Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۱-۲۱
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2021.16920.2549

تأثیر کاربرد ذغال زیستی و قارچ‌های میکوریزای بومی و غیربومی بر رشد، زی‌توده گیاهی و برخی خصوصیات ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی دو رقم جعفری در شرایط گلخانه

فاطمه بخشی‌پور[۱]، حسن مومیوند*[۲]، ابراهیم صداقتی[۳] و عبدالله احتشام‌نیا[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشگاه لرستان، ایران،
[۲]استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران،
[۳]استادیار گروه قارچ‌شناسی و بیماری‌های گیاهی، دانشگاه رفسنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از ذغال زیستی و قارچ‌های میکوریزا اثرات مثبتی بر حاصل‌خیزی خاک، تولید محصول، افزایش میزان ترسیب کربن، کاهش تصعید گازهای گلخانه‌ای، بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی، تحریک فعالیت ریزجانداران خاک، تولید هورمون‌های محرک رشد و افزایش تحمل گیاهان میزبان به شرایط نامساعد محیطی دارد. با این حال اثر آن‌ها بستگی به ویژگی‌های خاک، گونه گیاهی و نوع ماده اولیه مورد استفاده در تولید ذغال زیستی دارد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر کاربرد ذغال زیستی (حاصل از ضایعات اسانس‌گیری مرزه خوزستانی) و قارچ‌های میکوریزا (بومی و غیربومی) و برهمکنش آن‌ها بر رشد، زی‌توده گیاهی و برخی خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی دو رقم جعفری (*Petroselinum crispum* Mill.) در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. ارقام جعفری (کریسپوم و نئاپولیتانوم) به‌عنوان عامل اول، کاربرد ذغال زیستی در سه سطح (صفر، سه و شش درصد وزنی خاک) به‌عنوان عامل دوم و کاربرد قارچ‌های میکوریزا آربسکولار در سه سطح (شاهد، میکوریزای بومی و میکوریزای غیربومی) به‌عنوان عامل سوم در نظر گرفته شد. صفاتی مانند ارتفاع بوته، عرض بوته، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، طول دمبرگ، قطر دمبرگ، قطر طوقه، فاصله بین برگچه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، طول و حجم ریشه، محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل، کاروتنوئید و میزان همزیستی اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از روش آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کاربرد ذغال زیستی تا سطح سه درصد باعث افزایش ارتفاع بوته، عرض بوته، طول و عرض برگ، تعداد برگ، قطر دمبرگ، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، محتوای کلروفیل a، b، کل و میزان کلونیزاسیون در هر دو رقم جعفری گردید. درحالی‌که کاربرد مقادیر بیش‌تر این ماده هیچ تأثیر مثبتی بر این صفات نداشت. بیش‌ترین ارتفاع بوته

* مسئول مکاتبه: mumivand.h@lu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

(۳۱/۴۹ سانتی‌متر)، عرض بوته (۴۷/۶۰ سانتی‌متر)، طول برگ (۱۸/۶۸ سانتی‌متر)، عرض برگ (۱۹/۲۳ سانتی‌متر)، قطر دمبرگ (۳/۰۸۰ میلی‌متر) در تیمار کاربرد کود میکوریزای غیر بومی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با میکوریزای بومی نداشت. با این وجود کاربرد کود میکوریزای غیربومی در مقایسه با تیمار خاک شاهد استریل شده، باعث افزایش رشد و زی‌توده جعفری گردید. در مقایسه بین ارقام نیز رقم کریسپوم دارای رشد و زی‌توده بیش‌تری بود. در مجموع بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی و محتوای کلروفیل b و کل (به‌ترتیب با ۶۲/۰۲ گرم و ۱۱/۴۰، و ۱۸/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به رقم کریسپوم در شرایط کاربرد میکوریزای بومی با کاربرد ذغال زیستی سه درصد بود. بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه (به ترتیب با ۷۰/۷۴ و ۱۸/۶۸ گرم) نیز در رقم نئاپولیتانوم با کاربرد میکوریزای بومی و ذغال زیستی سه درصد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه کاربرد ذغال زیستی به میزان سه درصد باعث افزایش رشد و زی‌توده ارقام جعفری گردید. اما بین تیمارهای کاربرد میکوریزای بومی و غیربومی هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در نتیجه می‌توان گفت که کاربرد کودهای میکوریزای رایج در خاک‌های زراعی استریل نشده، تأثیری بر رشد و عملکرد جعفری نخواهد داشت. بنابراین تولید کودهای میکوریزا از قارچ‌های میکوریزای بومی در هر منطقه برای استفاده مؤثر و مفید توصیه می‌گردد. در مجموع رقم کریسپوم دارای رشد و عملکرد بیش‌تری بود، بنابراین کشت آن توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ذغال زیستی، ضایعات اسانس‌گیری، کود زیستی، همزیستی

مقدمه

جعفری[1] یکی از گیاهان مهم تیره چتریان[2] و در زمره گیاهان دارویی و خوراکی است. از آن‌جا که این گیاه غنی از ویتامین‌هایی مانند کا، ث، آ و اسید فولیک و عناصری مانند کلسیم، فسفر و آهن است، از آن به‌عنوان مولتی‌ویتامین و منبع عناصر غذایی یاد می‌کنند (۱۳). جعفری گیاهی دو ساله است که در سال اول تولید برگ‌های بیساگ می‌کند و به‌عنوان سبزی استفاده می‌شود (۱۱). قسمت‌های مورد استفاده این گیاه ریشه، میوه و بخش‌های هوایی آن است. مصرف جعفری به مقدار کم، به هضم غذا کمک کرده و نفخ را کاهش می‌دهد. علاوه براین در درمان عفونت‌های مجرای ادراری و التهاب غده پروستات نیز مؤثر است (۳۲). ریشه جعفری اثر مدر و اشتهاآور دارد. جوشانده بخش‌های مختلف گیاه در موارد تورم بافت‌ها، خیز عمومی بدن، سنگ کلیه، اختلالات دستگاه گوارش، نفخ، زردی، بیماری‌های کبد و طحال و تنگی نفس به‌کار می‌رود. از برگ‌های جعفری نیز به‌عنوان یک عامل هیپوگلیسمیک[3] در بیماران دیابتی استفاده می‌شود (۳۰). بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و اندام مصرفی، گیاه جعفری در سه دسته گروه‌بندی می‌شود. نوع اول که دارای برگ‌های صاف و ساده است، جعفری برگ پهن[4] نام دارد و به آن جعفری ایتالیایی نیز می‌گویند. کشت این نوع جعفری آسان است و تحمل بیش‌تری نسبت به شرایط اقلیمی دارد. سطح زیر کشت این نوع نسبت به دیگر ارقام بیش‌تر است. دسته دوم، جعفری با برگ‌های مجعد و پیچیده[5] است که عطر و طعم قوی‌تری دارد. نوع سوم جعفری ریشه‌ای[6] نام دارد که به‌صورت خودرو در جنوب ایتالیا رشد می‌کند و دارای برگ‌های ساقه‌ای شکل مانند کرفس است. این نوع جعفری ریشه‌های ضخیم‌تری تولید می‌کند که به‌صورت خام و پخته استفاده می‌شود (۱۱).

1- *Petroselinom crispum* Mill
2- *Apiaceae*
3- Hypoglycemic
4- *P. crispum var. neapolitanum*
5- *P. crispum var. crispum*
6- *P. crispum var. tuberosum*

www.SID.ir

Archive of SID

ذغال زیستی[1] یک ترکیب آلی غنی از کربن است که در شرایط اکسیژن محدود، از گرماکافت ضایعات آلی گیاهی یا حیوانی تولید و به‌عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ترکیب ماده‌ای متخلخل و ریزدانه است که در مقایسه با مواد آلی اولیه تشکیل‌دهنده آن، دارای حجم کم‌تر و مقدار کربن بیش‌تری است. ذغال زیستی در مقایسه با مواد اولیه آن نسبت به تجزیه بسیار مقاوم‌تر و برای مدت زمان طولانی می‌تواند در خاک باقی بماند. این ترکیب به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در نگهداری آب و مواد غذایی نقش دارد. اثرات مستقیم آن مربوط به سطح داخلی ذغال زیستی است و تأثیر غیرمستقیم آن نیز به بهبود خاکدانه‌سازی و ساختمان خاک مربوط می‌شود (۵). ذغال زیستی به‌علت ویژگی‌های منحصر به فردی که دارد، به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌وسیله راه‌های متعددی مانند بهبود خصوصیات کیفی خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، نگهداری آب و مواد غذایی، افزایش میزان ترسیب کربن در خاک، کاهش تصعید گازهای گلخانه‌ای، بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی و تحریک فعالیت ریزجانداران خاک، سبب رشد و عملکرد بهتر گیاهان می‌شود (۲۱).

قارچ‌های میکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی و از با اهمیت‌ترین ریزجاندران موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده هستند که به‌دلیل اثرات مثبتی که در رشد و نمو گیاهان و افزایش مقاومت آن‌ها به شرایط نامساعد دارند، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌اند. این قارچ‌ها با ریشه بیش از ۸۰ درصد گیاهان ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. این رابطه همزیستی می‌تواند در مقابل کربوهیدراتی که گیاه در اختیار قارچ قرار می‌دهد، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کند. همزیستی میکوریزای هم‌چنین سبب افزایش تحمل گیاهان میزبان به دمای زیاد، آلودگی قارچ‌های بیماری‌زا، اسیدیته بالای خاک و تحمل به خشکی می‌شود. از دیگر نقش‌های میکوریزا می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین‌ها و سایتوکینین‌ها و افزایش رشد گیاه اشاره کرد. به‌طور کلی گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا آربسکولار در جذب عناصر غذایی کاراتر و در برابر تنش‌های محیطی مقاوم‌تر هستند، که این امر سبب بهبود رشد گیاهان می‌شود (۲۹).

