شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند و تهویه خاک بر پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر

طیبه ساعدی مرغملکی[۱*]، محمد رضا مصدقی[۲]، محمد رضا سبزعلیان[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۲] استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۳] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

با توجه به اهمیت همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند در بهبود ویژگی‌های ریزوسفر و از سوی دیگر کاهش کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک تحت شرایط تنش اکسیژن، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند بر پایداری خاکدانه‌های ریزوسفر در شرایط تهویه‌ای مختلف اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل هفت سطح تخلخل تهویه‌ای (صفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵، ۱۰/۰، ۱۲/۵ و ۱۵/۰ درصد حجمی) در یک خاک لوم شنی، دو وضعیت اندوفیت شامل همزیست با اندوفیت (E+) و بدون اندوفیت (E−) و دو ژنوتیپ از گیاه فسکیوی بلند (75C و 75B) بودند. پس از گذشت ۴ ماه از کاشت و استقرار کامل گیاهان، سطوح تنش تهویه به مدت ۹ ماه اعمال گردید. در پایان، نمونه‌برداری از خاک ریزوسفری صورت گرفت و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب، تنفس میکروبی و ماده آلی خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با کاهش تخلخل تهویه‌ای، تنفس میکروبی و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب به طور معنی‌داری کاهش یافت. اما ارتباط معنی‌داری بین مقدار ماده آلی با درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (r=0.25, p>0.1) وجود نداشت. همچنین نتایج نشان داد، درصد خاکدانه‌های پایدار در آب و مقدار ماده آلی در ریزوسفر گیاهان E+ بیش‌تر از ریزوسفر گیاهان E− بود. در واقع قارچ‌های اندوفیت با توسعه سیستم ریشه‌ای و ذخیره کربن آلی خاک، پایداری خاکدانه‌های ریزوسفر را بهبود بخشیدند.

کلمات کلیدی: ریزوسفر، قارچ اندوفیت، تخلخل تهویه‌ای، خاکدانه‌های پایدار در آب، تنفس میکروبی

مقدمه

تهویه خاک عاملی تعیین‌کننده در بسیاری از فرآیندهای خاک مانند واکنش‌های اکسید و احیای ترکیبات معدنی، حلالیت و فراهمی عناصر غذایی، pH خاک، چرخه ماده آلی، فعالیت و جمعیت میکروبی، ترشحات میکروبی و گیاهی و همچنین پایداری خاکدانه‌ها است (Delaune and Reddy, 2008). از آن‌جایی‌که پخشیدگی اکسیژن در آب $۱۰^{۴}$ بار کمتر از پخشیدگی آن در هوا است، با اشباع‌شدن خاک‌ها، اکسیژن موجود در خاک به سرعت توسط ریزجانداران و فرآیندهای غیرزیستی مصرف اکسیژن، تخلیه می‌گردد. بنابراین دیگر پذیرنده‌های الکترون (به ترتیب NO_3^-، Mn(IV)، Fe(III) و SO_4^{2-}) در فرآیندهای میکروبی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Delaune and Reddy, 2008).

در شرایط بی‌هوازی، غلظت گونه‌های احیایی مواد معدنی مانند Fe^{2+} و Mn^{2+} در خاک افزایش می‌یابد (Husson, 2013) و کاهش آهن ساختمانی (Fe^{3+}) سبب پراکندگی ذرات رس و تخریب خاکدانه‌ها تحت شرایط نبود اکسیژن (آنوکسی) می‌گردد (De-Compos و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین افزایش گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) و غلظت فلزات قلیایی (Ca^{2+} و Mg^{2+}) در محلول خاک به علت کاهش آهن ساختمانی و حلالیت پوشش‌های اکسیدی آهن، منجر به افزایش نیروهای دافعه بین ذرات رس و کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (De-Compos و همکاران، ۲۰۰۹).بسیاری از پژوهش‌ها (DeLaune and Reddy, 2008; Husson, 2013; Neilson and Pepper, 1990; Tokarz and Urban, 2015) نشان داده‌اند که در شرایط کمبود اکسیژن، تنوع و جمعیت میکروبی و به دنبال آن فعالیت و تنفس میکروبی خاک به شدت کاهش می‌یابد. در شرایط کمبود اکسیژن، فعالیت قارچ‌ها و مواد تولیدی آنها، که یکی از مهم‌ترین فاکتورهای خاکدانه‌سازی هستند (Six و همکاران، ۲۰۰۴)، با شدت بیش‌تری نسبت به سایر ریزجانداران (باکتری‌ها) کاهش می‌یابند (Tokarz and Urban, 2015).

