

Investigation of the effect of vermicompost and biochar on some quantitative and qualitative characteristics of tomatoes under salinity conditions

Alireza Ladan moghadam

*Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.
LMAR13201396@Yahoo.com*

Received Date: 14/04/2022

Accepted Date: 15/10/2022

Abstract

Introduction: In recent years, organic fertilizers application has increased to reduce the use of chemical fertilizers. The fertilizer management is one of the greatest challenges of agriculture in the 21st century. Biochar and vermicompost are the most important types of organic fertilizers (Wu *et al.*, 2005). Biochar is a by-product of the biodegradable pyrolysis process and is considered to be a stable chemical and biological carbon reservoir in the soil (Schmidt and Noack, 2000). Vermicompost is a fertilizer obtained from the excretion of earthworms. A special type of worm called *Eisenia foetida*, also known as composting worm, is used to make vermicompost (Krishnamoorthy and Vajranabhaiah, 1986). Yanga *et al.* (2015) compared the effect of organic and chemical fertilizers on tomato yield and showed that vermicompost increased the activity of phosphatase and urease enzymes by increasing the activity of nutrients and subsequently improved tomato fruit yield. The aim of this study was to investigate the effect of two levels of biochar and vermicompost on the characteristics of tomato plants in saline conditions.

Material and methods: This research was conducted in a research greenhouse located in Gilan province, Langrud city. The present study is factorial in the form of a randomized complete block design with three replications. Factors studied include two levels of biochar and two levels of vermicompost in both saline and non-saline conditions on cherry tomatoes. Performance parameters, number of fruits, fruit weight and plant height, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, iron and sugar were measured in the plant. Soil characteristics including soil texture, acidity, electrical conductivity, phosphorus, potassium, nitrogen and iron, etc. were measured. Data were analyzed statistically using SAS program (SAS Institute Inc.1999) and Duncan's Multiple Range test at 0.05 significance level as outlined by Little and Hills (1978).

Results and discussion: The results of comparing the average effect of organic fertilizers in saline and non-saline conditions on the yield of tomato plants are shown in Figure 1. The highest yield and iron in the treatment of the second level of vermicompost in non-saline conditions was 1247 g / pot and 0.006%, respectively. These results also show that salinity reduced the yield by 68%. Many researchers say that increasing the yield of agricultural products due to the addition of biochar-biomass is a function of the quality and quantity of biochar (Deenik *et al.*, 2010; Major *et al.*, 2010).

Figure 2 shows the results of comparing the average effect of biochar and vermicompost treatments on salinity on fruit phosphorus levels. As can be seen, the highest amount of fruit phosphorus was obtained in the treatment of the second level of vermicompost without salinity equal to 0.29%. The lowest amount of phosphorus was obtained in the treatment of 0.21%. According to Renato *et al.* (2003), increased composting into the soil increases soil phosphorus. Reinecke *et al.* (1992) also noted that vermicompost makes phosphorus available to plants

Conclusions: Our results show that the second level of vermicompost had the best improvement in the quantitative and qualitative characteristics of tomatoes. Generally, according to the obtained results, the use of biochar and vermicompost from the remnants of the tea plant and municipal waste can be recommended as a suitable source to provide the nutrients needed by tomatoes.

Keywords: Tea, Pyrolysis, Plant nutrition, Fertilizer, Yield.

بررسی اثر ورمی کمپوست و زغال زیستی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گوجه فرنگی تحت شرایط شوری

علیرضا لادن مقدم

گروه باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران
LMAR13201396@Yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از کودهای آلی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی افزایش یافته است. زغال زیستی و ورمی-کمپوست از مهمترین انواع کودهای آلی هستند. هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر دو سطح زغال زیستی و ورمی-کمپوست بر ویژگی‌های گیاه گوجه فرنگی در شرایط شور است. مطالعه حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفته است. فاکتورهای مورد مطالعه شامل دو سطح زغال زیستی پسماند چای (۲ و ۴ درصد) و دو سطح ورمی-کمپوست (۲۰ و ۴۰ درصد حجمی) در دو شرایط شور و غیر شور بر روی گوجه فرنگی رقم چری است. پارامترهای عملکرد میوه، تعداد میوه، وزن میوه و ارتفاع گیاه، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و قند در میوه گیاه اندازه‌گیری شد. بیشترین عملکرد و آهن در تیمار ۴۰ درصد ورمی-کمپوست در شرایط بدون شوری به ترتیب معادل ۱۲۴۷ گرم در هر گلدان و ۰/۰۰۶ درصد به دست آمده است. همچنین نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش ۶۸ درصدی در عملکرد شده است. نتایج به دست آمده نشان داده است که سطح دوم ورمی-کمپوست دارای بهترین بهبود در ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه گوجه فرنگی بود. نتایج نشان داده است که استفاده از دو نوع کود آلی ورمی-کمپوست و زغال زیستی پسماند چای سبب افزایش کمیت و کیفیت گوجه فرنگی شده است. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان استفاده از زغال زیستی و ورمی-کمپوست حاصل از بقایای بوته چای و پسماند شهری به عنوان منبع مناسبی جهت تامین عناصر غذایی مورد نیاز گوجه فرنگی را توصیه کرد.

کلمات کلیدی: تغذیه گیاهی، چای، عملکرد، کود، گرماکافت.

مقدمه

رشد سریع جمعیت کره زمین و نیاز به تامین غذا، استفاده هر چه بیشتر از سموم و کودها بر سلامتی انسان و آلودگی محیط زیست خطرناک است (سلطانی طولارود و همکاران، ۱۳۹۳). مدیریت کوددهی در مزارع کشاورزی به عنوان یکی از مهمترین پالش‌های قرن ۲۱ است (Czekala et al., 2018). در دهه‌های اخیر از کودهای شیمیایی و آلی به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. امروزه کودهای آلی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی جهت افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصولات در کشاورزی پایدار به شمار می‌روند (Balogh et al., 2006; Wu et al., 2005).

زغال زیستی یک محصول جانبی است که بر اثر فرآیند پیرولیز زیست‌توده تولید شده و به عنوان یک مخزن شیمیایی و زیستی پایدار کربن در خاک در نظر گرفته می‌شود (Schmidt and Noack, 2000). کاربرد زغال زیستی در خاک به عنوان یک روش برای جلوگیری از تغییرات آب و هوا از راه توقف بلند مدت کربن در خاک پیشنهاد شده است (Woolf et al., 2010). پسماندهای کشاورزی عمدتاً از مواد لیگنوسلولزی شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین تشکیل شده است. زغال زیستی یک محصول جانبی غنی از کربن می‌باشد که با گرما دادن زیست‌توده تحت شرایط اکسیژن محدود یا بدون اکسیژن که اصطلاحاً به آن گرماکافت گفته می‌شود ایجاد می‌گردد (Kookana et al., 2011). استفاده از زغال زیستی و کربن فعال، یک راهبرد مهم برای افزایش مواد آلی خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی محسوب می‌شود (Lehmann, 2007). پژوهشگران متعددی دریافتند که در جریان فرآیند تولید زغال زیستی درصد زیادی از عناصر از جمله کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر و عناصر کم مصرف و همچنین حدود نیمی از نیتروژن و گوگرد موجود در زیست‌توده در ساختار زغال زیستی باقی خواهد ماند

(Laird, 2007; Fowles, 2007; Lehmann, 2007) و همکاران (2010) با کاربرد زغال زیستی حاصل از کودهای دامی به خاک‌های زراعی نشان دادند که کاهش چشمگیر در آشبویی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، منیزیم و سیلیس مشاهده گردید. Mukherjee و همکاران (2013) تاثیر فوق‌العاده زغال زیستی بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدرروی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک را نشان دادند و بیان کردند که زغال زیستی دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی خاک دارند. شیرابه خروجی از خاک لومی تیمار شده با زغال زیستی ضایعات گردو دارای مقادیر بالاتر پتاسیم و سدیم و مقدار کمتر فسفر، کلسیم، منیزیم و روی نسبت به خاک شاهد بود (Novak et al., 2009). Downie و همکاران (2009) بهبود بهره‌وری زراعی خاک اصلاح شده با زغال زیستی را به دلیل سطح ویژه بالای مخلوط خاک زغال زیستی دانستند. Akhtar و همکاران (2014) اثر زغال زیستی در شرایط مختلف آبیاری بر روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمی و کیفی گوجه فرنگی بررسی کردند. این پژوهشگران از زغال زیستی ساخته شده از سبوس برنج در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد در دو سطح صفر و پنج درصد استفاده کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزایش مقدار زغال زیستی در تمام تیمارهای آبیاری سبب افزایش وزن میوه تازه، سرعت فتوسنتز، ضریب کارایی آب و بسیاری از ویژگی‌های گیاه گوجه فرنگی شده است. در نهایت این پژوهشگران بیان کردند که استفاده از زغال زیستی سبب بهبود کیفیت و کمیت گوجه فرنگی می‌شود. زغال زیستی با تاثیر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز سبب بهبود شرایط رشد برای گیاهان می‌شود (Głab et al., 2016; ebrahimzadeh omran et al., 2020).

