

The Effect of Spent Mushroom Compost and Its Biochar on Parsley Yield under Salinity Stress

FATEMEH KARAMINIYA¹, NAFISEH RANG ZAN^{2*}, HABIBOLLAH NADIAN³, AMIN LOTFI JALAL-ABADI⁴

1. Former M.Sc student, Department of Soil Science, Collage of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
 2. Assistant Professor, Department of Soil Science, Collage of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
 3. Professor, Department of Soil Science, Collage of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
 4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Collage of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
- (Received: Nov. 18, 2018- Revised: Jan. 12, 2019- Accepted: Jan. 26, 2019)

ABSTRACT

Mushroom compost is thrown away after mushroom harvesting as wastes. In order to investigate the effect of spent mushroom compost (SMC) and its biochar on growth parameters and some nutrients uptake by parsley under salinity stress, a completely randomized design experiment with three replications was carried out in green house of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. The Factors consisted of SMC and its biochar, each at two levels (0 and 3 % by weight) and at two levels of salinity (2 and 6 dS/m). The results showed that by increasing salinity from 2 to 6 dS/m, fresh and dry weight of aboveground part, concentration of iron, zinc, copper, calcium, magnesium, potassium and phosphorus decrease significantly ($P<0.01$). In versus, sodium concentration was increased in aboveground part of the plant by increasing salinity. Application of organic fertilizers as SMC and its biochar increased nutrients uptake and plant growth parameters. Application of 3% biochar as compared to compost and control showed better results in terms of increasing growth parameters and nutrients uptake. The results of this study indicated that the compost and its biochar are able to decrease salinity stress as well as drought tension - due to their capacity of holding water. Therefore, reusing and safe disposing of compost wastes and their biochar could be an effective practice for improving soil nutrients and productivity.

Keywords: Biochar, Parsley, Salinity Stress, Spent Mushroom Compost

اثر کمپوست مصرف شده قارچ و بیوجار آن بر عملکرد گیاه جعفری تحت تنش شوری

فاطمه کرمی نیا^۱، نفیسه رنگزن^{۲*}، حبیب‌اله نادیان^۳، امین لطفی جلال آبادی^۴

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی،

ایران

۳. استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی،

ایران

۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی،

ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۱/۶)

چکیده

کمپوست قارچ پس از برداشت قارچ به عنوان ضایعات، دور ریخته می‌شود. به منظور بررسی تأثیر کمپوست مصرف شده قارچ و ذغال زیستی (بیوجار) آن بر مؤلفه‌های رشد و جذب برخی از عناصر غذایی در گیاه جعفری تحت تنش شوری، پژوهشی در گلخانه‌ی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل کود کمپوست مصرف شده و ذغال زیستی آن هر کدام در دو سطح صفر و سه درصد وزنی و شوری در دو سطح دو و شش دسی‌زیمنس بر متر بودند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری از دو به شش دسی‌زیمنس بر متر، وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع گیاه، غلظت آهن، روی، مس، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در مقابل با افزایش شوری، غلظت سدیم در بخش هوایی گیاه افزایش را نشان داد. کاربرد کودهای آلی کمپوست مصرف شده و ذغال زیستی آن باعث جذب بهتر عناصر غذایی و همچنین افزایش مؤلفه‌های رشدی در گیاه گردید. ذغال زیستی در سطح سه درصد وزنی در مقایسه با سه درصد وزنی کمپوست و شاهد (فاقد کود آلی) نتیجه‌ی بهتری را در افزایش مؤلفه‌های رشدی و جذب عناصر غذایی نشان داد. نتایج این آزمایش حاکی از توانایی کمپوست و ذغال زیستی در کاهش اثرات تنش شوری و به تبع آن تنش خشکی است که علت آن را می‌توان قابلیت نگهداشت آب توسط کمپوست و ذغال زیستی آن دانست. بنابراین استفاده از کمپوست مصرف شده به منظور بازیافت و دفع بی‌ضرر این ماده زائد و برای افزایش سطح بهره‌وری خاک‌های شور و همچنین تبدیل آن به ذغال زیستی با رویکرد افزایش راندمان کودی می‌تواند مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: ذغال زیستی، گیاه جعفری، تنش شوری، کمپوست مصرف شده قارچ

مقدمه

وقتی به عنوان شور طبقه‌بندی می‌شود که قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن (EC_e) بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر (معادل حدود ۴۰ میلی مولار نمک کلرید سدیم) و فشار اسمزی حدود دو مگاپاسکال باشد (USDA, 2008). اهمیت تنش شوری به قدری بوده که بیش از ۱۰۰ سال است که بسیاری از تحقیقات بخش کشاورزی را به خود اختصاص داده است (Kafi, 2008). تنش های محیطی به طور کلی حدود ۷۱ درصد از عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهند که در این میان افت عملکرد در اثر دمای بالا ۱۵ درصد، دمای پایین ۴۰ درصد، تنش خشکی ۱۷ درصد و تنش شوری ۲۰ درصد برآورد شده است

تنش شوری از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد محصولات زراعی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. Levitte (1980) تنش شوری را به این صورت تعریف کرده است که اگر غلظت نمک به حدی باشد که باعث تقلیل پتانسیل آب به اندازه ۰/۵ تا ۰/۱ مگاپاسکال (۰/۵- تا ۰/۱- بار) گردد به آن تنش، تنش ناشی از نمک گفته می‌شود. هرگاه غلظت نمک تا اندازه‌ای زیاد نباشد که پتانسیل آب را کاهش دهد، تنش از نوع یونی است و ممکن است تنش از نوع خاصی از یون‌ها حاصل شود. یک خاک

قارچ در کشور رو به افزایش است، ضایعات کمپوست مصرف شده در روند تولید قارچ نیز زیاد خواهد بود که در صورت عدم بازیافت، مشکلات زیادی را در زمینه افزایش حجم زباله و دفن بهداشتی فراهم می‌آورد (Vahabi Mashak et al., 2008). ذغال‌های زیستی (بیوجارها) از انواع کودهای آلی هستند که با اثرگذاری بر خاک و حفظ حاصلخیزی خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن و حفظ تعادل در عوامل زیست‌محیطی در حاصلخیزی زمینهای زراعی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Zhang and Sun, 2014). ذغال زیستی محصولی غنی از کربن است که تحت عملیات حرارتی از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد با اکسیژن کم یا عدم وجود اکسیژن تهیه می‌شود و کاربرد آنها در زمین‌های زراعی هم از جنبه‌های کشاورزی و هم زیست‌محیطی می‌تواند مفید واقع گردد (Masto et al., 2013). اخیراً استفاده از ذغال زیستی در زمین‌های کشاورزی به عنوان منبع تأمین‌کننده مواد موردنیاز برای رشد گیاه و همچنین اصلاح‌کننده برای بهبود خصوصیات خاک رونق زیادی یافته است. فراهمی عناصر غذایی بر اثر افزودن ذغال زیستی به خاک می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تغییر واکنش خاک و یا افزوده شدن مستقیم عنصر از ذغال زیستی به خاک باشد (Lehmann et al., 2003). Kim et al. (2016) عنوان کردند ذغال زیستی می‌تواند برای اصلاح اراضی کشاورزی که حاوی غلظت بالایی از املاح محلول هستند مورد استفاده قرار گیرد. همه انواع ذغال‌های زیستی اثر مشابهی بر خصوصیات خاک ندارند؛ به همین ترتیب یک نوع ذغال زیستی در خاک‌های متفاوت نیز به صورت مشابه عمل نمی‌کند (Lehmann and Joseph, 2015). استان خوزستان با داشتن پنج درصد از منابع خاکی کشور یکی از مستعدترین مناطق ایران برای توسعه کشاورزی به شمار می‌آید. وجود املاح شور در مواد مادری، بالا بودن سطح آب زیرزمینی، تبخیر زیاد و بارندگی کم باعث شده که اراضی خوزستان به مدیریت بالا برای مقابله با مشکلات شوری و قلیائیت نیاز داشته باشند (Shahriyari, 2013). عدم مدیریت صحیح این خاک‌ها و افزودن مقادیر نامتناسبی از انواع کودهای معدنی و آلی باعث وخیم‌تر شدن شرایط و افت کیفیت منابع خاک شده است. لذا یافتن ماده اصلاحی مناسب به نحوی که علاوه بر اصلاح خاک و کاهش اثرات شوری، عناصر ضروری مورد نیاز گیاه را نیز تأمین کند ضروری است. بر اساس مطالعات Diaz et al. (2007) استفاده از انواع کمپوست می‌تواند با افزایش پتانسیل خطر شوری خاک همراه باشد. Joseph et al. (2010) گزارش کردند استفاده از کمپوست مخلوط شده با کودهای شیمیایی می‌تواند به مرور زمان به شور شدن اراضی غیر غرقابی منجر شود. در مقابل Akhtar et al.