در مطالعه‌ای کاربرد ٦۰ تن در هکتار زغال زیستی تولید شده از چوب جنگلی باعث افزایش عملکرد گندم به میزان ۳۰ درصد شد (۳٦). نتایج پژوهشی دیگر نشان داد کاربرد زغال زیستی پوسته بادام زمینی به میزان ۱/۵ و ۳ درصد وزنی در دو نوع خاک با بافت مختلف، باعث افزایش جذب نیتروژن در اندام هوایی گیاه بادام زمینی شد (۳۸). در مطالعه‌ای در گیاه اسفناج نیز مشخص گردید که کاربرد ذغال زیستی باعث افزایش ارتفاع گیاه، ارتفاع شاخساره، وزن تر ریشه، محتوای نسبی آب و رنگریزه‌های فتوسنتزی گردید (۳۵). هم‌چنین ذغال زیستی با افزایش جمعیت اسپورها، میسلیوم‌ها، وزیکول‌ها و آربسکولارها، اثرات منفی تنش خشکی در گیاه نخود را به میزان قابل‌توجهی بهبود بخشید (۱۸). فعالیت ریزجانداران مفید خاک مانند قارچ‌های میکوریزا و دیگر حل‌کننده فسفات، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (٦). بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر گیاه ریحان در شرایط تنش شوری نشان داد که طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و هم‌چنین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا افزایش یافت (۱۷). عملکرد قارچ‌های میکوریزا آربسکولار می‌تواند در اثر افزودن مواد

1- Biochar

www.SID.ir

Archive of SID

بهساز مانند ذغال زیستی به خاک بهبود یابد. در حقیقت ذغال زیستی می‌تواند به‌عنوان پناهگاهی برای هیف قارچ‌های میکوریزا عمل و آن‌ها را محافظت کند، که نتیجه آن افزایش درصد همزیستی بین قارچ و گیاه میزبان است (۳۷).

با وجود اثرات مثبت کاربرد قارچ میکوریزا و ذغال زیستی بر افزایش رشد و کیفیت گیاهان، پژوهش‌های بسیار محدودی در ارتباط با بررسی برهمکنش آن‌ها بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی صورت گرفته است. علاوه براین کاربرد ذغال‌های زیستی مختلف با مواد اولیه و شرایط گرماکافت متفاوت، اثرات متفاوتی بر گیاهان دارد. بررسی منابع علمی نیز نشان می‌دهد که تاکنون از ذغال زیستی حاصل از ضایعات اسانس‌گیری گیاهان دارویی استفاده نشده است. هم‌چنین امکان همزیستی بین گونه‌های میکوریزا با گیاهان مختلف و اثرات آن‌ها بر رشد و نمو گیاهان یکسان نیست. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات کاربرد ذغال زیستی حاصل از ضایعات اسانس‌گیری مرزه خوزستانی، قارچ‌های میکوریزا آربسکولار (بومی و غیر بومی) و برهمکنش آن‌ها بر رشد، زی‌توده‌ی گیاهی و برخی خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی دو رقم جعفری در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (تعداد پنج گلدان برای هر تکرار) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. ارقام جعفری (کریسپوم و نئاپولیتانوم) به‌عنوان عامل اول، کاربرد ذغال زیستی در سه سطح (صفر، سه و شش درصد وزنی خاک) به‌عنوان عامل دوم و قارچ‌های میکوریزا آربسکولار در سه سطح (شاهد یا عدم وجود قارچ در خاک، قارچ میکوریزای بومی و قارچ‌های میکوریزای غیربومی) به‌عنوان عامل سوم در نظر گرفته شد. از ضایعات اسانس‌گیری مرزه خوزستانی (تهیه شده از شرکت داروسازی خرمان، خرم‌آباد) جهت تهیه ذغال زیستی استفاده شد. بدین‌منظور ضایعات خشک‌شده حاصل از اسانس‌گیری در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به ذغال زیستی تبدیل شد. در ابتدای آزمایش بستر کشت با نسبت مساوی خاک و ماسه (۱:۱) آماده شد و مطابق طرح آزمایشی، ذغال زیستی مورد نیاز برای هر تیمار به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. جهت انکوبه شدن ذغال زیستی، به‌مدت ۲ ماه آبیاری گلدان‌ها صورت گرفت، سپس کشت انجام شد. برای تیمار شاهد (عدم وجود قارچ میکوریزا) خاک گلدان‌ها (حدود سه کیلوگرم) با استفاده از دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر به‌مدت یک ساعت استریل گردید. در تیمار کاربرد کود زیستی میکوریزا (میکوریزای غیربومی) نیز ابتدا خاک گلدان‌ها کاملاً استریل و در ادامه برای هر گلدان ۱۲۰ گرم مایه تلقیح به‌صورت لایه لایه به خاک اضافه شد. اینوکولوم کود زیستی از دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان به روش کشت روی ذرت تهیه شد و حاوی شش گونه مختلف میکوریزا آربسکولار با نام‌های *Funneliformis mosseae*، *Rhizophagus intraradices*، *Rhizophagus irregularis*، *Glomus iranius*، *Glomus caledonius*، *Glomus desrticola* از مناطق مختلف ایران بود. برای تیمار میکوریزای بومی نیز خاک گلدان‌ها که حاوی خاک زراعی و دارای میکوریزای بومی منطقه بود، بدون استریل مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق بذرهای دو رقم جعفری از شرکت ریچترز[1] کانادا تهیه و در تیر ماه سال ۱۳۹۷ تعداد سه بذر

1- Richters

www.SID.ir

Archive of SID

درون گلدان‌های پلاستیکی کشت شد. آزمایش به‌مدت شش ماه ادامه داشت. در طول آزمایش میانگین دمای روزانه گلخانه ۲۸-۲۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد و شدت نور ۶۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بود. پس از جوانه زدن بذرها در مرحله چهار برگی، با تنک کردن گیاهان تعداد یک بوته در هر گلدان نگهداری شد. آبیاری گلدان‌ها و سایر عملیات داشت به‌طور منظم تا پایان دوره رشد و نمو صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ذغال زیستی.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil.

	pH	EC (ms/cm)	بافت Texture	ماده آلی Organic matter (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	منیزیم Mg (ppm)	سدیم Na (ppm)	آهن Fe (ppm)	آهک Lime (%)	تخلخل Porosity (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (Mg/kg)
خاک Soil	6.13	1.517	شنی لومی رسی	1.748	1.04	583.8	78.2	5.18	13.75	0.050	0.15	81.6
ذغال زیستی Biochar	8.3	1.626	-	35.63	20.67	-	-	-	-	0.070	1.9	101

در پایان آزمایش تعداد سه گلدان در هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و صفاتی مانند ارتفاع بوته، عرض بوته، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، طول دمبرگ، قطر دمبرگ، قطر طوقه، تعداد برگچه و فاصله بین برگچه در آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس اندام هوایی گیاهان برداشت و وزن‌تر آن‌ها با ترازوی دیجیتالی محاسبه گردید. گیاهان برداشت شده به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها نیز محاسبه گردید. در ادامه ریشه‌ها به آرامی از خاک خارج و گل و لای چسبیده به آن‌ها با آب شست و شو داده شد. پس از خشک کردن رطوبت سطحی ریشه، وزن تر، طول و حجم ریشه اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک ریشه برای هر تیمار محاسبه گردید.

محتوای نسبی آب برگ نیز از طریق رابطه ۱ محاسبه شد که در آن FW، DW، MFW به ترتیب وزن تر برگ، وزن خشک برگ و ماکزیمم وزن تر برگ هستند (۱۲).

$$RWC\ (\%) = (FW-DW) / (MFW-DW) \times 100 \quad (1)$$

برای سنجش میزان کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید از روش لیختن تالر (۲۲) استفاده شد. در این روش ابتدا ۰/۱ گرم برگ توزین و در هاون چینی با ازت مایع کاملاً ساییده شد. سپس نمونه را با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص مخلوط کرده، عصاره به‌دست آمده در فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به‌مدت ۱۵ دقیقه با دستگاه (مدل ۲-۱۶KL سیگما ٤) ٤۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس محلول رویی

www.SID.ir

Archive of SID

برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل جذب محلول در طول موج‌های ٤٧٠، ٦٦٢ و ٦٤٥ نانومتر اندازه‌گیری شد(ماپادا UV٥-١٨٠٠٥). در نهایت میزان کلروفیل آ (Chla)، کلروفیل ب (Chlb)، کلروفیل کل (Chla+b) و کاروتنوئید (Car)، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

در پایان برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه، حدود ۱ گرم از ریشه‌های ظریف و ریز هر گلدان انتخاب و پس از شست‌وشو با آب مقطر به آزمایشگاه منتقل و رنگ‌آمیزی شدند. جهت رنگ‌آمیزی از روش فیلیپس و هایمن (۱۹۹۷) استفاده شد (۳۳). در نهایت با روش تقاطع خطوط شبکه درصد کلونیزاسیون ریشه محاسبه گردید (۱۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی (فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی) با استفاده از نرم‌افزار Minitab صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ٥ درصد انجام شد. برای ترسیم جداول و نمودارها نیز از نرم‌افزارهای Word و Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

رشد و زی‌توده گیاهی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر صفات ارتفاع بوته، عرض بوته، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگچه، طول دمبرگ، قطر دمبرگ، طول میانگره، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه معنی‌دار شد. صفات ارتفاع اندام هوایی، عرض اندام هوایی، تعداد برگ، طول برگ و عرض برگ، تعداد برگچه، قطر دمبرگ، طول میانگره، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، قطر طوقه، طول ریشه، حجم ریشه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه نیز به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر ذغال زیستی قرار گرفتند. اثر میکوریزا نیز در صفات ارتفاع اندام هوایی، عرض اندام هوایی، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگچه، طول دمبرگ، قطر دمبرگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و قطر طوقه معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر تعداد برگچه، قطر دمبرگ، فاصله بین برگچه، وزن تر اندام هوایی، قطر طوقه، حجم ریشه، طول ریشه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه معنی‌دار شد. صفات تعداد برگچه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، قطر طوقه و طول ریشه نیز به‌صورت معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر متقابل رقم و میکوریزا قرار گرفتند. اثر متقابل میکوریزا و ذغال زیستی بر وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه معنی‌دار گردید. اثر متقابل سه‌گانه رقم، میکوریزا و ذغال زیستی نیز بر صفات طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه معنی‌دار شد.