ورمی‌کمپوست به کودی اطلاق می‌شود که از مواد دفعی کرم‌های خاکی به دست می‌آید. برای تهیه ورمی‌کمپوست از گونه‌ای خاص از کرم به نام *Eisenia foetida* که به کرم

حساب می‌آید (Flores et al., 2010). در یک دهه‌ی اخیر مساحت زیر کشت و میزان تولید این محصول به ترتیب ۲۵ و ۴۰ درصد افزایش پیدا کرده است. ایران نیز در سال ۲۰۱۱ با سطح زیر کشت ۱۴۷ هزار هکتار و تولید برابر با ۶۸۲۴ هزار تن از نظر تولید در رتبه هفتم جهان قرار دارد (FAO, 2011). بنابر آخرین گزارش ارائه شده توسط FAO در سال ۲۰۱۷ میزان کل سطح زیر کشت گوجه فرنگی در ایران ۱۵۳۷۳۵ هکتار بود که با عملکرد متوسط ۴۰/۱۸ تن در هکتار، دارای تولید سالانه ۶۱۷۷۲۹۰ تن می‌باشد. گوجه فرنگی منبع با ارزشی از ویتامین A و C، و همچنین تعدادی از مواد معدنی، از جمله کلسیم، آهن، منگنز، روی و به ویژه پتاسیم، محسوب می‌شود (Harland et al., 2009).

هدف از انجام این مطالعه بررسی و مقایسه عملکرد دو نوع کود آلی شامل زغال زیستی تولید شده از بقایای چای و ورمی کمپوست تولید شده از پسماندهای شهری در شرایط شور و غیر شور بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه گوجه فرنگی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه پژوهشی واقع در استان گیلان شهرستان لنگرود انجام شد. برای انجام این پژوهش از یک خاک زراعی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، ماده آلی خاک به روش اکسیداسیون تر (Walkey and Black, 1934)، EC خاک به روش رودس (Roades, 1996)، اسیدیته خاک در سوسپانسیون ۱:۲/۵ (McLean, 1982) با استفاده از دستگاه pH متر مدل اوریون اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک با استفاده از کج‌دال (Bremner, 1996)، اندازه‌گیری فسفر خاک به روش اولسن (Page, 1982)، اندازه‌گیری پتاسیم خاک با استفاده از دستگاه فلیم‌فتمتر (Page, 1982) و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل واریان ۲۲۰ به روش لیندزی و نورول اندازه‌گیری شد (Lindsay and Norwell, 1960).

کمپوست ساز نیز معروف می‌باشد، استفاده می‌شود (Krishnamoorthy and Vajranabhaiah, 1986). کمپوست علاوه بر افزایش ماده آلی و اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش عملکرد، مشکل ناشی از انباشت پسماندها را نیز تا حدودی مرتفع می‌سازد. اثرات مثبت کاربرد انواع کودهای آلی در گیاهان مختلفی بررسی شده و مورد تأکید قرار گرفته است (Cavender et al., 2003). ورمی کمپوست حاوی ریزجانداران هوازی مفید مانند ازتوباکترها و عاری از باکتری‌های غیر هوازی، قارچ‌ها و ریزجانداران پاتوژن می‌باشد. وجود خلل و فرج فراوان در این کمپوست، ظرفیت تهویه، زهکشی و نگه‌داری آب در خاک را در آن تقویت کرده است (Atiyeh et al., 2001). بالا بودن میزان عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و به علاوه دارا بودن عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای ورمی کمپوست است (Atiyeh et al., 2000). Yanga و همکاران (2015) با مقایسه اثر انواع کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد گوجه فرنگی نشان دادند که کود ورمی کمپوست با افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و اوره‌آز به ترتیب باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی فسفر و نیتروژن و به دنبال آن بهبود عملکرد میوه گوجه فرنگی شده است. در پژوهشی Abduli و همکاران (2013) اثر ورمی کمپوست بر گیاه گوجه فرنگی را بررسی کردند. این پژوهشگران نشان دادند که ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد و مقدار قند میوه شده است. مریوانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در مطالعه‌ای نشان دادند که استفاده از کودهای آلی سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه گوجه فرنگی شده است. مطالعات زیادی بر روی اثر ورمی کمپوست بر عملکرد گیاهان مختلف صورت گرفته است (Pritam and Garg, 2010; Warmanand, 2010).

گوجه فرنگی از خانواده بادمجانیان یا Solanaceae، با نام علمی *Solanum lycopersicum* است. گوجه فرنگی بعد از سیب زمینی دومین محصول مهم باغبانی در جهان به

برای انجام این پژوهش از گوجه فرنگی رقم چری استفاده شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل زغال زیستی (B)، ورمی کمپوست (V) و شوری (S) است. در این مطالعه از یک خاک غیر شور (S1) استفاده شده است و برای بخش بررسی اثر شوری، همان خاک به صورت دستی با اضافه کردن نمک سدیم کلرید شور شد (S2). برای این منظور EC خاک اولیه با اضافه کردن محلول سدیم کلرید در چند مرحله به سه دسی زیمنس بر متر رسید. در این مطالعه از پنجاه درصد نیاز گیاه به کودهای شیمیایی به طور محلول (محلول غذایی Rorison) استفاده شد و مابقی نیاز گیاه از طریق تیمارهای اعمال شده تامین شده است. برای تهیه زغال زیستی پسماند چای در ظرف مخصوص که برای این کار ساخته شده است در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد بود به مدت ۲/۵ ساعت قرار گرفت. تیمارهای دو (B1) و چهار درصد وزنی (B2) از زغال زیستی در نظر گرفته شد. تیمارهای ورمی کمپوست شامل بیست (V1) و چهل درصد (V2) حجمی گلدان‌ها در نظر گرفته شد. برای تهیه ورمی کمپوست از پسماندهای شهری (شهرستان رشت) استفاده شد که بعد از خرد شدن در جعبه‌های مخصوص ریخته شده و رطوبت آنها در حد ۶۰ درصد اشیاع به مدت پنج هفته در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداشته شد. سپس به جعبه‌ها تعداد ۵۰ عدد کرم از گونه *Eisenia foetida* اضافه شد و هوادهی و رطوبت جعبه به صورت منظم در طول سه ماه بررسی شد. تیمارهای مورد نظر به خوبی با خاک مورد استفاده مخلوط شده و در گلدان‌های پنج کیلویی ریخته شد. میانگین دمای روزانه و شبانه گلخانه در طول دوره تولید نشاء به ترتیب برابر با 30 ± 2 و 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ۹۰ درصد بود. بذرها در عمق دو سانتی‌متری کشت و زمانی که دانه‌ها به مرحله دو برگگی رسیدند به گلدان‌های انتقال داده شدند. کنترل علف‌های هرز در گلدان‌ها به

روش وجین دستی انجام شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به ویژگی‌های خاک و نیاز گیاه به صورت مرتب انجام شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته از قسمت طوقه به بالای گیاه در نظر گرفته شد. عملکرد و تعداد میوه نیز با توزین میوه‌های هر بوته در یک مرحله به دست آمد. سنجش میزان قندهای میوه با روش فهلینگ به دست آمد و شاخص کلروفیل با دستگاه اسپد دستی (کلروفیل متر دستی مدل ۵۰۲) اندازه‌گیری شد. این دستگاه میزان نور قرمز طول موج ۶۵۰ نانومتر عبور کرده از برگ را که به مقدار زیادی توسط کلروفیل جذب شده را نسبت به نور ناحیه مادون قرمز طول موج ۹۴۰ نانومتر آنالیز می‌کند. پس از میوه‌دهی گیاهان، میوه‌ها برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل داده شدند و در دمای ۷۰ درجه خشک و سپس آسیاب شد و از الک یک میلی‌متری عبور داده شدند. میزان فسفر میوه با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر، میزان پتاسیم میوه با استفاده از فلیم‌فتومتر و میزان کلسیم میوه با استفاده از جذب اتمی به دست آمد (Johnson and Ulrich, 1959). برای اندازه‌گیری و استخراج عناصر غذایی از گیاه و میوه، یک گرم از بخش هوایی خشک شده گیاه یا بافت میوه خشک شده در ۷۵ درجه سانتی‌گراد را با ترازوی دیجیتالی وزن می‌شود و به بوته‌های چینی منتقل و در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۸ ساعت در کوره قرار می‌گیرد. بعد از تبدیل شدن نمونه‌ها به خاکستر، خاکستر حاصله در ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال حل و بعد از مدتی حرارت دادن ملایم بر روی بن ماری عمل عصاره‌گیری و صاف کردن در یک بالن ژوژه صورت می‌گیرد (Inoue et al., 2010). مقدار نیتروژن میوه هم با استفاده از کج‌لدال اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵) و مقدار آهن به روش لیندزی و نورول (Lindsay and Norwell, 1960) اندازه‌گیری شد.