(Ashraf and Harris, 2005). خطر شوری در حال گسترش است و ممکن است تا سال ۲۰۵۰، ۵۰ درصد زمین‌های کشاورزی جهان با خطر شور شدن مواجهه شوند (Wang et al., 2003). بر اساس گزارشات فائو حدود ۸۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های سرتاسر جهان تحت تأثیر شوری و قلیایی شدن می‌باشند که از این مقدار ۳۹۷ میلیون هکتار تحت تأثیر شوری و ۴۳۴ میلیون هکتار تحت تأثیر قلیائیت هستند (FAO, 2007). کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و حدود ۱۵ درصد از کل اراضی زراعی کشور تحت تأثیر شوری قرار دارند؛ این کشور پس از هند و پاکستان (Vashev et al., 2010) با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور (Moameni, 2010) در صدر کشورهای در معرض تهدید محسوب می‌گردد. نتایج قریب به اتفاق مطالعات شوری نشان می‌دهند که بالا بودن غلظت نمک در محلول خاک عملکرد گیاهان زراعی را به شدت کاهش می‌دهد (Banakar and Ranjbar, 2013). بنابراین مشکل شوری باید مورد توجه خاصی قرار گیرد.

با توجه به افزایش جمعیت کره زمین، حجم بسیار زیادی از ضایعات تولید می‌شوند که مشکلات جدی در زمینه دفن آنها وجود داشته و منبع مهمی برای آلودگی‌های زیست محیطی به شمار می‌روند. یکی از این ضایعات کمپوست قارچ مصرف شده است. کمپوست قارچ مصرف شده (SMC) کمپوستی است که از کشت و تولید قارچ حاصل می‌شود. این ماده شامل اجزاء مختلف مانند کاه گندم، کود اسبی، کلش، کود مرغی، پوست دانه پنبه، پوست کاکائو و سنگ گچ می‌باشد (Gerrits, 1988). این کمپوست می‌تواند در کشاورزی و باغبانی به عنوان اصلاح‌کننده خاک برای بهبود ساختمان خاک، کاهش فشردگی خاک، بهبود شرایط زهکشی خاک و افزایش فعالیت میکروبی در خاک مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه با اهمیت‌ترین خصوصیت کمپوست قارچ مصرف شده مقدار ماده آلی بالای آن است. بر اساس گزارش‌های موجود این ماده حاوی عناصر غذایی مهم و ضروری گیاه می‌باشد که حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد. این کود منبع عالی از فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر کودهای آلی باشد (Cabilovski et al., 2014). در کشور آمریکا تولید قارچ دکمه‌ای سفید سالانه منجر به تولید بیش از ۱۰^۶ مترمکعب SMC می‌شود (Gou and Chorover, 2004). حدود ۵ کیلوگرم از این بسترهای پسماند برای تولید یک کیلوگرم قارچ لازم است (Williams et al., 2001). در سال ۱۳۹۱ تولید قارچ در ایران حدود ۹۰ هزار تن بوده (FAO, 2012) که به همراه آن تقریباً ۴۵۰ هزار تن کمپوست قارچ نیز تولید شده است. از آنجا که مصرف و به دنبال آن تولید

میلی لیتر اسید نیتریک و چهار میلی لیتر آب اکسیژنه اضافه گردید و مجدداً تحت دمای ۱۲۰ درجه خشک شدند. سپس ۱/۴۳ میلی لیتر اسید نیتریک به آن افزوده و با ۱۸/۷۵ میلی لیتر آب دیونیزه مخلوط شده و سپس توسط اسید با غلظت پنج درصد به مدت ۱۰ دقیقه با دستگاه لرزاننده تکان داده شده و در انتها، محلول صاف گردید (Rajkovich *et al.*, 2012). عناصر فسفر (با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر)، کلسیم و منیزیم (به روش کمپلکسومتری)، آهن، روی، مس و منگنز (با استفاده از دستگاه جذب اتمی) در عصاره‌های حاصل اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری پ-هاش و شوری کمپوست و ذغال زیستی از نسبت ۵:۱ کود به آب استفاده شد. درصد کربن آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934) تعیین گردید. مقدار خاک مورد نیاز از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری مزارع دانشگاه جمع آوری گردید. بعد از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متر، خاک با روش‌های استاندارد مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (Rang Zan, 2012). مقدار نیتروژن کل خاک به روش کج‌لدال (Krik, 1950)، فسفر قابل استفاده با استفاده از روش اولسن و همکاران (Olsen *et al.*, 1954) و پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم (Knudsen *et al.*, 1982) اندازه‌گیری شد. شوری اولیه خاک حدود شش دسی‌زیمنس بر متر بود که با آبشویی برای تیمار غیرشور مقدار آن به دو دسی‌زیمنس بر متر کاهش داده شد. بعد از آماده‌سازی خاک گلدان‌ها و اختلاط خاک با مقادیر مشخص کمپوست و ذغال زیستی، گیاه جعفری در گلدان‌ها کشت و پس از هشت هفته بعد از اندازه‌گیری ارتفاع، گیاهان برداشت و بخش‌های هوایی برای اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌های گیاهی پس از شستشو با آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت در آن قرار داده شده و سپس توزین شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی در نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش خاکسترگیری تر (Quevauviller, 1998) عصاره گیاهی تهیه و عناصر غذایی شامل فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و مس مورد بررسی قرار گرفتند. علاوه بر عناصر غذایی غلظت عنصر سدیم نیز در بافت‌های گیاهی (با توجه به تنش شوری) مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (۹.۳) انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده در این پژوهش در جدول (۱) ارائه شده است. همانگونه که در جدول