براساس نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر رشد و زی‌توده جعفری، بیش‌ترین ارتفاع بوته (۳۰/٦۱ سانتی‌متر)، عرض بوته (٤٧/٨٦ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۲۹/۱٥ عدد)، طول برگ (۲۰/۲۷ سانتی‌متر) و عرض برگ (۲۰ سانتی‌متر) مربوط به رقم نئاپولیتانوم بود. با این وجود بیش‌ترین طول دمبرگ (۱۲/۲۷ سانتی‌متر) مربوط به رقم کریسپوم بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ذغال زیستی نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۳۰/٥٦ سانتی‌متر)، طول برگ (۱۹/۰۸ سانتی‌متر) و عرض برگ (۱۹/۰۸ سانتی‌متر) با کاربرد ذغال زیستی ٦ درصد مشاهده شد، درحالی‌که اختلاف معنی‌داری با تیمار ذغال زیستی سه درصد نداشتند. بیش‌ترین عرض بوته (٤٧/۱۳ سانتی‌متر) در تیمار ذغال زیستی سه درصد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با ذغال زیستی ٦ درصد نداشت. بیش‌ترین

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد برگ (۳۰/٤٦ عدد) نیز در ذغال زیستی سه درصد مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر میکوریزا نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۳۱/٤۹ سانتی‌متر)، عرض بوته (٤۷/٦۰ سانتی‌متر)، طول برگ (۱۸/٦۸ سانتی‌متر)، عرض برگ (۱۹/۲۳ سانتی‌متر)، قطر دمبرگ (۳/۰۸۰ میلی‌متر) در تیمار کاربرد کود میکوریزا مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با میکوریزای بومی نداشت. بیش‌ترین طول دمبرگ (۱۳/۱۰ سانتی‌متر) نیز در تیمار کاربرد کود میکوریزا مشاهده شد، در حالی‌که بیش‌ترین تعداد برگ (۱۹/۵۷) مربوط به تیمار میکوریزای بومی بود. بیش‌ترین حجم ریشه (٥٤/۷۲ میلی‌مترمکعب) نیز در تیمار میکوریزای بومی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کاربرد کود میکوریزا نداشت (جدول ٤).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر رشد و زی‌توده جعفری نشان داد که بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی (۲٥٦/۹۱ گرم) مربوط به رقم کریسپوم و ذغال زیستی ٦ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با رقم کریسپوم و ذغال زیستی سه درصد نداشت. بررسی نتایج نشان می‌دهد که در رقم نئاپولیتانوم نیز گیاهان تیمار شده با ذغال زیستی سه درصد وزن تر اندام هوایی بالاتری داشتند، با این وجود اختلاف معنی‌داری با تیمار ذغال زیستی ٦ درصد نداشتند. بیش‌ترین فاصله بین برگچه (۹/٥۹ سانتی‌متر) در رقم نئاپولیتانوم و ذغال زیستی شش درصد به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با رقم نئاپولیتانوم و ذغال زیستی شاهد و سه درصد نداشت. بررسی نتایج نشان داد که تیمار ذغال زیستی هیچ تأثیری بر فاصله بین برگچه رقم نئاپولیتانوم نداشت در حالی‌که کاربرد ذغال زیستی به میزان ۳ درصد باعث افزایش فاصله بین برگچه در رقم کریسپوم گردید. بیش‌ترین قطر دمبرگ (۳/۱۹ میلی‌متر) مربوط به رقم نئاپولیتانوم و ذغال زیستی ٦ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با رقم نئاپولیتانوم و ذغال زیستی سه درصد نداشت. بررسی نتایج نشان داد که کاربرد ذغال زیستی به میزان ۳ درصد در رقم کریسپوم باعث افزایش قطر دمبرگ نسبت به تیمار شاهد گردید در صورتی که مقادیر بیش‌تر (کاربرد ٦ درصد ذغال زیستی) نه تنها تأثیر مثبتی بر افزایش قطر دمبرگ نداشت حتی باعث کاهش قطر دمبرگ در این تیمار گردید. براساس نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین قطر طوقه (۲۰/۳٤ میلی‌متر) و بیش‌ترین حجم ریشه (٦٦/۲۷ میلی‌مترمکعب) در رقم نئاپولیتانوم و ذغال زیستی ۳ درصد به‌دست آمد. کاربرد ذغال زیستی به‌میزان ٦ درصد باعث کاهش قطر طوقه و حجم ریشه در رقم نئاپولیتانوم شد. در رقم کریسپوم نیز مشاهده گردید که کاربرد ۳ درصد ذغال زیستی باعث افزایش قطر طوقه و حجم ریشه نسبت به شاهد گردید، اما کاربرد ٦ درصد آن هیچ تأثیر مثبتی بر افزایش این صفت نداشت. بیش‌ترین تعداد برگچه با میانگین ٥/٥۷ عدد در رقم نئاپولیتانوم و ذغال زیستی ٦ درصد مشاهده شد (جدول ٥).

براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و میکوریزا، بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی (۲۳٥/۷۰ گرم) مربوط به رقم کریسپوم و تیمار میکوریزای بومی بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود. بررسی نتایج نشان می‌دهد که در رقم نئاپولیتانوم تیمار کاربرد کود میکوریزا بالاترین وزن تر اندام هوایی را به خود اختصاص داد، در حالی‌که اختلاف معنی‌داری با تیمار میکوریزای بومی نداشت. با این وجود در رقم کریسپوم گیاهان تیمار شده با میکوریزای بومی نسبت به کود میکوریزا وزن تر بالاتری داشتند. بیش‌ترین قطر طوقه (۱۹/۱۱ میلی‌متر) و بیش‌ترین تعداد برگچه با میانگین ٥/۸٥ عدد نیز در رقم نئاپولیتانوم و میکوریزای شاهد به‌دست آمد (جدول ٦).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، میکوریزا و ذغال زیستی بر رشد و زی‌توده ارقام جعفری نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی (۶۲/۰۲ گرم) مربوط به رقم کریسپوم در شرایط میکوریزای بومی با ذغال زیستی سه درصد بود که با تیمار میکوریزای بومی به همراه ذغال زیستی ۶ درصد در رقم کریسپوم (۵۹/۲۲ گرم) و تیمار کود میکرویزا همراه با ذغال زیستی سه درصد در رقم نئاپولیتانوم (۵۸/۹۲ گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت. همانطور که در جدول ۷ قابل مشاهده است، کاربرد ذغال زیستی تا سطح ۳ درصد باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی در هر دو رقم جعفری شد اما مقادیر بیش‌تر در اغلب موارد اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. علاوه براین گیاهان تیمار شده با میکوریزای بومی و غیربومی در مقایسه با گیاهان شاهد از وزن خشک اندام هوایی بالاتری برخوردار بودند. در رقم نئاپولیتانوم گیاهان تیمار شده با میکوریزای غیربومی در مقایسه با میکوریزای بومی وزن تر اندام هوایی بالاتری داشتند، درحالی‌که در رقم کریسپوم وزن تر اندام هوایی در تیمار میکوریزای بومی بالاتر بود. بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه (به ترتیب با ۷۰/۷۴ و ۱۸/۶۸ گرم) در رقم نئاپولیتانوم در شرایط کاربرد میکوریزای بومی به همراه کاربرد ذغال زیستی ۳ درصد مشاهده شد. علاوه بر این کاربرد ذغال زیستی تا سطح ۳ درصد باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه در هر دو رقم جعفری گردید و کاربرد مقادیر بیش‌تر این ماده تأثیر مثبتی بر این صفات نداشت و در اغلب موارد باعث کاهش این صفات نیز گردید. گیاهان تیمار شده با میکوریزا (بومی و غیربومی) نیز در اغلب موارد نسبت به تیمار عدم کاربرد میکوریزا از وزن تر و خشک ریشه‌ی بالاتری برخوردار بودند. بیش‌ترین طول ریشه (۹۰ سانتی‌متر) در رقم نئاپولیتانوم و در شرایط کاربرد میکوریزای بومی و عدم ذغال زیستی به‌دست آمد (جدول ۷).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر رقم بر رشد و زی‌توده جعفری.

Table 2. Comparison of the effect of cultivar on growth and biomass of Parsley.