پس از جمع‌آوری اطلاعات ابتدا تجزیه و تحلیل آنها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون LSD انجام شد (Little and

Hills, 1978). کلیه تجزیه‌های آماری و محاسبات با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک و کودهای آلی

در جدول ۱ ویژگی‌های خاک مورد مطالعه نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که بافت این خاک رسی بوده و دارای واکنش خاک اسیدی است. میزان هدایت الکتریکی خاک نیز پایین بوده و اثرات منفی فراوانی املاح در خاک وجود ندارد. همچنین مشاهده می‌شود که زغال زیستی دارای اسیدیته نسبتاً بیشتری از ورمی کمپوست است.

ارتفاع بوته

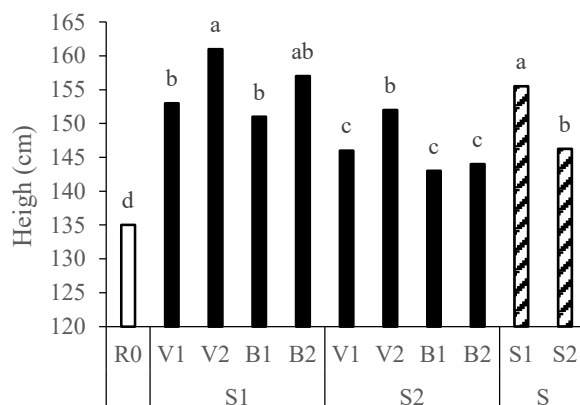
در شکل ۱ نتایج مقایسه میانگین تغییرات ارتفاع بوته تحت تاثیر تیمارهای ورمی کمپوست و زغال زیستی آمده است. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار بدون شوری و سطح دوم (۴۰ درصد)

ورمی کمپوست (۱۶۱ سانتی‌متر) و تیمار شاهد (۱۳۵ سانتی‌متر) است. نتایج نشان داده است که با افزایش ورمی کمپوست و زغال زیستی ارتفاع گیاه گوجه فرنگی افزایش معنی‌داری یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر شوری نیز نشان داده است که با افزایش شوری ارتفاع گیاه به صورت چشمگیری کاهش یافته است. مشاهده می‌شود که در تیمارهای تحت تاثیر شوری ارتفاع گیاه تغییرات چندانی ندارد و فقط در تیمار سطح دوم ورمی کمپوست نسبت به سایر تیمارهای شوری افزایش معنی‌داری داشته است. Graber و همکاران (2010) تأثیر افزودن (۱-۵٪) زغال زیستی چوب فقیر از نظر مواد غذایی چوب را برحسب وزن، روی گیاه فلفل و گوجه فرنگی بررسی کردند، نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزایش زغال زیستی باعث افزایش طول بوته‌ها گوجه فرنگی شده است. علت افزایش ارتفاع بوته به تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه توسط زغال زیستی، و در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ورمی کمپوست و زغال زیستی مورد مطالعه

Table 1. Some physical and chemical soil properties, vermicompost and biochar.

Soil properties	Value	Compost properties	Value	Biochar properties	Value
Clay (%)	43	pH	7.30	pH	7.65
Sand (%)	17	EC (dS/m)	3.30	EC (dS/m)	1.53
Silt (%)	40	N (%)	2.10	K (mg/kg)	30.6
Soil texture	Caly	K (mg/kg)	1432	OC (%)	6.80
EC (dS/m)	0.9	P (mg/Kg)	3900	P (mg/Kg)	724
pH	5.75	Fe (mg/Kg)	61.40		
OC (%)	0.80				
N (%)	0.21				
mg/kg(K	140				
Ca (meq/L)	0.60				
P (mg/Kg)	10				
Fe (mg/Kg)	46.2				



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر ارتفاع بوته

Figure 1. Comparison of the average effect of different treatments on plant height

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively.

در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

وزن میوه

سبب بهبود وزن میوه گوجه فرنگی شده است. علت افزایش وزن میوه را می‌توان به بهبود وضعیت تغذیه گیاه ناشی از مصرف کودهای ورمی کمپوست و زغال زیستی نسبت داد. این مواد که به خاک اضافه شده‌اند همانگونه که در جدول ۱ نمایش داده شد است دارای املاح معدنی هستند. تامین بودن عناصر غذایی و سایر ویژگی‌های رشد سبب بهبود در وزن میوه و سایر مشخصات عملکردی در گیاه می‌شود.

تعداد میوه

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای کود آلی بر تعداد میوه در بوته در شکل ۳ آمده است. نتایج نشان داده است که بین تیمارهای سطح دوم ورمی کمپوست و زغال زیستی در شرایط غیر شور و سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی-کمپوست در شرایط شور اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین در سطوح اول (۲۰ درصد) ورمی کمپوست و زغالی زیستی (۲ درصد) در شرایط شرایط شور و غیر شور نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. بیشترین تعداد میوه در تیمار سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست

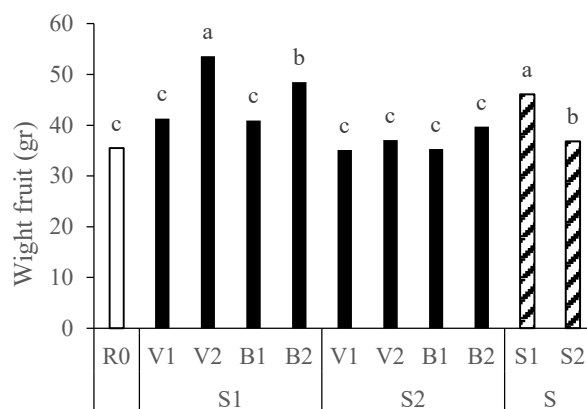
در شکل ۲ نتایج مقایسه میانگین تغییرات وزن تک میوه تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه آمده است. بیشترین و کمترین وزن میوه مربوط به تیمارهای سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست (بدون شوری) و سطح اول (۲۰ درصد) ورمی کمپوست (با شوری) به ترتیب برابر با ۵۳/۶ و ۳۵/۱ گرم به دست آمده است. مشاهده می‌شود که به جز تیمارهای سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست و زغال زیستی (۴ درصد) سایر تیمارهای دارای اختلاف معنی‌داری نیستند. نتایج نشان داده است که شوری سبب عدم نمایش تاثیر مثبت کاربرد کودهای آلی شده است. در شرایط غیر شور اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای سطح اول (۲۰ درصد) ورمی کمپوست و زغال زیستی (۲ درصد) مشاهده نشده است. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده شوری نیز نشان داده است که شوری باعث کاهش معنی‌داری در وزن میوه شده است. Yilangai و همکاران (2014) تأثیر زغال زیستی چوب و پوشش گیاهی را روی رشد گیاه گوجه فرنگی در جوزه، مرکز شمال نیجریه بررسی کردند. این پژوهشگران بیان کردند که استفاده از زغال زیستی

شاهد، (زغال زیستی و خاک)، (زغال زیستی و خاک و کود) و (خاک و کود شیمیایی) در مخلوط تیماری زغال زیستی و خاک و کود گزارش کردند و علت آن را فراهمی عناصر مغذی فسفر، نیتروژن و هدایت الکتریکی خاک توسط زغال زیستی گزارش کردند.

عملکرد

نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای آلی در شرایط شور و غیر شور بر عملکرد بوته‌های گوجه فرنگی در شکل ۴ نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که همانند سایر پارامترهای مرفولوژیکی دیگر (ارتفاع بوته، وزن میوه و تعداد میوه) عملکرد نیز در تیمار سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست در شرایط غیر شور (۱۲۴۷ گرم) به دست آمده است. کمترین عملکرد نیز در تیمار شاهد برابر با ۴۳۹ گرم به دست آمده است. نتایج نشان داده است که افزایش مقدار ورمی کمپوست و زغال زیستی در هر دو شرایط شور و غیر شور سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد شده است. با این اختلاف که در تیمارهای تحت تاثیر شوری این

در شرایط غیر شور معادل ۲۴ عدد به دست آمده است. در بخش انتهایی شکل ۳ نتایج اثر ساده شوری بر تعداد میوه نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که شوری سبب کاهش معنی‌دار بر تعداد میوه گوجه فرنگی شده است. همانگونه که در بخش وزن میوه اشاره شد علت افزایش تعداد میوه را نیز می‌توان به بهبود شرایط رشد گیاه نسبت داد. هر دو ماده استفاده شده زغال زیستی و ورمی کمپوست سبب تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌شوند. از طرف دیگر اضافه شدن ورمی کمپوست و زغال زیستی با تاثیری که بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک دارند باعث بهبود کارایی استفاده از آب، بهبود وضعیت تهویه خاک و غیر می‌شوند. مطالعات زیادی در خصوص اثرات مثبت زغال زیستی بر بهبود وضعیت فیزیکی خاک صورت گرفته است (Burrell et al., 2016; Carvalho et al., 2016; Laxman Rao et al., 2017). بنابراین به طور کلی شرایط رشد گیاه در شرایط مناسبتری نسبت به حالت شاهد قرار گرفته است و گیاه تولید میوه را افزایش می‌دهد. Hossain و همکاران (2010) بیشترین تعداد میوه گوجه فرنگی را بین تیمارهای



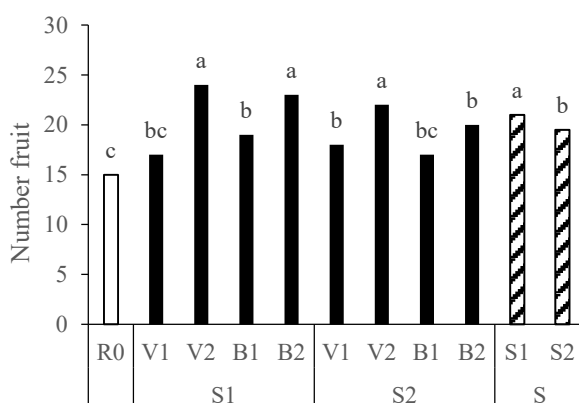
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر وزن تک میوه

Figure 2. Comparison of the average effect of different treatments on Wight fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively. در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر تعداد میوه

Figure 3. Comparison of the average effect of different treatments on number fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively.

