

The use of iron mine soil to improve of soil nutrients and optimum growth of tomato plant

Reyhane Dehghan¹, Ali Akbar Karimian², Somaye Ghasemi³, Hamid Azimzade⁴, Asghar Mosleh Arany⁵, Malihe Amini^{6*}

¹. Department of Environment, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

². Department of Pasture and Watershed, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

³. Department of Soil Science, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

⁴. Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

⁵. Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

⁶. Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran

Abstract

The use of crop residues grown in contaminated soils such as iron mine soils can to some extent improves soil properties such as soil fertility, soil organic matter and soil microbial activity. Therefore, this type of soil can be used to supplying the plant's need for copper and iron elements. For this purpose impact of safflower, clover, corn, canola, amaranth and sorghum residues contains iron and copper (25 mg/kg) on growth of tomato and compensation of iron and copper deficiency (1/7 and 1 mg /kg) were investigated in soil with intense deficiency of microelements. This research was done in a completely randomized design with 3 replications. The results showed that use of plant residues especially clover and corn Compared with control treatment improved optimum growth of tomato. Also the addition of rapeseed and clover residues increased the concentration of copper in the roots and shoots of tomato plant, respectively. Also greatest increase of iron concentration was observed in roots and shoots of sorghum. Therefore, application of plant residues containing nutrients as green manure while saving chemical fertilizers, will resolved the shortage of these elements (iron and copper) in agricultural soils and Due effect of plant residues on soil chemical and physical characteristics and their role in plant nutrition managing, plant residues can play an important role in providing organic matter, especially in arid areas.

Keywords: Soil fertility, Polluted soil, Tomato plant, Micro elements nutrients

* Corresponding Author: amini.malihe@gmail.com

استفاده از خاک معدن آهن برای بهبود وضعیت عناصر غذایی خاک و رشد مطلوب گیاه گوجه‌فرنگی

ریحانه دهقان^۱، علی اکبر کریمیان^۲، سمیه قاسمی^۳، حمید عظیم‌زاده^۴، اصغر مصلح آرانی^۵، ملیحه امینی^{۶*}

^۱ گروه محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۲ گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^۳ گروه علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^۴ گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^۵ گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^۶ گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

چکیده

استفاده از بقایای گیاهانی که در خاک‌های آلوده همچون خاک معدن آهن رشد یافته‌اند، تا حدودی سبب بهبود ویژگی‌های خاک مانند حاصلخیزی، مادهٔ آلی و فعالیت ریزجانداران می‌شود و بنابراین می‌توان از این نوع خاک‌ها برای رفع نیاز گیاه به عناصر مس و آهن استفاده کرد؛ به این منظور، تأثیر بقایای گیاهی گلرنگ، شبدر، ذرت، کلزا، تاج خروس و سورگوم حاوی آهن و مس (۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بر رشد گیاه گوجه‌فرنگی و جبران کمبود آهن و مس (به ترتیب به میزان ۱/۷ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاکی با کمبود شدید عناصر کم‌مصرف بررسی شد. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار طراحی شد. نتایج نشان دادند کاربرد بقایای گیاهی به‌ویژه شبدر و ذرت سبب بهبود رشد گوجه در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود؛ همچنین اضافه کردن بقایای گیاهی کلزا و شبدر به ترتیب سبب افزایش غلظت مس در ریشه و اندام هوایی گیاه گوجه شد. بیشترین افزایش آهن در ریشه و اندام هوایی در اثر اضافه کردن بقایای سورگوم به خاک مشاهده شد؛ بنابراین، کاربرد بقایای گیاهی حاوی عناصر مغذی به شکل کود سبز، ضمن صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی، می‌تواند تا حدودی به تأمین نیاز گیاه به عناصر لازم مانند مس و آهن کمک کند و با توجه به تأثیر بقایای گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نقشی که در تغذیه گیاهان دارند، استفاده از بقایای گیاهی نقش مؤثری در تأمین مادهٔ آلی خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی آن به‌ویژه در مناطق خشک دارد.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، خاک آلوده، گیاه گوجه‌فرنگی، عناصر غذایی کم‌مصرف

* نگارندهٔ مسؤول: نشانی پست الکترونیک: amini.malihe@gmail.com، شمارهٔ تماس: ۰۹۱۰۵۰۸۰۵۴۲

مقدمه

غذایی سبب بهبود وضعیت خاک از نظر تغذیه عناصر کم‌مصرف مانند آهن و مس می‌شوند.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، غلظت کل عناصر کم‌مصرف مانند آهن در خاک‌های زراعی زیاد است؛ اما به علت ویژگی‌های خاک از جمله اسیدیته و کربنات کلسیم زیاد و ماده آلی کم، غلظت قابل‌جذب این عناصر برای گیاهان ناچیز است. وجودنداشتن پوشش گیاهی کافی از دلایل کمبود مواد آلی در خاک‌های ایران به‌ویژه در مناطق خشک است (Karami *et al.*, 2007) و رشد بسیاری از گیاهان زراعی در این خاک‌ها با مشکل تغذیه عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز روبه‌رو است؛ از این رو، کاربرد روش‌های غنی‌سازی زراعی (تناوب کوددهی، اختلاط بقایای گیاهی با خاک و استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی) برای افزایش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف خاک ضروری به نظر می‌رسد (Aulakh *et al.*, 2013). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بقایای گیاهی سوزانده یا برای خوراک دام استفاده می‌شوند؛ این بقایا منبع درخور توجهی از عناصر کم‌مصرف از جمله آهن و مس هستند و مخلوط کردن آنها با خاک می‌تواند به چرخه این عناصر در خاک کمک کند (Khoshgoftarmanesh *et al.*, 2010; Egan,

2013). مطالعه‌های Martin-Rueda و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند تناوب زراعی و مدیریت بقایای گیاهی تأثیر چشمگیری بر غلظت و کارایی جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در گیاه جو دارد. مطالعه‌های Weggler-beaton و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند کاربرد کودهای آلی جامد همراه با کودهای کم‌مصرف در خاک‌هایی که کمبود روی

آلودگی خاک ناشی از صنعتی‌شدن، یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی برای سلامت انسان است (Jiang *et al.*, 2008). با توجه به خطرهای زیست‌محیطی و آلودگی روزافزون عناصر فلزی کمیاب، پاک‌سازی عناصر سنگین از محیط‌زیست اهمیت بسیار زیادی دارد؛ با وجود این، راهکارهای اساسی برای حل این مشکل هزینه‌بر هستند یا در دسترس نیستند (Khan *et al.*, 2009). طی دهه‌های اخیر، گیاه‌پالایی یکی از روش‌هایی بوده که برای اصلاح و پالایش خاک‌های آلوده به ترکیبات معدنی و آلی ارائه شده است؛ این روش مزیت‌هایی نسبت به سایر روش‌های مکانیکی و شیمیایی دارد که از جمله آنها عبارتند از: ارزان بودن و امکان بهره‌گیری در سطح وسیع (Nick Seresht, 2011). خاک‌های آلوده به فلزات را می‌توان به کمک گیاه‌پالایی گیاهان دارای زیست‌توده زیاد پاک‌سازی کرد (Zhao and Askary Mehrabadi, McGrath, 2009) و توانایی گیاه‌پالایی گیاه پرپوش در خاک‌های آلوده به نفت خام را بررسی کردند و نشان دادند پرپوش می‌تواند در غلظت‌های کم نفت زنده بماند، به رشد خود ادامه دهد و آلاینده‌های خاک را کاهش دهد.