طول دمبرگ Leaf diameter (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد برگ Leaf number	عرض بوته Plant width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	رقم Cultivar
12.27[a]	20.00[a]	20.27[a]	29.15[a]	47.86[a]	30.61[a]	نئاپولیتانوم Neapolitanum
11.02[b]	15.63[b]	15.53[b]	24.38[b]	42.72[b]	26.96[b]	کریسپوم Crispum

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ذغال زیستی بر رشد و زی‌توده جعفری.

Table 3. Comparison of biochar effect on growth and biomass of Parsley.

تعداد برگ Leaf number	عرض برگ Leaf width (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	عرض بوته Plant width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	ذغال زیستی Biochar
22.62[c]	15.88[b]	16.07[b]	43.00[b]	26.03[b]	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)
30.46[a]	18.47[a]	18.55[a]	47.13[a]	29.77[a]	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)
27.21[b]	19.08[a]	19.08[a]	45.74[ab]	30.56[a]	ذغال زیستی (٦٪) Biochar (6%)

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر میکوریزا بر رشد و زی‌توده جعفری.

Table 4. Comparison of effect mycorrhizal on growth and biomass of Parsley.

حجم ریشه Root volume (mm^3)	قطر دمبرگ Petiole diameter (mm)	طول دمبرگ Petiole length (cm)	تعداد برگ Leaf number	عرض برگ Leaf width (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	عرض بوته Plant width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	میکوریزا Mycorrhizal
36.88[b]	2.43[b]	10.22[C]	25.73[c]	15.11[b]	16.69[b]	41.89[b]	24.33[b]	شاهد Control
54.72[a]	2.98[a]	11.63[b]	29.57[a]	18.40[a]	18.32[a]	46.38[a]	30.54[a]	بومی Native
52.77[a]	3.08[a]	13.10[a]	24.99[b]	19.23[a]	18.68[a]	47.60[a]	31.49[a]	غیربومی Non native

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر رشد و زی‌توده جعفری.

Table 5. Means comparison of the interaction effects of cultivar and biochar on growth and biomass of parsley.

حجم ریشه Root volume (mm^3)	تعداد برگچه Leaves Number	قطر طوقه Crown diameter (mm)	قطر دمبرگ Petiole diameter (mm)	فاصله بین برگچه distance between leaflet (cm)	وزن تر اندام هوایی Plant fresh weight (g)	ذغال زیستی Biochar	رقم Cultivar
52.38^{b}	4.96^{c}	18.18^{b}	2.71^{bc}	9.28^{ab}	120.99^{c}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)	
61.27^{a}	5.33^{b}	20.34^{a}	3.10^{a}	9.11^{ab}	242.96^{ab}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	نئاپولیتانوم Neapolitanum
44.61^{bc}	5.77^{a}	15.65^{c}	3.19^{a}	9.59^{a}	225.50^{b}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)	
37.94^{c}	4.07^{d}	15.94^{c}	2.59^{c}	6.89^{c}	128.57^{c}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)	
47.94^{b}	4.07^{d}	18.51^{b}	2.92^{ab}	8.91^{ab}	241.18^{ab}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	کریسپوم Crispum
44.61^{bc}	4.07^{d}	18.51^{b}	2.46^{c}	8.33^{b}	256.91^{a}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)	

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و میکوریزا بر رشد و زی‌توده جعفری.

Table 6. Mean comparison of the interaction effects of cultivar, mycorrhizal on growth and biomass of parsley.

تعداد برگچه Leaves Number	قطر طوقه Crown diameter (mm)	وزن تر اندام هوایی Plant fresh weight (g)	میکوریزا Mycorrhizal	رقم Cultivar
5.85^{a}	19.11^{a}	176.29^{c}	شاهد Control	
5.62^{a}	17.51^{bc}	205.59^{b}	بومی Native	نئاپولیتانوم Neapolitanum
4.59^{b}	17.55^{bc}	207.56^{b}	غیربومی Non native	
4.23^{c}	18.23^{ab}	180.83^{c}	شاهد Control	
4.00^{c}	18.10^{b}	235.70^{a}	بومی Native	کریسپوم Crispum
4.00^{c}	16.63^{c}	210.213^{b}	غیربومی Non native	

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، میکوریزا و ذغال زیستی بر رشد و زی‌توده جعفری.

Table 7.Mean comparison of the interaction effects of cultivar, biochar and mycorrhizal on some biochemical characteristics of parsley.

وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک اندام هوایی Plant dry weight (g)	طول ریشه Root length (cm)	ذغال زیستی Biochar	میکوریزا Mycorrhizal	رقم Cultivar
12.18^{ef}	45.27^{efg}	23.67^{e}	88.62^{a}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)		
13.70^{de}	52.81^{cd}	46.08^{c}	66.95^{efgh}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	شاهد Control	
5.86^{i}	22.56^{i}	45.37^{c}	69.78^{defg}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)		
17.16^{ab}	63.20^{b}	31.18^{d}	90.00^{a}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)		
18.68^{a}	70.74^{a}	53.59^{b}	65.00^{fghi}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	بومی Native	نئاپولیتانوم Neapolitanum
10.84^{f}	40.49^{gh}	52.88^{b}	64.50^{fghi}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)		
12.30^{ef}	47.81^{def}	32.17^{d}	73.50^{de}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)		
15.58^{bc}	55.33^{c}	58.92^{a}	54.00^{j}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	غیربومی Non Native	
14.22^{cd}	55.97^{c}	54.14^{b}	60.00^{hij}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)		
5.62^{i}	16.68^{i}	25.66^{e}	75.95^{bcd}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)		
6.30^{hi}	22.43^{i}	44.22^{c}	73.95^{cde}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	شاهد Control	
3.16^{i}	22.34^{i}	47.11^{c}	71.12^{def}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)		
8.08^{g}	40.97^{g}	32.22^{d}	58.50^{ij}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)		
10.72^{f}	44.75^{fg}	62.02^{a}	84.00^{ab}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	بومی Native	کریسپوم Crispum
12.36^{ef}	51.50^{cde}	59.22^{a}	63.00^{aghi}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)		
7.84^{g}	34.61^{h}	32.17^{d}	87.33^{a}	ذغال زیستی (شاهد) Biochar (control)		
8.52^{g}	40.36^{gh}	51.37^{b}	82.00^{abc}	ذغال زیستی (۳٪) Biochar (3%)	غیربومی Non native	
4.72^{i}	40.27^{gh}	54.62^{b}	82.50^{ab}	ذغال زیستی (۶٪) Biochar (6%)		

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

* Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد ذغال زیستی تا سطح سه درصد باعث افزایش رشد و زی‌توده جعفری گردید. اما کاربرد مقادیر بیش‌تر (٦ درصد) تأثیر مثبتی بر رشد و زی‌توده گیاه نداشت و در برخی موارد حتی اثر منفی نیز بر جای گذاشت. در هر دو رقم نئاپولیتانوم و کریسپوم با کاربرد ذغال زیستی تا سطح ۳ درصد وزن تر اندام هوایی افزایش یافت اما کاربرد مقادیر بیش‌تر تأثیر معنی‌داری بر وزن تر اندام هوایی نداشت. در مورد وزن خشک اندام هوایی نیز کاربرد ذغال زیستی تا سطح ۳ درصد باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی در هر دو رقم جعفری شد، اما مقادیر بیش‌تر در اغلب موارد اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی و عملکرد گیاه با کاربرد مقادیر کم ذغال زیستی می‌تواند به‌دلیل افزایش ماده آلی خاک و افزایش دسترسی به عناصر غذایی و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و هم‌چنین بهبود شرایط ساختمان خاک باشد. همان‌گونه که گزارش شده است افزایش عملکرد در اثر کاربرد ذغال زیستی در خاک به‌دلیل اثرات مستقیم (عناصر غذایی موجود در بقایای گیاهی که طی فرایند حرارتی به ذغال زیستی تبدیل شده‌اند) و غیرمستقیم (بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک) باشد (۲۳). در اغلب مطالعات نیز گزارش شده است که ذغال زیستی با تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک موجب بهبود حاصل‌خیزی خاک شده و در نهایت منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه گردیده است.

نتایج پژوهشی در زمینه بررسی اثر کاربرد ذغال زیستی روی گیاه دارویی شنبلیله نشان داد که ذغال زیستی منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه گردید. این پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد دانه را با کاربرد ذغال زیستی ناشی از ساختار متخلخل و جرم حجمی کم‌تر این ترکیب نسبت به خاک دانستند که می‌تواند ظرفیت نگهداری آب خاک را افزایش دهد (۸). در پژوهشی دیگر گزارش شد که افزایش ماده آلی خاک و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و هم‌چنین بهبود شرایط ساختمان خاک از جمله دلایل افزایش عملکرد گیاه در نتیجه افزودن ذغال زیستی به خاک هستند (۱). در مطالعه‌ای دیگر مشخص گردید که کاربرد ذغال زیستی در محیط کشت باعث اصلاح و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، حفظ ماده آلی خاک، افزایش بهره‌وری مواد غذایی و در نهایت افزایش عملکرد گندم شد (۳٦). کاربرد ذغال زیستی تولید شده از پوسته برنج به میزان ۲۵، ۵۰، ۱۵۰ گرم در کیلوگرم خاک نیز سبب افزایش زیست‌توده گیاهی، زیست‌توده ریشه، ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها در کاهو و کلم شد (۹).