در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

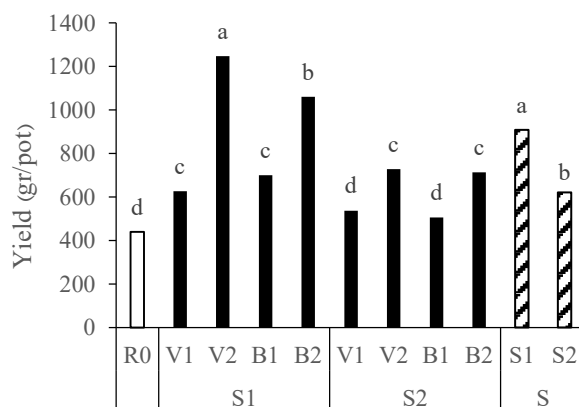
Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

استفاده از کودهای آلی سبب افزایش عملکرد گوجه فرنگی شده است که با نتایج به دست آمده در یک راستا است. ویسی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نتایج مشابهی به دست آوردند و بیان کردند که استفاده از ورمی کمپوست باعث بهبود عملکرد گوجه فرنگی می‌شود. Hossain و همکاران (2010) به منظور بررسی تأثیر زغال زیستی لجن فاضلاب روی کیفیت خاک و همچنین رشد، عملکرد و فراهمی زیستی فلزات در گیاه گوجه فرنگی آزمایشات گلدانی را در یک محیط کنترل شده توسط چهار تیمار خاک، مخلوط خاک با زغال زیستی لجن فاضلاب، مخلوط خاک با زغال زیستی و کود و مخلوط خاک و کود انجام دادند. نتایج نشان داد استفاده از زغال زیستی تولید گوجه فرنگی را نسبت به شاهد ۶۴ درصد افزایش داده است و حداکثر عملکرد تولید گوجه فرنگی در تیمار مخلوط زغال زیستی و کود مشاهده شد. نتایج آنالیز خاک این پژوهشگران نشان داد زغال زیستی فراهمی عناصر مغذی فسفر، نیتروژن و هدایت الکتریکی خاک را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. علت بهبود عملکرد ناشی از مصرف زغال زیستی

عملکرد کاهش معنی‌داری داشته است. بیشترین عملکرد حاصل از کاربرد زغال زیستی در تیمار سطح دوم (۴ درصد) در شرایط غیر شور معادل ۱۰۶۱ گرم به دست آمده است. در شرایط غیر شور به صورت میانگین دو سطح ورمی کمپوست (۹۳۶ گرم در گلدان) دارای عملکرد بیشتری نسبت به میانگین دو سطح زغال زیستی (۸۸۰ گرم در گلدان) بوده است. به عبارتی استفاده از ورمی کمپوست سبب افزایش عملکرد به میزان ۵۶ گرم در هر گلدان شده است. در شرایط شور افزایش عملکرد ورمی کمپوست نسبت به زغال زیستی برابر با ۲۲ گرم در هر گلدان بوده است. نتایج نشان داده است که به صورت میانگین شوری سبب کاهش ۶۸ درصد عملکرد گیاه شده است. این کاهش عملکرد ناشی از شوری در تیمارهای ورمی کمپوست و زغال زیستی به ترتیب معادل ۳۰۴ و ۲۷۰ گرم در هر گلدان بوده است. کشاورز (۱۳۹۲) نشان داد که کمپوست سبب افزایش ۴۰ درصدی عملکرد گوجه فرنگی شده است که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. میرزایی تالارپشتی و رستمی (۱۳۹۵) نشان دادند که

پژوهشگران بیان کردند که افزایش عملکرد محصولات کشاورزی تحت تاثیر اضافه شدن زغال زیستی تابعی از کیفیت و کمیت زغال زیستی است (Gaskin et al., 2010; Deenik et al., 2010; Major et al., 2010).

را می‌توان به بهبود شرایط اسیدیته خاک، کاهش آبشویی عناصر، بهبود وضعیت ریزجانداران و جذب و آزادی سازی عناصر در خاک نسبت داد (Rondon et al., 2007; Chan et al., 2007; Deluca et al., 2015). بسیاری از



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد

Figure 4. Comparison of the average effect of different treatments on plant yield

R0: خاک شاهد، S1: خاک غیر شور، S2: خاک شور، B2 و B1 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively. در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

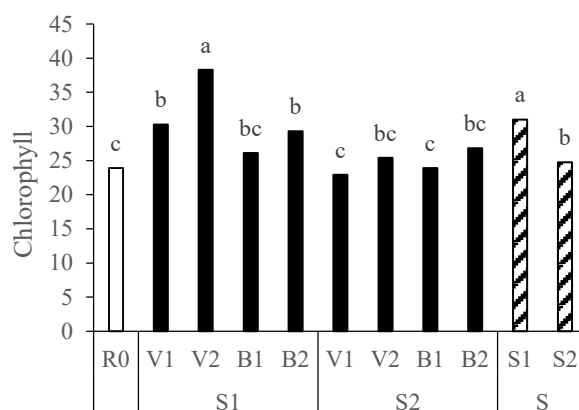
کلروفیل

و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که استفاده از کمپوست سبب افزایش کلروفیل در گوجه فرنگی شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش در یک راستا است. William و Qureshi در سال (۲۰۱۵) با استفاده از زغال زیستی افزایش غلظت کلروفیل را در برخی سبزیجات محلی نسبت به شاهد مشاهده کردند. علت افزایش میزان کلروفیل را می‌توان به افزایش جذب آهن نسبت داد. Elabdeen و همکاران (1982) در همین راستا بیان کرد که افزایش جذب آهن باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه می‌شود. افزایش مقدار کلروفیل با در دسترس بودن عناصر غذایی به خصوص پتاسیم، همبستگی دارد. با نتایج به دست آمده از پژوهش Thalooth و همکاران (2006) و افزایش آن با کاربرد روی با نتایج Tewari و همکاران

در شکل ۵ نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف در شرایط شور و غیر شور بر مقدار کلروفیل برگ آمده است. در این پارامتر نیز همانند پارامترهای مورفولوژیکی مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار کلروفیل در تیمار سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست در شرایط غیر شور (۳۸/۳) به دست آمده است. این تیمار با سایر تیمارهای مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌دار است. نتایج نشان داده است که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای زغال زیستی در شرایط شور و غیر شور وجود ندارد. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر مقدار کلروفیل در بخش انتهایی شکل ۵ نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که شوری سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل برگ شده است. سلطانی طولارود

آنتی اکسیدان‌ها در حفاظت از تخریب کلروفیل نقش مؤثری دارند.