بقایای حاصل از گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده، منبعی از آلودگی محسوب می‌شوند و مدیریت این بقایا، گام مثبتی برای کاهش آلودگی است؛ از سویی، این بقایا منبع درخور توجهی از عناصر کم‌مصرف از جمله آهن هستند و مخلوط کردن آنها با خاک می‌تواند به چرخه این عناصر در خاک کمک کند؛ در این راستا، بقایای گیاهی با اثر بر چرخه عناصر

قالب طرح کاملاً تصادفی پرداخت. نتایج پژوهش یادشده نشان دادند بیشترین عملکرد دانه در تیمار لجن فاضلاب (۱۰ تن درهکتار) و کود سولفات روی (۴۰ کیلوگرم درهکتار) به دست می‌آید و بیشترین غلظت آهن در تیمار لجن فاضلاب (۱۰ تن درهکتار) مشاهده می‌شود. Dorostkar و همکاران (۲۰۱۳) اثر بقایای گیاهی بر قابلیت جذب روی در خاک و غلظت این عنصر در دانه گیاهان را بررسی کردند و نشان دادند بیشترین افزایش غلظت روی در تیمار کاربرد بقایای سورگوم مشاهده و کاربرد بقایای گیاهی سبب افزایش غلظت کل روی دانه می‌شود.

شهرستان بافق در زمره مناطق خشک و بیابانی کشور قرار دارد و یکی از فعالیتهای مهم اقتصادی در این شهرستان، معدن کاری و احداث صنایع هم‌جوار است. مهم‌ترین معدن شهرستان بافق، معدن چغارت است که خاک آن دارای مقادیر زیادی آهن، مس و روی است و عناصر سمی دیگر مانند سرب و کادمیوم به مقدار ناچیز و کمتر از مقدار استاندارد در این خاک وجود دارند. استفاده از بقایای گیاهی حاصل از گیاه‌پالایی خاک‌های معادن آهنی که مقدار ناچیزی از عناصر سمی مانند سرب و کادمیوم و مقدار درخور توجهی از عناصر غذایی لازم برای گیاه را دارند، سبب حاصلخیزی خاک، افزایش ماده آلی، افزایش تعداد و فعالیت ریزجانداران خاک می‌شود و باتوجه‌به کمبود مواد آلی و عناصر کم‌مصرف قابل‌جذب در خاک‌های ایران، یافتن چنین راهکارهایی برای افزایش مواد آلی و عناصر کم‌مصرف ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین، مطالعه حاضر با هدف استفاده بهینه از خاک‌های دارای مقادیر بسیار زیاد آهن و مس برای بهبود وضعیت

دارند، افزایش غلظت روی و مس در دانه را در پی دارد؛ بنابراین، باتوجه‌به حذف انرژی و هزینه استفاده از کودهای شیمیایی و همچنین رفع مشکلات زیست‌محیطی دفن یا سوزاندن بقایای گیاهی، استفاده از بقایای گیاهی گزینه مناسبی برای تأمین مواد آلی خاک است (Kumar *et al.*, 2002). حضور بقایای گیاهی در خاک سبب تأمین مواد آلی برای گیاه، کاهش تلفات آب در خاک، تعدیل دمای خاک و کاهش اسیدیته خاک می‌شود و تأثیر فراوانی بر جذب‌پذیرکردن برخی عناصر برای گیاه، افزایش ذخیره رطوبتی خاک، بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و منبع انرژی برای فعالیت ریزموجودات دارد (Verhulst *et al.*, 2011; Marraccini *et al.*, 2012 Aulakh *et al.*, 2013).

Foucaul و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور پالایش خاک‌های آلوده به فلزات و شبه‌فلزات و همچنین ارزیابی فراهمی زیستی و سمیت فلزات و شبه‌فلزات برای گیاهان از کود سبز استفاده کردند؛ در این پژوهش، گیاهان گل‌گاوزبان، خردل سفید و لوبیا برای بهبود ویژگی‌های خاک آلوده به فلزات و شبه‌فلزات استفاده شدند و فراهمی زیستی و سمیت فلزات در این خاک‌ها پیش و پس از کشت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند دو گیاه گل‌گاوزبان و شبدر تنها قادر به ایجاد تغییرات در ویژگی‌های خاک و اثر بر شبه‌فلزات هستند و تأثیری بر ریزموجودات درون خاک ندارند. Nick Seresht (۲۰۱۱) نیز به بررسی امکان استفاده از بقایای گیاهی حاصل از پالایش خاک آلوده، لجن فاضلاب و کود سولفات روی به‌شکل ابزاری برای غنی‌کردن زراعی گندم در سه تکرار و به‌شکل آزمایش فاکتوریل در

عناصر غذایی خاک و رشد مطلوب گیاه گوجه‌فرنگی انجام شد. در پژوهش حاضر از گیاهانی استفاده شد که رشد سریع و زیست‌تودهٔ فراوان (از جمله شرایط لازم برای گیاه‌پالایی) و توانایی زیادی برای جذب عناصری مانند آهن و مس در ریشه و اندام هوایی خود داشتند و در مرحلهٔ دوم از گیاه گوجه‌فرنگی استفاده شد که نسبت به سایر گیاهان، حساسیت بیشتری به کمبود آهن دارد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور یافتن خاک غنی از آهن، موقعیت معادن طبیعی آهن در استان یزد ارزیابی اولیه و سپس معادن

چغارت انتخاب شد. نمونه‌برداری از خاک نقاط مختلف درون و اطراف معدن انجام و از بین نمونه‌ها، خاکی با غلظت زیاد آهن و غلظت کم سایر عناصر سنگین از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برای مراحل بعدی آزمایش انتخاب شد. خاک مدنظر قابلیت هدایت الکتریکی (EC) زیادی داشت؛ از این رو، خاک به مدت ۱۵ روز به کمک آب آبیاری با قابلیت هدایت الکتریکی حدود ۱ دسی‌زیمنس بر متر آب‌شویی شد و سپس هواخشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد؛ پس از آن، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی شدند. جدول ۱، ویژگی‌های خاک استفاده‌شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت‌شده از معدن آهن

