نشریه شمـاره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۸۹ تا ۱۰۲

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

ارزیابی تأثیر زغال‌های زیستی مختلف بر ویژگی‌های ریخت شناسی اسکنبیل کرمانی *Calligonum bungei* Boiss.

علی یزدان‌پناهی[۱]، خالد احمدالی[۲*]، محمد جعفری[۳]، جمال احمدآلی[۴]، سلمان زارع[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آذربایجان غربی، ایران.
* نویسنده مسئول: khahmadauli@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۹

چکیده

در بوم‌نظام‌های (اکوسیستم) مناطق خشک و نیمه‌خشک، گیاهان چوبی و چندساله از مهم‌ترین عامل‌های کاهنده سرعت باد و رسوب‌گذاری ماسه‌بادی‌ها هستند. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر مقدارهای مختلف مواد افزودنی به خاک بر ویژگی‌های رویشی گیاه اسکنبیل کرمانی *Calligonum bungei* Boiss. انجام شد. این آزمایش به‌صورت گلخانه‌ای با نسبت‌های مختلف مواد افزودنی زغال‌زیستی طبیعی و زغال‌زیستی تولیدشده از کمپوست زبالهٔ شهری به خاک، حضور و عدم حضور میکوریزا بر روی گیاه اسکنبیل کرمانی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، اجرا شد. عامل‌های در نظر گرفته‌شده در این آزمایش: عامل قارچ میکوریزا در دو سطح میکوریزا مصرف و عدم مصرف میکوریزا؛ عامل زغال‌زیستی طبیعی در چهار سطح: صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی؛ و عامل زغال‌زیستی تولیدشده از کمپوست زباله شهری در چهار سطح صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که کاربرد زغال‌های‌زیستی در تیمارهای دارای میکوریزا با تیمار هفت موجب افزایش ۳۴/۶۲٪ ارتفاع گیاه، ۴۲/۳۸٪ قطر یقه، ۵۵۴/۰۲٪ حجم تاج پوشش، ۱۲۴/۰۶٪ طول ریشه، ۳۰/۹۲٪ وزن‌تر اندام هوایی و ۳۶/۲۳٪ و در تیمارهای بدون میکوریزا در ۲۳ تیمار موجب افزایش ۳۹/۲۴٪ ارتفاع گیاه، ۳۵/۹۸٪ قطر یقه، ۱۵۲/۱٪ حجم تاج پوشش، ۱۷/۷۴٪ طول ریشه، ۶۸/۵۳٪ وزن‌تر اندام هوایی و ۲۰/۷۵٪ وزن تر ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، بهره‌گیری از مقدارهای ذکر شده زغال‌های زیستی همراه با بقایای گیاهی و طبیعی در تیمارهفت، به دلیل ارزانی، در دسترس بودن، افزایش حاصلخیزی خاک و رشد بهتر گیاه اسکنبیل و دیگر گیاهان مشابه ویژه مناطق بیابانی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: تپه ماسه روان؛ ویژگی‌های رویشی؛ زغال‌زیستی؛ میکوریزا

■ مقدمه

یکی از معضلات محیطی در مناطق خشک و بیابانی کشور، فرسایش بادی و پیامدهای ناشی از آن همچون توفان‌های گرد و غبار و جابجایی توده‌های عظیم ماسه است. در سال‌های گذشته فرسایش بادی به شکل جابجایی تپه‌های ماسه‌ای و خسارت به مناطق مسکونی و صنعتی نمایان می‌شد اما در سال‌های اخیر به شکل گرد و غبار در نقاط مختلف کشور، سلامتی انسان‌ها از جمله بیماری‌های تنفسی و ریوی نظیر آسم، بیماری‌های عفونی و مشکلات بینایی را به مخاطره انداخته و خسارت‌های اقتصادی از قبیل افزایش سرانه‌ی هزینه‌ی درمان خانوار، اختلال در سامانه‌های حمل‌ونقل هوایی بسیاری را به دنبال داشته است (۲). کشور ایران ازجمله کشورهایی است که بر روی کمربند خشک کره زمین واقع‌شده است. بیشتر مناطق ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک و قسمت جنوبی آن جزء مناطق فراخشک محسوب می‌شود. در این عرصه‌ها افزون بر کمبود مقدار بارندگی سالانه و توزیع غیریکنواخت و بسیار متغیر آن، تغییرات شدید دما و پایین بودن مقدار ماده‌آلی خاک نیز مشکلات محیطی را افزایش داده است (۲۸).

خاک‌های مناطق بیابانی شامل گروهی از خاک‌های می‌باشند که به لحاظ تأثیر عامل‌های مختلف در زمان تشکیل و در سیر تکامل خود شرایط ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، به علت نبود پوشش گیاهی کافی و بازگشت مقدار کم بقایای گیاهی به خاک، حاوی ماده آلی کمی است (۳۴). کمبود مواد آلی موجب کاهش پایداری ساختمان خاک، پوسته‌پوسته شدن آن و در پایان ایجاد خاکی سفت و متراکم می‌شود (۱۱). این خاک‌ها اغلب آهکی و دارای واکنش قلیایی‌اند لذا بسیاری از گیاهان در این خاک‌ها با مشکل تغذیه‌ی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف روبه‌رو هستند. یکی از روش‌های افزایش مقدار قابل‌جذب این عناصر، افزایش مواد آلی است (۱۳). در سال‌های اخیر مهم‌ترین ترکیب‌های آلی که برای بهبود ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند بقایای گیاهی، ضایعات کشاورزی و خانگی و زغال‌های زیستی[1] می‌باشند. زغال‌های زیستی حاصل فرآیند تجزیه ترکیبات آلی می‌باشند. گرماکافت ترکیبات زائد آلی مانند بقایای گیاهی زراعی و جنگلی و فضولات دامی در شرایط بدون اکسیژن یا اکسیژن محدود و دمای زیاد موجب تشکیل مقداری ترکیب‌های کربنی فرار و همچنین مقداری ترکیب‌های کربن باقیمانده و خاکستر دارای مقدار قابل‌ملاحظه Ca و K می‌شود (۷ و ۱۴). امروزه افزودن زغال زیستی به خاک‌ها به‌عنوان روشی برای ترسیب کربن(C) درون خاک، کاهش غلظت CO_2 هوا، اصلاح و حاصلخیزی خاک و کاهش فرسایش بادی توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۱۶ و ۱۷). افزودن زغال زیستی به خاک با توجه به نقشی که کربن در فرآیندهای شیمیایی، زیستی و فیزیکی خاک ایفا می‌کند می‌تواند مهم باشد.