(2015) اثر ذغال زیستی در کاهش اثرات منفی تنش شوری بر گیاهان را گزارش کردند. بدیهی است که استفاده از کمپوست قارچ مصرف شده و ذغال زیستی آن در خاک سبب بروز تغییرات در خصوصیات خاک تحت تأثیر زمان (کوتاه مدت و دراز مدت) خواهد شد. اطلاع از این تغییرات و روند آنها می‌تواند در به کارگیری این کودهای آلی مؤثر واقع شود. با توجه به اهمیت یافتن راهکارهای مؤثر در مقابله با تنش شوری و بازیافت و تبدیل پسماندهای تولیدی بخش کشاورزی به منظور کنترل این مواد و جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی و همچنین برای پاسخ‌دادن به این سؤال که آیا تبدیل کمپوست مصرف شده به ذغال زیستی می‌تواند محدودیت‌های آن را در افزایش تنش شوری خاک کاهش دهد یا خیر، این پژوهش با هدف بررسی اثر کمپوست مصرف شده قارچ و ذغال زیستی آن بر مؤلفه‌های رشد و جذب برخی از عناصر غذایی توسط گیاه جعفری تحت تنش شوری، مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. تیمارها شامل کمپوست قارچ مصرف شده یکساله در دو سطح صفر و سه درصد وزنی، ذغال زیستی کمپوست مصرف شده در دو سطح صفر و سه درصد وزنی و شوری در دو سطح شور (شش دسی‌زیمنس بر متر) و غیرشور (دو دسی‌زیمنس بر متر) در نظر گرفته شد و گیاه آزمایشی، جعفری با توجه به مقالات موجود در زمینه سطح مقاومت آن به شوری (Petropoulos *et al.*, 2009) انتخاب شد (در مجموع ۲۴ گلدان). به منظور تهیه ذغال زیستی از کمپوست قارچ مصرف شده یکساله، کمپوست را به صورت فشرده در قوطی قرار داده و درب قوطی‌ها را بسته و گرمادهی اولیه به آنها اعمال شد. قوطی‌ها درون کوره دست‌ساز قرار داده شدند به نحوی که اکسیژن وارد قوطی نشود. سپس در دمای ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت حرارت داده شد. بعد از سرد شدن کوره و قوطی‌های درون آن، قوطی‌ها از درون کوره خارج شده و محتویات آن‌ها تخلیه گردید. برای کنترل دما از ترمومتر لیزری استفاده شد (Rajkovich *et al.*, 2012). برای اندازه‌گیری میزان کل عناصر در کمپوست و ذغال زیستی آن، مقدار یک تا دو گرم از آن را وزن نموده و به وسیله حرارت‌دهی در کوره، در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد خاکسترگیری شد. سپس، پنج میلی لیتر اسید نیتریک به آن اضافه شده و پس از هضم، در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خشک گردد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، یک

بر این، میزان ماده آلی خاک کمتر از یک درصد می‌باشد که بیانگر فقر ماده آلی در آن می‌باشد. لذا، خاک مورد آزمایش، یک خاک آهکی با بافت لومی سیلتی و فقیر از مواد آلی بود.

مشاهده می‌شود، خاک دارای بافت لوم سیلتی بوده و ظرفیت تبادل کاتیونی آن ۱۵/۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین میزان کربنات کلسیم خاک نیز بیش از ۴۰ درصد است که نشان‌دهنده قدرت بافری بالای خاک مورد مطالعه می‌باشد. علاوه

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال تیمارها

شخصیات	شن Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)	بافت خاک Soil Texture	pH	شوری EC (dS/m)	مواد آلی OC (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) (Cmol(p)/kg)
	۱۸/۴	۷۴/۴	۷/۲	لومی سیلتی	۷/۶	۶/۶	۰/۵۴	۱۵/۲
خاک مزرعه از عمق ۰-۳۰	سدیم محلول Na ⁺ (meq/l)	آهک CaCO ₃ (%)	نیترژن کل N (%)	فسفر قابل جذب P (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)
	۱۰/۷	۴۱	۰/۱	۸/۳	۲۶۹	۸/۶	۰/۴۱	۰/۳۱

شوری خاک می‌شود. افزودن ذغال زیستی می‌تواند از عوامل افزایش سدیم قابل جذب در خاک و در نتیجه افزایش غلظت آن در گیاه باشد. کاربرد کودهای آلی در خاک، به ویژه خاک‌های قلیایی مناطق خشک، باعث تجمع نمک و افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک می‌گردد (Biriya, 2015). در مقابل نتایج مذکور، برخی از محققین اثر ذغال زیستی بر تغییرات خصوصیات خاک از جمله شوری را متأثر از مقدار ذغال زیستی مصرفی، نوع خاک (از لحاظ مینرالوژیکی، بافت و مواد آلی) و سن ذغال زیستی (مدت زمان حضور در خاک که می‌تواند به صورت تازه و یا اثرات باقی مانده باشد) می‌دانند و اظهار کرده‌اند اثرات ذغال زیستی بر کیفیت خاک و گیاه متغیر است (Mia et al., 2017).

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر خصوصیات خاک نشان داد که اثر تیمارهای شوری، کود و بر همکنش کود و شوری در سطح آماری یک درصد بر شوری خاک معنی‌دار بود. بیشترین شوری عصاره اشباع خاک را تیمار دارای کمپوست مصرف شده (در خاک شور) با میانگین ۷/۱ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین را تیمار شاهد فاقد کود (در خاک غیرشور) با میانگین ۲/۴ نشان دادند. لذا می‌توان دریافت استفاده از کمپوست نسبت به ذغال زیستی می‌تواند شوری خاک را بیشتر تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین استفاده از کمپوست مصرف‌شده در کشت گیاهان حساس به شوری باید با دقت بیشتری از لحاظ مقدار و زمان مصرف، صورت گیرد. خاکستر موجود در ذغال زیستی، معمولاً حاوی مقادیر زیادی کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سلنیوم، آلومینیوم و بسیاری عناصر دیگر است (Amonette and Joseph, 2009). با وجود این عناصر ممکن است کاربرد بیش از حد ذغال‌های زیستی نیز موجب بروز تنش شوری در خاک شود. در پژوهش حاضر شوری ذغال زیستی در شروع آزمایش بیشتر از کمپوست مصرف

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه کودها، کمپوست مصرف شده دارای پ-هاش حدود خنثی و ذغال زیستی دارای پ-هاش قلیایی است (جدول ۲). علت بالا بودن پ-هاش در ذغال زیستی احتمالاً به این دلیل است که طی مرحله ساخت ذغال زیستی گازهایی نظیر اکسیژن و هیدروژن خارج شده و عناصر قلیایی در ساختار آن باقی مانده و از فاز آلی به فاز معدنی وارد می‌گردند. ذغال‌های زیستی که از مواد غیر چوبی مانند کودها و بقایای گیاهی تهیه می‌شوند دارای پ-هاش بیشتر و کربن پایدار کمتری نسبت به ذغال زیستی مواد چوبی می‌باشند (Sigua et al., 2015). کمپوست مصرف شده و ذغال زیستی تولید شده از آن دارای عناصر غذایی فراوانی نیز در ترکیب خود بوده که این مسئله برای رشد گیاه و بهبود حاصلخیزی خاک بسیار مهم است. علاوه بر این مشاهده می‌شود که کربونیزه کردن کمپوست و تولید ذغال زیستی از آن باعث افزایش غلظت عناصر موجود در آن شده است. علت این موضوع احتمالاً آزادسازی عناصر از بخش آلی و تجمع آن در خاکستر ذغال زیستی می‌باشد. ذغال زیستی تولید شده در حرارت پایین دارای مواد فرار بیشتر، کربن تثبیت شده و محتوای خاکستر کمتری نسبت به ذغال زیستی حرارت بالا می‌باشد؛ به همین ترتیب غلظت عناصر مانند کلسیم، پتاسیم و فسفر، سطح ویژه، پ-هاش و نسبت‌های کربن به نیترژن و کربن به اکسیژن در ذغال زیستی با افزایش حرارت تولید، افزایش می‌یابد (Rafiq et al., 2016). علت بالا بودن قابلیت هدایت الکتریکی ذغال زیستی نسبت به کمپوست احتمالاً بدلیل املاح موجود در ذغال زیستی می‌باشد. در برخی پژوهش‌های انجام شده، افزودن ذغال زیستی به خاک موجب افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک شده است. Hamzei et al. (2012) گزارش کردند کاربرد ذغال زیستی حاصل از چوب درخت چنار باعث افزایش

بر خصوصیات ذغال زیستی تولیدی اثر بسزایی دارد (Zornoza *et al.*, 2016). مواد تشکیل دهنده ذغال‌های زیستی که در دمای کم تشکیل شده‌اند شباهت زیادی به ماده اولیه دارند در حالیکه دمای بالا باعث تغییر شکل زیادی در ترکیبات موجود می‌گردد (Rafiq *et al.*, 2016).