ویژگی	واحد	مقدار در خاک معدن
بافت	-	رسی لومی
اسیدیته	-	۷/۳
قابلیت هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۸
کربن آلی	درصد	۰/۸۷
نیترژن کل	درصد	۰/۰۳
غلظت آهن کل	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۲۱۸۷/۵
غلظت آهن قابل جذب	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۲/۶۲
غلظت مس قابل جذب	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲
غلظت روی قابل جذب	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲
غلظت منگنز قابل جذب	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۶
غلظت کادمیوم قابل جذب	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۰/۰۴
غلظت سرب قابل جذب	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱/۰۲

و تیتراسیون برگشتی با هیدروکسید سدیم (Black *et al.*, 1965)، درصد کربن آلی به روش اکسیداسیون تر در مجاورت دی‌کرومات پتاسیم و سولفوریک اسید غلیظ (Mameesh and Tomar, 1993) و درصد نیترژن کل با دستگاه اتوکلتک

در پژوهش حاضر، بافت خاک به روش هیدرومتر (Dennis and Yemoto, 2017)، اسیدیته و قابلیت هدایت الکتریکی خاک به ترتیب با دستگاه pH متر و هدایت سنج (Peck *et al.*, 2008)، مقدار آهن خاک به روش خنثی‌سازی با کلریدریک اسید

خشک شدن کامل، آسیاب شدند و سپس بقایای گیاهی با نسبت ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم به خاک آزمایشی اضافه شدند. پس از دو هفته و انجام پوسیدگی اولیه، ۱۰ بذر گوجه‌فرنگی در هر گلدان یک کیلویی کاشته شد. آب‌دهی گلدان‌ها هر دو روز یک بار انجام و پس از رشد بذرها، تعداد آنها در هر گلدان به سه عدد تنک شد. پس از گذشت دو ماه از دوره رشد گیاه (پیش از رسیدن به گل‌دهی)، ریشه و اندام هوایی به‌طور جداگانه برداشت شدند و ارتفاع ریشه و اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی یادداشت شد. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر آهن و مس، نمونه‌های گیاهی پودر شده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شدند و سپس عصاره‌گیری با کلریدریک اسید دو نرمال انجام شد (Westerman, 1990) و مقدار آهن و مس نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی مدل ۳۵۰-Analyticjena خوانده شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار آماری (SPSS, Version 18) و مقایسه میانگین صفت‌ها با استفاده از روش LSD انجام شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده برای کاشت گیاه گوجه‌فرنگی در جدول ۲ مشاهده می‌شوند.

مدل S4 اندازه‌گیری شد (Bremner, 1996). به‌منظور اندازه‌گیری آهن و مس در دسترس از محلول دی‌اتیلن‌تری‌آمین پنتااستیک اسید (DTPA-TEA) استفاده شد (Lindsay and Norvell, 1987) و غلظت آهن و مس عصاره با دستگاه جذب اتمی (مدل novAA300) تعیین شد. گیاهان استفاده شده به‌شکل بقایای گیاهی شامل کلزا (*Brassica napus* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، شبدر (*Trifolium pretense*)، تاج خروس (*Amaranthus*)، سورگوم (*Sorghum bicolor*) و ذرت (*Zea mays*) بودند. بذر گیاهان مطالعه شده از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه و پس از شستشو با آب اکسیژنه و آب مقطر، در خاک یاد شده کاشته و در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه یزد نگهداری شدند. آب‌دهی گلدان‌ها هر دو روز یک بار انجام شد. آزمایش طی دوره شش‌ماهه رشد گیاهان مطالعه شده و پیش از رسیدن به گل‌دهی انجام شد و در طول دوره رشد، عملکرد ظاهری در تیمارهای مختلف بررسی شد. پس از کامل شدن رشد رویشی گیاهان، ریشه و اندام هوایی به‌طور جداگانه برداشت و پس از شستشو با آب مقطر و هوا خشک شدن، به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. به‌منظور انجام آزمایش‌ها، نمونه‌ها پس از

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت شده برای کاشت گوجه‌فرنگی (عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر)

غلظت مس در دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	غلظت آهن در دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیترژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	آهک (درصد)	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر متر	اسیدیته	بافت
۰/۷	۱/۷	۰/۰۳	۰/۵۲	۳۲	۱	۷/۳	لومی رسی

نتایج و بحث

میزان بهبود رشد ریشه گیاه گوجه‌فرنگی با افزودن بقایای گیاهی حاوی عناصر غذایی به خاک:

مطابق جدول ۳، اثر بقایای گیاهی بر وزن تر و خشک ریشه و همچنین ارتفاع ریشه گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد معنادار است. نتایج آزمایش نشان دادند افزودن

به بررسی تأثیر مواد آلی از منابع مختلف بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گیاه پرداختند و نتایج آنها نشان دادند مصرف مواد آلی تأثیر معناداری بر عملکرد گیاه دارد. Baghbani, Arani و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر بقایای گیاهی گندم و لوبیا توأم با سولفات روی را بر عملکرد و غلظت روی و آهن گندم مطالعه کردند و نتایج پژوهش آنها نشان دادند اضافه کردن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش غلظت آهن و روی در خاک و ریشه گندم می‌شود؛ همچنین این بقایا سبب افزایش معنادار عملکرد شاخساره نسبت به تیمار شاهد شدند. Tejadaa و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر استفاده از کود سبز بر ویژگی‌های خاک و عملکرد محصول ذرت پرداختند و نتایج آنها نشان دادند تیمار بقایای شبدر در مقادیر زیاد سبب افزایش غلظت پروتئین دانه، تعداد دانه و عملکرد محصول در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود. با توجه به اینکه عمده پژوهش‌های انجام شده در زمینه تأثیر افزودن بقایای گیاهی بر عملکرد و رشد اندام‌های هوایی گیاهان بوده‌اند، بحث درباره تأثیر کود سبز بر شیوه رشد ریشه گیاه به نمونه‌های یادشده محدود می‌شود.