برای مقابله با فرسایش بادی روش‌های مختلفی وجود دارد که پایدارترین آن‌ها احیای زیستی یا بیولوژیک با بهره‌گیری از گیاهان مقاوم به خشکی و ماسه دوست است؛ که توانایی رشد و ادامه حیات در این شرایط سخت را دارند (۱۳). با وجود این، گیاهانی وجود دارند که توانسته‌اند در این شرایط نیز به رشد و حیات خود ادامه دهند. گیاهان مناطق خشک به لحاظ مقابله با تنش‌های محیطی گوناگون، اغلب دارای رفتارهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک ارزشمندی هستند که ضرورت مطالعه و تحقیق پیرامون این قبیل رستنی‌ها را اجتناب‌ناپذیر کرده است. اسکنبیل گونه‌ای با تراکم زیاد در مناطق خشک می‌باشد که با توجه به ریشه دوانی این گونه در رسوبات ماسه‌بادی برای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای مورد تأکید قرار گرفته است.

اسکنبیل کرمانی *Calligonum bungei* Boiss. یکی از گونه‌های درختچه‌ای بیابانی و از خانواده علف هفت‌بند Polygonaceae است که بیشتر در نواحی خشک و نیمه‌خشک پراکنش دارند. گونه‌های اسکنبیل از جمله مقاوم‌ترین گیاهان به خشکی و خشکسالی‌های طولانی هستند (۲۳). گونه‌های این جنس با استفاده از سازوکارهایی مانند افزایش ضخامت کوتیکولی، تراکم و

[1] Biochar

بی‌رنگ شدن کرک‌ها، کاهش سطح برگ، ریزش سریع برگ، روشن‌تر شدن رنگ اندام‌ها، سیستم ریشه‌ای منحصربه‌فرد و مسیر فتوسنتزی C4، تنش‌های خشکی را به‌خوبی تحمل نموده و خود را با محیط‌های بسیار خشک سازگار می‌نماید (۲۱). از طرفی خاک به‌عنوان بستری برای محل استقرار و رشد گیاهان در ارزیابی‌های بوم-شناختی از اهمیت زیادی برخوردار است. در خصوص استفاده از زغال زیستی بر عملکرد گیاه تحقیقات و مطالعاتی صورت گرفته که به تعدادی از آن‌ها اشاره می-شود. نتیجه پژوهشی که در سال ۲۰۱۳، بر روی اثرات قارچ‌ها و زغال‌های زیستی بر روی رشد، عملکرد و کیفیت میوه اکرا Moench *Abelmoschus esculentus* در منطقه اکولوژیکی جنگل غنا صورت گرفت حاکی از آن است که این مواد به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد میوه، تعداد برگ، وزن تر و خشک ساقه‌ها و ریشه‌ها افزایش یافت (۱۹). نتایج تحقیق سال ۲۰۱۴ بر روی اثر زغال زیستی بر صفات ریشه گیاه ذرت یا *Zea mays* L. در خاک آرسنیک‌دار نشان دهنده این است که به‌طور معنی‌داری صفات ریشه در تیمار مورد بررسی نسبت به خاک شاهد، بخصوص تراکم توده ریشه و تراکم طول ریشه افزایش یافت (۷). همچنین در مطالعه‌ای که بر روی کاربرد زغال زیستی تولیدی از چوب ذرت بر سیستم ریشه‌ای گیاه ذرت یا *Zea mays* صورت گرفت. نتایج نشان دهندهٔ این بود که افزودن زغال زیستی به خاک موجب افزایش ساختار ریشه گیاه نسبت به تیمار شاهد شده است (۱). در سال ۲۰۱۶، پژوهش انجام شده در زمینهٔ کاربرد زغال زیستی بر متغیرهای عملکردی گیاه سویا یا *Glycine max* Merr بیان‌کنندهٔ بود که زغال زیستی بر متغیرهای ارتفاع گیاه، قطر ساقه و سطح برگ گیاه تأثیر افزایشی داشت (۳۲). همچنین مطالعه صورت گرفته در سال ۱۳۹۴، بر روی تأثیر برخی اصلاح‌کننده‌های آلی بر ویژگی‌های رویشی و غلظت کادمیوم، روی و سرب در ذرت یا *Zea mays* در یک خاک‌آلوده به عناصر سنگین، حاکی از این است که افزودن اصلاح‌کننده‌های آلی به خاک موجب کاهش مقدار pH و افزایش EC خاک شده است. ویژگی‌های رویشی گیاه مانند شاخص کارآیی دستگاه فتوسنتزی، کلروفیل فلورسانس و وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی گیاه در تیمارهای ورمی کمپوست و پوست پسته به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بوده است (۲۲). با این‌حال، تهیهٔ زغال زیستی از کمپوست زباله شهری به عنوان یک راهکار ساده و عملی در مدیریت پسماند زباله است. از طرف دیگر در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آب در نتیجه پراکنش نامناسب بارش، تبخیر زیاد و کاهش میزان بارش در سال‌های اخیر در کشور موجب ایجاد نگرانی به دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی و ایجاد گرد و غبار شده است. تنش رطوبتی به عنوان یکی از انواع تنش‌های غیر زیستی نقش مهمی در تغییرات فیزیولوژیکی گیاه دارد. بنابراین در سال‌های گذشته، بهره‌گیری از بیوچار به عنوان یک ماده آلی متخلخل، پایدار و مقاوم به تجزیه‌های میکروبی در خاک جهت کاهش اثرات سوء تنش‌های رطوبتی مورد استفاده قرار گرفته است. تاکنون مطالعات چندانی در زمینه اثر کاربرد زغال زیستی بر ویژگی‌های مرفولوژیکی گیاهان مناطق بیابانی صورت نگرفته است. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد زغال‌زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله شهری بر عملکرد گیاه اسکنبیل کرمانی انجام‌شد.

■ مواد و روش‌ها

تهیه نهال

در پژوهش حاضر از گونه گیاهی مقاوم به شوری، خشکی، دمای زیاد و مناسب تثبیت خاک و تپه‌های شنی روان (۲۹)، اسکنبیل کرمانی *Calligonum bungei* Boiss. که یکی از گونه‌های درختچه‌ای چوبی خانواده علف هفت‌بند Polygonaceae است استفاده گردید. نهال‌های پنج ماهه اسکنبیل کرمانی موردنیاز از نهالستان وابسته به منابع طبیعی استان کرمان تهیه شد.

تهیه خاک

به‌دلیل اهمیت موضوع گرد و غبار خاک و وجود تپه-های شنی از نوع ماسه‌بادی در اغلب بیابان‌های ایران، خاک موردنظر از تپه‌های ماسه‌ای روان کاشان، برداشت و به محل اجرا در گلخانهٔ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی

دانشگاه تهران انتقال داده و در آزمایشگاه استفاده شد. پس از هوا خشک کردن خاک و برای انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. سپس بر روی ۱۶ نمونه خاک ماسه بادی مخلوط شده با درصدهای مختلف زغال‌های‌زیستی مورد نظر در سه تکرار آزمایشات فیزیکی و شیمیایی شامل: بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۰)،EC با استفاده از دستگاه EC متر (۲۷) و pH با استفاده از دستگاه pH متر (۳۰) در عصارهٔ اشباع، OM[1] به روش نمایه کردن یا تیترکردن با فروآمونیوم سولفات ((NH4)2Fe(SO4)2) (۲۴)، Ca عصاره خاک به‌روش تیتراسیون با کلسیمتر (۲۰)، P قابل‌استفاده توسط عصاره-گیری با NaHCO3 نیم نرمال و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100) (۲۶) انجام شد.