شده بود اما اثر آن به شکل معنی‌داری در افزایش شوری خاک کمتر از کمپوست مصرف شده تازه می‌باشد که احتمالاً به دلیل تغییر در ترکیب شیمیایی در جریان تولید ذغال زیستی و میزان قابلیت انحلال املاح در خاک می‌باشد. به طور کلی نحوه تهیه ذغال زیستی از لحاظ میزان دما و مدت زمان اعمال تیمار حرارتی

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در کمپوست قارچ مصرف شده و ذغال زیستی آن

کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	کربن آلی OC (%)	شوری EC (dS/m)	pH	خصوصیات
۴/۱۷	۰/۷۱	۰/۱۳	۲۲/۱	۱۰	۲/۶	
سدیم Na (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	منیزیم Mg (%)	کمپوست قارچ مصرف شده
۱۹۷	۱۷	۱۱۶	۴۹/۷۶	۱۰۱۴	۰/۳۴	
کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	کربن آلی OC (%)	شوری EC (dS/m)	pH	ذغال زیستی کمپوست قارچ مصرف شده
۴/۲۹	۰/۷۴	۰/۱۴	۲۸/۵	۱۱/۱	۷/۷	
سدیم Na (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	منیزیم Mg (%)	
۲۶۲	۱۹	۱۲۱	۶۱/۹	۱۲۷۹	۰/۴۹	

(جدول ۴). با افزایش غلظت املاح در خاک پتانسیل اسمزی خاک کاهش می‌یابد و گیاه انرژی زیادی برای بدست آوردن آب صرف کرده و در نتیجه رشد گیاه کاهش می‌یابد (Homai, ۲۰۰۲). تنش شوری از راه تأثیر بر چند مکانیسم مهم گیاه مانند فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی و فعالیت آنزیم‌ها، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. اثرات منفی تنش شوری با سطوح پایین مواد آلی در خاک تشدید می‌شود (Miller *et al.*, ۲۰۱۷).

اثر تیمارها بر مؤلفه‌های رشدی گیاه جعفری

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر تیمار کود و شوری بر وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار است. اثرات متقابل کود و شوری بر وزن تر و ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. با افزایش شوری خاک از دو به شش دسی‌زیمنس بر متر وزن تر، وزن خشک و ارتفاع گیاه به ترتیب ۳۴/۲، ۳۵/۶ و ۲۱/۵ درصد کاهش یافت که نشان‌دهنده اثرات منفی شوری بر رشد و عملکرد گیاه است

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارها بر برخی مؤلفه‌های رشد گیاه جعفری

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع گیاه	
شوری (S)	۱	۶/۲۰**	۰/۴۲**	۴/۹۶**	
کود (M)	۲	۵/۶۰**	۰/۲۸**	۱۹/۵۰**	
کود * شوری (M*S)	۲	۰/۹۸*	۰/۱ ^{ns}	۲/۲۷*	
خطا (Error)	۱۲	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۷	
ضریب تغییرات CV (%)		۱۰/۵	۱۱/۴۰	۴/۲۹	

**، * و n.s به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، معنی‌داری در سطح ۵ درصد، عدم وجود اختلاف معنی‌دار

گردید (جدول ۴). با توجه به اینکه کمپوست مصرف شده قارچ و ذغال زیستی آن غنی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشند و همچنین توانایی بهبود ساختار خاک از قبیل تهویه و افزایش

نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آنست که استفاده از ذغال زیستی و کمپوست مصرف شده باعث افزایش وزن تر گیاه به ترتیب به میزان ۲/۸ و ۲/۱ برابر نسبت به تیمار شاهد فاقد کود

مقایسه با کمپوست بیشتر بوده و لذا می‌توان نتیجه گرفت ذغال زیستی مؤلفه‌های رشدی گیاه جعفری را بیشتر بهبود می‌بخشد. *al. et Akhtar* (۲۰۱۵) گزارش کردند ذغال زیستی بر همه ویژگی‌های رشدی گیاه گندم اثر مثبت دارد.

ظرفیت نگهداشت آب و برطرف کردن نیازهای گیاه را دارند، می‌توانند موجب افزایش وزن تر گیاه نسبت به تیمار شاهد شوند. وزن خشک تولید شده با کاربرد ذغال زیستی به میزان ۱/۸ برابر بیشتر از تیمار فاقد کود بود که این عدد در مورد کمپوست ۱/۳ برابر می‌باشد. اثر ذغال زیستی بر افزایش ارتفاع گیاه نیز در

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای کود (شاهد= M_0 ، ذغال زیستی= M_1 ، کمپوست= M_2) و شوری (غیر شور= S_0 ، شور= S_1) بر مؤلفه‌های رشدی

اندام‌هوایی گیاه جعفری			
میانگین			
تیمار	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع گیاه
غیر شور (S_0)	۳/۵ ^a	۰/۸۷ ^a	۶/۵ ^a
شور (S_1)	۲/۳ ^b	۰/۵۶ ^b	۵/۱ ^b
شاهد فاقد کود (M_0)	۱/۳۶ ^a	۰/۵۳ ^a	۳/۸۶ ^a
ذغال زیستی (M_1)	۳/۸۹ ^b	۰/۹۹ ^b	۸/۱ ^b
کمپوست (M_2)	۲/۹۱ ^c	۰/۶۷ ^c	۵/۳۶ ^c

* میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

ذغال زیستی حاکی از آنست که ذغال زیستی محتوای فسفر را در گیاه به میزان ۵۲ درصد افزایش داده در حالیکه این افزایش برای کمپوست مصرف شده، ۲۶ درصد می‌باشد؛ لذا ذغال زیستی مؤثرتر از کمپوست مصرف شده، فسفر گیاه را افزایش داده است. همچنین در شرایط شوری با اضافه شدن ذغال زیستی به خاک جذب فسفر ۵۲ درصد افزایش یافته که نشان‌دهنده اثر مثبت ذغال زیستی در کاهش اثرات شوری خاک است. با بررسی اثر ذغال زیستی بر پ-هاش خاک نتایج نشان داد استفاده از ذغال زیستی باعث کاهش پ-هاش به میزان ۰/۲ واحد گردید که همین عامل می‌تواند توجیهی برای بهبود جذب فسفر با بکارگیری ذغال زیستی باشد. دسترسی به عنصر فسفر به شدت تحت تأثیر پ-هاش خاک (۷-۵/۵ دامنه بهینه پ-هاش برای جذب فسفر محسوب می‌شود) و محتوای مواد آلی خاک می‌باشد. فسفر قابل دسترس در خاک‌های با پ-هاش بیشتر از هفت کاهش می‌یابد. معمولاً خاک‌های تحت تأثیر نمک دارای پ-هاش بیشتر از هفت هستند و به علت رشد محدود گیاه و تولید بقایای محدود، مواد آلی آنها نیز کم می‌باشد؛ لذا این عنصر به عنوان عامل محدود کننده جدی در رشد گیاهان در خاک‌های تحت تأثیر نمک مطرح می‌باشد (Elgharably, 2008). *al. et Lashari* (۲۰۱۳) گزارش کردند فسفر قابل استخراج با بیکربنات سدیم (فسفر اولسن) با بکارگیری ذغال زیستی در خاک‌های شور به میزان دو برابر افزایش می‌یابد که علت آن به کاهش ۰/۳ واحد در پ-هاش و همچنین تأمین فسفر بیشتر برمی‌گردد. ذغال زیستی دسترسی و جذب فسفر را با تأثیر مستقیم بر فراهمی این عنصر در خاک و یا