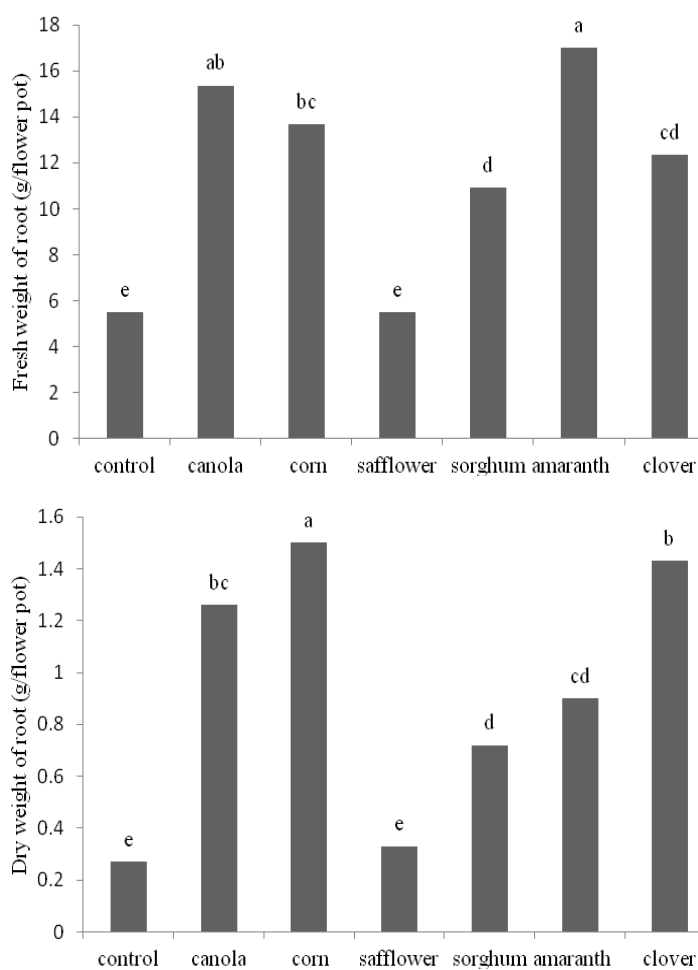
بقایای گیاهی به خاک دارای اثر مثبت بر وزن ریشه نسبت به تیمار شاهد است و با افزودن بقایای گیاهی حاوی عناصر آهن و مس به خاک گلدان‌ها، رشد ریشه گیاه تغییرات معناداری را در وزن تر و خشک نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد (شکل ۱)؛ همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند تأثیر بقایای گیاهی بر ارتفاع ریشه گیاه گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد معنادار است (جدول ۳). اضافه کردن برخی بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش معنادار ارتفاع ریشه در این گیاه شد؛ بنابراین استفاده از بقایای گیاهی حاوی عناصر غذایی، علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه گیاه گوجه‌فرنگی، تأثیر مثبت و معناداری بر ارتفاع ریشه دارد (شکل ۲).

بقایای گیاهی با افزایش دادن ماده آلی خاک، بهبود رشد ریشه و افزایش قابلیت جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف سبب افزایش وزن تر و خشک گیاهان می‌شوند (Alberta, 1995)؛ همچنین نتایج مطالعه‌های گوناگون نشان داده‌اند اثر بقایای گیاهی بر وزن تر و خشک گیاه بسته به شرایط محیطی و کیفیت بقایا متفاوت است (Khoshgoftarmanesh و Soroush Shirazi *et al.*, 2010) و همکاران (۲۰۱۱)

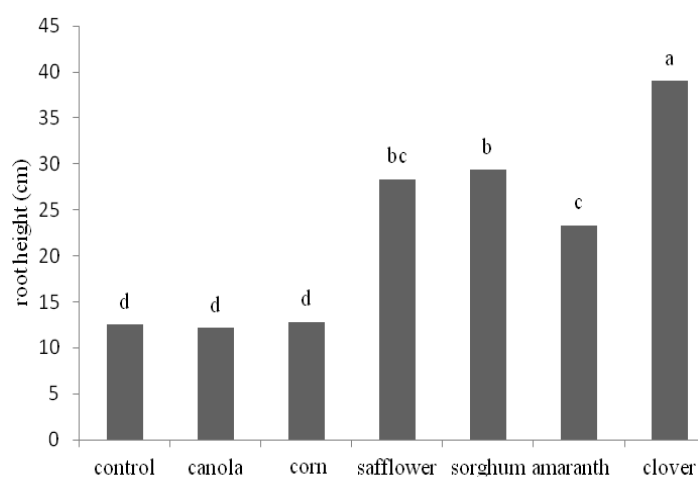
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر بقایای گیاهی حاوی آهن و مس بر ارتفاع ریشه و وزن تر و خشک ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	ارتفاع ریشه
بقایای گیاهی	۳	۵۲/۶۹**	۳/۲۰**	۳۰۳/۲۴**
خطای آزمایش	۸	۲/۱۶	۰/۴۴	۹/۲۸

** معنادار بودن در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تأثیر کاربرد بقایای گیاهی بر وزن تر (شکل بالا) و وزن خشک (شکل پایین) ریشه گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند)



شکل ۲- تأثیر کاربرد بقایای گیاهی بر ارتفاع ریشه گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند)

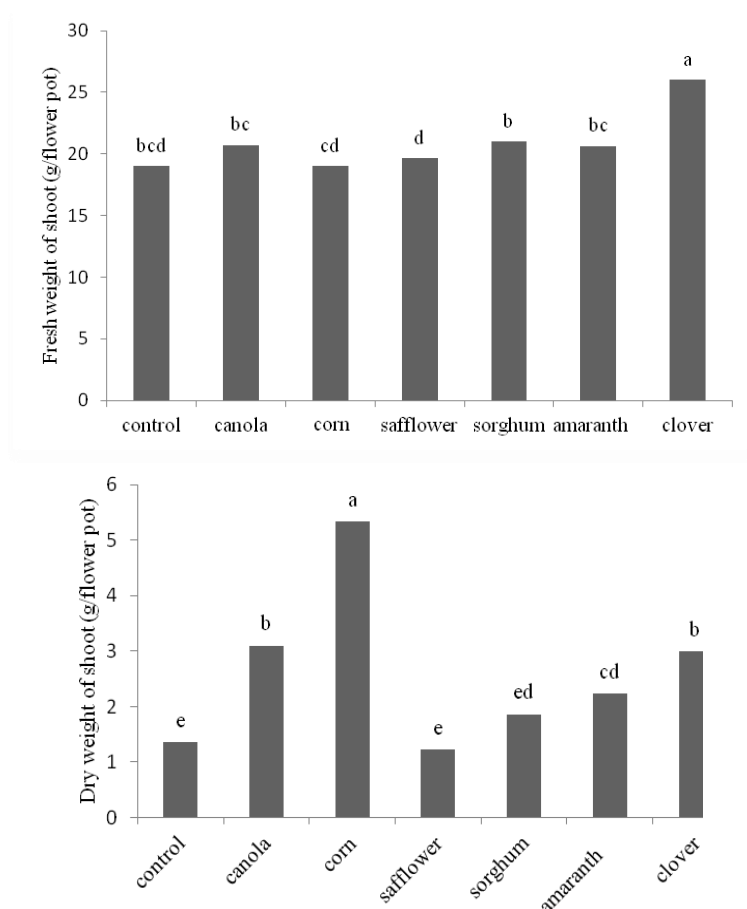
میزان بهبود رشد اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی با افزودن بقایای گیاهی حاوی عناصر غذایی به خاک: تأثیر استفاده از بقایای گیاهی بر وزن تر و خشک اندام هوایی معنادار بود و سبب بهبود وضعیت رشد و عملکرد گیاه شد (جدول ۴). در پژوهش حاضر، بیشترین وزن تر اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی در تیمار بقایای گیاهی شبدر حاصل

شد؛ درحالی‌که بر اساس مقایسهٔ میانگین داده‌ها، اختلاف معناداری بین سایر بقایای گیاهی و تیمار شاهد از نظر تأثیر بر وزن تر اندام هوایی مشاهده نشد (شکل ۳). اگرچه بقایای گیاهی سورگوم، کلزا، ذرت، تاج خروس و گلرننگ وزن تر اندام هوایی بیشتری نسبت به تیمار شاهد ایجاد کردند، اختلاف معناداری از نظر آماری نداشتند.