گیاهان با آزادسازی ترشحات ریشه‌ای (موسیلاژها و اسیدهای آلی) قادرند ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک ریزوسفر خود را تغییر دهند (Husson, 2013؛ Hosseini و همکاران، ۲۰۱۵b). کمّیت و کیفیت (نوع و ترکیب) ترشحات گیاهی بسته به نوع گیاه، سن گیاه و ویژگی‌های

* ایمیل نویسنده مسئول: tayebeh.saedi@yahoo.com

فیزیکی و شیمیایی محیط رشد گیاه (مانند خشکی، شوری، تهویه و کمبود عناصر غذایی)، بسیار متغیر است (Jones، ۱۹۹۸). به طوری‌که Naveed و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که اسیدهای آلی ترشح‌شده از ریشه گیاهان جو، سبب پراکندگی ذرات خاک شدند در حالی‌که اسیدهای آلی ترشح‌شده از ریشه گیاهان ذرت و بذور Chia (گیاهی از خانواده نعناع) با افزایش هم‌آوری ذرات رس، سبب افزایش درصد خاکدانه‌های پایدار شدند.

روابط همزیستی بین گیاهان و ریزجانداران اثر قابل‌توجهی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک ریزوسفر دارد و بنابراین می‌تواند پایداری خاکدانه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. گونه *Festuca arundinaceae* معروف به فسکیوی بلند، گیاهی مرتعی با کاربرد دوگانه علوفه-چمن گندمیان است که قادر است همزیستی اختصاصی با قارچ اندوفیت *Epichloë coenophiala* برقرار کند (Malinowski and Belesky, 2000). اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند بر ذخیره کربن آلی خاک و جمعیت میکروبی، و در نتیجه افزایش پایداری خاکدانه‌ها توسط Hosseini و همکاران (۲۰۱۵a) گزارش شده است. با توجه به بررسی منابع، شرایط بی‌هوازی سبب تغییر ویژگی‌های شیمیایی، بیولوژیک و فیزیکی خاک و کاهش کیفیت خاک می‌گردد و از طرف دیگر گیاهان، ریزجانداران و روابط همزیستی بین آنها می‌تواند ویژگی‌های خاک اطراف ریشه را اصلاح و کیفیت فیزیکی خاک را بهبود بخشد. اما تاکنون پژوهشی به بررسی اثر همزیستی قارچ اندوفیت-فسکیوی بلند بر پایداری خاکدانه‌ها تحت شرایط کمبود اکسیژن نپرداخته است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر همزیستی دو ژنوتیپ 75C و 75B فسکیوی بلند-قارچ اندوفیت بر پایداری خاکدانه‌های ریزوسفری تحت شرایط تهویه‌ای مختلف بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل ۷ سطح تخلخل تهویه‌ای (صفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵، ۱۰/۰، ۱۲/۵ و ۱۵/۰ درصد حجمی)، دو وضعیت اندوفیت (با و بدون اندوفیت) و دو ژنوتیپ از فسکیوی بلند (75B و 75C) در یک خاک لوم شنی (با ۷۸/۳ درصد شن، ۱۰/۳ درصد سیلت و ۱۱/۴ درصد رس) با ۳ تکرار در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. پس از گذشت ۴ ماه از کاشت پنجه‌ها و استقرار کامل گیاهان، سطوح ذکرشده تنش تهویه به مدت ۹ ماه به روش وزنی اعمال گردید. در پایان نمونه‌برداری از خاک ریزوسفری گلدان‌ها به صورت دست‌خورده و دست‌نخورده صورت گرفت. از خاکدانه‌های ۱-۰/۵ میلی‌متر در نمونه‌های دست‌نخورده برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها به روش Kemper and Rosenau (۱۹۸۶) با دستگاه تک-الک تر استفاده شد و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA%) محاسبه شد. در نمونه‌های دست‌خورده، تنفس میکروبی پایه خاک (BSR) به روش Chen و همکاران (۲۰۰۰) و ماده آلی خاک به روش والکلی- بلک اندازه‌گیری شدند. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳، تجزیه آماری با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام گردید.