در مطالعه حاضر، کاربرد مقادیر بالای ذغال زیستی (٦ درصد) در برخی موارد باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه ارقام جعفری شد. کاهش رشد و عملکرد گیاه به احتمال زیاد به‌دلیل بالا بودن میزان این ماده در خاک است که می‌تواند در مقادیر بالا منجر به شوری خاک و بیش‌بود برخی عناصر غذایی و به احتمال زیاد سمیت آن‌ها گردد، در نتیجه اثر منفی بر رشد و عملکرد گیاه داشته باشد (۲۸). کاهش رشد و عملکرد گیاهان با کاربرد مقادیر بالای ذغال زیستی در برخی از مطالعات دیگر گزارش شده است. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای گلخانه‌ای گزارش شد که کاربرد سطوح بالای ذغال زیستی (۷ درصد) منجر به کاهش عملکرد ذرت گردید، در حالی‌که کاربرد مقادیر پایین‌تر (۵ درصد و ۲ درصد) این ترکیب منجر به افزایش عملکرد گیاه شد (۳٤). نتایج پژوهش‌های مختلف، نشان داده است که کاربرد ذغال‌های زیستی با منابع اولیه مختلف، می‌تواند اثرات کاملاً متفاوتی را در پاسخ‌های گیاه به همراه داشته باشد (۱٤). به‌طورکلی

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر ذغال زیستی بر عملکرد گیاه به عوامل مختلفی از جمله وضعیت حاصل‌خیزی اولیه خاک، بافت خاک، دمای تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذغال زیستی و حتی نوع گیاه بستگی دارد. بنابراین کاربرد ذغال زیستی می‌تواند اثرات مثبت و گاهاً منفی بر خصوصیات خاک داشته باشد. هرچه خاک کیفیت پایین‌تری داشته باشد (مقدار مواد آلی کم‌تر و ظرفیت پایین‌تر نگه‌داری عناصر غذایی) احتمال تحریک و افزایش عملکرد گیاه با کاربرد ذغال زیستی بیش‌تر است. به‌علاوه نوع ذغال زیستی و میزان کاربرد آن نیز بر اثرات آن روی گیاه تأثیرگذار است (۳٤). بنابراین تفاوت در نتایج مطالعات به‌ویژه در تیمارهای کاربرد مقادیر زیاد ذغال زیستی می‌تواند به‌دلیل تفاوت در نوع و ویژگی‌های ذغال زیستی به‌کار رفته، نوع گیاه و ویژگی‌های خاک مورد استفاده باشد (١٦). در مطالعه حاضر نیز کاهش وزن تر و خشک ریشه در جعفری رقم نئاپولیتانوم با کاربرد ذغال زیستی ٦ درصد را می‌توان به افزایش شوری ناشی از کاربرد مقادیر زیاد ذغال زیستی نسبت داد که اثر منفی بر رشد گیاه دارد. در پژوهشی نیز گزارش شد مقادیر زیاد کود دامی به‌دلیل افزایش شوری سبب کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۲۸). با این وجود در رقم کریسپوم در تیمار ذغال زیستی ٦ درصد کاهشی در وزن تر و خشک ریشه مشاهده نشد. کاربرد ذغال زیستی ٦ درصد باعث افزایش قطر دمبرگ در رقم نئاپولیتانوم و کاهش قطر دمبرگ در رقم کریسپوم گردید. این تفاوت به احتمالاً به‌دلیل تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام مورد مطالعه و حساسیت متفاوت آن‌ها به شرایط شوری خاک است. در برخی از مطالعات نه‌تنها افزایش عملکرد با کاربرد ذغال زیستی صورت نگرفته است، بلکه منجر به کاهش عملکرد گیاه نیز شده است.

قارچ میکوریزا از طریق گسترش هیف و توسعه سیستم ریشه، سطح جذب آب بیش‌تری برای گیاه فراهم می‌کند. به دنبال جذب بیش‌تر آب، مواد غذایی بیش‌تری نیز جذب گیاه شده که منجر به تولید و تجمع ماده خشک بیش‌تری در گیاه می‌گردد (۷). در مطالعه حاضر کاربرد دو نوع قارچ میکوریزا (میکوریزای بومی و غیر بومی) منجر به افزایش رشد و زی‌توده (وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه) ارقام جعفری گردید و اغلب صفات مورد مطالعه در این آزمایش با کاربرد میکوریزا افزایش نشان دادند. نتایج حاصل از این پژوهش، با نتایج به‌دست آمده در رازیانه (۱۹) مطابقت دارد. با توجه به نتایج حاصل و هم‌چنین بررسی منابع صورت گرفته می‌توان بیان نمود که گیاه با وجود میکوریزا در خاک توانسته است عناصر و املاح مورد نیاز خود را به مقدار مورد نیاز تهیه کند که سبب افزایش ارتفاع و عرض بوته، قطر دمبرگ و طول دمبرگ و طول و عرض برگ شده است (۲٤). اثرات مثبت میکوریزا بر رشد و زی‌توده گیاهان در مطالعات متعددی گزارش شده است. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا و ذغال زیستی بر رشد نخود تحت تنش خشکی انجام شد، مشخص گردید که کاربرد ذغال زیستی و میکوریزا اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را بر تمام صفات ریختی کاهش داد و باعث افزایش طول شاخساره، طول ریشه، سطح برگ و تعداد شاخه‌های اولیه و فرعی در شرایط تنش خشکی گردید (۱۸). در مطالعه حاضر در تیمار کود میکوریزا از شش گونه مختلف میکوریزا آربسکولار غیربومی استفاده شد که توانستند بالاترین همزیستی را با ریشه گیاهان جعفری برقرار کنند. اما به‌دلیل سازگاری بهتر میکوریزای بومی با شرایط منطقه و کلونیزاسیون سریع‌تر آن با ریشه گیاهان جعفری (علی‌رغم درصد کلونیزاسیون پایین‌تر)، تیمار میکوریزای بومی در رقم کریسپوم منجر به دستیابی به عملکرد بالاتر شد. با این وجود در رقم نئاپولیتانوم تیمار میکوریزای غیربومی

www.SID.ir

Archive of SID

بالاترین عملکرد را نشان داد. اگرچه در مجموع بین تیمار میکوریزای بومی و غیربومی در مورد رشد و عملکرد دو رقم جعفری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

صفات فیزیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر صفات کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد. صفات کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b نیز به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر کاربرد ذغال زیستی قرار گرفتند. اثر میکوریزا نیز در صفات محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر صفات کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد. کلروفیل b و کلروفیل کل نیز به صورت معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر متقابل رقم و میکوریزا قرار گرفتند. اثر متقابل میکوریزا و ذغال زیستی بر کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار گردید. اثر متقابل سه‌گانه رقم، ذغال زیستی و میکوریزا بر صفات کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار گردید.

براساس نتایج مقایسه میانگین اثر میکوریزا بر صفات فیزیولوژیکی جعفری، بیش‌ترین محتوای کلروفیل a (٦/٤٧ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (٧٤/٦٤ درصد) مربوط به تیمار کاربرد میکوریزای غیربومی بود که با تیمار میکوریزای بومی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر صفات فیزیولوژیکی جعفری بیش‌ترین محتوای کلروفیل a (٧/٣٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به رقم کریسپوم با کاربرد ذغال زیستی ۳ درصد بود. بیش‌ترین مقدار کاروتنوئید (٣/٤٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم کریسپوم و عدم کاربرد ذغال زیستی مشاهده شد که تنها دارای اختلاف معنی‌دار با رقم کریسپوم و زغال زیستی ٦ درصد بود (شکل ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه رقم، میکوریزا و ذغال زیستی بر صفات فیزیولوژیکی جعفری بیش‌ترین محتوای کلروفیل b و کل (به‌ترتیب با١١/٤٠و ١٨/٤٣ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به رقم کریسپوم در شرایط کاربرد میکوریزای بومی و با کاربرد ذغال زیستی ۳ درصد بود (شکل‌های ۳ و ٤).

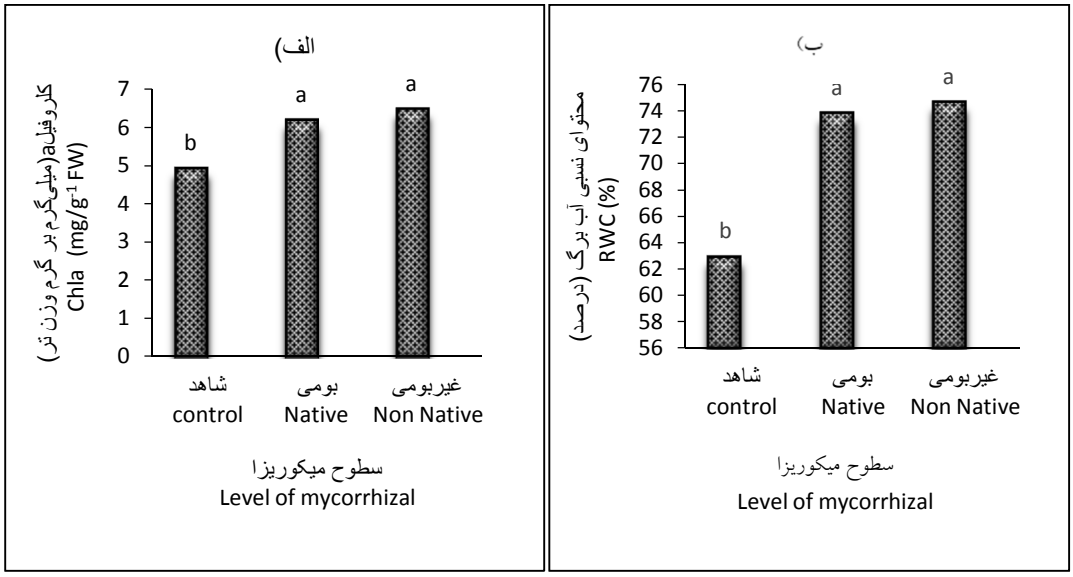
غلظت کلروفیل برگ، شاخص سلامتی گیاه و وضعیت رشد آن است و می‌تواند شاخصی از فعالیت فتوسنتزی گیاه باشد. در پژوهش حاضر بیش‌ترین محتوای کلروفیل a، b و کل مربوط به رقم کریسپوم در شرایط عدم کاربرد میکوریزا و با کاربرد ذغال زیستی ۳ درصد بود. از آن‌جا که آهن و منیزیم دو عنصر مهم و اساسی در تشکیل و ساخت کلروفیل به‌شمار می‌روند، افزایش مقدار کلروفیل گیاه در اثر افزودن مواد آلی به خاک می‌تواند به میزان بالای آهن و منیزیم در ماده آلی مربوط باشد (۲۷). در تطابق با نتایج این مطالعه، کاربرد دو نوع ذغال زیستی حاصل از بقایای آفتابگردان و سبوس برنج سبب افزایش معنی‌دار مقدار کلروفیل برگ ذرت نسبت به تیمار شاهد شد (۲). قارچ میکوریزا نیز از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی دخیل در تولید کلروفیل مانند نیتروژن و منیزیم، موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های مسئول در تولید کلروفیل می‌شود (۱۵). در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری در شیرین بیان گردید، در نتیجه ظرفیت فتوسنتزی گیاهان افزایش پیدا کرد (٤).