تهیه زغال‌های زیستی طبیعی و کمپوست زباله

زغال زیستی طبیعی استفاده شده در طرح حاضر از معدنی واقع در شهرستان کوهبنان واقع در استان کرمان تهیه شد. این زغال زیستی، کاملاً طبیعی بود و بر اساس مطالعات زمین‌شناسی، در فرآیندی طبیعی در طول ۶۵۰ میلیون سال پیش تشکیل شده بود (۳۳). برای تهیهٔ زغال زیستی کمپوست‌های زباله شهری، پس از گذشت هفت روز از پهن کردن آن و خشک‌شدن آن، اقدام به جمع-آوری آن‌ها گردید و برای تولید زغال زیستی به مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب انتقال داده شد. سپس برای تهیه زغال زیستی، نمونه‌ها به‌دقت وزن و در داخل ظرف-های درب‌دار کوره الکتریکی ریخته شد و درب کوره با گریس نسوز کاملاً درزگیری شد و نمونه‌های کمپوست زباله شهری به مدت‌زمان ۳ ساعت در داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از مدت زمان مذکور، ظرف درب‌دار از کوره خارج شد و زغال‌های زیستی پس از سرد شدن جمع‌آوری شد (۱۵).

تهیه میکوریزا

گیاه مورد استفاده در پژوهش حاضر اسکنبیل کرمانی بوده و قارچ هم‌زیست با این گونه، قارچ میکوریزا: *Glomus mosseae (Nicol & Gerd) Gerd & Trappe* انتخاب شد (۸). قارچ میکوریزای مورد استفاده دارای ویژگی‌های به شرح زیر می باشد:

۱- تولید شده از خاک استریل شده و تعداد تقریبی اسپور زنده قارچ در هر گرم خاک بین ۵۰ تا ۱۵۰ اسپور

۲- حاوی ریشه‌های گیاهان میکوریزی شده وریسه قارچ میکوریزا

۳- فاقد هر گونه علف هرز و عامل بیماری‌زای گیاهی تولید شده با خاک استریل. قارچ مذکور از شرکت دانش‌بنیان زیست فناور توران واقع در شهرستان شاهرود، استان سمنان تهیه شد.

طرح آزمایش

پژوهش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. فاکتورها شامل زغال‌زیستی طبیعی در چهار سطح صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنیِ خاک، زغال‌زیستی تولید شده از کمپوست زباله شهری در چهار مقدار صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنیِ خاک و میکوریزا در دو مقدار عدم مصرف و مصرف ۱ درصد وزنیِ خاک بود که اثرات آنها بر ویژگی-های ریختاری گیاه اسکنبیل کرمانی بررسی شد.

با توجه به گنجایش گلدان‌های انتخاب شده و مقدار ۵ کیلوگرم خاک ماسه‌بادی برای هر گلدان، نسبت‌های صفر، ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی فاکتورهای مواد افزودنی زغال‌زیستی طبیعی و زغال‌زیستی کمپوست زباله شهری به خاک برابر صفر، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم است. فاکتور دوم میکوریزا به مقدار ۱٪ وزنیِ خاک بود که برابر با ۵۰ گرم میکوریزا است.

از اختلاط فاکتورهای ذکر شده با خاک، ۳۲ تیمار مختلف بستر کاشت که ۱۶ بستر بدون میکوریزا با شماره‌های ۱ تا ۱۶و ۱۶ تا بستر با حضور میکوریزا، با شماره‌های ۱۷ تا ۳۲ مطابق جدول (۱) تهیه شد. با در نظر گرفتن سه تکرار برای هر یک تیمارهای ذکر شده، در مجموع ۹۶ گلدان برای این آزمایش کشت شد. سپس از آماده‌سازی بسترها، نهال‌های اسکنبیل کرمانی در گلدان‌ها کاشته شد.

[1] Organic Matter

جدول ۱. ویژگی‌های تیمارهای مختلف

شماره	الف - تیمارهای بدون میکوریزا	شماره	ب - تیمارها دارای میکوریزا
۱	خاک (شاهد)	۱۷	خاک + ۱٪ میکوریزا
۲	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی	۱۸	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ میکوریزا
۳	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ زغال زیستی زباله	۱۹	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۴	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۳٪ زغال زیستی زباله	۲۰	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۳٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۵	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۵٪ زغال زیستی زباله	۲۱	خاک + ۱٪ زغال زیستی طبیعی + ۵٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۶	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی	۲۲	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ میکوریزا
۷	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ زغال زیستی زباله	۲۳	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ زغال زیستی زباله +۱ ٪ میکوریزا
۸	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۳٪ زغال زیستی زباله	۲۴	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۳٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۹	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۵٪ زغال زیستی زباله	۲۵	خاک + ۳٪ زغال زیستی طبیعی + ۵٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۱۰	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی	۲۶	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ میکوریزا
۱۱	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ زغال زیستی زباله	۲۷	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۱٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۱۲	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۳٪ زغال زیستی زباله	۲۸	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۳٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۱۳	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۵٪ زغال زیستی زباله	۲۹	خاک + ۵٪ زغال زیستی طبیعی + ۵٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۱۴	خاک + ۱٪ زغال زیستی زباله	۳۰	خاک + ۱٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۱۵	خاک + ۳٪ زغال زیستی زباله	۳۱	خاک + ۳٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا
۱۶	خاک + ۵٪ زغال زیستی زباله	۳۲	خاک + ۵٪ زغال زیستی زباله + ۱٪ میکوریزا

نحوهٔ اندازه‌گیری ویژگی‌های گیاهی

اندازه‌گیری طول ساقه، ریشه و تاج پوشش

اندام‌های فوق، در تمامی تیمارها با خط‌کش اندازه‌گیری گردید. به‌طوری‌که جهت اندازه‌گیری حجم تاج پوشش طول، عرض و ارتفاع اندام هوایی با خط کش اندازه‌گیری و در هم ضرب گردید و حجم تاج پوشش محاسبه شد (۹).

قطر یقه

قطر یقه گیاه در تمامی تیمارهای اسکنبیل کرمانی کاشت شده، با بهره‌گیری از کولیس دیجیتالی مدل Mitutoyo اندازه‌گیری شد.