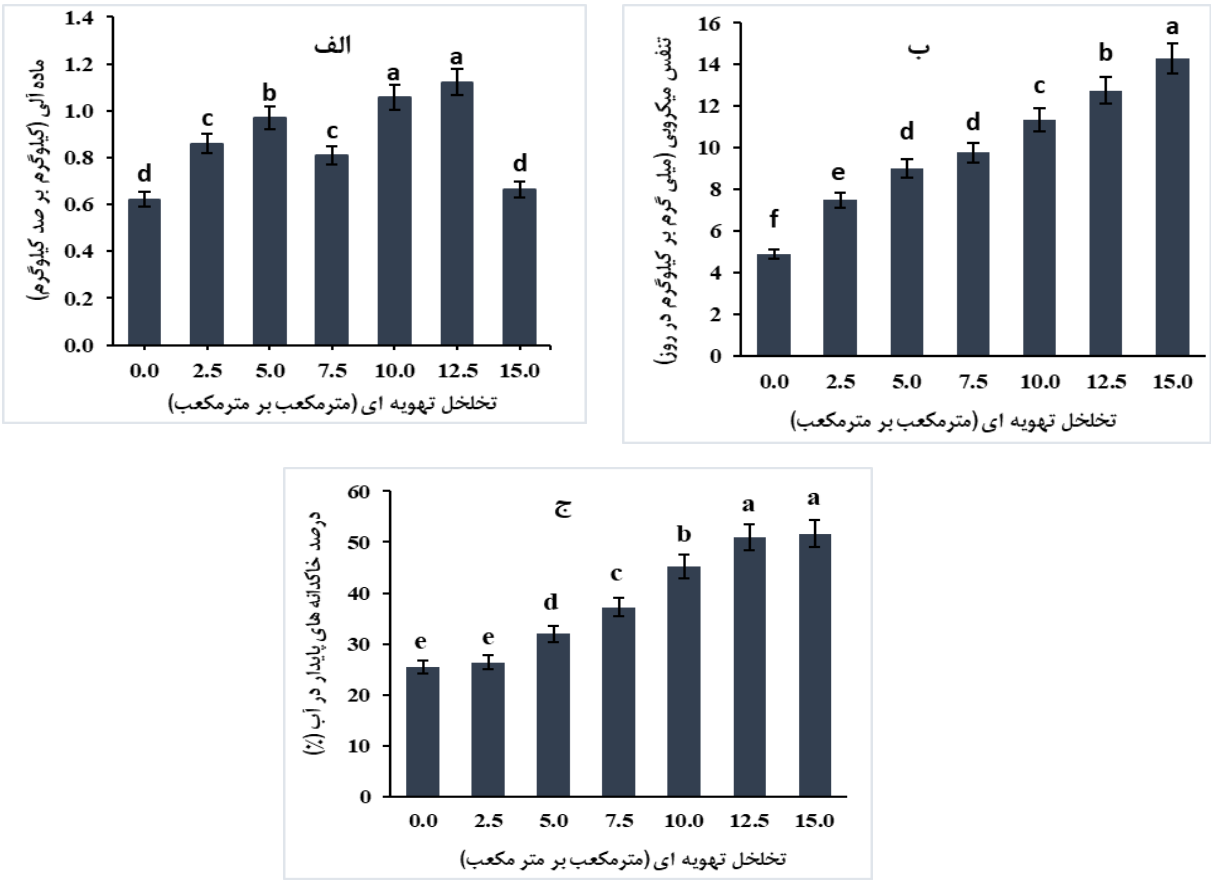
نتایج و بحث

خاک مورد بررسی درشت‌بافت و دارای ماده آلی و کربنات کلسیم معادل کم (به ترتیب ۰/۴۳ و ۶/۷ درصد) بود و به عنوان یک خاک غیرشور (EC گل اشباع برابر با ۰/۹۹ dS/m) و کمی قلیایی (pH برابر با ۷/۹) طبقه‌بندی گردید. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر تنفس میکروبی خاک در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد ولی بر پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی خاک تاثیر معنی‌داری نداشت. همچنین دو تیمار تخلخل تهویه‌ای و اندوفیت اثر معنی‌داری در سطح آماری ۱درصد بر تنفس میکروبی خاک، پایداری خاکدانه‌ها و ماده آلی خاک داشتند.

