۵). درحالی‌که میتلین و همکاران (۲۱) نشان دادند که تأثیر گونه‌های گیاهی بر ترکیب جامعه میکروبی قوی‌تر از ویژگی‌های خاک است. مارچنر و همکاران (۱۹) نشان دادند که رایزوسفر، گونه‌های درختان و ویژگی‌های خاک بر پراکنش باکتری‌ها اثر دارند. آنها گزارش کردند که در خاک‌هایی با درصد رس بیشتر، ترکیب باکترهای خاک بیشتر تحت تأثیر گونه‌های درختی است. درحالی‌که در خاک‌های شنی و لومی شنی، ترکیب باکتری‌های خاکزی بیشتر تحت تأثیر رایزوسفر است. لیو و همکاران (۱۷) گزارش کردند ترکیب‌های درختی به طور معنی‌داری جامع میکروبی و نیتروژن موجود در خاک را تغییر می‌دهند.

بررسی پلات‌هایی که تنها دارای یک گونه درختی بوده‌اند (جدول ۷) نشان داد که درختان انجیلی و پلت اثر مثبتی بر ریزجانداران خاک داشته و برعکس تأثیر درختان ممرز بر ریزجانداران خاک منفی بود. به طوری‌که در مقایسه تمامی پلات‌های تک گونه‌ای دیده شد که، در پلات‌های درخت ممرز فعالیت ریزجانداران نبست به پلات‌های تک درختی انجیلی و پلت کمتر بود. در این پلات‌ها ویژگی‌های خاک تفاوت معنی‌داری نداشتند، بنابراین پراکنش و فراوانی ریزجانداران خاک بیشتر تحت تأثیر گونه‌های درختی موجود در منطقه بوده است. درواقع گونه‌های گیاهی مختلف به دلیل تولید انواع متفاوت ترشحات ریشه‌ای با مقادیر مختلف منجر به تکثیر و رشد ریزجانداران مختلفی می‌شوند (۲۲). به عبارت دیگر از آن جایی که ترشحات ریشه‌ای گونه‌های گیاهی از نظر ترکیب بیوشیمی تفاوت دارند بنابراین تغییر در گونه‌های درختی منجر به تغییر در کمیت و کیفیت ویژگی‌های بیوشیمی خاک شده است که درنهایت جامعه میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۷).

بررسی پلات‌هایی با ترکیب درختی جفتی (جدول ۷) نشان داد که مشابه با پلات‌های دارای تنها گونه انجیلی و تنها افرا پلت، پلات‌های جفتی محتوی این دو گونه دارای گونه‌های میکروبی زیادی هستند. در این پلات‌ها برخلاف پلات‌های تک گونه‌ای، حضور گونه ممرز تأثیر مثبتی بر ریزجانداران داشته است. به عبارت دیگر وجود گونه-های ممرز همراه با دیگر گونه‌ها در فراوانی گروه‌های میکروبی دارای پیامد مثبت است. ترکیب درختان ممرز با گونه انجیلی دارای ریزجانداران بیشتری نسبت به ترکیب درختی ممرز با افرا پلت می باشد. احتمالا حضور همزمان گونه‌های گیاهی مختلف منجر به تولید ترشحات ریشه‌ای مختلف و کربن آلی متفاوت حاصل از تجزیه لاشبرگ می‌شوند که این عوامل منجر به افزایش پیچیدگی تفسیر تغییرات حضور ریزجانداران می‌شوند (۳۰).