وزن تر و خشک بیومس

پس از نه ماه دوره کشت نهال، ابتدا اندام هوایی تیمارها قطع و سپس اندام زیرزمینی کلیه تیمارها از داخل گلدان به‌طور آهسته خارج شد تا ریشه‌ها آسیب دیده نشوند و بعد زیتوده یا بایومس تر آن‌ها وزن شد (۱۲).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پس از اندازه‌گیری پارامترهای گیاهی در سه تکرار جدول تجزیه واریانس (ANOVA) برای بررسی تأثیر هر تیمار محاسبه و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با استفاده از SPS 22.0 نرم‌افزار آماری مورد ارزیابی قرار گرفت.

■ نتایج و بحث

نتایج آزمون خاک مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است. این خاک دارای درصد زیادی ماسه (شن) بوده و در طبقه بافت شنی قرار دارد. همچنین دارای pH نزدیک به خنثی و شوری بسیار کمی دارد. یافته‌های اولیه زغال زیستی مورد استفاده نیز در جدول ۳ آورده شده است. pH و EC زغال زیستی کمپوست زباله حدودی ۱/۵ برابر زغال زیستی طبیعی بوده همچنین ماده آلی و نیتروژن زغال زیستی طبیعی حدودی ۲ برابر زغال زیستی کمپوست زباله است. نتایج تجزیه واریانس تأثیر زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله شهری بر ارتفاع بوته، حجم تاج پوشش، طول ریشه، قطر یقه، وزن تر اندام هوایی و زیرزمینی گیاه اسکنبیل کرمانی *Calligonum bungei* در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های اولیه خاک مورد استفاده

pH	EC	شن	رس	سیلت	بافت خاک	Ca	P قابل‌جذب	OM
(–)	($dS.m^{-1}$)	(٪)			(–)	(meq.L-1)	(ppm)	(٪)
۷/۲۷	۱/۳	۹۱	۷	۲	شنی	۱۰/۶۷	۰/۴۲	۰/۳۳

جدول ۳. ویژگی‌های اولیه زغال زیستی مورد استفاده

ویژگی	واحد	زغال زیستی طبیعی	زغال زیستی کمپوست زباله
pH	-	۵/۵	۸/۱۴
EC	$dS.m^{-1}$	۶/۹۹	۱۱/۲
Ca	meq. lit^{-1}	۱۰/۶۷	۱۲۴
Mg	meq. lit^{-1}	۱۸/۱	۶۴
k	$meq.100gr^{-1}$	۳۶۰/۸	۲۴۹۴/۰۲
Na	ppm	۱۲۶	۲۴۰/۳۳
N	٪	۲/۱	۱/۰۷
OM	٪	۳۹/۶	۱۷/۱۵
OC	٪	۲۳	۹/۹۵

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر زغال‌های زیستی بر عملکرد اجزاء گیاه اسکنبیل کرمانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع گیاه (Cm)	طول ریشه (Cm)	حجم تاج پوشش (Cm^3)	قطر یقه (mm)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن تر ریشه (gr)
تیمار	۱۵	۲۷۱/۵ *	۶۹/۳۰ ns	۲۳۸۵۳۷۶۲۹ **	۰/۸۰ **	۴۳/۹ **	۱/۲۸ ns
میکوریزا	۱	۱۲۱۵ **	۳۰/۸۲ ns	۶۵۹۷۰۰۴۸ ns	۰/۱۷ ns	۳/۴۵ ns	۱/۷۰ ns
تیمار × میکوریزا	۱۵	۳۱۱/۶ *	۸۲/۷۰ ns	۸۱۲۱۲۱۸۵ ns	۰/۲۵ ns	۱۳/۴۰ ns	۱/۹۰ ns
تکرار	۲	۳۴/۸	۱۳۱/۷۸	۵۹۳۰۴۳۴۶	۰/۱۷	۹/۳۴	۰/۶۶
خطا	۹۵	۱۴۷/۳	۶۸/۲۸	۹۹۳۸۸۵۵۸	۰/۳۴	۷/۹۳	۱/۶۱
ضریب تغییرات		۲۹/۸	۳۳/۴۳	۸۳/۲۵	۸/۱۹	۴۱/۵۳	۱۰/۴۱

**، * و ns:: معنی‌داری به ترتیب در مقدار ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

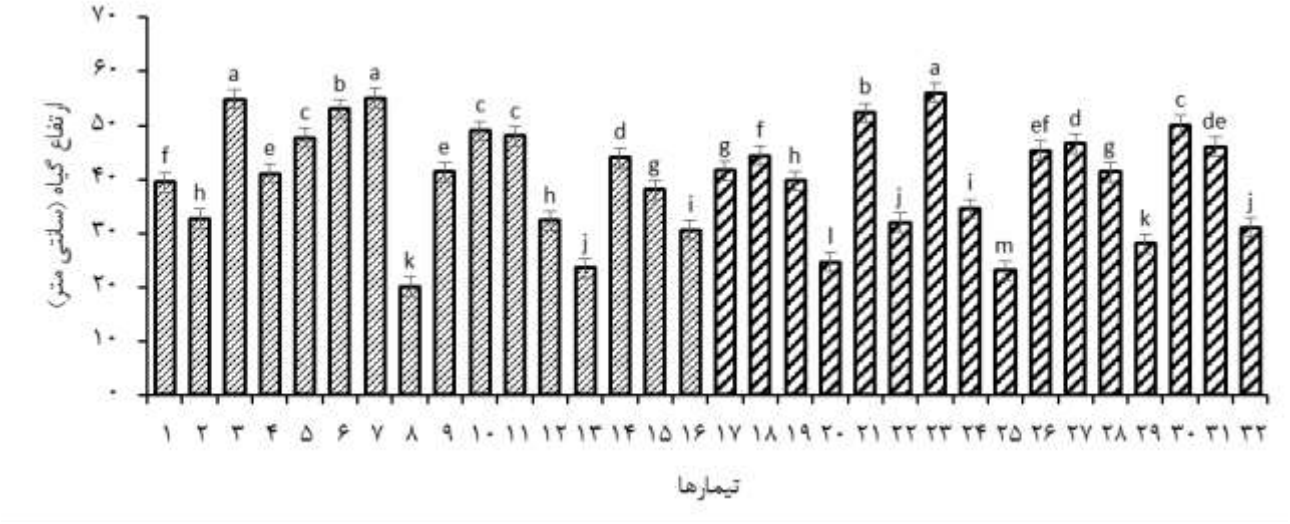
ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر زغال‌های زیستی بر ارتفاع گیاه نشان داد که افزودن زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله در تیمارهای مختلف بر ارتفاع گیاه اثر متقابل معنی‌داری در مقدار ۵ درصد داشته است ($P<0/05$) (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد (شکل ۱) که بیشترین ارتفاع در بین تیمارهای مختلف دارای میکوریزا و بدون میکوریزا، به ترتیب مربوط به تیمار ۲۳ و ۷ بوده که افزایش ۳۴/۶۲ و ۳۹/۲۴ درصدی را نسبت به خاک شاهد داشت. چنین به نظرمی رسد که افزایش ارتفاع گیاه به دلیل آزادشدن تدریجی عناصر از کودهای آلی باشد. دارا بودن مواد آلی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تولید ترکیب‌های شبه هورمونی در محیط ریزوسفر، افزایش جذب مواد غذایی