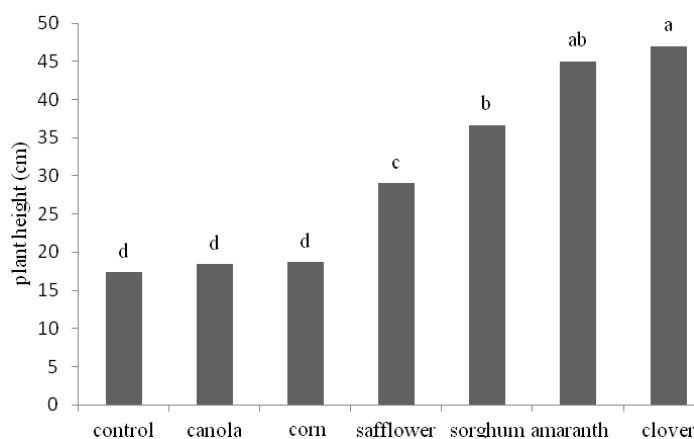
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر بقایای گیاهی حاوی آهن و مس بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک اندام هوایی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات		
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	ارتفاع گیاه
بقایای گیاهی	۳	۱۸/۳۸**	۵/۸۲**	۸۷۲/۰۱**
خطای آزمایش	۸	۱/۳۳	۰/۲۳	۱۱/۹۴

** معنادار بودن در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۳- تأثیر کاربرد بقایای گیاهی بر وزن تر (شکل بالا) و وزن خشک (شکل پایین) اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند)



شکل ۴- تأثیر کاربرد بقایای گیاهی بر ارتفاع اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند)

می‌شود؛ در بین بقایای گیاهی، کاربرد بقایای ذرت بیشترین اثر را بر وزن خشک گوجه‌فرنگی داشت (شکل ۳). بقایای گیاهی با افزایش ماده آلی خاک، بهبود رشد ریشه و افزایش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف و پرمصرف خاک سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند (Khamadi *et al.*, 2015) و افزایش وزن خشک گیاه می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت مواد آلی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک نظیر بهبود تخلخل و حفظ رطوبت خاک باشد؛ از سویی، آزاد شدن عناصر غذایی موجود در بقایا با فراهم کردن شرایط تغذیه‌ای مناسب برای گیاه، عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (Sharifi *et al.*, 2011). Heydari (2004) گزارش کرده است برگرداندن بقایای گیاهی ذرت به خاک در مقایسه با خارج کردن آنها از خاک سبب افزایش ۰/۷۲ درصدی کربن آلی خاک می‌شود. Saeidnejad و همکاران (2012) به بررسی اثر مواد آلی، کودهای زیستی و کود شیمیایی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد گیاه سورگوم علوفه‌ای پرداختند و نشان دادند ارتفاع بوته، تعداد پنجه و محتوای کلروفیل گیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف

علت تأثیر معنادار و مشهود بقایای شبدر در خاک را می‌توان به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و بهبود رشد گیاه مربوط دانست (Weber *et al.*, 2007)؛ همچنین افزایش عملکرد گیاه در خاک‌های تیمار شده با کودهای آلی نسبت به شاهد از تأمین متناسب عناصر غذایی لازم برای گیاه و بهبود شرایط فیزیکی خاک به علت اثرهای مطلوب مواد آلی ناشی می‌شود (Weber *et al.*, 2007). Surekha و همکاران (2008) کاربرد هم‌زمان کاه و کلش برنج و گیاه لگوم را سبب افزایش نیتروژن خاک و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانستند. نتایج پژوهش Khoshgoftarmanesh و همکاران (2010) نشان دادند کاربرد بقایای گیاهی و سولفات روی در خاک سبب افزایش معنادار عملکرد دانه گندم می‌شود؛ به طوری که بقایای یونجه و لویا سبب افزایش ۲۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شدند. نتایج تجزیه واریانس جدول ۴ نشان می‌دهند در تیمارهایی که بقایای گیاهی به خاک اضافه شده‌اند، افزایش معنادار وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد در سطح احتمال ۱ درصد دیده

معنادار غلظت آهن ریشه گوجه‌فرنگی می‌شود. بقایای گیاهی سورگوم و ذرت سبب بیشترین غلظت آهن در ریشه گوجه‌فرنگی شدند؛ همچنین بقایای گیاهی سورگوم بیشترین تأثیر را بر غلظت آهن در اندام هوایی گوجه‌فرنگی داشت (شکل ۵).

وجود بقایای گیاهی به‌علت اثر مثبتی که بر ویژگی‌های خاک و پراکنش ریشه و رشد گیاه دارد، فرایند جذب آهن توسط گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (Malhi et al., 2009)؛ از سویی، ماده آلی اضافه‌شده به خاک به‌شکل بقایای گیاهی با آهن کمپلکس تشکیل می‌دهد و از رسوب آن جلوگیری می‌کند و حلالیت آن را در خاک افزایش می‌دهد (Razavi Toosi, 2000). فعالیت‌های میکروبی هنگام تجزیه بقایای گیاهی سبب افزایش کلات‌های آلی طبیعی در خاک‌های حاوی بقایای گیاهی می‌شوند و جذب عناصر کم‌مصرف مانند آهن بیشتر می‌شود (Razavi Toosi, 2000). Nejad Hossieni و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر استفاده از مواد آلی در خاک نشان دادند غلظت فلزاتی مانند آهن، مس و روی در دانه گندم با کاربرد مواد آلی در خاک (صرف‌نظر از نوع ماده آلی) افزایش می‌یابد؛ همچنین Martin-Ruedaa و همکاران (۲۰۰۹) نیز وجود گیاه ماشک در تناوب زراعی را سبب افزایش جذب و غلظت عناصری مانند آهن و منگنز در جو زراعی عنوان کردند و بنابراین، استفاده از کود سبز در تناوب‌های زراعی سبب تقویت خاک، اصلاح بافت و ساختمان خاک و همچنین تأمین ریزمغذی‌ها و عناصر ضروری پر مصرف در خاک می‌شود.