متفاوت از دیگر ریزجانداران، در پلات‌های جفتی، اکتینوباکتری‌ها و پروتوزوئرها دارای بیشترین فراوانی بودند (جدول ۷). پروتوزوئرها در پلات‌های گونه انجیلی تنها دارای فراوانی کمتری بودند، اما در پلات هایی با ترکیب دوتایی که در آنها گونه درختان انجیلی همراه با ممرز بود، بیشترین فراوانی را نشان می‌دادند. احتمالا این تفاوت به این دلیل است که پروتوزوئرها افزون بر درختان به مقدار زیادی وابسته به ویژگی‌های خاک هستند و بنابراین پراکنش و فراوانی آنها با توجه به ویژگی‌های خاک تغییر می‌کند. همچنین در ترکیب درختی با حضور گونه درختی پلت، ترکیب درختی انجیلی- پلت دارای ریزجانداران بیشتری بود. در مقایسه پلات‌هایی با ترکیب درختی ممرز -انجیلی با ترکیب درختی انجیلی- پلت مشخص شد که ریزجانداران خاک در پلات‌های انجیلی پلت فراوانی بیشتری دارند.

با توجه به میانگین غلظت PLFA بدست آمده برای ریزجانداران در ترکیب سه تایی از درختان انجیلی، ممرز و پلت (جدول ۷)، ترکیب درختی ممرز- پلت -انجیلی دارای بیشترین جمعیت ریزجانداران خاکی می‌باشد و مشابه آن، ریزجانداران خاک در ترکیب درختی ممرز- انجیلی -پلت فراوانی زیادی دارند. در پلات‌های سه تایی که دارای مقدار متوسطی از ممرز هستند مقدار ریزجانداران کمتری نسبت به پلات‌هایی که دارای مقدار بیشتری از ممرز هستند، می‌باشند. در پلات‌های با مقادیر متوسط ممرز، حضور گونه‌های درختی انجیلی نسبت به پلت تأثیر مثبت بیشتری بر ریزجانداران خاک دارد. باتوجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد حضور ترکیب سه تایی از گونه‌های درختی مورد مطالعه که در آن مقدار بیشتری از گونه ممرز و مقدار متوسطی از درختان انجیلی و پلت وجود داشته باشد، تأثیر مثبتی بر جامعه میکروبی خاک دارد. این نتایج احتمالا به دلیل تغییر در مواد ترشح شده از ریشه‌های درختان می‌باشد. بطوری‌که با تغییر درصد درختان موجود در پلات‌ها و ترکیب‌های درختی، مقدار و ترکیب مواد ترشح شده از درختان تغییر یافته که درنهایت منجر به تغییر در جامعه میکروبی خاک گردیده است. در واقع محیط ریشه گیاهان منطقه‌ای غنی از مواد غذایی برای ریزجانداران و محل همزیستی با قارچ‌های مایکورایزا می‌باشد بنابراین می‌تواند بر ترکیب جامعه میکروبی خاک تأثیر بگذارد (۱۶).

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک و ریزجانداران خاک

Table 5- Correlation coefficient (Pearson) between soil properties and soil microorganisms

ریزجان داران خاک Soil microorganisms	pH	EC Electrical conductivity	کربنات کلسیم معادل Equivalent calcium carbonate	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن کل Total nitrogen	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	تنفس میکروبی Microbial respiration
قارچ‌هایاربسکولارمایکوریزا (Arbuscular Mycorrhiza Fungi(AMF))	0.31	0.69**	0.20	0.59**	0.47**	-0.04	-0.07	0.24	0.68**
اکتینوباکتری‌ها Actinobacteria	0.04	0.51**	-0.00	0.81**	0.68**	0.06	-0.07	0.13	0.79**
باکتری‌های عمومی Generalbacteria	-0.22	0.28	-0.09	0.61**	0.53**	0.00	0.09	0.05	0.77**
باکتری‌های گرم-منفی Gram bacteria	-0.24	0.25	-0.18	0.64**	0.59**	-0.00	0.13	0.03	0.77**
باکتری‌های گرم-مثبت Gram bacteria	-0.23	0.31	-0.15	0.70**	0.60**	0.06	0.05	0.03	0.80**
قارچ‌ها Fungi	-0.33	0.17	-0.17	0.64**	0.61*	0.02	0.13	-0.01	0.80**
پروتوزوئرها Protozoa	-0.70**	-0.37*	-0.60**	0.08	0.13	-0.01	0.49**	-0.39*	0.21
کل PLFA Total PLFA	-0.18	0.34*	-0.10	0.72**	0.65**	0.02	0.05	0.06	0.84**