نتایج پژوهش حاضر افزایش محتوای نسبی آب برگ را در تیمارهای میکوریزایی نشان داد. دلیل افزایش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان میکوریزایی را می‌توان به نقش هیف‌ها در جذب و هدایت آب به ریشه نسبت داد. بنابراین گیاهان میکوریزایی با جذب آب بیش‌تر می‌توانند محتوای

www.SID.ir

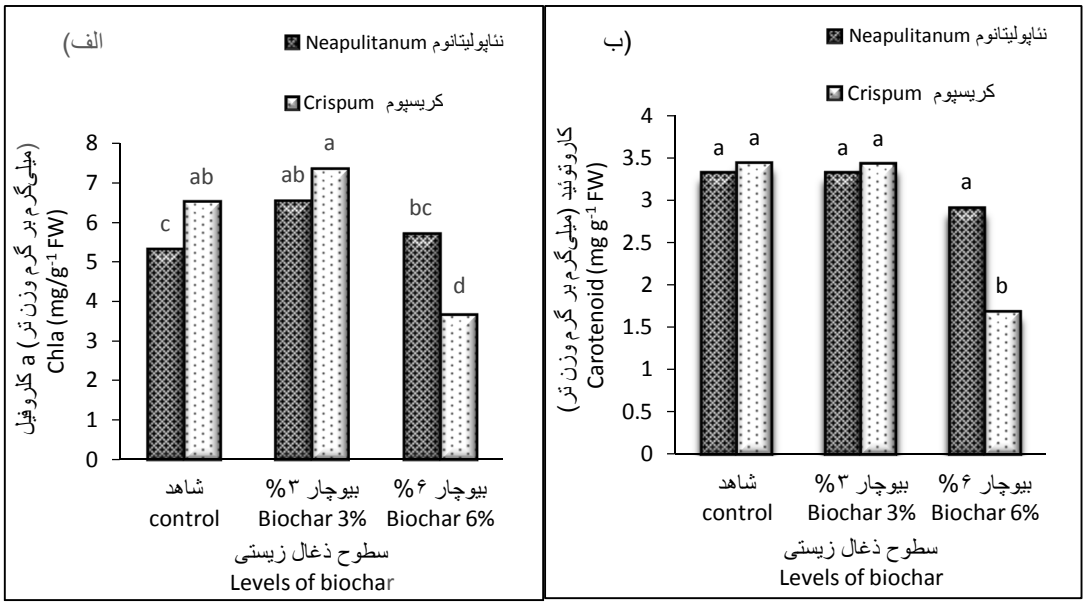
Archive of SID

نسبی آب بیش‌تری داشته باشند. هم‌چنین تصور می‌شود افزایش جذب آب در گیاهان میکوریزایی به هدایت هیدرولیکی ریشه در شرایط همزیستی نیز مرتبط باشد (۲۶). قارچ‌های میکوریزا با افزایش محتوای نسبی آب می‌توانند باعث بهبود جذب فسفر از خاک شده و در نهایت نقش مؤثری در افزایش رشد گیاه داشته باشند (۲۰). نتایج پژوهش روی گیاه نخود نشان داد که کاربرد بیوچار و میکوریزا به‌صورت جداگانه و ترکیبی باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ و کاهش اثرات منفی تنش خشکی گردید (۱۸).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر میکوریزا بر (الف) میزان کلروفیل a و (ب) محتوای نسبی آب برگ جعفری.

Fig. 1. Mean comparison of the effect of mycorrhizal on (a) Chla content and (b) RWC content of parsley.

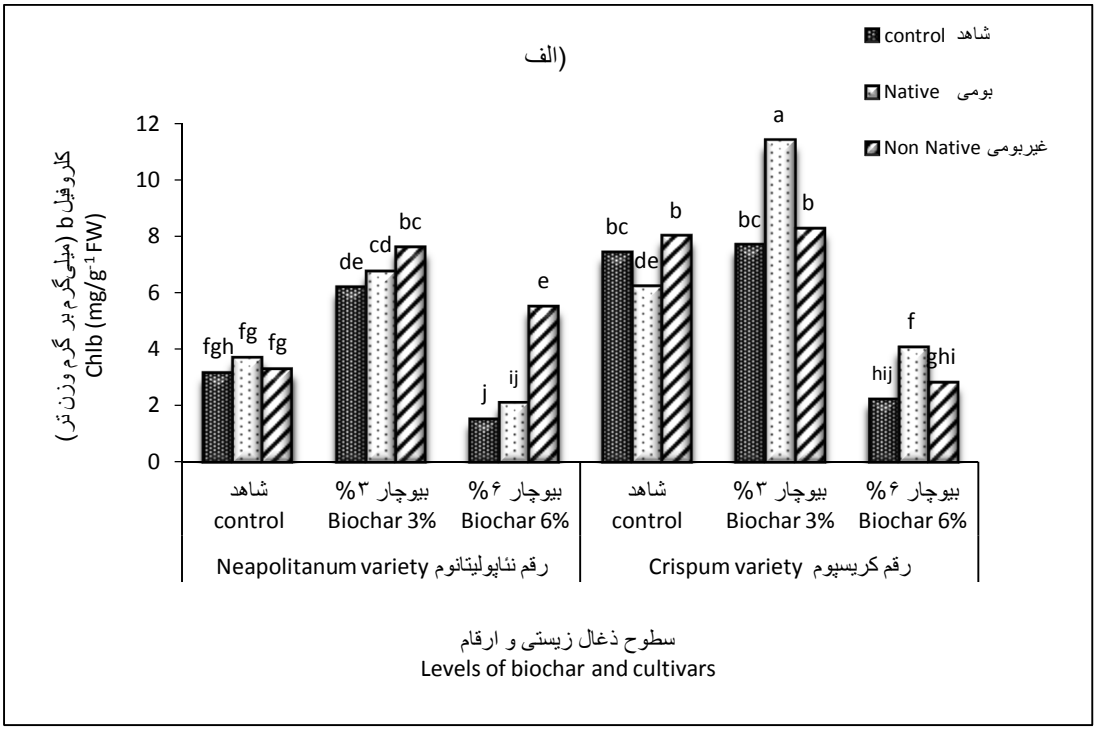


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر الف) میزان کلروفیل a و ب) میزان کاروتنوئید جعفری.

Fig. 2. Mean comparison of the interaction effect of cultivar and biochar on a) Chla content and b) carotenoid content of parsley.

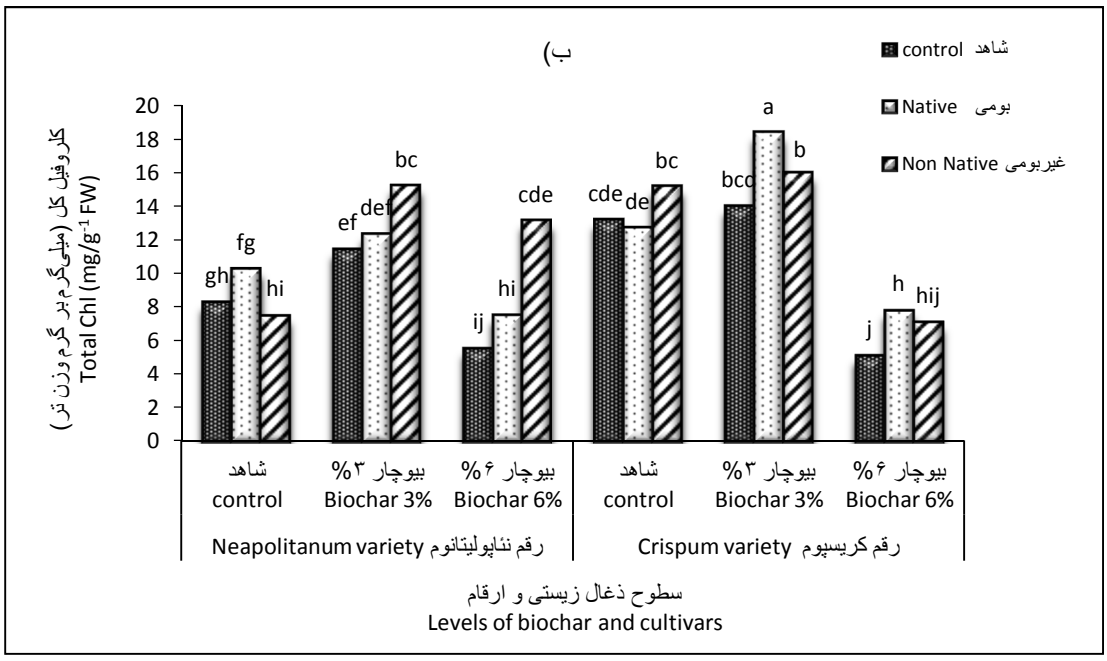
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، میکوریزا و ذغال زیستی بر میزان کلروفیل b جعفری.