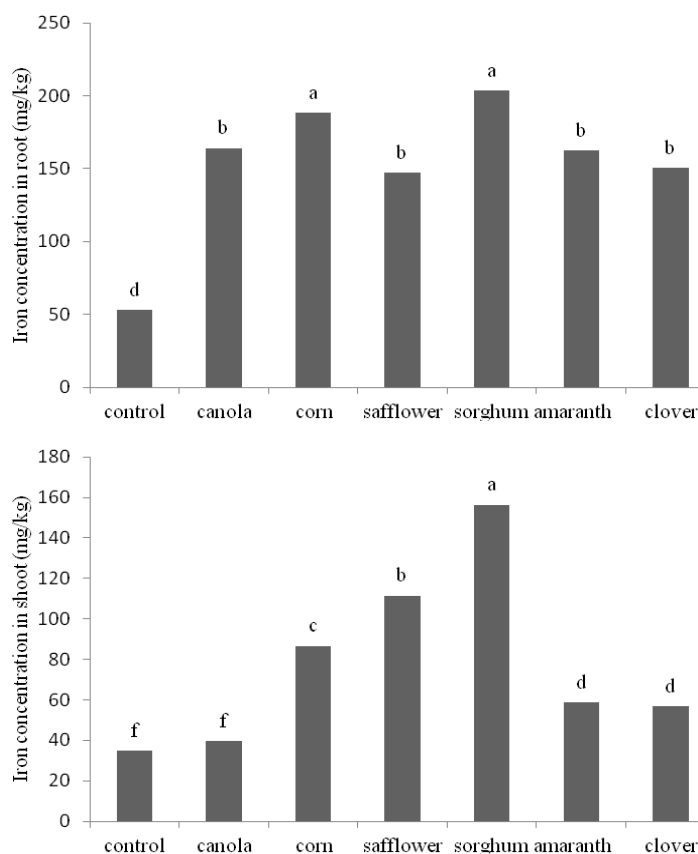
قرار می‌گیرد؛ همچنین عملکرد علوفه تقریباً در تمام تیمارها اختلاف معناداری با تیمار شاهد نشان می‌دهد. مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد تأثیر بقایای گیاهی بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد معنادار است. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین ارتفاع گیاه به گوجه‌فرنگی تیمار شده با بقایای شبدر مربوط است؛ هرچند اختلاف معناداری از نظر آماری بین این تیمار و تیمار بقایای گیاهی تاج خروس وجود ندارد. کمترین طول ساقه به تیمار شاهد مربوط بود که به همراه بقایای ذرت و کلزا تأثیر معناداری بر ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد نداشتند (شکل ۴). Tejadaa و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود به بررسی تأثیر استفاده از کود سبز بر ویژگی‌های خاک و عملکرد محصول ذرت پرداختند و نشان دادند تیمار بقایای شبدر در مقادیر زیاد سبب افزایش غلظت پروتئین دانه، تعداد دانه و عملکرد محصول در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود. بر اساس نتایج Abdi و همکاران (۲۰۱۳)، بقایای گیاهی شبدر تأثیر بسزایی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارند و به‌علت افزایش نیتروژن کل و معدنی قابل‌استفاده برای گیاه بعدی، بقایای این گیاه را می‌توان به‌شکل کود سبز استفاده کرد.

میزان بهبود غلظت آهن در ریشه و اندام هوایی

گوجه‌فرنگی با افزودن بقایای گیاهی حاوی عناصر غذایی به خاک: نتایج تجزیه واریانس نشان دادند بقایای گیاهی اثر معناداری در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت آهن ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی دارند (جدول ۵). آزمون مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد بقایای گیاهی در مقایسه با شاهد سبب افزایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		آهن ریشه	آهن اندام هوایی
بقایای گیاهی	۶	۷۰۴۶/۰۳**	۵۳۰۸/۱۱**
خطای آزمایش	۱۵	۱۰۷/۲۵	۲۴/۳۴

** معنادار بودن در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تأثیر کاربرد بقایای گیاهی بر غلظت آهن در ریشه (شکل بالا) و اندام هوایی (شکل پایین) گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند)

بقایای گیاهی سبب افزایش غلظت مس ریشه می‌شود. گوجه‌فرنگی تیمار شده با بقایای گیاهی کلزا و تیمار شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت مس ریشه را داشتند؛ همچنین بقایای گیاهی شبدر و تیمار شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت مس را در اندام هوایی گوجه‌فرنگی نشان دادند (شکل ۶).

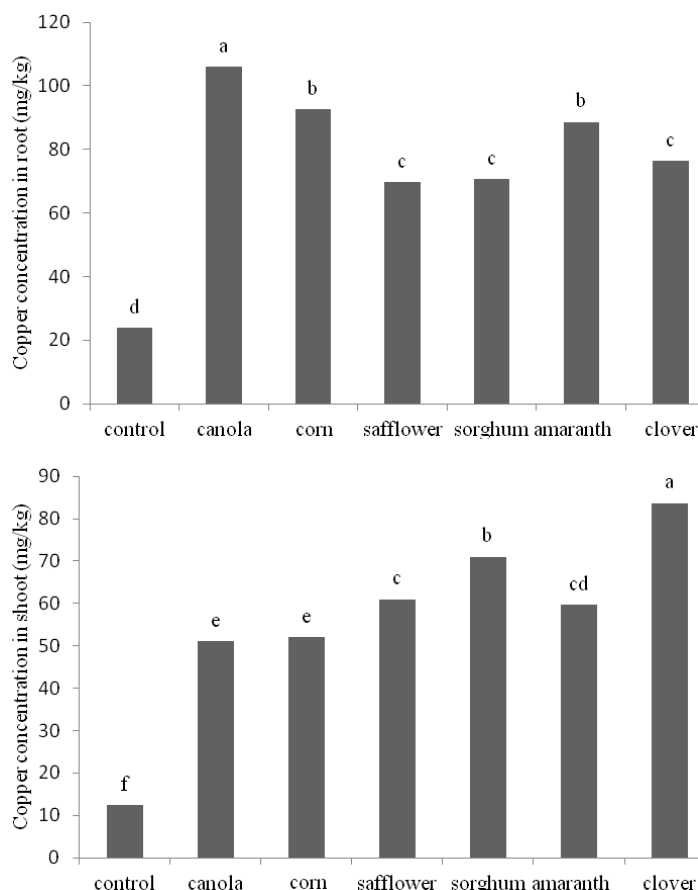
میزان بهبود غلظت مس در ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی با افزودن بقایای گیاهی حاوی عناصر غذایی به خاک: بر اساس نتایج آزمایش‌ها، اثر بقایای گیاهی بر غلظت مس در ریشه و اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد معنادار است (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تأثیر بقایای گیاهی بر غلظت مس در ریشه و اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
---------------	------------	----------------