شکل ۱ نشان می‌دهد که تنفس میکروبی خاک و پایداری خاکدانه‌ها با کاهش درصد تخلخل تهویه‌ای خاک به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. بنابراین تنفس خاک می‌تواند به عنوان شاخص تهویه خاک محسوب شود. پژوهش Neilson and Pepper (۲۰۱۰) نیز نشان داد که با کاهش تهویه، میزان انتشار دی‌اکسید کربن از خاک کاهش می‌یابد. تحت شرایط کمبود اکسیژن، زیتوده و تنوع و فعالیت میکروبی خاک به ویژه قارچها کاهش می‌یابد که ارتباط مستقیمی با تنفس هوازی خاک دارند (DeLaune and Reddy, 2008)(Tokarz and Urban, 2015). واضح است که فعالیت جانداران و ریزجانداران خاک‌زی (هیف‌های قارچی و پلی‌ساکاریدهای میکروبی) از عوامل بیولوژیک موثر بر خاکدانه‌سازی هستند (Six و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین کاهش تنفس میکروبی در اثر کاهش درصد اکسیژن خاک (شکل ۱، ب) تایید می‌کند که کاهش عوامل خاکدانه‌ساز بیولوژیک منجر به کاهش پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر می‌شود.

اما تغییرات مقدار ماده آلی روندی مشابه با پایداری خاکدانه‌ها و تنفس میکروبی خاک نداشت. باتوجه به این‌که مقدار ماده آلی در همه سطوح تخلخل تهویه‌ای کمتر از یک درصد است و همچنین با استناد به ضریب همبستگی غیرمعنی‌دار بین ماده آلی و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (r=0.25,

($p>0.1$) به نظر می‌رسد که کمّیت ماده آلی ارتباط معنی‌داری با پایداری خاکدانه‌ها ندارد، بلکه کیفیت آن پایداری خاکدانه‌ها را تحت تاثیر قرار داده است.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر سطوح تخلخل تهویه‌ای خاک بر درصد ماده آلی خاک (الف)، تنفس میکروبی خاک (ب) و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (ج)؛ حروف متفاوت بالای ستون‌ها بیان‌گر تفاوت معنی‌دار است (LSD, $p<0.05$).

در این پژوهش تغییرات ماده آلی خاک می‌تواند در ارتباط با میزان و نوع ترشحات گیاهی و درجه تجزیه آنها در شرایط حضور و عدم حضور اکسیژن باشد. سرعت تجزیه ماده آلی در شرایط هوازی، بیشتر از سرعت تجزیه آن در شرایط بی‌هوازی است و اسید هومیک بخشی از ماده آلی است که وزن مولکولی بیش‌تری نسبت به اسید فولیک دارد و در مراحل پیشرفته‌تری از تجزیه ماده آلی تولید می‌شود (DeLaune and Reddy, 2008). بر اساس نتایج پژوهش‌های پیشین (De-Compos و همکاران، ۲۰۰۹)، مولکول‌های با وزن مولکولی زیاد به علت آب‌گریزی بیش‌تر، حلالیت کم‌تر و حضور حلقه‌های آروماتیک و کربوکسیلیک اسید، تمایل بیش‌تری برای جذب بر روی سطوح معدنی خاک نسبت به مولکول‌های با وزن مولکولی کم دارند.