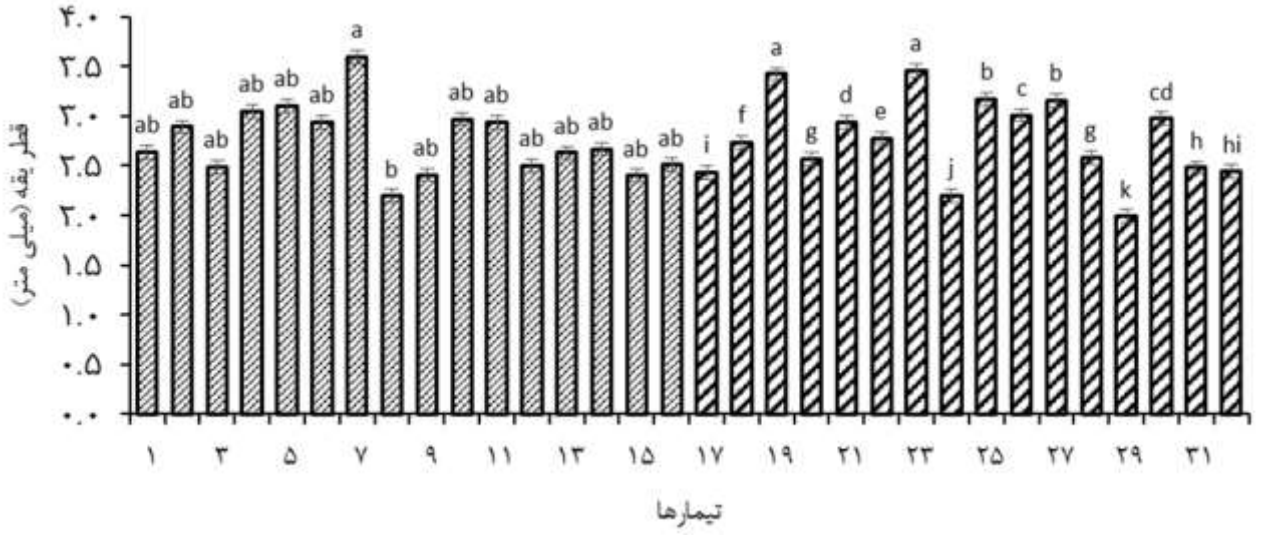
توسط گیاه و به‌طورکلی بهبود ساختار شیمیایی و فیزیکی بستر کاشت، از جمله دلایلی است که برای افزایش عملکرد گیاهان بر اثر کاربرد کود ورمی کمپوست گزارش شده است (۳ و ۵). این افزایش ارتفاع در پژوهش‌های زیادی گزارش شده است (۴ و ۳۲) که با پژوهش حاضر همخوانی دارد.

قطر یقه

نتایج تجزیه واریانس زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله در تیمارهای مختلف بر قطر یقه در مقدار ۱ درصد معنادار شد ($P<0/01$) ولی تیمارهای دارای میکوریزا و اثر متقابل میکوریزا در تیمارها اثر معناداری نداشتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین در بین تیمارهای مختلف دارای میکوریزا و بدون میکوریزا بیشترین قطر یقه به ترتیب مربوط به تیمار ۲۳ و ۷ بوده که افزایش ۴۲/۳۸ و ۳۵/۹۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشته است (شکل۲). بهره‌گیری از کود زیستی موجب تقویت ریز جاندارانی می‌شود که در صورت استفاده روی مقدار ریشه و یا در خاک موجب تحریک و افزایش رشد گیاه می‌شود (۳۱) در نتیجه قطر یقه گیاه هم افزایش می‌یابد. این افزایش قطر یقه در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است (۴ و ۱۹) که این نتایج با بخش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۱. اثر زغال‌های زیستی و میکوریزا بر ارتفاع گیاه



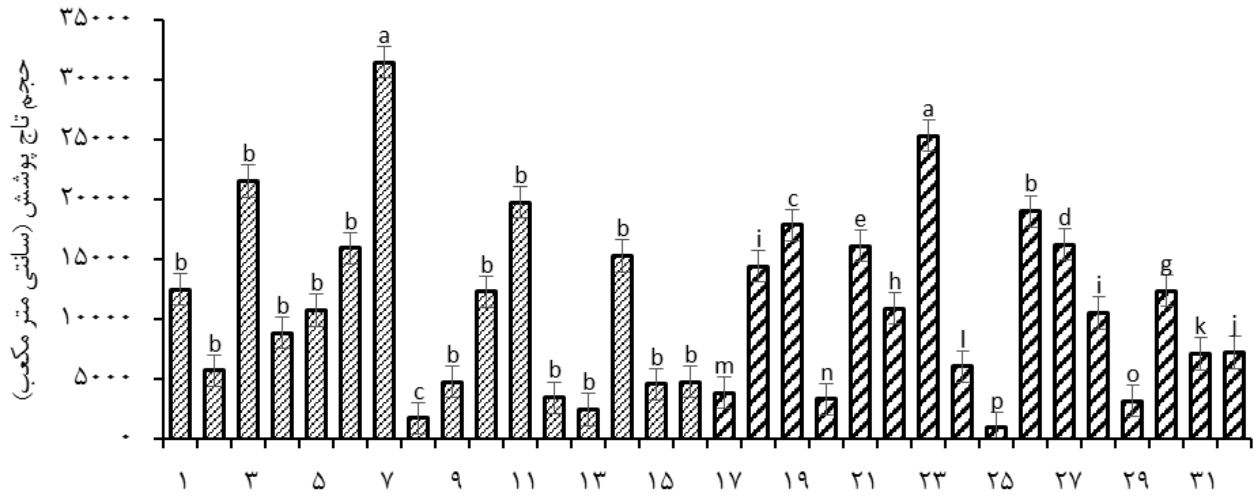
شکل ۲. اثر زغال‌های زیستی و میکوریزا بر قطر یقه