(2008) و Hajiboland و Amirazad (۲۰۱۰) مطابقت دارد. پتاسیم و روی از راه فعال‌سازی آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و همچنین افزایش فعالیت



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر کلروفیل برگ

Figure 5. Comparison of the average effect of different treatments on chlorophyll

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively. در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

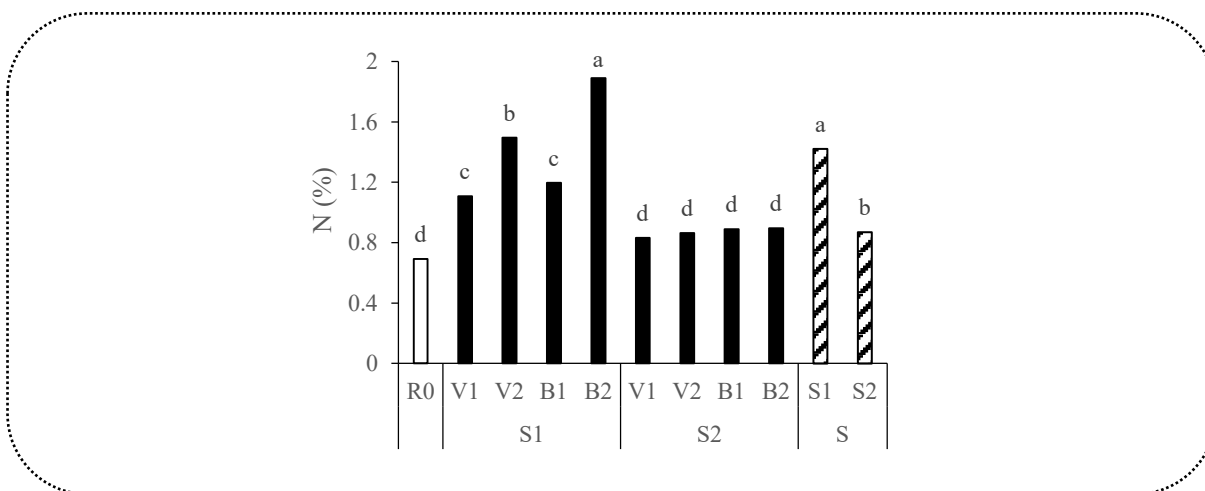
نشان داده است که با شور شدن خاک میزان جذب نیتروژن توسط گیاه کاهش یافته است. به طور میانگین در شرایط شور میزان جذب نیتروژن ۱/۴۲ درصد بوده است، در حالیکه در شرایط شور این میزان به ۰/۸۷ درصد کاهش یافته است. به عبارتی شوری خاک سبب کاهش ۶۱ درصدی نیتروژن جذب شده توسط گیاه شده است. Steiner و همکاران (2008) نیز مشاهده کردند که مصرف زغال زیستی به همراه کود ازتی اثر مثبتی بر مقدار نیتروژن گیاه دارد. همچنین این پژوهشگران بیان کردند از دیدگاه اقتصادی نیز استفاده از زغال زیستی توصیه می‌گردد. Manrique (۱۹۹۳) بیان کرد که در تغذیه گوجه فرنگی اضافه کردن نیتروژن بسیار حائز اهمیت است اما نایستی از مقدار مورد نیاز گیاه بیشتر باشد چراکه باعث افزایش رشد رویشی و تاخیر در گلدهی خواهد شد. Nelissen و

نیتروژن

در شکل ۶ نتایج مقایسه میانگین تغییرات مقدار نیتروژن تحت تاثیر کودهای آلی ورمی کمپوست و زغال زیستی در شرایط شور و غیر شور نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار نیتروژن در تیمار سطح دوم (۴ درصد) زغال زیستی در شرایط غیر شور معادل ۱/۸۸ درصد به دست آمده است. مشاهده می‌شود که سطح دوم (۴ درصد) زغال زیستی با سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست در شرایط غیر شور دارای اختلاف معنی‌داری است، اما سطوح اول این تیمارها اختلاف معنی‌داری بر مقدار نیتروژن نشان نداده‌اند. در بخش تیمارهای تحت تاثیر شوری نیز مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین کودهای مورد استفاده وجود ندارد. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر مقدار نیتروژن نیز

نیترژن قابل استفاده خاک از طریق معدنی شدن مواد آلی مقاوم خاک و غیر متحرک شدن نیترژن می‌شوند.

همکاران (2012) نتیجه‌گیری کردند که زغال‌های زیستی پس از افزوده شدن به خاک سبب افزایش سرعت تغییر شکل نیترژن در کوتاه مدت و در نتیجه افزایش



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار نیترژن میوه

Figure 6. Comparison of the average effect of different treatments on N of fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively. در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

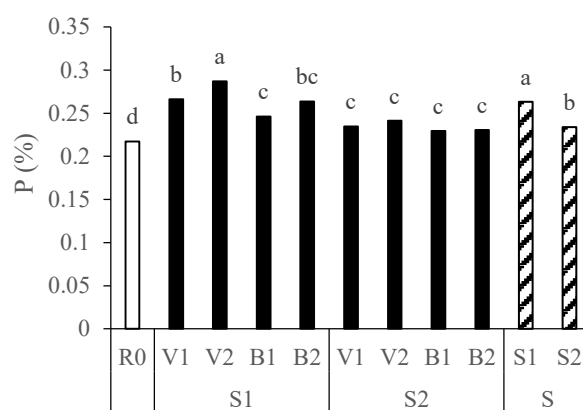
فسفر

ورمی کمپوست نسبت به سطح دوم زغال زیستی ۸ درصد فسفر بیشتری در میوه مشاهده شد. در بخش انتهایی نمودار اثر ساده شوری بر مقدار فسفر نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که شوری سبب کاهش معنی‌داری در مقدار فسفر میوه (کاهش ۱۱ درصدی) شده است. به عقیده Renato و همکاران (2003) افزایش ورمی کمپوست به خاک، سبب افزایش فسفر خاک می‌شود. همچنین Reinecke و همکاران (1992) بیان کردند که ورمی-کمپوست فسفر را به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌کند. Paterson (۲۰۰۳) گزارش کرد که ریزجانداران محلول کننده فسفر، فسفر غیر قابل حرکت را به اشکال متحرک آن تبدیل می‌کنند. لذا احتمالاً ورمی کمپوست به دلیل دارا بودن فسفر و تبدیل آن به شکل‌های قابل دسترس برای گیاه و همچنین وجود ریزجانداران مختلف موجود در

در شکل ۷ نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای زغال زیستی و ورمی کمپوست در شرایطی شوری بر روی مقدار فسفر میوه نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار فسفر میوه در تیمار سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست بدون شوری معادل ۰/۲۹ درصد به دست آمده است. کمترین مقدار فسفر نیز در تیمار شاهد معادل ۰/۲۱ درصد به دست آمد. نتایج نشان داده است که در شرایط شور تفاوتی بین تیمارهای زغال زیستی و ورمی کمپوست وجود ندارد با این وجود به مقدار اندکی سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست دارای فسفر بیشتری نسبت به سایر تیمارها است. به صورت میانگین مشاهده می‌شود که اثر تیمارهای ورمی کمپوست بر مقدار فسفر میوه بیشتر بوده است. در شرایط غیر شور سطح دوم

رشد گیاه می‌شود. زغال زیستی با افزایش قدرت یونی و غلظت کلسیم در محلول خاک می‌تواند باعث افزایش جذب فسفر شود (Murphy and Stevens, 2010). Xu و همکاران (2013) تاثیر زغال زیستی در این ساز و کار را مورد پژوهش قرار دادند. Mukherjee و همکاران (2013) تاثیر فوق‌العاده زغال زیستی بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدر روی فسفر در خاک را گزارش کردند و بیان کردند که زغال زیستی دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی خاک دارند.

خود، باعث افزایش جذب فسفر در گیاه گوجه فرنگی شده است. طبق گزارش‌های، افزودن زغال زیستی به خاک باعث افزایش فسفر در دسترس برای رشد گیاه می‌شود. علاوه بر این زغال زیستی با افزایش قدرت یونی و غلظت کلسیم در محلول خاک می‌تواند باعث افزایش جذب فسفر شود (Murphy and Stevens, 2010). سطح ویژه بالای زغال زیستی فضای لازم برای شکل‌گیری تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همین‌طور پیوند آنها با عناصر و فلزات خاک را فراهم می‌کند و ظرفیت حفظ مواد غذایی خاک را بهبود می‌بخشد (Atkinson et al., 2010). افزودن زغال زیستی به خاک باعث افزایش فسفر در دسترس برای



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار فسفر میوه

Figure 7. Comparison of the average effect of different treatments on P of fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively.

در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

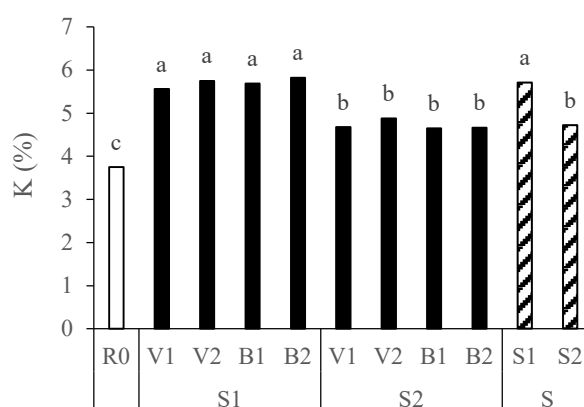
نتایج نشان داده است که تغییر نوع کود آلی در شرایط غیر شوری دارای تاثیر معنی‌داری بر مقدار پتاسیم نشده است. همچنین نشان داده شده است که افزایش شوری سبب کاهش معنی‌داری در مقدار پتاسیم شده است، این کاهش در تیمارهای مختلف کود آلی معنی‌دار نبوده است. نتایج نشان داده است که شوری سبب کاهش ۱۷ درصدی در

پتاسیم

نتایج مقایسه میانگین تغییرات پتاسیم میوه ناشی از تغییر در نوع کود آلی و شوری در شکل ۸ نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که استفاده از کودهای آلی زغال زیستی و ورمی کمپوست نسبت به شاهد سبب افزایش معنی‌داری در مقدار پتاسیم میوه شده است. اما

افزایش داده و موجب کاهش پتانسیل آب برگ در فصل گرم و افزایش رشد گیاه شده است. Demir و همکاران (2010) مقدار پتاسیم را در میوه و برگ گوجه فرنگی به ترتیب ۵/۳ و ۴/۴ گرم در صد گرم ماده خشک گزارش کردند. در پژوهشی Chan و همکاران (2007) بیان کردند که با کاربرد زغال زیستی غلظت پتاسیم گیاه افزایش یافته است و بیشترین عملکرد مربوط به سطح ۵۰ تن در هکتار و بدون مصرف کود نیتروژنه بوده است. علت این افزایش غلظت بالای پتاسیم قابل دسترس موجود در زغال زیستی گزارش کردند. Haeefe و همکاران (2001) بیان کردند که افزایش زغال زیستی سبب افزایش قابلیت استفاده از پتاسیم خاک می‌گردد. Romheld و Kirkby (۲۰۱۰) پژوهش درباره پتاسیم در کشاورزی را ضروری دانستند.