Fig. 3. Mean comparison of the interaction effect of cultivar, micorrhizal and biochar on Chlb content of parsley.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، میکوریزا و ذغال زیستی بر میزان کلروفیل کل جعفری.

Fig. 4. Mean comparison of the interaction effect of cultivar, micorrizhal and biochar on total Chl content of parsley.

www.SID.ir

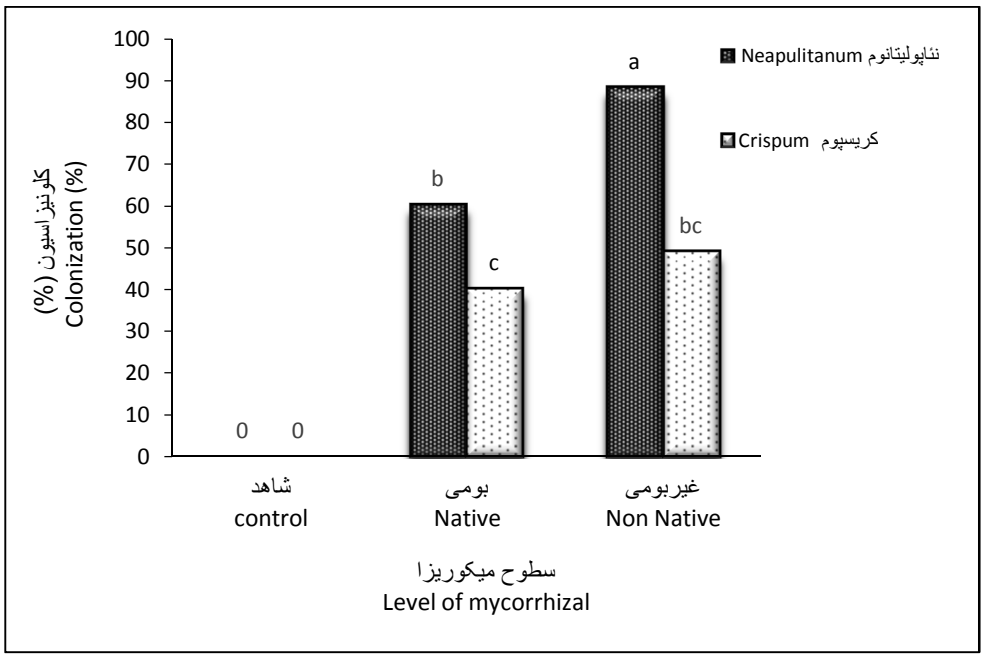
Archive of SID

میزان کلونیزاسیون: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، میکوریزا و ذغال زیستی بر میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزا با ریشه جعفری معنی‌دار شد. اثر متقابل رقم و میکوریزا و اثر متقابل میکوریزا و ذغال زیستی نیز بر میزان کلونیزاسیون معنی‌دار بود. براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و میکوریزا، بیش‌ترین میزان کلونیزاسیون (۸۸/٤۳ درصد) مربوط به رقم نئاپولیتانوم و تیمار کاربرد کود میکوریزا بود. نتایج نشان می‌دهد میزان کلونیزاسیون در تیمار کاربرد کود میکوریزا بیش‌تر از تیمار میکوریزای بومی بوده است. در رقم نئاپولیتانوم میزان کلونیزاسیون در میکوریزای غیربومی بیش‌تر از میکوریزای بومی بود اما در رقم کریسپوم اختلاف معنی‌داری بین تیمار میکوریزای غیربومی و بومی وجود نداشت (شکل ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا و ذغال زیستی بر میزان کلونیزاسیون جعفری نیز نشان داد بیش‌ترین میزان کلونیزاسیون (۷۸/٤۰ درصد) مربوط به تیمار کاربرد کود میکوریزا (غیر بومی) و ذغال زیستی ٦ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار کاربرد کود میکوریزا (غیر بومی) و ذغال زیستی ۳ درصد نداشت. میزان کلونیزاسیون میکوریزای غیربومی نیز در ذغال زیستی ۳ درصد و ٦ درصد بیش‌تر از شاهد بود (شکل ٦).

عوامل مختلفی بر همزیستی و کلونیزاسیون قارچ میکوریزا آربسکولار با ریشه گیاهان تأثیرگذار است. از جمله این عوامل می‌توان به توانایی میسلیوم‌های خارجی قارچ‌های میکوریزا آربسکولار در انتشار به درون خاک و نفوذ به درون ریشه، و عوامل محیطی مانند شدت نور، اسیدیته، رطوبت، ماده آلی، بافت و تهویه خاک اشاره نمود (۳). برخی از عملیات زراعی مانند مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، قارچ کش‌ها و آفت‌کش‌ها نیز بر حیات و گسترش این قارچ‌ها اثر منفی دارند (۳۱). به این جهت می‌توان نتیجه گرفت که بیش‌تر نظام‌های کشاورزی فشرده از مزایای این هم زیستی محروم هستند. در مطالعه حاضر در تیمار کود میکوریزا از شش گونه مختلف میکوریزا آربسکولار غیربومی استفاده شد که توانستند بالاترین میزان کلونیزاسیون را با ریشه گیاهان جعفری داشته باشند. اما به‌دلیل سازگاری بهتر میکوریزای بومی با شرایط منطقه و کلونیزاسیون سریع‌تر آن با ریشه گیاهان جعفری (علی‌رغم درصد کلونیزاسیون پایین‌تر)، تیمار میکوریزای بومی در رقم کریسپوم منجر به دستیابی به عملکرد بالاتر شد. گزارش شده است که کاربرد ذغال زیستی در خاک درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار با ریشه گیاه، در نتیجه جذب عناصر غذایی و رشد آن را افزایش می‌دهد (۲۵). در پژوهش حاضر نیز تیمار ذغال زیستی باعث افزایش میزان کلونیزاسیون میکوریزا با گیاه جعفری شد.

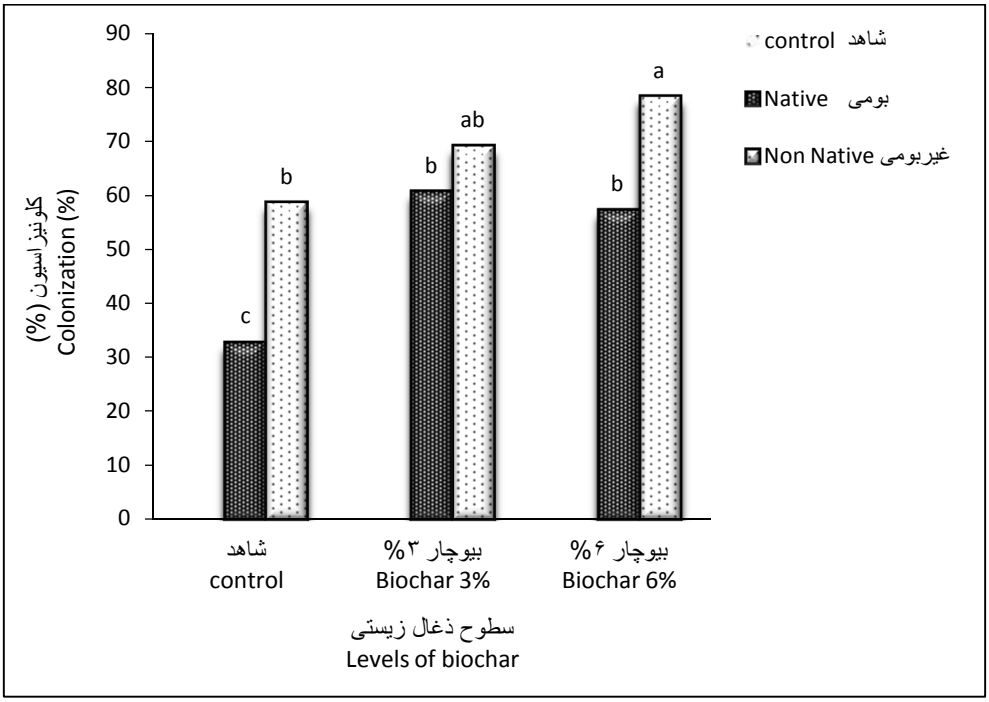
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون جعفری.

Fig. 5. Mean comparison of the interaction effect of cultivar and micorrhizal on percentage colonization of parsley.



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و ذغال زیستی بر درصد کلونیزاسیون جعفری.