اثر تیمارها بر غلظت برخی از عناصر مورد نیاز گیاه جعفری

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار شوری و کود و همچنین اثر متقابل تیمارها بر غلظت عناصر ضروری مورد نیاز در اندام هوایی گیاه جعفری در سطح یک درصد معنی‌دار است (اثر متقابل کود و شوری بر غلظت سدیم و مس در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. همانگونه که در جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داده شده است، بیشترین مقدار فسفر در تیمار کود ذغال زیستی در خاک غیرشور می‌باشد و کمترین مقدار در خاک شور فاقد کود آلی گزارش می‌شود (جدول ۵). به طور کلی در مقایسه اثر مستقل شوری می‌توان دریافت افزایش سطح شوری از دو به شش دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش معنی‌دار محتوای فسفر گیاه به میزان ۲۸ درصد می‌شود. فسفر عنصر نسبتاً غیرمتحرک در محلول خاک‌های شور می‌باشد، بنابراین با افزایش شوری با محدود شدن رشد ریشه‌های گیاه، سطح تماس ریشه‌ها با فسفر موجود در خاک کاهش یافته و در نتیجه مقدار کمتری از آن جذب گیاه می‌شود (Homai, 2002). علاوه بر تخریب خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، در خاک‌های شور کمبود عناصر غذایی و سمیت یونی رخ می‌دهد (Qadir and Schubert, 2002). نمک‌های محلول اضافی و یا سدیم تبادلی زیاد با اثرگذاری بر دسترسی عناصر غذایی موردنیاز از طریق رقابت مستقیم و یا افزایش فشار اسمزی در محلول و کاهش حرکت عناصر غذایی معدنی با جریان توده‌ای به سمت ریشه، باعث آسیب رساندن به گیاه می‌شوند (Fageria et al., 2011). مقایسه میانگین غلظت فسفر در گیاه تحت تأثیر اثرات مستقل کمپوست مصرف شده و

تحت تأثیر اثرات مستقل تیمارهای کودی نشان می‌دهد کمپوست قارچ مصرف شده پتاسیم گیاه را ۴۵ درصد افزایش می‌دهد در حالیکه ذغال زیستی ۵۱ درصد میزان جذب پتاسیم و محتوای آن را در گیاه بهبود می‌بخشد. تحت شرایط شوری خاک، اثر کمپوست مصرف شده و ذغال زیستی آن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار (در سطح پنج درصد) نداشته اما نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری در مقدار پتاسیم جذب شده نشان می‌دهند. Sheikhi and Ronaghi (2013) گزارش کردند مصرف یک و دو درصد ورمی کمپوست در مقایسه با سطح بدون کاربرد آن موجب افزایش پتاسیم به میزان سه و ۷۴ درصد در اندام هوایی گیاه گردید. زیادبود مقدار سدیم در محیط ریشه می‌تواند با ممانعت از جذب طبیعی پتاسیم به کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت گیاهی منجر شود که باعث اختلال در متابولیسم گیاهی، کاهش سنتز پروتئین و فعالیت آنزیم‌ها می‌گردد (Brady et al., 1984). به همین علت همواره توصیه می‌شود سطح بهینه پتاسیم در خاک‌های شور حفظ شود تا گیاه بتواند به خوبی رشد کرده و تولید محصول نماید (Zornoza et al., 2016). در مقابل استفاده از کمپوست مصرف شده و بیوجار آن با توجه به بهبود غلظت پتاسیم گیاه باعث افزایش این نسبت می‌گردند. اضافه کردن ذغال زیستی در خاک‌های شور با افزایش غلظت پتاسیم در خاک می‌تواند رشد گیاهان بویژه گیاهان حساس به شوری را بهبود بخشد (Lashari et al., 2015). Lin et al. (2015) گزارش کردند استفاده از ذغال زیستی اثری بر تغییرات پ-هاش، سدیم، کلسیم و منیزیم در خاک ندارد اما پتاسیم قابل تبادل را ۴۴ درصد افزایش می‌دهد. البته نوع ذغال زیستی و خصوصیات خاک بر میزان قابلیت جذب پتاسیم تأثیرگذار خواهد بود (Taghavimehr, 2015).

به طور غیرمستقیم با بهبود شرایط محیط رشد گیاه (با افزایش محتوای مواد آلی خاک) افزایش می‌دهد. ذغال زیستی همچنین با تأثیر بر فراوانی و فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات مانند تیوباسیلوس و سودوموناس می‌تواند مقادیر فسفر قابل‌دسترس خاک را افزایش دهند (Zho Liu, ۱۹۹۷). Taghavimehr (۲۰۱۵) گزارش کرد افزایش معنی‌دار غلظت فسفر در خاک‌های شور که ذغال زیستی دریافت کرده‌اند تحت تأثیر عوامل زیر رخ می‌دهد: ۱. ذغال زیستی باعث تولید و فراهمی کربن آلی محلول (DOC) می‌گردد که این ترکیبات با روشنایی بر روی مکان‌های تبادل رس‌ها باعث تضعیف جذب ترکیبات فسفردار توسط کلوئیدهای خاک می‌گردد. ۲. رهاسازی ترکیبات هومیکی که با به حداقل رساندن تشکیل کریستال‌های فسفات کلسیم دسترسی به فسفر را افزایش می‌دهند. بعضی از تحقیقات نیز با تأکید بر اثر ذغال زیستی بر افزایش پ-هاش خاک گزارشاتی مبنی بر کاهش جذب فسفر توسط گیاه در اثر کاربرد ذغال زیستی ارائه کرده‌اند (Xu et al., ۲۰۱۶). ذکر این نکته ضروری است که نحوه اثرگذاری ذغال زیستی بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی تا حد زیادی به نوع ماده اولیه تولید ذغال زیستی، میزان حرارت و مدت زمان حرارت‌دهی و همچنین خصوصیات خاک بستگی دارد. اثرات متقابل تیمار شوری و کود بر غلظت پتاسیم گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار است. بیشترین غلظت پتاسیم با مقدار ۵/۸۵ درصد در تیمار سه درصد وزنی ذغال زیستی در شرایط خاک غیرشور مشاهده می‌شود و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار خاک شور فاقد کود آلی، به مقدار ۱/۳۳ درصد می‌باشد. در مورد پتاسیم با افزایش شوری از دو به شش دسی‌زیمنس بر متر، مقدار آن در گیاه به میزان ۳۲ درصد کاهش می‌یابد که این میزان کاهش در سطح پنج درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها

جدول ۵. مقایسه میانگین غلظت برخی از عناصر پرمصرف موردنیاز در اندام هوایی گیاه جعفری تحت تاثیر تیمارهای کود (شاهد = M_0 ، ذغال زیستی = M_1 ، کمپوست = M_2) و شوری (غیرشور = S_0 ، شور = S_1)

میانگین					
عصر غیر ضروری	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	تیمار
سدیم Na (%)	Mg (%)	Ca (%)	K (%)	P (%)	
۰/۶۶ ^b	۰/۴۵ ^c	۰/۵۱ ^d	۳/۴۲ ^d	۰/۲۸ ^c	S_0M_0
۰/۵۱ ^c	۱/۳۴ ^a	۱/۲۳ ^a	۵/۸۵ ^a	۰/۴۱ ^a	S_0M_1
۰/۵۶ ^d	۱/۲۱ ^b	۱/۲۲ ^a	۴/۷۳ ^b	۰/۳۷ ^b	S_0M_2
۱/۰۳ ^a	۰/۳۲ ^f	۰/۳۱ ^e	۱/۳۳ ^e	۰/۱۹ ^e	S_1M_0
۰/۷۴ ^c	۱/۰۱ ^c	۰/۷۸ ^b	۳/۹۸ ^c	۰/۲۹ ^c	S_1M_1
۰/۷۳ ^c	۰/۷۱ ^d	۰/۶۳ ^c	۴/۰۱ ^c	۰/۲۲ ^d	S_1M_2

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد می‌باشند.

می تواند تأثیر گذار باشد.