یافته‌های Kalisz و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که کربوهیدارت‌های محلول در آب داغ، بخشی از ماده آلی هستند که غلظت آنها در شرایط تهویه مناسب بسیار بیش‌تر از شرایط کمبود و نبود اکسیژن است. بسیاری از پژوهش‌ها (Hosseini و همکاران، ۲۰۱۵ a؛ Angers and Mehuys, 1990) نشان دادند که کربوهیدارات‌های محلول در آب داغ از جمله ترکیبات پایدارکننده هستند که همبستگی مثبت و معنی‌داری با پایداری خاکدانه‌ها دارند. بنابراین احتمال می‌رود که در پژوهش حاضر وجود اجزایی از ماده آلی مانند اسید هومیک و کربوهیدرات‌های محلول در آب داغ در شرایط تهویه مناسب، سبب پایداری بیش‌تر خاکدانه‌های ریزوسفری نسبت به شرایط کمبود و نبود اکسیژن گردیده است.

نوع ترکیبات آلی که از ریشه گیاهان آزاد می‌شوند بسته به نوع و سن گیاه و شرایط محیطی مختلف (مانند خشکی، شوری و شرایط غرقابی) می‌توانند متفاوت باشند (Jones، ۱۹۹۸). اسیدهای آلی ترشح‌شده توسط ریشه گیاهان بسته به میزان انحلال و تعداد گروه‌های کربوکسیل‌شان، جذب سطوح

معدنی می‌شوند. به طور کلی تمایل به جذب در اسیدهای آلی به صورت زیر است: فسفات > اگزالات > سیترات > مالات > استات و اسید لاکتیک. (Jones، ۱۹۹۸). نرخ ترشح اسید لاکتیک از ریشه‌های ذرت تحت شرایط بی‌هوازی بیش‌تر از نرخ ترشح مالات و سیترات است (Jones، ۱۹۹۸). تحت شرایط تنش اکسیژن، اسیدهایی مانند اسید لاکتیک، اسید فرمیک، اسید استیک و اسید بوریک که در متابولیسم تخمیری گیاه تولید می‌شوند، توسط ریشه گیاهان به درون ریزوسفر آزاد می‌شوند (DeLaune and Reddy, 2008). Naveed و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که برخی از ترشحات گیاهی پایدارکننده هستند و سبب پایداری خاکدانه‌های ریزوسفر می‌گردند و برخی سبب پراکندگی خاکدانه‌ها و آزادسازی عناصر غذایی به درون ریزوسفر می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت اسیدهای آلی مانند اسید لاکتیک که در شرایط بی‌هوازی توسط گیاهان ترشح می‌شوند به علت تعداد کم گروه کربوکسیل و جذب کم‌تر بر روی سطوح معدنی، سبب کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند.

علاوه بر ماده آلی و ترشحات میکروبی، اکسیدهای آهن و منگنز یکی دیگر از عوامل غالب در تشکیل خاکدانه‌ها هستند (Six و همکاران، ۲۰۰۴). حلالیت اکسیدهای آهن و منگنز تحت تاثیر شرایط تهویه و اکسیژن (پتانسیل اکسید و احیاء) قرار می‌گیرد (Husson، ۲۰۱۳). احیاء اکسیدهای آهن و منگنز و تبدیل Fe^{3+} به Fe^{2+} تحت شرایط کمبود و نبود اکسیژن سبب پراکندگی کلوییدی و کاهش پایداری خاکدانه‌ها می‌گردد (De-Campos و همکاران، ۲۰۰۹). اثر تیمارهای اندوفیت و ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند بر ماده آلی، تنفس میکروبی و خاکدانه‌های پایدار در آب در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تنفس میکروبی خاک در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت کم‌تر از گیاهان بدون اندوفیت است و برخلاف آن مقدار ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت بیش‌تر از گیاهان بدون اندوفیت است. تنفس میکروبی کم در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت به علت ترشح مواد سمّی فنلی و آلکالوییدی از ریشه گیاهان است که در پژوهش‌های پیشین (Hosseini و همکاران، ۲۰۱۵b؛ Handayani و همکاران، ۲۰۱۱) نیز گزارش شده است. Hosseini و همکاران (۲۰۱۵a) دریافتند که قارچ‌های اندوفیت با افزایش ذخیره کربن آلی در ریزوسفر به ویژه در خاک‌های ریزبافت، پایداری ساختمان خاک را تغییر داده و سبب افزایش شاخص‌های پایداری ساختمان خاک می‌شوند. در پژوهش حاضر نسبت جرم خشک ریشه به اندام هوایی در گیاهان همزیست با اندوفیت (۵/۲) در مقایسه با گیاهان بدون اندوفیت (۳/۸) بیش‌تر بود (نتایج نشان داده نشده است) که با نتایج Adams و همکاران (۲۰۱۷) هم‌خوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که همزیستی قارچ اندوفیت (*Epichole* sp.) با یک نوع چمن (Bluegrass) سبب افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی تحت تنش غرقابی می‌شود. بنابراین قارچ‌های اندوفیت از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای و افزیش ذخیره کربن آلی خاک (Malinowski and Belesky, 2000) قادرند پایداری خاکدانه‌ها را تغییر دهند.