Fig. 6. Mean comparison of the interaction effect of cultivar and biochar on percentage colonization of parsley.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه در اغلب صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری بین ارقام جعفری مشاهده شد. ارتفاع و عرض بوته، تعداد، طول و عرض برگ و وزن تر و خشک ریشه در رقم نئاپولیتانوم بالاتر بود. اگرچه رشد و عملکرد گیاه برآیندی از صفات فوق‌الذکر است، اما در مجموع رقم کریسپوم دارای وزن تر و خشک اندام هوایی بیش‌تری نسبت به رقم نئاپولیتانوم بود. این امر می‌تواند ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی دو رقم و وجود ماده خشک گیاهی بیش‌تر در بافت‌های گیاهی رقم کریسپوم نسبت به رقم نئاپولیتانوم باشد. بنابراین کشت گلخانه‌ای این رقم منجر به دستیابی به عملکرد و زی‌توده بیش‌تری خواهد شد. علاوه بر این کاربرد ذغال زیستی به میزان ۳ درصد به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش رشد و زی‌توده ارقام جعفری گردید. بنابراین تهیه ذغال زیستی از ضایعات حاصل از اسانس‌گیری گیاهان دارویی (به‌عنوان تفاله‌هایی بدون مصرف) و کاربرد آن‌ها در خاک به‌عنوان منبع تغذیه‌ای پایدار، نه‌تنها می‌تواند در حفاظت از محیط زیست مؤثر باشد، بلکه می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش عملکرد گیاه جعفری گردد. با این وجود کاربرد ذغال زیستی به میزان ٦ درصد هیچ تأثیر بر افزایش عملکرد گیاه نداشت. در مورد قارچ میکوریزا نیز می‌توان نتیجه گرفت که علی‌رغم اثرات مثبت کود میکوریزای غیربومی بر رشد و زی‌توده جعفری در مقایسه با تیمار خاک شاهد استریل شده، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کاربرد میکوریزای بومی و غیربومی مشاهده نشد. این امر به احتمال زیاد به دلیل سازگاری بالای قارچ‌های میکوریزای بومی با شرایط محیطی منطقه است. در نتیجه کاربرد کودهای میکوریزای رایج در خاک‌های زراعی استریل نشده، تأثیری بر رشد و عملکرد جعفری نخواهد داشت.

منابع

1. Abbasi, M.K. and Anwar, A.A. 2015. Ameliorating effects of biochar derived from poultry manure and white clover residues on soil nutrient status and plant growth Promotion - greenhouse experiments. Plose One. 10: 6. 1-18.
2. Adejumo, S.A., Owolabi, M.O. and Odesola, I.F. 2016. Agro-physiologic effects of compost and biochar produced at different temperatures on growth, photosynthetic pigment and micronutrients uptake of maize crop. Afric. J. Agric. Res. 11: 8. 661-673.
3. Alizadeh, A., Mazaheri, D. and Hashemi Dezfuli, V. 2017. Effect of sulfur-coated urea and urea on yield and yield components of maize cultivars. Res. Construction. 10: 3. 42-45. (In Persian)
4. Amanifar, S., Khodabandeloo, M., Fard, E.M., Askari, M.S. and Ashrafi, M. 2019. Alleviation of salt stress and changes in glycyrrhizin accumulation by arbuscular mycorrhiza in liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) grown under salinity stress. Environ. Exper. Bot. 160: 25-34.
5. Amonette, J.E. and Joseph, S. 2009. Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. P 33-43, In: J. Lehmann and S. Joseph (Eds.), Biochar for Environmental Management. Sci. Technol. Earthscan, London.
6. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93: 2. 145-153.
7. Auge, R.M. 2001. Water relation, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11: 1. 3-42.

www.SID.ir

Archive of SID

8. Bitarafan, Z., Asghari, H., Hasanlou, T., Gholami, A. and Moradi, F. 2018. Biochemical effect on trigonellosis Rate of (*Trigonella foenum*) medicinal plant ecotypes under irrigated conditions. Sci. J. Iran. Herbs Medic. Herbs Res. 34: 1. 155-165. (In Persian)
9. Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T. and Haefele, S. 2013. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). Agr. J. 3: 2. 404-418.
10. Dalp, Y. 1993. Vesicular arbuscular mycorrhiza. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publication. Pp: 287-301.
11. Daneshvar, M.H. 1379. Growing vegetables. Shahid Chamran University of Ahvaz Publications. Press, 461p. (In Persian)
12. Dhopte, A.M. and Livera-M, M. 2002. Principles and Techniques for Plant Scientist [s]. Agrobios.
13. Erfani, H. 1981. The most common medicinal herbs in Iran. Razi Publication. pp. 121-124. (In Persian)
14. Gaskin, J.W., Spier, R.A., Harris, K., Das, K.C., Lee, R.D., Morris, L.A. and Fisher, D.S. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrient status and yield. Agr. J. 102: 2. 623-633.
15. Giri, B. and Mukerji, K.G. 2004. Mucorrhiza inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegytica* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza. 14: 5. 307-312.
16. Goili, A., Mosavi, S.A.A. and Kamgar Haghighi, A.A. 2016. Effect of cow manure and moisture stress on growth characteristics and water use efficiency of spinach in greenhouse conditions. Water Res. Agri. 30: 2. 259-243. (In Persian)
17. Hajbagheri, S. and Enteshari, S. 2011. Effects of mycorrhizal fungi on photosynthetic pigments, root mycorrhizal colonization and morphological characteristics of salt stressed (*Ocimum basilicum* L.) Iran. J. Plant Physiol. 1: 4: 215-22. (In Persian)
18. Hashem, A., Kumar, A., Al-Dbass, A.M., Alqarawi, A.A., Al-Arjani, A.B.F., Singh, G. and Abd_Allah, E.F. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improves drought tolerance in chickpea. Saudi J. Boil. Sci. 26: 3. 614-624.
19. Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in Foeniculum vulgare mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technol. 93: 3. 307-311.
20. Krishna, H., Singh S.K. and Sharma, R.R. 2005. Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization. Sci. Hort. 106: 554-567.
21. Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C. and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota–a review. Soil Biol. Biochem. 43: 9. 1812-1836.
22. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and cartenoides: pigments of photosynthetice bio membranes. In: metod in Enzimol. (eds.S.P. Colowick and N.O. Kaplan) Academic. Press. New York. 148: 350-382.
23. Major, J., Steiner, C., Downie, A. and Lehmann, J. 2010. Biochar effects on nutrient leaching. In: C.J. Lehmann and S. Joseph (Ed.) Biochar for environmental management: Sci. Technol. Earthscan.
24. Mehraban, A., Nourmohammadi, F., Vozan, S.A., Ardakani, R. and Heidari Sharifabad, H. 2012. Investigation of the role of arbuscular mycorrhizal microorganisms (VAM) on some traits of sorghum. J. Agr. Plant Breed. 8: 2. 1-9. (In Persian)
25. Mickan, B.S., Abbott, L.K., Stefanova, K. and Solaiman, Z.M. 2016. Interactions between biochar and mycorrhizal fungi in a water-stressed agricultural soil. Mycorrhiza. 26: 6. 565-574.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Monafi, H., Ali Asgharzadeh, N., Neyshaburi, R. and Rejali, F. 2012. Tolerance of water deficit stress in tomato in coexistence with arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Sci. 22: 2. 1-17. (In Persian)
27. Nelson, D.L. and Cox, M.M. 2004. Lehninger Principles of Biochemistry (4th ed.) Freeman. New York. 1119p.
28. Nurgoli Pur, F., Khavazi, K. and Malakoty, M.J. 2003. The Effect of Soil Phosphate Application with Sulfur, Tobacillus and Organic Bacteria on Quantitative and Qualitative Soy Function. Roceedings of the 8th Iranian Soil Science. Congress. Rasht. pp. 28-441. (In Persian)
29. Oseni, T.O., Shongwe, N.S. and Masarirambi, M.T. 2010. Effect of arbuscular mycorrhiza (AM) inoculation on the performance of tomato nursery seedlings in vermiculite. Int. J. Agr. Biol. 12: 789-792.
30. Ozsoy-Sacan, O., Yanardag, R., Orak, H., Ozgey, Y., Yarat, A. and Tunali, T. 2006. Effects of parsley (*Petroselinum crispum*) extract versus glibornuride on the liver of streptozotocin-induced diabetic rats. J. Ethnopharmacol. 104: 1-2. 175-181.
31. Passioura, J.B. 2002. Soil conditions and plant growth. Plant Cell Environ. 25: 311-318.
32. Patanea, C., Cavallaro, V. and Cosentino, S.L. 2009. Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. Ind. Crops Prod. 30: 1. 1-8.
33. Philips, J.M. and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Mycol. Res. 55: 1. 158-161.
34. Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A.R. and Lehmann, J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. Biol. Fertil. Soils. 48: 3. 271-284.
35. Turan, V. 2019. Potential of pistachio shell biochar and dicalcium phosphate combination to reduce Pb speciation in spinach, improved soil enzymatic activities, plant nutritional quality, and antioxidant defense system. Chemosphere. 125611.
36. Vaccari, F.P., Baronti, S., Lugato, E., Genesio, L., Castaldi, S., Fornasier, F. and Miglietta, F. 2011. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. Eur. J. Agron. 34: 4. 231-238.
37. Warnock, D.D., Mummey, D.L., McBride, B., Major, J., Lehmann, J. and Rillig, M.C. 2010. Influences of non-herbaceous biochar on arbuscular mycorrhizal fungal abundances in roots and soils: results from growth-chamber and field experiments. Appl. Soil Ecol. 46: 3. 450-456.
38. Xu, C.Y., Hosseini-Bai, S., Hao, Y., Rachaputi, R.C., Wang, H., Xu, Z. and Wallace, H. 2015. Effect of biochar amendment on yield and photosynthesis of peanut on two types of soils. Environ. Sci. Pollut Res. Int. 22: 8. 6112-6125.

www.SID.ir

Archi

www.SID.ir