تاج پوشش

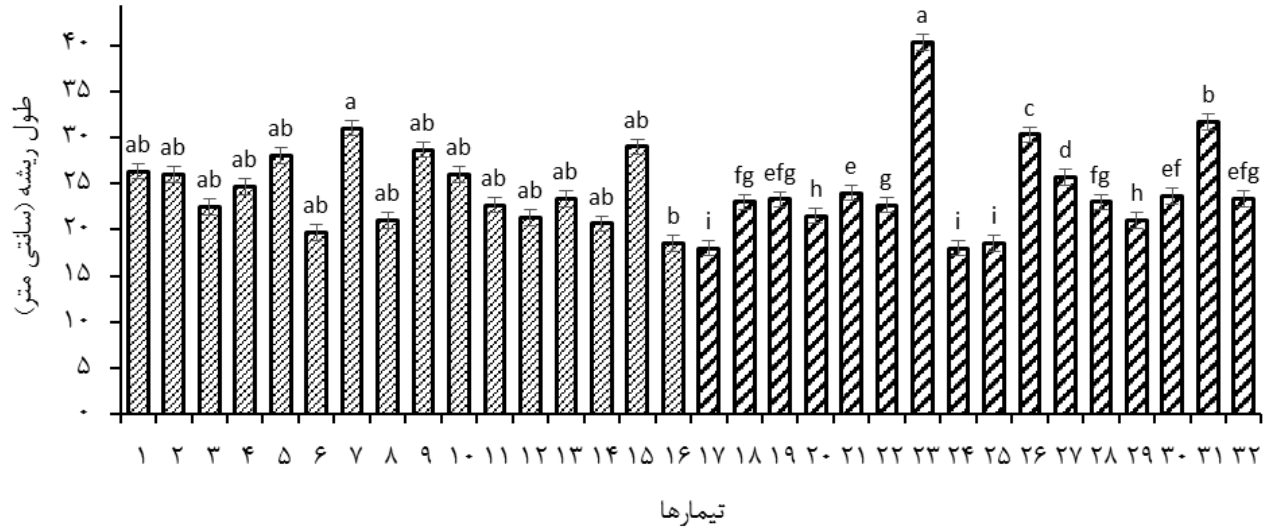
با توجه به نتایج تجزیه واریانس زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله در تیمارهای مختلف اثر معناداری در مقدار ۵ درصد بر حجم تاج پوشش داشته (P<۰/۰۵) ولی میکوریزا و اثر متقابل تیمار در میکوریزا اثر معناداری بر حجم تاج پوشش نداشتند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در بین تیمارهای مختلف دارای میکوریزا و بدون میکوریزا بیشترین حجم تاج پوشش به ترتیب مربوط به تیمار ۲۳ و ۷ بوده که افزایش ۵۵۴/۰۲ و ۱۵۲/۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشته است (شکل ۳). زغال‌های زیستی با ایجاد تغییرات مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین به‌موقع عناصر موردنیاز گیاه در طی فصل رشد، می‌توانند شرایط بهینه برای رشد گیاه فراهم آورند که این خود موجب افزایش تاج پوشش گیاه می‌شود.

طول ریشه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله در تیمارهای مختلف اثرمتقابل معناداری بر طول ریشه نداشت (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین طول ریشه در بین تیمارهای مختلف دارای میکوریزا و بدون میکوریزا، به ترتیب مربوط به تیمار ۲۳ و ۷ بوده که افزایش ۱۲۴/۰۶ و ۱۷/۷۴ درصدی را نسبت به خاک شاهد داشت (شکل ۴).



شکل ۳. اثر زغال‌های زیستی و میکوریزا بر حجم تاج پوشش



شکل ۴. اثر زغال‌های زیستی و میکوریزا بر طول ریشه

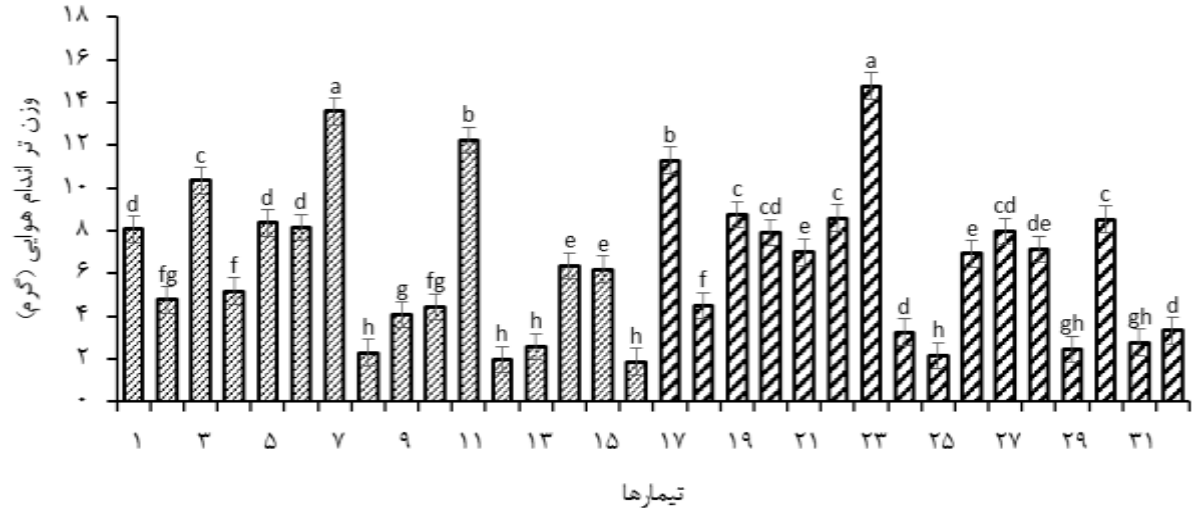
وزن تر اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله در تیمارهای مختلف بر قطر یقه در مقدار ۱ درصد معنادار شد($P<0/01$) ولی تیمارهای دارای میکوریزا و اثر متقابل میکوریزا در تیمارها اثر معناداری نداشتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن تر اندام هوایی در بین تیمارهای مختلف دارای میکوریزا و بدون میکوریزا، به ترتیب مربوط به تیمار ۲۳ و ۷ بوده که افزایش ۹۲/۳۰ و ۶۸/۵۳ درصدی را نسبت به خاک شاهد داشت (شکل ۵). افزودن کود آلی از قبیل زغال‌های زیستی به خاک با بهبود شرایط فیزیکی و حفظ رطوبت خاک به افزایش فعالیت باکتری‌ها و جذب بهتر و بیشتر عناصر غذایی کمک می‌کند (۱۸)؛ که این می‌تواند در وزن تر اندام هوایی گیاه مؤثر باشد. این افزایش وزن تر اندام هوایی در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده است (۱۹ و ۲۲) که با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد.