همچنین نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر درصد ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها در ریزوسفر دو ژنوتیپ 75B و 75C فسکیوی بلند وجود ندارد، ولی مقدار تنفس میکروبی به‌طور معنی‌داری در ریزوسفر گیاهان ژنوتیپ 75C بیش‌تر از 75B است. تنفس میکروبی بیش‌تر در ژنوتیپ 75C می‌تواند به دلیل ترشحات کم‌تر مواد فنلی و سمّی از ریشه‌های این ژنوتیپ گیاهی باشد؛ اگرچه اطلاعاتی در مورد نوع و ترکیبات آزادشده از ریشه ژنوتیپ‌های مختلف فسکیوی بلند در دسترس نیست.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر اندوفیت و ژنوتیپ فسکیوی بلند بر درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)، تنفس میکروبی خاک (BSR) و درصد ماده آلی (OM)

وضعیت اندوفیت	WSA (%)	BSR (میلی‌گرم CO_2 بر کیلوگرم خاک بر روز)	OM (%)
E+	۴۱/۳^{a}	۷/۳^{b}	۰/۹۲^{a}
E–	۳۵/۶ ^{b}	۱۲/۶^{a}	۰/۷۲^{b}
ژنوتیپ			
75C	۳۸/۸^{a}	۱۲/۰^{a}	۰/۸۲^{a}
75B	۳۸/۲^{a}	۷/۹^{b}	۰/۸۰^{a}

در هر ستون، اعداد دارای حروف مختلف تفاوت معنی‌دار دارند (LSD, $p<0.05$).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیک خاک‌ها (مانند کیفیت ماده آلی، جمعیت و تنوع میکروبی و فرم ترکیبات معدنی) تحت شرایط کمبود و نبود اکسیژن تغییر می‌کنند و در نتیجه ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند پایداری خاکدانه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

تحت شرایط کمبود اکسیژن، عوامل خاکدانه‌ساز مانند اکسیدهای آهن و منگنز، پلی‌ساکاریدهای میکروبی و هیف‌های قارچی کاهش یافته و همچنین کیفیت ترکیبات آلی حاصل از تجزیه ماده آلی و ترشحات گیاهی و میکروبی، تغییر می‌کند؛ بنابراین تخریب خاکدانه‌ها و ناپایداری ساختمان خاک افزایش می‌یابد. گونه گیاهی، ریزجانداران و روابط همزیستی بین آنها می‌تواند ویژگی‌های بیولوژیک، شیمیایی و فیزیکی ریزوسفر را تحت شرایط تنش تهویه اصلاح کند. با کاهش تخلخل تهویه‌ای، تنفس میکروبی و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب به طور معنی‌داری کاهش یافت. درصد خاکدانه‌های پایدار در آب و مقدار ماده آلی در ریزوسفر گیاهان همزیست با اندوفیت (E+) بیش‌تر از ریزوسفر گیاهان بدون اندوفیت (E–) بود. همزیستی اندوفیت-فسکیوی بلند از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای و تاثیر بر مقدار و نوع ترشحات گیاهی و در نتیجه افزایش ذخیره کربن آلی خاک، کیفیت شیمیایی و بیولوژیک و به دنبال آن کیفیت فیزیکی ریزوسفر را تحت شرایط کمبود اکسیژن افزایش داده و بنابراین خاکدانه‌سازی را بهبود بخشید.

منابع

Adams, A.E., Kazenel, M.R., Rudgers, J.A., 2017. Does a foliar endophyte improve plant fitness under flooding? Plant Ecology 218(6), 711-723.