اثر متقابل تیمارها بر غلظت منیزیم گیاه در سطح یک درصد معنی دار است. بیشترین مقدار منیزیم گیاه مشابه با عنصر کلسیم در تیمار فاقد شوری و حاوی ذغال زیستی گزارش می شود که اختلاف معنی داری را با تیمار شاهد غیرشور و تیمار حاوی کود کمپوست قارچ مصرف شده نشان می دهد. با مقایسه اثر مستقل شوری بر غلظت منیزیم گیاه، نتایج حاکی از آن است که افزایش شوری خاک باعث کاهش معنی دار جذب منیزیم به میزان ۳۲ درصد می شود. اثر کود ذغال زیستی در شرایط تنش و فاقد تنش شوری اختلاف معنی داری را در جذب منیزیم در مقایسه با کود کمپوست مصرف شده قارچ نشان می دهد. تحقیقات متعدد آزمایشگاهی و مزرعه ای نشان می دهد اضافه کردن ذغال زیستی به خاک شور باعث تعدیل اثرات منفی تنش شوری شده و رشد گیاه را به صورت مستقیم با رهاسازی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و غلبه بر اثرات منفی املاح اضافی در محلول خاک بهبود می بخشد (Kim et al., 2016).

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر متقابل کود و شوری بر میزان سدیم گیاه در سطح پنج درصد معنی دار است. کمترین مقدار سدیم در تیمار فاقد شوری حاوی سه درصد ذغال زیستی مشاهده شد که تفاوت معنی داری را با تیمار کمپوست مصرف شده نشان می دهد. بیشترین مقدار سدیم جذب شده توسط گیاه در تیمار تنش شوری و فاقد کود آلی می باشد. افزایش شوری خاک جذب سدیم توسط گیاه را ۳۲ درصد افزایش داد. غلظت عنصر سدیم در بافت گیاهی و برآورد نسبت پتاسیم به سدیم به عنوان شاخصی برای بررسی تحمل گیاهان به شوری استفاده می شود. بالا بودن این نسبت در گیاهانی که تحت تنش شوری قرار گرفته اند به عنوان یکی از سازوکارهای فیزیولوژیکی مهم در ایجاد مقاومت به شوری محسوب می شود. در مورد گیاه جعفری، بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها، تحت تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم ۵۳ درصد کاهش می یابد.

تجمع سدیم در گیاه و تضعیف جذب و ایفای نقش پتاسیم از اثرات عمده تنش شوری بر گیاهان حساس به شوری محسوب می شود (Liu and Zhu, 1997). بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، اضافه کردن ذغال زیستی و همچنین کمپوست مصرف شده نسبت پتاسیم به سدیم را حدود چهار برابر افزایش می دهد که مؤید نقش این ترکیبات آلی بر افزایش قابلیت جذب پتاسیم و مقابله با سمیت سدیم می باشد. در خاک های شور با افزایش قابلیت دسترسی پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم افزایش یافته و لذا رشد گیاه و تولید محصول بهبود می یابد (Ali et al.,

در بسیاری موارد اثر غیرمستقیم ذغال زیستی بر خاک و گیاه از اثرات مستقیم آن مهم تر است که این اثرات غیرمستقیم در حقیقت به تغییر خواص خاک مربوط می شود (Sun et al., 2017). تحت شرایط شوری خاک گیاهان مجبور هستند انرژی زیادی صرف غلبه بر غلظت عناصر غیرضروری موجود در محلول خاک کنند؛ با ورود کمپوست، ذغال زیستی و سایر کودهای آلی به محیط خاک ظرفیت نگهداشت آب در خاک افزایش می یابد و این به منزله رقیق شدن غلظت کاتیون ها و آنیون های مزاحم در محلول خاک و در نتیجه سهولت بیشتر برای جذب عناصر ضروری مورد نیاز گیاه است (Akhtar et al., 2015).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها اثر متقابل کود و شوری بر غلظت کلسیم گیاه معنی دار است. بر این اساس حداکثر کلسیم گیاه در شرایط غیرشور به میزان ۱/۲۳ درصد در تیمار حاوی ذغال زیستی گزارش می شود که تفاوت معنی داری را با تیمار حاوی کمپوست نشان نمی دهد. حداقل میزان کلسیم جذب شده توسط گیاه در تیمار خاک شور فاقد کود آلی به میزان ۰/۳۱ درصد می باشد. با مقایسه میانگین اثرات مستقل، اثر شوری بر غلظت کلسیم گیاه در سطح یک درصد معنی دار است. با افزایش شوری از دو به شش دسی زیمنس بر متر میزان کلسیم اندام هوایی گیاه جعفری حدود ۴۲ درصد کاهش می یابد. تحت تنش شوری جذب عناصر غذایی از جمله کلسیم به واسطه روابط آنتاگونیستی و زیادبود یون های مزاحم در محلول خاک کاهش می یابد (Ahanger and Agarwal, 2017). در شرایط غیرشور اضافه شدن ذغال زیستی باعث افزایش معنی دار میزان کلسیم به میزان ۵۸ درصد می گردد که این میزان در خاک شور برابر با ۶۰ درصد می باشد. لذا ذغال زیستی در شرایط خاک شور با کنترل محدودیت ها مؤثرتر عمل کرده است. اثر ذغال زیستی تحت تنش شوری نسبت به کمپوست قارچ مصرف شده بیشتر بوده که این اختلاف در سطح پنج درصد معنی دار است. علاوه بر کودهای معدنی، کودهای آلی مانند کود مزرعه ای، کمپوست و ذغال زیستی نیز می توانند در اضافه کردن عناصر به خاک مؤثر باشند (Ghosh et al., 2010). با توجه به اینکه ذغال زیستی عمدتاً از بقایای گیاهی ساخته می شود لذا حاوی عناصر ضروری مورد نیاز گیاه می باشد (Abbasi and Anwar, 2015). بنابراین اضافه کردن این ماده می تواند وضعیت گیاهان را از لحاظ جذب عناصر غذایی مورد نیاز بویژه در خاک های شور بهبود بخشد (Drake et al., 2016). بر اساس نتایج حاصل از پژوهش (Abbas et al., 2017) استفاده از ذغال زیستی در خاک های شور در زمینه افزایش عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم، نیتروژن و فسفر به صورت مستقیم

افزایش یافته که مقاومت گیاه به تنش شوری را افزایش داده و باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد. (Sun et al. (2017) گزارش کردند اثر ذغال زیستی بر جذب نمک‌های سمی مانند سدیم به صورت جذب سطحی و یا به دام انداختن فیزیکی یون سدیم در منافذ ذغال زیستی می‌تواند در کاهش اثرات منفی آن مؤثر باشد.

(Lin et al. (2017) گزارش کردند که عملکرد گیاه گندم و سویا در اثر افزودن ذغال زیستی به خاک‌های شور ساحلی افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه آنکه ذغال زیستی اضافه شده غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم تبادل را تغییر نداده اما به شکل معنی‌داری باعث افزایش پتاسیم قابل تبادل شده است (۴۴ درصد نسبت به شاهد) و به این ترتیب نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه

جدول ۶. مقایسه میانگین غلظت برخی از عناصر کم مصرف مورد نیاز در اندام هوایی گیاه جعفری تحت تاثیر تیمارهای کود (شاهد=M₀، ذغال زیستی=M₁، کمپوست=M₂) و شوری (غیرشور=S₀، شور=S₁)

میانگین			
تیمار	آهن Fe (mg kg ⁻¹)	روی Zn (mg kg ⁻¹)	مس Cu (mg kg ⁻¹)
S ₀ M ₀	۵۴/۸۳ ^e	۲۶/۱۸ ^d	۲۳/۶۲ ^c
S ₀ M ₁	۹۶/۵۱ ^a	۳۶/۷۰ ^a	۴۹/۱۸ ^a
S ₀ M ₂	۸۵/۱۱ ^b	۳۶/۵۱ ^b	۴۸/۵۶ ^b
S ₁ M ₀	۴۴/۵۲ ^f	۱۶/۳۴ ^e	۱۳/۲۸ ^e
S ₁ M ₁	۶۸/۱۲ ^e	۲۷/۸۶ ^b	۱۷/۴۶ ^d
S ₁ M ₂	۶۱/۰۸ ^d	۲۸/۹۳ ^c	۱۷/۳۵ ^d

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد می‌باشد.