*و **به ترتیب بیان معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

جدول ٦- مقایسه میانگین نشانگرها در یازده ترکیب درختی مختلف

Table 6- Mean comparison of signatures in eleven different tree compositions

نشانگرهای زیستی	ترکیب‌های درختی (Tree compositions)										
biomarkers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16:1 w5c	6.49 ^{a}	6.84^{a}	7.47 ^{a}	6.19 ^{a}	6.40 ^{a}	6.10^{a}	7.57^{a}	8.31 ^{a}	6.62 ^{a}	7.39 ^{a}	7.35^{a}
16:0 10-methyl	24.80^{ab}	18.65^{b}	21.70^{ab}	19.94^{ab}	23.63^{ab}	24.91^{ab}	33.48^{a}	22.03^{ab}	20.44^{ab}	27.72^{ab}	24.74^{ab}
17:0 10-methyl	1.778 ^{a}	1.381 ^{a}	1.499 ^{a}	1.800 ^{a}	1.952 ^{a}	1.611 ^{a}	1.625 ^{a}	2.23^{a}	1.44 ^{a}	1.44 ^{a}	2.05 ^{a}
18:0 10-methyl	7.46^{a}	5.99^{a}	6.93^{a}	7.36^{a}	6.92^{a}	6.55^{a}	7.33^{a}	8.56^{a}	5.97^{a}	6.43^{a}	7.96^{a}
14:0 iso	3.75 ^{a}	2.98 ^{a}	3.09 ^{a}	2.90 ^{a}	3.62 ^{a}	3.35^{a}	3.70 ^{a}	3.74 ^{a}	2.94 ^{a}	3.20 ^{a}	3.71 ^{a}
15:0	1.73 ^{a}	1.37 ^{a}	1.44 ^{a}	1.65 ^{a}	1.89 ^{a}	1.59 ^{a}	1.49 ^{a}	1.96 ^{a}	1.29 ^{a}	1.33 ^{a}	1.77 ^{a}
17:0	1.60 ^{a}	1.34 ^{a}	1.64 ^{a}	1.57 ^{a}	1.57 ^{a}	1.48 ^{a}	1.59 ^{a}	1.98 ^{a}	1.26 ^{a}	1.46 ^{a}	1.75 ^{a}
16:1 w7c	9.83^{a}	10.33^{a}	10.67^{a}	11.20^{a}	11.18^{a}	11.65^{a}	12.96 ^{a}	13.51 ^{a}	10.41^{a}	11.49^{a}	11.30^{a}
18:1 w7c	19.92^{a}	19.25^{a}	21.99^{a}	21.78^{a}	22.02^{a}	18.98^{a}	22.86^{a}	26.56 ^{a}	19.35^{a}	21.50^{a}	22.58^{a}