	مس ریشه	مس اندام هوایی
بقایای گیاهی	۱۷۶۸/۶۲**	۵۴۸۰/۲۷**
خطای آزمایش	۳۸/۸۴	۸۱/۹۷

** معنادار بودن در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۶- تأثیر کاربرد بقایای گیاهی بر غلظت مس در ریشه (شکل بالا) و اندام هوایی (شکل پایین) گیاه گوجه‌فرنگی (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ آزمون LSD ندارند)

میکروبی می‌تواند استفاده کند، افزایش یابد و با توسعه ریشه، توانایی جذب مس تشدید شود. کاربرد بقایا با کیفیت و حجم مناسب سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شود و درعین حال، این بقایا سبب کاهش اسیدیته در زمان تجزیه می‌شوند که افزایش حلالیت کانی‌ها و کاهش جذب سطحی را در پی دارد (Khamadi *et al.*, 2015). آزمایش‌های Nejad Hossieni و همکاران

تجزیه مواد آلی سبب تولید اسیدهای آلی و گاز دی‌اکسید کربن می‌شود و از طریق تولید کربنیک اسید و کاهش اسیدیته خاک می‌تواند بر قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف اثر بگذارد (Sharifi *et al.*, 2011)؛ از سوی دیگر، اضافه کردن بقایا به خاک سبب می‌شود کمپلکس‌های نامحلول مس با ترکیبات آلی آزاد شده از تجزیه بقایا واکنش دهند و رقابت برای مسی که جمعیت تکثیر یافته

گیاهان به خاک برگردانده می‌شوند، با سرعت بیشتری تجزیه می‌شوند و عناصر غذایی موجود در اندام هوایی خود را به گیاه منتقل می‌کنند. در پژوهش حاضر، بیشترین میزان مس اندام هوایی به بقایای گیاهی شبدر تعلق داشت که ممکن است به علت توانایی زیاد این گیاه در تثبیت نیتروژن و به تبع آن، دسترسی به سایر عناصر و همچنین تجمع بیشتر مس در اندام هوایی این گیاه باشد (Abdi *et al.*, 2013).

نتیجه‌گیری

باتوجه به تأثیر بقایای گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نقشی که در تغذیه گیاهان دارند، مدیریت بقایای گیاهی نقش مؤثری در تأمین ماده آلی خاک به‌ویژه در مناطق خشک دارند و این امر در زمینه گیاهانی که در خاک‌های آلوده به عناصر مغذی رشد می‌کنند، درخور توجه است و استفاده از این گیاهان ضمن حذف آلودگی موجود در محیط اولیه، وضعیت رشد گیاهان و تأمین ریزمغذی‌ها در محیط‌های ثانویه را بهبود می‌بخشد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، ویژگی‌های مورفولوژیکی گوجه‌فرنگی و میزان عناصر غذایی این گیاه تحت تأثیر کاربرد بقایای گیاهی (کود سبز) بهبود می‌یابد و بیشترین بازده به کاربرد بقایای گیاهی شبدر نسبت به سایر بقایای گیاهی تعلق دارد. کاربرد بقایای گیاهی اثر معناداری بر میزان عناصر کم‌مصرف آهن و مس در گوجه‌فرنگی داشت. شبدر بهترین نوع کود گیاهی از نظر تأثیر بر صفات‌های مورفولوژیک و افزایش مس گیاه

(۲۰۱۱) روی ذرت، Prasad و Kumara (۲۰۱۴) و همچنین Choudhury و Khanif (۲۰۱۱) در زمینه برنج و Xu-hong و همکاران (۲۰۱۴) روی گندم، آثار مثبت کاربرد مواد آلی و بقایای گیاهی در افزایش جذب مس در گیاه، انتقال و افزایش غلظت آن در بذر را نشان می‌دهند.

بقایای گیاهی تاج خروس و ذرت به ترتیب بیشترین تأثیر را بر وزن تر و خشک ریشه گیاه گوجه‌فرنگی داشتند که از دلایل این پدیده می‌توان به توانایی زیاد این گیاهان در تبدیل منابع یادشده به مواد خشک اشاره کرد؛ همچنین گیاه شبدر بیشترین تأثیر را بر وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع ریشه و اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی داشت که در این زمینه می‌توان گفت گیاهان لگوم مانند شبدر قادر به همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم هستند که امکان تثبیت نیتروژن و به تبع آن، دسترسی به سایر عناصر را افزایش می‌دهد؛ هرچند این امر به شرایط خاک و اقلیم نیز بستگی دارد (HoghJensen and Schjoerring, 2001). بیشترین غلظت آهن ریشه و اندام هوایی در گونه سورگوم و پس از آن، گلرنگ مشاهده شد که از دلایل این پدیده می‌توان به توانایی زیاد این گیاهان در تولید زیست‌توده و توانایی زیاد در جذب آهن در اندام هوایی و انتقال آن به خاک از طریق بقایای گیاهی اشاره کرد. بقایای گیاهی سورگوم بیشترین جذب آهن در اندام هوایی را نسبت به سایر گیاهان داشتند؛ همچنین بیشترین غلظت مس در ریشه گیاه گوجه‌فرنگی به خاک حاوی بقایای گونه کلزا متعلق بود. گیاهانی مانند کلزا، نیتروژن را جذب و آن را به شکل آلی در بافت‌های خود ذخیره می‌کنند؛ هنگامی که این

- American Society of Agronomy (ASA), New York.
- Choudhury, M. A. and Khanif, Y. M. (2011) Effects of nitrogen, copper and magnesium fertilization on nutrition of some macro and micro nutrients of rice crop. *Bangladesh Research Publications Journal* 5(3): 201-206.
- Dennis, L. C. and Yemoto, K. (2017) *Methods of Soil Analysis: Part 2 Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids*. American Society of Agronomy (ASA), New York.
- Dorostkar, V., Afyuni, M. and Khoshgoftarmanesh, A. (2013) Effects of preceding crop residues on total and bio-available zinc concentration and phytic acid concentration in wheat grain. *Journal of Water and Soil Science* 17(64): 81-93 (in Persian).
- Egan, M. (2013) Biosolids management strategies: An evaluation of energy production as an alternative to land application. *Environmental Science Pollution Research of American Journal* 20: 4299-4310.
- Foucaul, Y., Lévêque, T., Xiong, T., Schreck, E., Austruy, A. and Shahid, M. (2013) Green manure plants for remediation of soils polluted by metals and metalloids: Ecotoxicity and human bioavailability assessment. *Chemosphere of American Journal* 93(7): 1430-1435.
- Heydari, A. (2004) The effects of crop residue management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn-wheat rotation. *Agricultural Engineering Research* 6(5): 81-94 (in Persian).
- HoghJensen, H. and Schjoerring, J. K. (2001) Rihizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biological and Biochemicals* 33: 439-448.
- Jiang, X. and Wang, Ch. (2008) Zinc distribution and zinc-binding forms in *Phragmites australis* under zinc pollution. *Journal of Plant Physiology* 165(8): 697-704.
- گوجه‌فرنگی و سورگوم بهترین نوع کود گیاهی در زمینه افزایش آهن در گوجه‌فرنگی گزارش شد.