شرایط تنش شوری این مقادیر به ترتیب ۱/۳۰ و ۱/۳۱ برابر خواهد بود. تحت شرایط شوری اثر دو نوع کود بر تغییر غلظت مس در گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست. بنابر نتایج بدست آمده تنش شوری باعث کاهش جذب عناصر کم‌مصرف موردنظر شده و اضافه شدن کود (به صورت کمپوست مصرف شده و ذغال زیستی آن) در مقادیر متفاوتی باعث افزایش جذب این عناصر می‌گردد. در خاک‌های شور ذغال زیستی با اثرگذاری بر محتوای کربن آلی، عناصر غذایی به ویژه کاتیون‌ها (مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی و منگنز)، افزایش سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی و آنیونی، استقرار ساختمان خاک، بهبود خواص فیزیکی خاک با تنظیم محتوای آب و منافذ هوایی، افزایش بازیابی کاتیون‌های چند ظرفیتی و جایگزینی سدیم در محلول خاک با تأمین کلسیم کافی، می‌تواند محدودیت‌های ویژه این خاک‌ها را تا حد زیادی مرتفع سازد (Zheng et al., 2017). ذغال زیستی در خاک‌های شور با تسریع بخشیدن به شستشوی املاح اضافی، زمان مورد نیاز برای رساندن سطح شوری به حد ایده‌آل رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Yue et al., 2016).

نتیجه گیری

کاربرد کودهای آلی کمپوست مصرف شده قارچ و ذغال زیستی آن باعث جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش مؤلفه‌های رشدی در شرایط تنش و فاقد تنش شوری گردید. در مقابل تنش شوری

جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثرات ساده کود و شوری و همچنین اثرات متقابل آنها بر غلظت آهن و روی در سطح یک درصد و در مورد مس در سطح پنج درصد معنی‌دار است. با توجه به جدول مقایسه میانگین، بیشترین مقدار آهن در تیمار فاقد شوری و حاوی کود ذغال زیستی به مقدار ۹۶/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقدار آن در تیمار شوری فاقد کود به مقدار ۴۴/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. افزایش شوری باعث کاهش جذب آهن به مقدار ۲۶ درصد می‌شود در حالی‌که ورود کود ذغال زیستی به خاک مقدار آهن گیاه را ۶۵ درصد، و کمپوست مصرف شده مقدار آن را ۴۷ درصد افزایش می‌دهد. در مورد عنصر روی تنش شوری باعث کاهش ۲۵ درصدی این عنصر در گیاه می‌شود. استفاده از ذغال زیستی، ۵۱ درصد و استفاده از کمپوست مصرف‌شده ۵۳ درصد مقدار روی را در گیاه افزایش می‌دهد. اختلاف دو نوع کود در افزایش دسترسی روی در سطح پنج درصد معنی‌دار است و کود کمپوست مصرف شده با اثربخشی بیشتر سهولت جذب روی را بیشتر افزایش داده است. بیشترین مقدار مس در گیاه مشابه با عناصر آهن و روی در تیمار حاوی کود ذغال زیستی و فاقد تنش شوری و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار شوری و فاقد کود آلی است. شوری باعث کاهش مقدار مس گیاه به میزان ۶۰ درصد می‌گردد. اضافه شدن ذغال زیستی و کمپوست در شرایط غیرشور باعث افزایش به ترتیب ۲/۰۸ و ۲/۰۵ برابر در مقدار مس گیاه می‌گردد و تحت

محدودیت‌های آن را کاهش می‌دهد. با توجه به گستردگی دامنه شوری در اراضی استان و کشور، استفاده از ذغال زیستی کمپوست مصرف شده به عنوان راهکار کنترل و مدیریت شوری پیشنهاد می‌شود که البته انجام آزمایشات مزرعه‌ای در تکمیل نتایج این پژوهش می‌تواند کارآمد باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به لحاظ فراهم نمودن اعتبار پژوهشی این تحقیق در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد تقدیر و تشکر می‌نمایند.

REFERENCES

- Abbas, T., Rizwan, M., Ali, S., Zia-ur Rehman, M., Qayyum, M. F., Abbas, F., Hannan, F., Rinklebe, J. and Ok, Y. S. (2017). Effect of biochar on cadmium bioavailability and uptake in wheat (*Triticum aestivum*) grown in a soil with aged contamination. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 140, 37-47.
- Abbasi, M. K. and Anwar, A. A. (2015). Ameliorating effects of biochar derived from poultry manure and white clover residues on soil nutrient status and plant growth promotion greenhouse experiments. *PLoS One* 10, e0131592.
- Ahanger, M. A. and Agarwal, R. M. (2017). Salinity stress induced alterations in antioxidant metabolism and nitrogen assimilation in wheat (*Triticum aestivum* L) as influenced by potassium supplementation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 115, 449-460.
- Akhtar, S. S., Andersen, M. N. and Liu, F. (2015). Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agriculture and Water Management*, 158, 61-68.
- Ali, S., Rizwan, M., Qayyum, M. F., Ok, Y. S., Ibrahim, M., Riaz, M., Arif, M. S., Hafeez, F., AlWabel, M. I. and Shahzad, A. N. (2017). Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 3, 1-13.
- Amonette, J. and Joseph, S. (2009). Characteristics of Biochar-Micro-Chemical Properties. Science and Technology, 3rd Edition, London. Earthscan, p 405.
- Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2005). Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches. Haworth Press, New York, USA.
- Banakar M. H., Ranjbar Gh. H. (2013). Evaluation of madder (*Rubia tinctorum* L.) response to salinity during vegetative growth in two planting methods. *Iranian Journal of Soil Research (formerly soil and water sciences)*, 27 (3), 317 - 325.
- Biriya, M. (2015). Investigation the effect of biochar on cadmium and lead mobility in soil column cultivated with corn plant. M.Sc. Thesis. Shahid Chamran University. (In Persian).
- Brady, C.J., Gibson, T.S., Barlow, E.W.R., Speirs, J. and Wyn Jones, R.G. (1984). Salt tolerance in plants. Ions, compatible organic solutes and the stability of plant ribosomes. *Plant Cell Environment*. 7:571-578.
- Cabilovski, R., Manojlovic, M., Bogdanovic, D., Magazin, N., Keserovic, Z. and Sitaula, B. K. (2014). Mulch type and application of manure and composts in strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) production: impact on soil fertility and yield. *Agriculture*, 20 (3), 113-129.
- Diaz L. F., Bertoldi de M. and Bidlingamier, W. (2007). Compost science and technology. 1st ed. Boston, USA: Elsevier.
- Drake, J. A., Cavagnaro, T. R., Cunningham, S. C., Jackson, W. R. and Patti, A. F. (2016). Does biochar improve establishment of tree seedlings in saline sodic soils? *Land Degradation. Devision*, 27, 52-59.
- Elgharably, A. G. (2008). Nutrient Availability and Wheat Growth as Affected by Plant Residues and Inorganic Fertilizers in Saline Soils (Doctoral Dissertation). The University of Adelaide, South Australia.
- Fageria, N. K., Gheyi, H. R. and Moreira, A. (2011). Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*, 34, 945-962.
- FAO. (2007). Global network on integrated soil management for sustainable Technol; 31:860–865 use of salt affected soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management Service.
- FAO. (2012). FAO Statistical Year Book 2012, World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, p. 366. <http://www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm>.
- Gerrits, J. P. G. (1988). Nutrition and Compost. p. 29-72. In L.J.L.D. van Griensven (ed.) The