19:0 cyclo w7c	15.83 ^{a}	13.88 ^{a}	14.70 ^{a}	14.90 ^{a}	17.96 ^{a}	15.38 ^{a}	16.87 ^{a}	16.18 ^{a}	13.65 ^{a}	14.59 ^{a}	17.43 ^{a}
16:1 w9c	1.71^{a}	2.18^{a}	2.35^{a}	1.58^{a}	2.41^{a}	2.28^{a}	1.49^{a}	2.79 ^{a}	0.74^{a}	2.02^{a}	1.92^{a}
15:0 iso	19.48 ^{a}	14.09 ^{a}	16.24 ^{a}	15.86 ^{a}	19.01^{a}	18.96 ^{a}	20.01 ^{a}	18.67 ^{a}	15.37 ^{a}	18.07 ^{a}	18.85 ^{a}
15:0 anteiso	15.18 ^{a}	10.86 ^{a}	13.11 ^{a}	13.91 ^{a}	15.40 ^{a}	14.57 ^{a}	13.39 ^{a}	15.33 ^{a}	11.84 ^{a}	12.10 ^{a}	15.10 ^{a}
16:0 iso	10.51 ^{a}	7.49 ^{a}	8.48 ^{a}	9.82 ^{a}	11.11 ^{a}	10.79 ^{a}	10.53^{a}	11.33 ^{a}	9.02 ^{a}	8.66 ^{a}	10.61^{a}
17:0 iso	5.65 ^{a}	4.45 ^{a}	5.38 ^{a}	5.18 ^{a}	5.78 ^{a}	5.69 ^{a}	6.18 ^{a}	5.88 ^{a}	4.89 ^{a}	5.66 ^{a}	5.83 ^{a}
17:0 anteiso	6.17 ^{a}	4.82 ^{a}	5.39 ^{a}	5.74 ^{a}	6.17 ^{a}	6.21 ^{a}	6.20 ^{a}	6.62 ^{a}	5.15 ^{a}	5.47 ^{a}	6.11 ^{a}
18:2 w6c	3.50^{ab}	3.71^{ab}	3.16^{ab}	3.54^{ab}	3.68^{ab}	4.02^{ab}	3.16^{ab}	6.83 ^{a}	3.85^{ab}	2.60^{b}	3.67^{ab}
18:1 w9c	14.81 ^{a}	12.26 ^{a}	14.32 ^{a}	13.86 ^{a}	14.76 ^{a}	14.73 ^{a}	17.37 ^{a}	17.77 ^{a}	13.36 ^{a}	14.85 ^{a}	15.89 ^{a}
20:2 w6c	0.00^{b}	0.27^{ab}	0.00^{b}	0.71^{a}	0.00^{b}	0.24^{ab}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.16^{ab}	0.00^{b}	0.16^{ab}
20:3 w6c	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.16^{a}	0.00^{b}	0.00^{b}	0.00^{b}
20:4 w6c	1.06^{bcd}	1.27^{abcd}	1.54^{abc}	1.54^{abc}	1.71^{a}	1.36^{abcd}	1.06^{abcd}	1.64^{ab}	0.95^{cd}	1.16^{abcd}	0.80^{d}