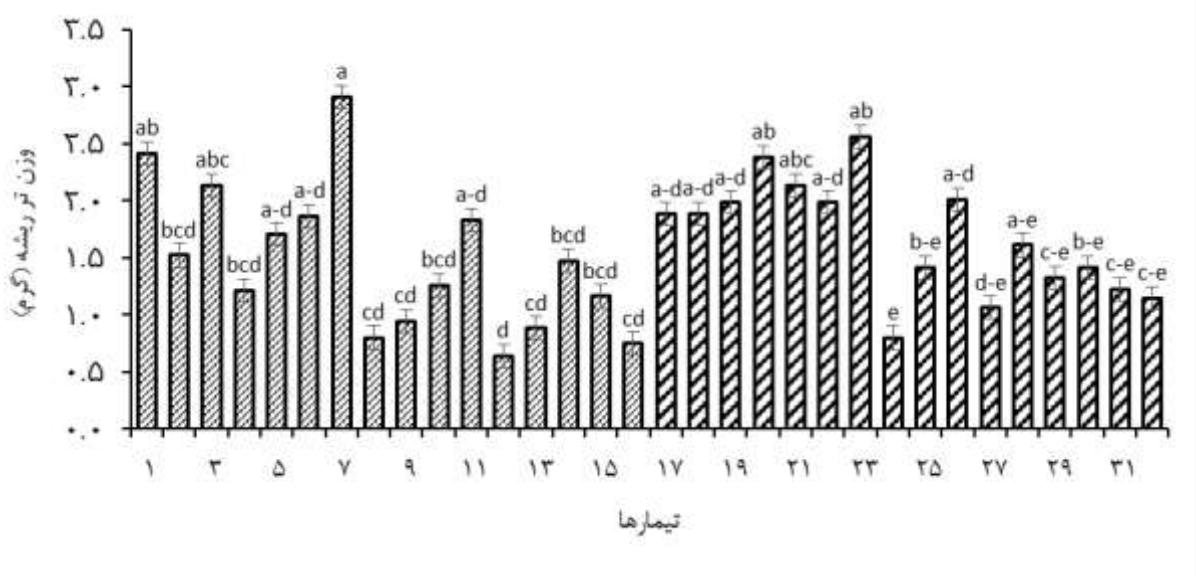
وزن تر ریشه

نتایج تجزیه واریانس زغال زیستی طبیعی و زغال زیستی کمپوست زباله در تیمارهای مختلف بر وزن تر ریشه در مقدار ۱٪ اثر معناداری داشته ($P<0/01$) ولی میکوریزا و اثر متقابل تیمار در میکوریزا در مقدار ۱ و ۵ درصد اثر معناداری نداشتند (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن تر ریشه در بین تیمارهای مختلف دارای میکوریزا و بدون میکوریزا، هر کدام به ترتیب مربوط به تیمار ۲۳ و ۷ بوده که افزایش۳۶/۲۳ و ۲۰/۷۵ درصدی را نسبت به خاک شاهد داشت (شکل ۸). افزایش وزن تر اندام زیرزمینی، ممکن است به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی در تیمارهای دارای زغال زیستی باشد. برخی از ویژگی‌های مثبت زغال‌های زیستی که موجب افزایش رشد گیاه می‌شود، مربوط به بهبود خواص فیزیکی و زیستی خاک است. زغال‌های زیستی سرشار از جمعیت میکروبی، به ویژه قارچ‌ها و باکتری‌ها است که نقش مهمی در ساخت مواد مغذی داشته که این مواد در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (۱۸). این افزایش وزن تر ریشه در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده است (۱۹) که با پژوهش حاضر همخوانی دارد.



شکل ۵. اثر زغال‌های زیستی و میکوریزا بر وزن تر اندام هوایی



شکل ۶. اثر زغال‌های زیستی و میکوریزا بر وزن تر ریشه

■ نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد متغیرهای رویشی گیاه ازجمله ارتفاع گیاه، حجم تاج پوشش، طول ریشه، قطر یقه، وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه در برخی تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود.

در ارتباط با تأثیر میکوریزا بر رشد برخی از متغیرهای گیاهی نتایج حاکی از عدم اثرگذاری تیمار میکوریزا می‌باشد، به‌طوری‌که در برخی تیمارهای بدون میکوریزا رشد بیشتری نسبت به تیمارهای دارای میکوریزا داشته است. علت این امر می‌تواند کیفیت کمتر قارچ و عدم برقراری ارتباط هم‌زیستی بین گیاه و قارچ باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، بهره‌گیری از مقدارهای شده زغال‌های زیستی حاصل از بقایای گیاهی و طبیعی (تیمار ۷ و ۲۳ در جدول ۱) به دلیل ارزانی، در دسترس بودن، افزایش حاصلخیزی خاک و رشد بهتر گیاهان مشابه با اسکنبیل در مناطق بیابانی توصیه می‌شود.

از دیدگاه منابع طبیعی استفاده از زغال‌های زیستی طبیعی کار صحیح و مقرون‌به‌صرفه ای است زیرا به‌طور متوسط در طرح‌های بیابان‌زدایی کشور، از بین هزینه‌هایی که در این طرح‌ها مصرف می‌شود، آبیاری قسمت زیادی از هزینه را که به حدود ۷۰٪ بالغ می‌گردید، به خود تخصیص داد.

با به‌کار بردن زغال زیستی طبیعی ضمن افزایش حاصلخیزی خاک، ویژگی‌های فیزیکی خاک همچون ظرفیت زراعی، آب قابل دسترس، نفوذپذیری و ... که در حفظ رطوبت اهمیت دارند، بهبود می‌یابد و موجب کاهش هزینه‌های آبیاری می‌شود. این در حالی است که هزینه این زغال‌زیستی بسیار اندک و کاربرد آن راحت است. با توجه به اینکه تاکنون بررسی زیادی بر روی گونه‌های غیر زراعی و بیابانی صورت نگرفته است، نتایج پژوهش حاضر می‌تواند مقدمه‌ای برای شروع پژوهش‌های کاربرد زغال‌زیستی بر روی گونه‌های خاص مناطق بیابانی باشد.

■ References

1. Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V., & Cornelissen, G. (2015). Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: a shovelomics study in Zambia. *Plant and soil*, *395*(1-2), 45-55.

2. Abtahi, M., & Khosroshahi, M. (2016). Effects of Six Chemical and Mineral Mulches on the Establishment and Survival of *Calligonum* and *Haloxylon*, *Water and Soil Science*, *26* (1-1), 39-46 (in Farsi)

3. Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., & Idowu, O. J. (2005). Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Plant nutrition*, *27*(7), 1163-1181.

4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Soil biology*, *42*, S65-S69.

5. Antal, M. J., & Grıınli, M. (2003). The art, science, and technology of charcoal production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *42*(8), 1619-1640 .

6. Brennan, A., Jimŭnez, E. M., Puschenreiter, M., Alburquerque, J. A., & Switzer, C. (2014). Effects of biochar amendment on root traits and contaminant availability of maize plants in a copper and arsenic impacted soil. *Plant and soil*, *379*(1-2), 351-360.

7. Esmaeilpour, Y., (2012). *Investigating the effect of water permeate polymerization and mycorrhizal inoculation on the establishment of multi-species seedlings*. Ph.D Thesis, Faculty of Natural Resources: University of Tehran, Iran (in Farsi)

8. Ghasemi Aryan, Y., Arzani, H., Filekesh, E. & Yari, R. (2013). Estimating the production of *Artemisia sieberi* through the measurement of plant's dimensions (Case study: southwest Sabzevar). *Range and Desert Reseach*, *20* (1), 1-10 (in Farsi)

9. Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle size analysis, Methods of Soil Analysis Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Wisconsin USA: American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America Inc.