Angers, D.A. and Mehuys, G.R. 1990. Barley and alfalfa cropping effects on carbohydrate contents of a clay soil and its size fractions. Soil Biology and Biochemistry, 22, 285–288.

Chen, C., Condron, L., Davis, M. and Sherlock, R. 2000. Effects of afforestation on phosphorus dynamics and biological properties in a New Zealand grassland soil. Plant and Soil, 220(1-2), 151–163.

De-Campos, A.B., Mamedov, A.I. and Huang, C.-h. 2009. Short-term reducing conditions decrease soil aggregation. Soil Science Society of America Journal, 73(2), 550–559.

Handayani, I.P., Coyne, M.S. and Phillips, T.D. 2011. Soil organic carbon fractions differ in two contrasting tall fescue systems. Plant and Soil, 338(1-2), 43–50.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A. and Sabzalian, M.R. 2015a. Influence of tall fescue endophyte infection on structural stability as quantified by high energy moisture characteristic in a range of soils. Geoderma, 249, 87–99.

Hosseini, F., Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A. and Sabzalian, M.R. 2015b. Aboveground fungal endophyte infection in tall fescue alters rhizosphere chemical, biological, and hydraulic properties in texture-dependent ways. Plant and Soil, 388(1-2), 351–366.

Husson, O. 2013. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Plant and Soil, 362(1-2), 389–417.

Jones, D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere–a critical review. Plant and Soil, 205(1), 25–44.

Kemper, W.D. and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: A. Klute, Ed. Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 425–442.

Kalisz, B., Lachacz, A. and Glazewski, R. 2015. Effects of peat drainage on labile organic carbon and water repellency in NE Poland. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39(1), 20–27.

Malinowski, D.P. and Belesky, D.P. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Science, 40(4), 923–940.

Naveed, M., Brown, L., Raffan, A., George, T.S., Bengough, A.G., Roose, T., Sinclair, I., Koebernick, N., Cooper, L. and Hackett, C.A. 2017. Plant exudates may stabilize or weaken soil depending on species, origin and time. European Journal of Soil Science, 68(6), 806–816.

Neilson, J.W. and Pepper, I.L. 1990. Soil respiration as an index of soil aeration. Soil Science Society of America Journal, 54(2), 428–432.

Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research, 79(1), 7–31.

Tokarz, E. and Urban, D. 2015. Soil redox potential and its impact on microorganisms and plants of wetlands. Journal of Ecological Engineering, 16(3), 20–30.

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The effects of tall fescue-endophytic fungus symbiosis and soil aeration on aggregate stability in the rhizosphere

Saedi[*1], T., Mosaddeghi[2], M.R., Sabzalian, M.R.[3]

[1] PhD Student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

[2] Prof., Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

[3] Assoc. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

It is well-known that the endophytic fungus-tall fescue symbiosis can improve the properties of rhizosphere. Besides, soil physical, chemical and biological quality is diminished under the oxygen-limited conditions. The objective of this study was to evaluate the effects of endophyte-tall fescue symbiosis on the rhizosphere aggregates stability under different soil aeration conditions. A greenhouse experiment was performed with the factorial arrangement of treatments in a completely randomized design with three replications. Experimental treatments were seven levels of air-filled porosity (0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 and 15.0 %v/v) in a sandy loam soil, two endophyte statuses including endophyte-infected (E+) and endophyte-free (E–) and two genotypes of tall fescue (75C and 75B). Four months after planting and establishment of the plants, aeration stress levels were applied for nine months. Then, soil samples were collected from the rhizosphere, and percent of water-stable aggregates, microbial respiration and soil organic matter content were determined. The results showed that the percent of water-stable aggregates and microbial respiration significantly reduced by decreasing the air-filled porosity. However, significant correlation was not observed between organic matter content and percent of water-stable aggregates (r=0.25, p>0.1). In addition, the results showed that the percent of water-stable aggregates and organic matter content were greater in the rhizosphere of E+ plants compared to E– plants. Indeed, the endophytic fungi increased the stability of rhizosphere aggregates through the extension of root system, enhanced organic carbon storage.

Keywords: Rhizosphere, Endophytic fungus, Air-filled porosity, Water-stable aggregates, Microbial respiration

[*] Corresponding author, Email: tayebeh.saedi@yahoo.com