بودن حداقل یک حرف همانند درهرسطرنشان‌دهنده نبود تفاوت آماری معنی‌داردر سطح ۵ درصد (آزمون LSD) است.

Similar letters in each row show non-significant differences according to LSD test.

جدول ۷- مقایسه میانگین ریزجانداران خاک دریازده ترکیب درختی مختلف

Table 7- Mean comparison of soil microorganisms in eleven different tree compositions

نشانگرهای زیستی biomarkers	ترکیب‌های درختی (Tree compositions) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
قارچ‌هایآربسکولارمایکورایزا Arbuscular Mycorrhiza Fungi(AMF)	6.49 [a]	6.84 [a]	7.47 [a]	6.19 [a]	6.40 [a]	6.10 [a]	7.57 [a]	8.31 [a]	6.62 [a]	7.39 [a]	7.35 [a]
اکتینوباکتری‌ها Actinobacterial	34.04[a]	26.02[a]	30.14[a]	29.10[a]	32.51[a]	33.09[a]	42.43[a]	32.82[a]	27.85[a]	35.58[a]	34.75[a]
باکتری‌هایعمومی Generalbacteria	18.31 [a]	15.97 [a]	17.48 [a]	17.40 [a]	18.43 [a]	18.74 [a]	20.53 [a]	24.60 [a]	17.21 [a]	17.44 [a]	19.56 [a]
باکتری‌های گرم-منفی Gram^{-} bacteria	7.09 [a]	5.69 [a]	6.17 [a]	6.12 [a]	7.08 [a]	6.41 [a]	6.79 [a]	7.68 [a]	5.50 [a]	5.99 [a]	7.22 [a]
باکتری‌های گرم-مثبت Gram^{+}bacteria	47.30 [a]	45.64 [a]	49.71 [a]	49.46 [a]	53.56 [a]	48.29 [a]	54.19 [a]	59.03 [a]	44.16 [a]	49.62 [a]	53.24 [a]
قارچ‌ها Fungi	57.00 [a]	41.70 [a]	48.61 [a]	50.49 [a]	57.48 [a]	56.23 [a]	56.31 [a]	57.83 [a]	46.26 [a]	49.96 [a]	56.50 [a]
پروتوزوئرها Protozoa	1.06[b]	1.54[ab]	1.54[ab]	2.26 [a]	1.71[ab]	1.60[ab]	1.06[b]	1.80[ab]	1.12[b]	1.16[b]	0.96[b]
کل PLFA Total PLFA	171.28 [a]	143.41 [a]	161.13 [a]	161.03 [a]	177.18 [a]	170.47 [a]	188.88 [a]	192.08 [a]	148.71 [a]	167.14 [a]	179.59 [a]

بودن حداقل یک حرف همانند درهرسطرنشان‌دهنده نبود تفاوت آماری معنی‌داردر سطح ۵ درصد (آزمون LSD) است.

Similar letters in each row show non-significant differences according to LSD test.

مارچنر و همکاران (۱۹) بیان کردند که تأثیر گونه‌های درختی احتمالا به دلیل تفاوت در ترکیبات سلول‌های ریشه‌ای و ترشحات ریشه‌ای می‌باشد. به عبارت دیگر ترشحات ریشه‌ای دارای ترکیب هایی مانند کربن و نیتروژن و اسیدهای آلی محلول در آب هستند که بر تعادل عناصر غذایی در خاک و جامعه میکروبی خاک تأثیر دارند و تغییر در این ترکیب‌ها منجر به تغییر در جامعه میکروبی می‌گردد (۲۰).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که باکتری‌های گرم-مثبت و گرم-منفی بیشترین فراوانی و پروتوزوئرها کمترین فراوانی را دربین گروه‌های میکروبی را درمنطقه مورد مطالعه دارند. در بین ویژگی‌ها خاک، کربن، نیتروژن و EC دارای بیشترین همبستگی با ریزجانداران خاک بودند. پروتوزوئرها بیشتر از سایر گروه‌های میکروبی تحت تأثیر ویژگی‌های خاکی قرار گرفتند. ویژگی‌های خاک به همراه ترکیب‌های درختی مختلف دارای پیامد معنی‌داری بر گروه‌های میکروبی موجود در خاک بودند. در پلات‌های دارای تک گونه درختی انجیلی و تک گونه پلت ریزجانداران بیشتری نسبت به پلات‌های تک گونه ممرز دیده شد. در پلات‌های جفتی، ترکیب درختی انجیلی - پلت نسبت به دیگر ترکیب‌های درختی دوتایی دارای ریزجانداران بیشتری بود. ترکیب درختی سه تایی ممرز – پلت - انجیلی و ممرز – انجیلی - پلت دارای ریزجانداران بیشتری نسبت به دیگر پلات‌های دارای ترکیب های سه تایی درختی بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی-های خاک و گونه‌های درختی در تغییرات جامعه میکروبی خاک تأثیر دارند. با مقایسه این فاکتورها و ترکیب‌های چندتایی درختان، می‌توان دریافت که برهم‌کنش پیچیده‌ای بین گونه‌های درختان، ویژگی‌های خاک و ترکیب جامعه میکروبی وجود دارد که بررسی این روابط نیازمند مطالعه همه جانبه‌ای از پارامترهای تأثیرگذار و روابط غیر خطی بین این پارامترها می‌باشد.