10. Hemmat, A., Aghilinategh, N., & Sadeghi, M. (2010). Shear strength of repacked remoulded samples of a calcareous soil as affected by long-term incorporation of three organic manures in central Iran. *Biosystems engineering*, *107*(3), 251-261.

11. Jahantab, S. (2015). *Effect of Urban Waste Compost on the Ability of Plant of Bromus tomentellus Boiss in Greenhouse Conditions*. Ph.D Thesis, Faculty of Natural Resources: University of Tehran, Iran (in Farsi)

12. Karami, M., Afyuni, M., Rezaee Nejad, Y., & Khosh Goftarmanesh, A.M. (2009). Cumulative and Residual Effects of Sewage Sludge on Zinc and Copper Concentration in Soil and Wheat. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, *12*(46), 639-654 (in Farsi)

13. Keneshlu, H., (1999). Arid zone forestry. Research Institute of Forest & Rangelands technical Publication. 320p.

14. Kim, K. H., Kim, J.-Y., Cho, T.-S., & Choi, J. W. (2012). Influence of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar obtained from the fast pyrolysis of pitch pine (*Pinus rigida*). *Bioresource technology*, *118*, 158-162.

15. Laird, D. A. (2008). The charcoal vision: a win–win–win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agronomy journal*, *100*(1), 178-181.

16. Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: science, technology and implementation. London: Routledge.

17. Leithy, S., El-Meseiry, T. A., & Abdallah, E. F. (2006). Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Applied Sciences Research*, *2*(10), 773-779.

18. Mensah, S. G. (2013). *HYT Biofertilizers and Biochar Effects on the Growth, Yield and Fruit Quality of Okra in the Forest Ecological Zone of Ghana*, Doctoral dissertation, University of Ghana.

19. Miller, J., & Curtin, D. (2008). Electrical conductivity and soluble ions. Section 15 in MR Carter and EG Gregorich, eds. Soil sampling and methods of analysis: CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.

20. Moghimi, J., (2003). Introduction of some important rangeland species suitable for reclamation in Iran. Arman publication, Iran, 672 p. (in Farsi).

21. Molaei, S., Shirani, H., Hamidpour, M., Shekofteh, H., & Besalatpour, A.A. (2016). Effect of Vermicompost, Pistachio Kernel and Shrimp Shell on Some Growth Parameters and Availability of Cd, Pb and Zn in Corn in a Polluted Soil, *Water and Soil Science*, *19* (74), 113-124 (in Farsi).

22. Mosleh Arany, A., Ehghaghi, R., Azimzadeh. H., & Zargran, M. (2013). The comparison of some drought resistance parameters in two *Calligonum* species (*Calligonum persicum, C. stenopterum*) in natural conditions, *Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *21*(1), 33-44 (in Farsi).

23. Nelson, D., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter1. Methods of soil analysis, Part 2. Wisconsin USA: American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc.

24. Novak, J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Amonette, J. E., Ippolito, J. A., Lima, I. M., Ahmedna, M., Gaskin, J., Das., K.C., Steiner, C., Ahmedna, M., Rehrah, D., & Schomberg. H. (2012). Biochars impact on soil-moisture storage in an ultisol and two aridisols. *Soil science*, *177*(5), 310-320.

25. Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Washington, D.C: United States Department of Agriculture.

26. Rhoades, J. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids, in Methods of Soil Analysis Part 3-Chemical Methods. Madison: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

27. Shahmoradi, A. A., Paryab, A., Tavakkoli, H. & Gholami, B. A., 2006. Autecological studies of Trigonella subenervis. Research Institute of Forests and Rangelands, Iran, 76p.

28. Shi, W., Pan, B., Gaskin, J. F., & Kang, X. (2009). Morphological variation and chromosome studies in *Calligonum mongolicum* and *C. pumilum* (Polygonaceae) suggests the presence of only one species. *Nordic Journal of Botany*, *27*(2), 81-85.

29. Thomas, G. (1996). Soil pH and soil acidity, in Methods of Soil Analysis Part 3-Chemical Methods. Soil Science Society of America. Madison: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

30. Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*, *255*(2), 571-586.

31. Wang, Y., Wei, Y., & Sun, J. (2016). Biochar application promotes growth parameters of soybean and reduces the growth difference. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *47*(12), 1493-1502.

32. Yazdanpanahi, A., Ahmadaali, Kh, Zare, S., & Shabani Omran, T. (2018). Investigating the effect of natural and urban waste compost biochars on hydraulic parameters in sandy soils. *Range & Watershed Management*, *71*(2), 555-561 (in Farsi).

33. Yazdanpanahi, A., Jafari, M., Ahmadaali, Kh, & Zare, S. (2018). Investigating the effects of biochar on soil amendment of arid and semi-arid areas. *International Conference on Natural Resources Management in Developing Countries*. College of Agriculture and Natural Resources University of Tehran IRAN. 1-11 (in Farsi).

No. 13, Spring & Summer, 2019, pp 89-102

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Evaluation of the Impact of Soil Additives on Morphological Characteristics of *Calligonum Bungei* Boiss.

A. Yazdanpanahi[1], K. Ahmadaali*[2], M. Jafari [3], J. Ahmadaali[4], S. Zare[2]

1. MSc student of Arid Lands and Desert Management, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, West Azarbaijan, Iran.

* Corresponding Author: khahmadauli@ut.ac.ir

Received date: 25/12/2018 **Accepted date: 29/04/2019**

Abstract

In arid and semi-arid ecosystems, woody and perennial plants are considered as a key factor in wind speed reduction and windblown sands sedimentation. The present study aims to evaluate the effect of different levels of soil additives on morphological characteristics of *Calligonum bungei* Boiss. A greenhouse experiment was conducted in factorial plan in a randomized complete block design RCBD. In design of experiments, applied treatments were natural and municipal waste compost biochars as soil additives, each in four levels of 0, 1, 3 and 5%, mycorrhiza present or absent, and plant type. Results showed that treatment NO. 7 cause increased 34.62% in plant height, 42.38% in collar diameter, 554.02% canopy cover volume, 124.04% root length, 30.92% fresh weight of shoot, 36.23% fresh weight of root in mycorrhizal plants and treatment NO. 23 cause increased 39.24% in plant height, 35.98% collar diameter, 152.1% canopy cover volume, 17.74% root length, 68.53% fresh weight of shoot, and 20.75% fresh weight of root in non-mycorrhizal plant accordance with control treatment. Among the used treatment, those in the absence of mycorrhiza due to poor-quality of mycorrhiza and lack of interconnection between plant and mycorrhizal fungal networks had better growth than those of non-mycorrhizal plants. According to the results, treatment No. 7 due to low cost, greater accessibility, improve of soil fertility, and plant establishment were recommended in desert regions.

Keywords: Sand dunes; Growth properties; Biochar; Mycorrhiza