- Cultivation of Mushrooms.
- Ghosh, S., Lockwood, P., Hulugalle, N., Daniel, H., Kristiansen, P. and Dodd, K. (2010). Changes in properties of sodic Australian Vertisols with application of organic waste products. *Soil Science Society American Journal*, 74, 153-160.
- Gou, M., and Chorover, J. (2004). Leachate Migration from Spent Mushroom Substrate through intact and repacked subsurface soil columns. Department of agriculture and natural resources. Department of Soil, Water and Environmental Science. University of Arizona.
- Hamzei, A., Lakziyan, A., Astarai, A. and Fotovvat, E. (2012). Effect of biochar and waste water on cadmium uptake by mungbean. 3rd National Conference on Water Resource Management.
- Homai, M. (2002). Response of Plant to Salinity. First Edition. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran. p, 97-120.
- Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, J., van Zwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., Singh, B. P. and Lehmann, J. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil and Tillage Research*, 48, 501-515.
- Kafi, M. (2008). Saline agriculture and its necessity in Iran. Key Papers Proceedings, the 10th Iranian Crop Sciences Congress. 19-21 August, Karaj, Iran. (In Persian with English abstract).
- Kim, H. S., Kim, K. R., Yang, J. E., Ok, Y. S., Owens, G., Nehls, T., Wessolek, G. and Kim, K. H. (2016). Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere*, 142, 153-159.
- Knudsen D., Peterson G.A., and Pratt P.F. (1982). Lithium, Sodium and Potassium. P. 225-246. In: Methods of soil analysis (part II) Chemical and microbiological properties, Page et al. (ed.). American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA.
- Krik P.L. (1950). Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical chemistry*. 22: 354-358.
- Lashari, M. S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X. and Yu, X. (2013). Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. *Field Crop Research*, 144, 113-118.
- Lashari, M. S., Ye, Y., Ji, H., Li, L., Kibue, G.W., Lu, H., Zheng, J. and Pan, G. (2015). Biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution alleviated salt stress and improved leaf bioactivity of maize in a saline soil from central China: a 2-year field experiment. *Journal of Science and Food Agriculture*, 95, 1321-1327.
- Lehmann, J. and Joseph, S. (2015). Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. Routledge, NY.
- Lehmann, J., Pereira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. and Glaser, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249, 343-357.
- Levitt, J. (1980). Response of environmental stresses. Vol.2. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press. New York. P. 607.
- Lin, X. W., Xie, Z. B., Zheng, J. Y., Liu, Q., Bei, Q. C. and Zhu, J. G. (2015). Effects of biochar application on greenhouse gas emissions, carbon sequestration and crop growth in coastal saline soil. *European Journal of Soil Science*, 66, 329-338.
- Liu, J. and Zhu, J. K. (1997). Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt-hypersensitive mutant of Arabidopsis. *Plant Physiology*, 114, 591-596.
- Masto, R. E., Kumar, S., Rout, T., Sarkar, P., George, J. and Ram, L. (2013). Biochar from water hyacinth (*Eichornia crassipes*) and its impact on soil biological activity. *Catena*, 111, 64-71.
- Mia, S., Dijkstra, F. A. and Singh, B. (2017). Long-term ageing of biochar: a molecular understanding with agricultural and environmental implications. *Advance in Agronomy*, 141, 1-51.
- Miller, J., Beasley, B., Drury, C., Larney, F. and Hao, X. (2017). Surface soil salinity and soluble salts after 15 applications of composted or stockpiled manure with straw or wood- chips. *Compost Science*, 25, 36 - 47.
- Moameni, A. (2010). Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Soil Research Journal*, 24, 203-215. (In Persian with English abstract).
- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. (1954). Estimation of available P in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, circular, 939: 1-19
- Petropoulos, S., Daferera, A., Dimitra, P., Moschos, G., and Harold, C. (2009). Effect of salinity on the growth, yield and essential oils of turnip-rooted and leaf parsley cultivated within the Mediterranean region. Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Qadir, M. and Schubert, S. (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degraded Division*, 13, 275-294.
- Quevauviller, P. (1998). Operationally defined extraction procedures for soil and sediment analysis. *Trend in Analytical Chemistry*, 17 (5), 289-298.
- Rafiq, M. K., Bachmann, R. T., Rafiq, M. T., Shang, Z., Joseph, S. and Long, R. (2016). Influence of pyrolysis temperature on physico-chemical properties of corn stover (*Zea mays* L.) biochar and feasibility for carbon capture and energy balance. *PLoS One* 11, e0156894.
- Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A. R. and Lehmann, J. (2012). Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48(3), 271-284.

- Rang Zan, N. (2012). Dynamics of heavy metals in contaminated soils and risk assessment to human through spinach grown thereon. Ph.D. Dissertation. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India.
- Shahriyari, A. (2013). Investigation local variation of some soil properties of Atabiye (in Khuzestan province) by using GIS. M.Sc Dissertation, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (In Persian).
- Sheikhi, J. and Ronaghi, AM. (2013). Effect of salinity and vermicompost on nutrient concentration and spinach productivity in calcareous soil. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 4 (13), 81-92.
- Sigua, G. C., Stone, K. C., Hunt, P. G., Cantrell, K. B. and Novak, J. M. (2015). Increasing biomass of winter wheat using sorghum biochars. *Agron. Sustainable Division*, 35, 739-748.
- Sun, H., Lu, H., Chu, L., Shao, H. and Shi, W. (2017). Biochar applied with appropriate rates can reduce N leaching, keep N retention and not increase NH₃ volatilization in a coastal saline soil. *Science Total Environment*, 575, 820-825.
- Taghavimehr, J. (2015). Effect of biochar on Soil Microbial Communities, Nutrient Availability, and Greenhouse Gases in Short Rotation Coppice Systems of Central Alberta, Ph.D. Dissertation. University of Alberta, Alberta, Canada.
- USDA-ARS. (2008). Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance. George E. Brown, Jr. Salinity Lab. US Dep. Agric., Agric. Res. Serv. Riverside, CA
- Vahabi Mashak, F., Hosseini, H., Shorafa, M. and Hatami, S. (2008). Effect of spent mushroom compost on some chemical properties of soil and drainage water. *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)*, 22 (2), 394-406. (In Persian).
- Vashev ,B ,Gaiser ,T ,Ghawana,T ,de Vries, A. and Stahr, K. (۲۰۱۰). Biosafor Project Deliv- erable :^۹Cropping Potentials for Saline Areas in India , Pakistan and Bangladesh .University of Hohenheim ,Hohenheim ,Germany.
- Walkely, A. and Black, I. A. (1934). An examination of method for determination of soil organic matter and proposed modification of chronic acid method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Wang, W., Vinodur, B. and Altman, A. (2003). Plant responses to Drought, salinity and extreme temperatures: Toward genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
- Williams, B. C., McMullan, J. T. and McCahey, S. (2001). An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bio resource Technology*, 79(3), 227-230.
- Xu, G., Zhang, Y., Sun, J. and Shao, H. (2016). Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. *Science Total Environment*, 568, 910-915.
- Yue, Y., Guo, W. N., Lin, Q. M., Li, G. T. and Zhao, X. R. (2016). Improving salt leaching in a simulated saline soil column by three biochars derived from rice straw (*Oryza sativa* L.), sunflower straw (*Helianthus annuus*), and cow manure. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71, 467-475.
- Zhang, L. and Sun, X. (2014). Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. *Bio resource Technology*, 171, 274-284.
- Zheng, H., Wang, X., Chen, L., Wang, Z., Xia, Y., Zhang, Y., Wang, H., Luo, X. and Xing, B. (2017). Enhanced growth of halophyte plants in biochar-amended coastal soil: roles of nutrient availability and rhizosphere microbial modulation. *Plant Cell Environ.* [https:// doi.org/10.1111/pce.12944](https://doi.org/10.1111/pce.12944).
- Zornoza, R., Moreno-Barriga, F., Acosta, J. A., Muñoz, M. A. and Faz, A. (2016). Stability, nutrient availability and hydrophobicity of biochars derived from manure, crop residues, and municipal solid waste for their use as soil amendments. *Chemosphere*, 144, 122-130.