منابع

1- Aislabie J., Deslippe J.R., and Dymond J.R. 2013. Soil microbes and their contribution to soil services. Ecosystem Services in New Zealand - Conditions and Trends, 143–161.
2- Ayres E., Steltzer H., Berg S., Wallenstein M.D., Simmons B.L., and Wall D.H. 2009. Tree species traits influence soil physical, chemical, and biological properties in high elevation forests. PLoS ONE, 4:e5964.
3- Bach E.M., Baer S.G., Meyer C.K., and Six J. 2010. Soil texture affects soil microbial and structural recovery during grassland restoration. Soil Biology and Biochemistry, 42:2182–2191.
4- Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen—total. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.
5- Buyer J.S., Roberts D.P., and Russek-Cohen E. 1999. Microbial community structure and function in the spermosphere as affected by soil and seed type. Canadian Journal of Microbiology, 45:138–144.
6- Cusack D.F., Silver W.L., Torn M.S., Burton S.D., and Firestone M.K. 2011. Changes in microbial community characteristics and soil organic matter with nitrogen additions in two tropical forests. Ecology, 92:621–632.
7- Eisenhauer A.N., Beßler H., Engels C., Gleixner G., Habekost M., Milcu A., Partsch S., Sabais A.C.W., Scherber C., Steinbeiss S., Weigelt A., Weisser W.W., and Scheu S. 2010. Plant diversity effects on soil microorganisms support the singular hypothesis. Ecology, 91:485–496.
8- Fang S., Liu D., Tian Y., Deng S., and Shang X. 2013. Tree species composition influences enzyme activities and microbial biomass in the rhizosphere: A rhizobox approach. PLoS ONE, 8:e61461.
9- Gee G.W., and Bauder J.W. 1979. Particle size analysis by hydrometer: A simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measurement parameters. Soil Science Society of America Journal, 43:1004–1007.
10- Greaves J.E. 1922. Influence of salts on bacterial activities of soil. Botanical Gazette. 73:161–180.
11- Hackl E., Pfeffer M., Donat C., Bachmann G., and Zechmeister-Boltenstern S. 2005. Composition of the microbial communities in the mineral soil under different types of natural forest. Soil Biology and Biochemistry, 37:661–671.
12- Hesse P.R. 1971. A Text Book of Soil Chemistry Analysis. John Murray Ltd. London, 412:120–309.
13- Hoorman J.J. 2011. The role of soil protozoa and nematodes. Fact Sheet: Agriculture and Natural Resources.(Smith KL), The Ohio State University Extension, Colombus, Ohio, 1–5.
14- Jenkinson D.S., and Powlson D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil—V: a method for measuring soil biomass. Soil Biology and Biochemistry, 8:209–213.
15- Jones E.B.G., and Jennings D.H. 1965. The effect of cations on the growth of fungi. New Phytologist, 64:86–100.
16- Koorem K., Gazol A., Opik M., Moora M., Saks U., Uibopuu A., Sober V., and Zobel M. 2014. Soil nutrient content influences the abundance of soil microbes but not plant biomass at the small-scale. PLoS ONE, 9:e91998.
17- Liu D., Liu Y., Fang S., and Tian Y. 2015. Tree species composition influenced microbial diversity and nitrogen availability in rhizosphere soil. Plant Soil and Environment, 61:438–443.