پتاسیم میوه شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر شوری نیز نشان داده است که شوری سبب کاهش معنی‌دار پتاسیم میوه شده است. Basker و همکاران (1993) نیز نشان دادند که پتاسیم ورمی کمپوست دو تا سه برابر پتاسیم خاک است. بنابراین احتمالاً ورمی کمپوست با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و وجود هورمون‌های گیاهی و مقادیر بالای پتاسیم موجود در خود، شرایط را برای جذب بیشتر پتاسیم توسط ریشه گیاه مهیا می‌کند. ابریشم‌چی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که افزایش ورمی کمپوست سبب افزایش پتاسیم در گوجه فرنگی شده است. Vaccari و همکاران (2015) با اضافه کردن دو نوع زغال زیستی به گیاه گوجه فرنگی در یک آزمایش مزرعه‌ای مشاهده نمودند که کربن خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و همچنین دسترسی به عناصری مانند پتاسیم، آمونیوم و فسفر را



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار پتاسیم میوه

Figure 8. Comparison of the average effect of different treatments on K of fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively.

در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

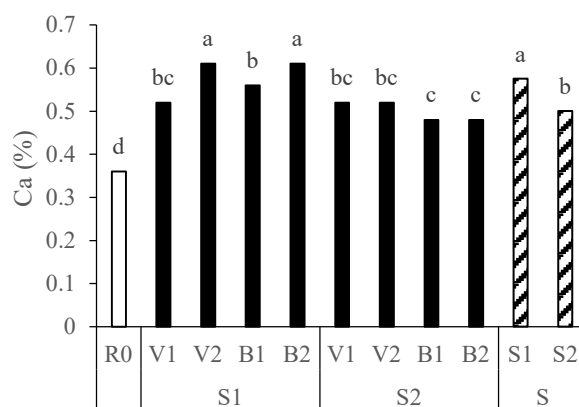
کلسیم

سطح دوم (۴ درصد) زغال زیستی و ورمی کمپوست معادل ۰/۶۱ درصد است. کمترین مقدار کلسیم نیز در تیمار شاهد برابر با ۰/۳۶ درصد به دست آمده است. نتایج نشان داد که

در شکل ۹ نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و شوری بر مقدار کلسیم میوه آمده است. نتایج نشان داده است که بیشترین مقدار کلسیم در تیمارهای غیر شور و

Premuzic و همکاران (1998) نشان دادند که استفاده از ورمی کمپوست سبب افزایش مقدار کلسیم در گوجه فرنگی شده است. زغال زیستی می تواند غلظت کلسیم را در محلول خاک افزایش دهد (Murphy and Stevens, 2010) تاثیر زغال زیستی در تجمع کلسیم در اندام هوایی نسبت به شاهد بیشتر از میوه بوده است که البته کلسیم عمدتاً در برگ تجمع پیدا می کند و درصد کمی از آن وارد میوه می گردد. Demir و همکاران (2010) مقدار کلسیم در میوه و برگ گوجه فرنگی را به ترتیب ۰/۱ و ۴/۹ گرم در صد گرم ماده خشک گزارش کردند. همچنین با مقایسه اثر طبق نتایج (Lehmann ۲۰۰۷) با افزایش مصرف زغال زیستی کلسیم توسط گیاه افزایش یافته و می تواند منجر به افزایش رشد گیاه شود.

افزایش ورمی کمپوست در سطح اول و دوم به ترتیب سبب افزایش ۳۰ و ۴۰ درصدی مقدار کلسیم نسبت به تیمار شاهد شد (در شرایط غیر شور). در مورد زغال زیستی در شرایط غیر شور نیز مشاهده می شود که در سطوح اول و دوم افزایش ۳۵ و ۴۰ درصدی کلسیم در مقایسه با تیمار شاهد شده است. همچنین نشان داده شد که اثر شوری در تیمار سطح دوم زغال زیستی سبب کاهش ۲۱ درصدی کلسیم شد. مشاهده می شود که استفاده از کودهای آلی سبب بهبود معنی دار وضعیت کلسیم در میوه شده است. همچنین نتایج نشان می دهد که شوری باعث کاهش معنی دار کلسیم شده است. در شرایط شور اختلاف معنی داری در نوع کود و مقدار مصرف آن وجود ندارد. کلسیم از عناصر مهم در کیفیت میوه و ماندگاری میوه است.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار کلسیم میوه

Figure 9. Comparison of the average effect of different treatments on Ca of fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B2 و B1 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively. در هر تیمار میانگین های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

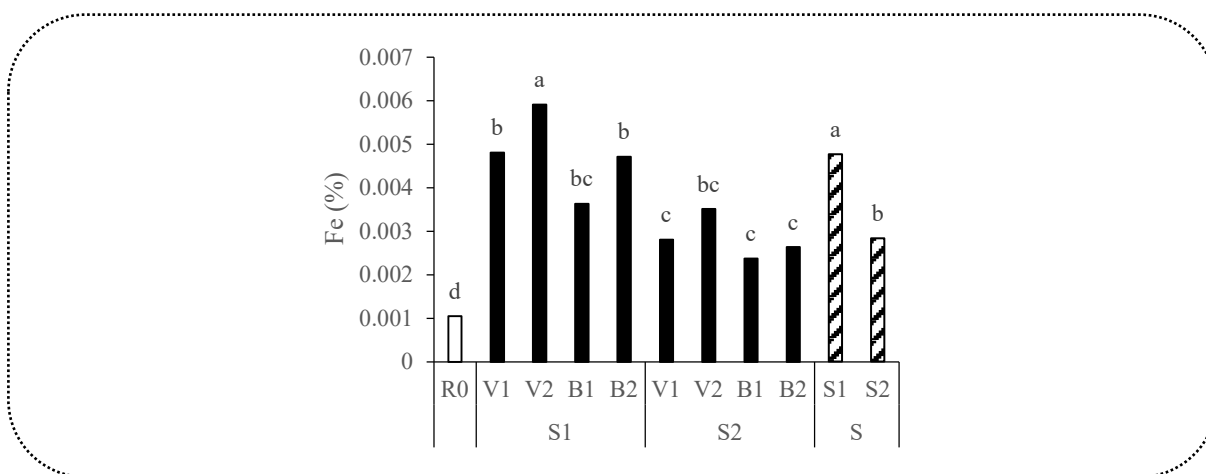
آهن

سطح دوم (۴۰ درصد) ورمی کمپوست در شرایط غیر شور باعث افزایش بیشتر مقدار آهن شده است. در این تیمار مقدار آهن معادل ۰/۰۰۶ درصد است. مشاهده می شود که در شرایط غیر شور اختلاف معنی داری بین دو سطح زغال

در شکل ۱۰ نتایج مقایسه میانگین تغییرات آهن میوه در شرایط مختلف کود آلی و شوری خاک آمده است. در این شکل نیز همانند دیگر اشکال مشاهده می شود که تیمار

همکاران (۱۳۹۴) اثر زغال زیستی تهیه شده از کود مرغی در دماهای مختلف را بر ویژگی‌های شیمیایی خاک بررسی کردند. این پژوهشگران از کود مرغی به همراه زغال - زیستی حاصل از کود در دماهای مختلف پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزایش زغال زیستی قابلیت جذب عناصر پتاسیم، فسفر، آهن، منگنز، روی و مس را افزایش داده است.

زیستی و سطح اول (۲۰ درصد) ورمی کمپوست وجود ندارد. در شرایط شور نیز اختلاف معنی‌داری بین تیمارها دیده نشده است. به طور کلی نشان داده شده است که شوری سبب کاهش معنی‌دار مقدار آهن میوه شده است. Fellet و همکاران (2011) و Namgay و همکاران (2010) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش جذب عناصر ریزمغذی می‌گردد. باوریانی و



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار آهن میوه

Figure 10. Comparison of the average effect of different treatments on Fe of fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively.