18- Lundquist E.J., Scow K.M., Jackson L.E., Uesugi S.L., and Johnson C.R. 1999. Rapid response of soil microbial communities from conventional, low input, and organic farming systems to a wet/dry cycle. Soil Biology and Biochemistry, 31:1661–1675.
19- Marschner P., Yang C., Lieberei R., and Crowley D.E. 2001. Soil and plant specic effects on bacterial community composition in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry, 33:1437–1445.
20- Merbach W., Mirus E., Knof G., Remus R., Ruppel S., Russow R., Gransee A., and Schulze J. 1999. Release of carbon and nitrogen compounds by plant roots and their possible ecological importance. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 162:373–383.
21- Miethling R., Wieland G., Backhaus H., and Tebbe C.C. 2000. Variation of microbial rhizosphere communities in response to crop species, soil origin, and inoculation with *Sinorhizobium meliloti* L33. Microbial Ecology, 40:43–56.
22- Nguyen C. 2003. Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls. In Agronomie, 23: 375–396.
23- Nielsen M.N., Winding A., Binnerup S., Hansen B.M., Hendriksen N.B.and Kroer N. 2002. Microorganisms as indicators of soil health, Neri. National Environmental Research Institute, Denmark.
24- Rath K.M., Maheshwari A., Bengtson P. and Rousk J. 2016. Comparative toxicity of salts to microbial processes in soil. Applied and Environmental Microbiology. 82:2012–2020.
25- Ronn R., Vestergard M., and Ekelund F. 2012. Interactions between bacteria, protozoa and nematodes in soil. Acta Protozoologica, 51:223–235.
26- Rutherford P.M., and Juma N.G. 1992. Influence of soil texture on protozoa-induced mineralization of bacterial carbon and nitrogen. Canadian Journal of Soil Science. 72:183–200.
27- Schutter M.E., and Dick R.P. 2000. Comparison of fatty acid methyl ester (FAME) methods for characterizing microbial communities. Soil Science Society of America Journal, 64:1659–1668.
28- Shataee Jouibary S. 2003. Survey possibility forest type map using satellite data the case study nowshahr Khairoud kenar. Forestry Ph.D. Thesis. Natural Resource Faculty of Tehran University, 155p.
29- Shi D., and Wang D. 2005. Effects of various salt-alkaline mixed stresses on Aneurolepidium chinense (Trin.) Kitag. Plant and Soil, 27(1):15–26.
30- Six J., Elliot E.T., and Paustian K. 2000. Soil microaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C organic under no-tillage agriculture. Soil Biology and Biochemistry, 32:2099–2103.
31- Stephan A., Meyer A.H., and Schmid B. 2000. Plant diversity affects culturable soil bacteria in experimental grassland communities. Journal of Ecology, 88:988–998.
32- Urbanova M., Snajdr J., Baldrian P., Urbanova M., Snajdr J., and Baldrian P. 2015. Composition of fungal and bacterial communities in forest litter and soil is largely determined by dominant trees. Soil Biology and Biochemistry, 84:53–64.
33- Whitman W.B., Coleman D.C., and Wiebe W.J. 1998. Prokaryotes: the unseen majority. Proceedings of the National Academy of Sciences, 95:6578–6583.
34- Williams M.A., Myrold D.D., and Bottomley P.J. 2006. Carbon flow from ^{13}C-labeled straw and root residues into the phospholipid fatty acids of a soil microbial community under field conditions. Soil Biology and Biochemistry, 38:759–768.
35- Yan N., Marschner P., Cao W., Zuo C., and Qin W. 2015. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. International Soil and Water Conservation Research, 3:316–323.
36- Zelles L. 1999. Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities in soil: A review. Biology and Fertility of Soils, 111–129.

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 5, Nove.-Dec. 2017, p. 1409-1422

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۶، ص. ۱۴۲۲- ۱۴۰۹

Impact of Different Tree Compositions and Soil Properties on Soil Microbial Community

S.Tajik[1]- Sh. Ayoubi [2*]- J. Khajehali [3]- Sh. Shataee [4]