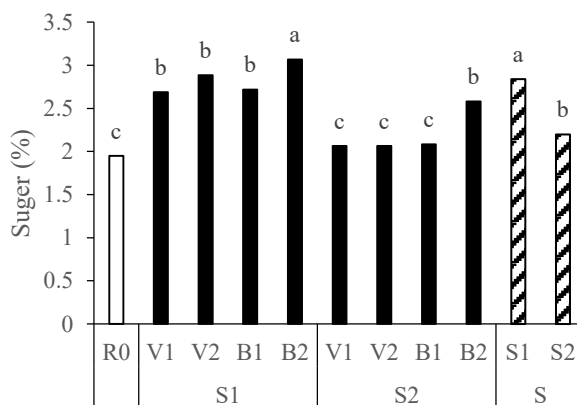
در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

(۲۰ درصد) ورمی کمپوست به سطح دوم (۴۰ درصد) معادل ۰/۲ درصد بوده است. به صورت میانگین دو سطح ورمی کمپوست در شرایط غیر شور نسبت به تیمار شاهد میزان قند میوه ۰/۸۴ درصد افزایش یافته است. این افزایش در مورد میانگین تیمارهای زغال زیستی در شرایط غیر شور معادل ۰/۹۵ درصد بوده است. نشان داده شده است که شوری سبب کاهش معنی‌دار مقدار قند میوه به میزان ۰/۶۴ درصد شده است. در همین راستا روحانی و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیان کردند که افزایش شوری سبب کاهش قند در گیاه ترپچه شده است.

قند

در شکل ۱۱ نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار قند میوه آمده است. نتایج نشان داده است که بیشترین و کمترین مقدار قند در تیمارهای سطح دوم (۴ درصد) زغال زیستی (۳/۰۶ درصد) و تیمار شاهد (۱/۹۴ درصد) به دست آمده است. نتایج نشان داده است که تغییرات مقدار قند در شرایط غیر شور بین تیمارهای ورمی کمپوست و سطح اول (۲ درصد) زغال زیستی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، همچنین در شرایط شور نیز بین این تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است. در شرایط غیر شور افزایش قند میوه از تیمار سطح اول



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدار قند میوه

Figure 11. Comparison of the average effect of different treatments on sugar of fruit

R0؛ خاک شاهد، S1؛ خاک غیر شور، S2؛ خاک شور، B1 و B2 به ترتیب سطح دو و چهار درصد زغال زیستی، V1 و V2 به ترتیب سطح بیست و چهل درصد ورمی کمپوست هستند.

R0; Control soil, S1; Non-saline soils, S2; Saline soil, B1 and B2 are the second and fourth percent levels of biochar, respectively, while V1 and V2 are the twenty and forty percent levels of vermicompost, respectively.

در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$

نتیجه‌گیری

می‌شود. استفاده از هر دو نوع کود سوای مبحث تغذیه و افزایش راندمان تولید اثرات بسیار مفیدی برای محیط زیست دارند. مصرف ضایعات و پسماندهای شهری و کشاورزی سبب کاهش آلودگی در محیط زیست می‌شود. به عبارتی می‌توان بیان کرد که استفاده از این مواد یک عملکرد برد-برد محسوب می‌شود.

منابع

ابریشمچی، پ.، گنجعلی، ع.، بیک خورمیزی، ع. و آوان، ا. ۱۳۹۲. تاثیر ورمی کمپوست بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ارقام موبیل و سوپراوربینای گوجه فرنگی، علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۷(۴): ۳۸۳-۳۹۳.

امامی، ع.د. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه، نشریه فنی موسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱(۹۸۲): ۲۸-۵۸

باوریانی، م.، رونقی، ع.م.، کریمیان، ن.، قاسمی، ر. و یثربی، ج. ۱۳۹۴. اثر بیوجار تهیه شده از کود مرغی در دماهای متفاوت بر ویژگی‌های شیمیایی یک خاک آهکی، نشریه علوم آب و خاک. ۲۰(۷۵): ۷۳-۸۹

در این مطالعه به بررسی اثر دو نوع کود آلی شامل زغال زیستی تولید شده از چای و ورمی کمپوست تولید شده از پسماندهای شهری بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی گیاه گوجه فرنگی رقم چری در دو شرایط شور و غیر شور پرداخته شده است. با توجه به نتایج نشان داده شد که شوری سبب کاهش معنی‌داری در کمیت و کیفیت گوجه فرنگی شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که عموماً با افزایش سطح ورمی کمپوست و زغال زیستی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه بهبود معنی‌داری یافته‌اند. همچنین مشاهده شده که ورمی کمپوست تولید شده از پسماندهای شهری نسبت به زغال زیستی دارای عملکرد بهتری بود. ورمی کمپوست تولید شده به دلیل وجود عناصر بیشتر و ایجاد شرایط مناسبتری از نظر فیزیکی و شیمیایی خاک برای رشد گیاه دارای کارایی بیشتری بوده است. تامین عناصر، تهویه بهتر، ایجاد ساختمان مناسبتر و غیره از جمله فواید ورمی کمپوست است. اما به طور کلی با توجه افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های کیفی استفاده از هر دو نوع کود آلی توصیه

- Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S., and J. D. Metzger. 2000. Earthworm processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. *Compost Science and Utilization*. 8: 215-223.
- Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., and N. A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant Soil*. 337: 1-18.
- Balogh, A. Pepo, P., and M. Hornok. 2006. Interactions of crop year, fertilization and variety in winter wheat management. *Cereal Research Communications*. 34 (1): 389-392.
- Basker, A., Macgregor, A. N., and J. H. Kirkman. 1993. Exchangeable potassium and other cations in non-ingested soil and casts of two species of pasture earthworms. *Soil Biology and Biochemistry*. 25: 1673-1677.
- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. In: Sparks, D.L., (Eds.), *Methods of Soil Analysis*, Part 3-Chemical Methods. Agro Mono, vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. pp 1085-1121.
- Burrell, L. D., Zehetner, F., Rampazzo, N., Wimmer, B., and G. Soja. 2016. Long-term effects of biochar on soil physical properties. *Geoderma*. 282: 96-102.
- Carvalho, M., Madari, B., Bastiaans, L., Oort, P. V., Leal, W., and A. Heinemann. 2016. Properties of a clay soil from 1.5 to 3.5 years after biochar application and the impact on rice yield. *Geoderma*. 276: 7-18.
- Cavender, N. D., Atiyeh, R. M., and M. Knee. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia*. 47: 85-89.
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., and S. Joseph. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. *Austral. Soil Research*. 45: 629-634.
- Czekala, W., Jeżowska, A., and D. Chelkowski. 2018. The Use of Biochar for the Production of Organic Fertilizers. *Journal of Ecological Engineering*. 20(1): 1-8
- Deenik, J. L., McClellan, T., Uehara, G., Antal, M. J., and S. Campbell. 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Science Society of America Journal*. 74(4): 1259-1270.
- سلطانی طولارود، ع.ا.، ضیاتبار، س.ر.، اسماعیلپور، ب.، عباس‌زاده دهجی، پ. و خوازی، ک. ۱۳۹۳. اثر کودهای زیستی و آلی بر غلظت عناصر غذایی و برخی شاخص‌های رشدی گوجه فرنگی، تحقیقات کاربردی خاک. ۲(۲): ۱۰۵-۱۱۸.
- کشاورز، پ. ۱۳۹۲. تغییرات شیمیایی خاک، ترکیب عناصر غذایی و عملکرد گوجه فرنگی در پاسخ به مصرف کمپوست پسماند شهری، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۷(۲): ۱۶۹-۱۷۸.
- مریوانی، ف.، قادری، ن. و جیرانی، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات کود زیستی و حیوانی بر عملکرد و برخی خصوصیات میوه توت فرنگی، سومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم مرداد ماه. دانشگاه محقق اردبیلی.
- میرزایی تالارپشتی، ر. و رستمی، م. ۱۳۹۵. تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گوجه فرنگی، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۴(۴): ۶۷۵-۶۸۵.
- ویسی، ا.، بیناییان، ا. و صالحی‌نیا، ز. ۱۳۹۳. مقایسه تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست، کود دامی و کود شیمیایی بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی گلخانه‌ای، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی. ۹(۳۶): ۲۱-۳۳.
- روحانی، ن.س.، نعمتی، ح.، مقدم، م.، اردکانیان، و. ۱۳۹۵. اثر تنش شوری بر خصوصیات فیزیولوژیک و چگونگی جذب عناصر سدیم و پتاسیم در اندام هوایی و غده سه رقم تربچه، نشریه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۷(۲۷): ۱۶۹-۱۷۸.
- Abduli, M. A., Amiri, L., Madadian, E., Gitipour, S., and S. Sedighian. 2013. Efficiency of Vermicompost on Quantitative and Qualitative Growth of Tomato Plants. *International Journal of Environmental Research*. 7(2): 467-472.
- Akhtar, S. S., Li, G., Andersen, M. N., and F. Liu. 2014. Biochar enhances yield and quality of tomato under reduced irrigation. *Agricultural Water Management*. 138:37-44.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A., and J. D. Metzger. 2001. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*. 81:103-108.

- methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and Soil Sci. Am. J. Madison, WI.
- Głąb, T., Palmowska, J., and T. Zaleski. 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. *Geoderma*. 281: 11-20.
- Graber, E. R., Harel, Y. M., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., David, D. R., and Y. Elad. 2010. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant and Soil*. 337(1-2): 481-496.
- Haefele, S. M., Konboon, Y., Wongboon, W., Amarante, S., Maarifat, A. A., and E. M. Pfeiffer. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. *Field Crops Research*. 121(3): 430-40.
- Hajiboland, R., and H. Amirazad. 2010. Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata f. rubra) plants. *Horticultural Science*. 37: 88-98.
- Harland, G., Larrinua Craxton, S., and D. Kindersley. 2009. The Tomato Book. 1th ed. US: DK Publishing. p.15.
- Hossain, M. K., Strezov, V., Chan, K. Y., and P. F. Nelson. 2010. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Chemosphere*. 78(9): 1167-1171.
- Inoue, T., Tsubaki, S., Ogawa, K., Onishi, K., and J. Azuma. 2010. Isolation of hesperidin from peels of thinned Citrus unshiu fruits by microwave-assisted extraction. *Food Chemistry*. 123: 542-7
- Johnson, C. M., and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Pages 26-78. Bulletin 766. Berkeley: University of California, Agricultural Experiment Station.
- Kookana, R. S., Sarmah, A. K., Van Zwieten, L., Krull, E., and B. Singh. 2011. Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences. *Advances in Agronomy*. 112(10):103-143.
- Krishnamoorthy, R. V., and S. N. Vajranabhaiah. 1986. Biological activity of earthworm casts: an assessment of plant growth promoter levels in the casts. *Proceeding of the India Academy of Sciences (Animal Science)*. 95:341-351.
- Laird, D., Fleming, P., Davis, D., Horton, R., Wang, B., and D. Karlen. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical mid-western Deluca, T. H., Gundale, M. J., MacKenzie, M. D., and D. L. Jones. 2015. Biochar effects on soil nutrient transformations. *Biochar for environmental management: Science, Technology and Implementation*. 2: 421-454.
- Demir, K., Sahin, O., Kadioglu, Y. K., Pilbeam, D. J., and A. Gunes. 2010. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae*. 127(1): 16-22.
- Downie, A., Crosky, A., and P. Munroe. 2009. *Physical properties of biochar*. In: J. Lehmann, S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London. pp. 13-32.
- Ebrahimzadeh Omran, S., Shorafa, M., Zolfaghari, A. A., and A. A. Soltani Toolarood. 2020. The effect of biochar on severity of soil water repellency of crude oil-contaminated soil. *Environmental Science and Pollution Research*. 27, 6022–6032.
- Elabdeen, A. Z., and A. M. Metwally. 1982. Effect of foliar spraying with Mn, Fe, Zn and Cu on the quality of tomato and pepper. *Ageing Research Reviews*. 60: 143-164.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2013. FAO State, core production. 2011. Available online: <http://Faostat.Fao.org>
- Fellet, G., Marchiol, L., Delle Vedove, G., and A. Peressotti. 2011. Application of biochar on mine tailings: effects and perspectives for land reclamation. *Chemosphere*. 83(9): 1262-1267.
- Flores, F. B., Sanchez-Bel, P., Estan, M. T., Martinez-Rodriguez, M. M., Moyano, E., Morales, B., Compos, J. F., Garcia-Abellan, J. O., Egea, I., Fernandez-Garcia, N., Romojaro, F., and MC. C. Bolarin. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Scientia Horticulturae*. 125: 211-217.
- Fowles, M. 2007. Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy. *Biomass & Bioenergy*. 31: 426-432.
- Gaskin, J. W., Speir, R. A., Harris, K., Das, K. C., Lee, R. D., Morris, L. A., and D.S. Fisher. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*. 102(2): 623-633.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-409. In Klute, A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and mineralogical

- Coastal Plain Soil. *Soil Science*. 174: 105-112.
- Page, A. L., Miller, R. H., and D. R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. Part2: chemical and microbiological properties. Soil Science of America Madison, Wisconsin, USA.
- Paterson, E. 2003 Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity. *European Journal of Soil Science*. 54:741-750.
- Premuzic, Z., Bargiela, M., Gracia, A., Rendina, A., and A. Iorio. 1998. Calcium, Iron, Potassium Phosphorus, and Vitamin C content of organic and Hydroponic Tomatoes. *Horticultural Science*. 33(2): 255-257.
- Pritam, S. V. K. and C. P. K. Garg. 2010. Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wastes. *Environmentalist*. 30:123-130.
- Reinecke, A. J., Viljoen, S. A., and R. J. Saayman. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biology and Biochemistry*. 24:1295-1307.
- Renato, Y., Ferreira, M. E., Cruz, M. C., and J. C. Barbosa. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Scientia Agricola*. 60:59-63.
- Roades, J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. Method of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Madison. Wisconsin, USA. 417-436.
- Romheld, V., and E. A. Kirkby. 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant Soil*. 335: 155-180.
- Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramirez, J., and M. Hurtado. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and Fertility of Soils*. 43(6): 699-708.
- Schmidt, M., and W. I. Noack. 2000. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenge. *Global Biogeochemical Cycles*. 14: 777-793.
- Steiner, C., Glaser, B., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Blum, W. E. H., and W. Zech. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Soil Science and Plant agricultural soil*. *Geoderma*. 158 (3-4): 443-449.
- Laxman Rao, P., Jayasree, G., Pratibha, G., and T. Ram Prakash. 2017. Effect of soil amendments on physical properties of soil in maize (*zea mays* L.). *Current Microbiology*. 6(6): 2082-2091.
- Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. *Germany front Ecol. Environ*. 5: 381-387.
- Lindsay, W. L., and W. A. Norwell. 1960. Development of a DTPA micronutrient soil test. *Agronomy Abstracts*. 1969:84.
- Little, T. M., and T. Hills. 1978. Agricultural Experimentation. Design and Analysis. *John Wiley and Sons, New York*.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., and J. Lehmann. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil*. 333(1-2): 117-128.
- Manrique, L. A. 1993. Greenhouse crops: A review. *Journal of Plant Nutrition*. 16(12): 2411-2477.
- McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A. L. Miller, R. H. Keeney, D. R (Eds). *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Ed Agronomy. 9: 199-224
- Mukherjee, A., Hamdan, R., Cooper, W. T., and A. R. A. Zimmerman. 2013. Chemical comparison of freshly-produced and field-aged biochars and biochar-amended soils. *Chemosphere. Solid Earth Discuss*. 6: 731-760.
- Murphy, P. N. C., and R. J. Stevens. 2010. Lime and gypsum as source measures to decrease phosphorus loss from soils to water. *Water Air Soil Pollution*. 212: 101-111.
- Namgay, T., Singh, B. and B. P. Singh. 2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.). *Soil Research*. 48(7): 638-647.
- Nelissen, V., Rütting, T., Huygens, D., Staelens, J., Ruyschaert, G., and P. Boeckx. 2012. Maize biochars accelerate short-term soil nitrogen dynamics in a loamy sand soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 55: 20-27.
- Novak, J. M., Busscher, J. W., David, L., Ahmedna, M., Watts, D. W., and M. Niandou. 2009. Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern

Biochar as Fertilizer for the Growth of Some Seasonal Vegetables. *Journal of Bioresource Management*. 2(1): 1.

Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., and S. Joseph. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nat. Commun.* 1, 1-9.

Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., and M. H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth. A greenhouse trial. *Geoderma*. 125:155-166.

Xu, G., Shao, H. B. and J. N. Sun. 2013. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: direct or indirect mechanism? *Ecological Engineering*. 52: 119-124.

Yanga, L., Zhaoa, F., Changa, Q., Li, T. and F. Li. 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*. 160: 98-105.

Yilangai, R. M., Manu, A. S., Pineau, W., Mailumo, S. S., and K. I. Okeke-Agulu. 2014. The effect of biochar and crop veil on growth and yield of Tomato (*Lycopersicum esculentus* Mill) in Jos, North central Nigeria. *Current Agriculture Research Journal*. 2(1): 37-42.

Nutrition. 171: 893-899.

Tewari, R. K., Kumar, P., and P. N. Sharma. 2008. Morphology and physiology of zinc-stressed mulberry plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 171: 286-294.

Thalooth, A. T., Tawfik, M. M., and H. Magda Mohamed. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2(1): 37-46.

Vaccari, F. P., Maienza, A., Miglietta, F., Baronti, S., Di Lonardo, S., Giagnoni, L., and G. Valboa. 2015. Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 207. 163-170.

Walkey, A., and I. A. Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sciences*. 37, 29-38.

Warman, P. R. and M. J. Anglopez. 2010. Vermicompost derived from different feed stocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*. 101:4479-4483.

William, K., and R. A. Qureshi. 2015. Evaluation of