Received: 13-03-2017
Accepted: 02-08-2017

Introduction: Soil microorganisms are the essential part of forest ecosystems which play a key role on soil nutrient changes. The biological activity in soil is largely concentrated in topsoil. Despite the small volume of microorganisms in soil, they have a key role on nitrogen, sulphur and phosphorous cycles and the decomposition of organic residues. Soil microorganisms have been identified as the sensitive indicators for soil quality. The composition of microorganisms and their fractional activities in soils significantly affect biochemical cycles, carbon sequestration and soil fertility. As soil microbial communities respond differently respected to environmental conditions, it seems that variation in forest ecosystem could significantly affect microbial community. Plants are one of the important variables for assessing soil microbial communities which their effect is related to root secretions and litter decomposition. The phospholipid fatty acid (PLFA) analysis is one of the methods that can overcome the problem of selective growth of microorganisms on culture media which is a major defect in the identification of microbial diversity. The objective of this study was to investigate the effects of different tree compositions and soil properties on soil microbial community using PLFA analysis approach.

Materials and Methods: This study was conducted in ShastKalate forest, an experimental forest station of Gorgan University, located at eastern Caspian region, North of Iran (36° 43′ 27″ N ,54°24′ 57″ E). Eleven different tree compositions were selected and the surface soils collected from 0-10 cm depth of 33 plots. Soil samples were air dried and passed through a 2mm sieve. Then one portion of the sieved samples was used for physical and chemical analyses. The other portion was rewetted to 65% of field capacity and incubated at 37 °C for 3 days to analyses PLFA. Soil particle size distribution (clay, silt and sand) was determined using the hydrometer method. Soil pH in 1/ 2.5 soil to water suspension and electrical conductivity (EC) in the same extract were measured.. Calcium carbonate equivalent (CCE),soil organic carbon (OC) and total nitrogen (TN) was determined, too. Biological analyzes including soil microbial respiration determination and PLFA analysis were carried out. The PLFA detection and quantification were performed with a Hewlett-Packard 5890 Series II gas chromatograph (GC) equipped with an HP Ultra 2 capillary column and a flame ionization detector. The normalized data were employed for Pearson's correlation analysis and ANOVA to determine the effects of soil properties and different tree compositions on soil microbial community.

Results and Discussion: Gram+ and Gram- bacteria were the most microorganisms and protozoa were the least microorganisms in soil samples. The results of the correlation between soil properties and microorganisms showed that OC and TN had significant positive effects on microorganism's communities. EC was significantly correlated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), actionbacterial, protozoa and total PLFA. In addition, soil microorganisms and total PLFA were significantly correlated with soil respiration. However, there was no significant correlation between TN and OC with protozoa. The correlations between pH, EC, CCE and sand with protozoa were significantly negative, but in the case of silt, this correlation was significantly positive. Different studies showed that soil organic matter is the main nutrient source for soil microorganisms and soil microorganisms are also the essential part of C and N cycles. The effects of tree compositions on 16:0 10-methyl, 18:2 w6c, 20:2 w6c, 20:3 w6c and 20:4 w6c were significant(p<0.05). We found that trees can impact on soil organic carbon, nitrogen, water content, soil physicochemical properties and the availability of other nutrients via litter decomposition, roots growth and their exudates. Thus, trees indirectly affect soil microorganisms. In the single tree species plots, hornbeam species had negative effect on soil microorganism's diversity. In two species plots, though hornbeam species positively increased soil microorganisms, but plots

1 and 2- Ph.D. Student and Professor of Soil Science Department, College of Agiculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: ayoubi@cc.iut.ac.ir)
3- Associate Professor of Plant Protection Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
4- Associate Professor of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

containing parrotia-maple had the most diversity of microorganism. In addition, in the plots containing three species, more hornbeam and medium number of parrotia and maple compositions had the positive effect on soil microorganism diversity.

Conclusions: The present study showed that soil properties and tree compositions had significant effects on soil microbial groups. Tree compositions including “hornbeam-maple-parrotia” and “hornbean-parrotia-maple” had the most microorganism diversities, and single hornbeam plots had the least microorganism diversity.

Keywords: Hornbeam, Maple, Microbial community, Parrotia, Phospholipid fatty acids