References

- Abdi, S., Tajbakhsh, M., Abdollahi Mandolkani, B. and Rasoli Sedghiani, M. (2013) Effect of green manure on the soil organic matter and nitrogen. *Agronomy Science* 3(7): 41-52 (in Persian).
- Alberta, E. (1995) *Stubble Burning*. Columbia Basin Agricultural Research, Annual Report 2(4): 105-109.
- Askary Mehrbadi, M., Amini, F. and Sabeti, P. (2014) Evaluation of phytoremediation of petroleum hydrocarbon and heavy metals with using *Catharanthus roseus*. *Iranian Journal of Plant Biology* 6(21): 111-126.
- Aulakh, M. S., Manchanda, J. S., Garg, A. K., Kumar, S., Dercon, G. and Nguyen, M. (2013) Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean- wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. *Soil and Tillage American Journal* 120: 50-60.
- Baghbani Arani, A., Mohammad Modarres Sanavy, S. A. and Kadkhodaie, A. Z. (2015) Effect of wheat and bean residue along with zinc sulfate on zinc and iron concentration and grain yeild of wheat. *Economic and Developmental Sociology* 25(3): 91-102 (in Persian).
- Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E. and Clark, F. E. (1965) *Methods of soil analysis: Part 2 Agronomy*, American Society of Agronomy (ASA), New York.
- Bremner, J. M. (1996) *Methods of Soil Analysis: Part 3 Nitrogen-Total*.
- Karami, M., Rezainejad, Y., Afyuni, M. and Shariatmadari, H. (2007) Cumulative and residual effects of sewage sludge on lead and cadmium concentration in soil and

- wheat. *Water and Soil Science* 11(1): 79-95 (in Persian).
- Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hasibi, P., Farzaneh, M. and Enayatzamir, N. (2015) Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. *Applied Field Crops Research* 28(4): 158-166 (in Persian).
- Khan, S., Ahmad, I., Tahir Shah, M., Rehman, S. and Khaliq, A. (2009) Use of constructed wetland for the removal of heavy metals from industrial wastewater. *Journal of Environmental Management* 90(7): 3451-3457.
- Khoshgoftarmanesh, A. H., Schulin, R., Chaney, R. L., Daneshbakhsh, B. and Afyuni, M. (2010) Micronutrient efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review *Agronomy for Sustainable Development* 30: 83-107.
- Kumar, K., Rosen, C. J. and Guta, S. C. (2002) Kinetics of nitrogen mineralization in soils amended with sugar beet processing by-product. *Common. Plant Analysis of Americal Journal* 33: 3635-3651.
- Kumara, K. and Prasad, J. (2014) Long term effect of residual zinc and crop residue on yield and uptake of micronutrients in rice calcareous soil. *Annals of Plant and Soil Research* 16(1): 64-67.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of Americal Journal* 43: 421-428.
- Malhi, S. S., Lemke, R., Wang, Z. H. and Chhabra, B. S. (2009) Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. *Soil Tillage Research of American Journal* 90: 171-183.
- Mameesh, M. S. and Tomar, M. (1993) Phytate content of some popular Kuwaiti foods. *Cereal Chemical of Americal Journal* 70: 502-503.
- Marraccini, E., Debolini, M., Di Bene, C. and Bonari, E. (2012) Factors affecting soil organic matter conservation in Mediterranean hillside winter cereals-legumes cropping systems. *Agronomy of Italian Journal* 7: 283-292.
- Martin-Ruedaa, I., Muñoz-Guerraa, L. M., Yuntaa, F., Estebana, E., Tenoriob, J. L. and Lucenaa, J. J. (2009) Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calcicortidic Haploxeralf. *Soil and Tillage of Americal Journal* 92: 1-9.
- Nejad Hossieni, T., Astarayie, A., Khorasani, R. and Emami, H. (2011) Investigation of two types of organic fertilizers with over-zinc elements on yield, yield components and nutrient concentrations in common millet grain. *Iranian Journal of Field Crop* 9(1): 70-77 (in Persian).
- Nick Seresht, F. (2011) Effect of urban sewage sludge, zinc sulphate fertilizer and residues of cumulative and more cumulative plants on zinc concentration in wheat seed. MSc thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (in Persian).
- Peck, A. W., McDonald, G. K. and Graham, R. D. (2008) Zinc nutrition influences the protein composition of flour in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Science of Americal Journal* 47: 266-274.
- Razavi Toosi, A. (2000) Interaction effects of compost, compost leachate and Mn on growth and chemical composition of spinach and rice seedling. MSc thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran (in Persian)
- Saeidnejad, A. H., Khazaei, H. R. and Rezvani Moghaddam, P. (2012) Assessing the effect of organic compounds, biofertilizers and chemical fertilizers on morphological properties, yield and yield components of Forage Sorghum (*Sorghum bicolor*). *Field Crops Research* 10(3): 503-510 (in Persian).
- Sharifi, M., Afyuni, M. and Khoshgoftarmanesh, A. H. (2011)

- Effects of sewage sludge, compost and cow manure on availability of soil Fe and Zn and their uptake by corn, alfalfa and tagetes flower. *Water and Soil Science* 15(56): 141-154 (in Persian).
- Sorosh Shirazi, M., Samawat, S., Zolfi Baurian, M., Fakhri, F. and Moradi, G. H. (2011) Investigating the effect of organic materials from different sources on physical and chemical properties of soils and plant performance in Bushehr province. *Soil Science* 25(4): 285-293 (in Persian).
- Surekha, K., Pavan Chandra Reddy, K., Padma Kumari, A. P. and Sta Cruz, P. C. (2008) Effect of Straw on Yield Components of Rice (*Oryza sativa* L.) Under Rice-Rice Cropping System. *Journal Agronomy and Crop Science* 192: 92-101.
- Tejadaa, M., Gonzalezb, J. L., García-Martínezc, A. M. and Parradoc, J. (2007) Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology of Americal Journal* 99(11): 4949-4957.
- Verhulst, N., Govaerts, B., Nelissen, V., Sayre, K., Crossa, J., Raes, D. and Deckers, J. (2011) The effect of tillage, crop rotation and residue management on maize and wheat growth and development evaluated with an optical sensor. *Field Crops Research of Americal Journal* 120: 58-67.
- Weber, J. A., Karczewska, J., Drozd, M., Licznar, S., Licznar, E. and Kocowicz, A. (2007) Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biochemical of Americal Journal* 39: 1294-1302.
- Weggler-beaton, R., Graham, D. and Melaugin, M. J. (2003) The influence of low rates of arid-dried on yield and phosphorus and zinc nutrition of wheat (*triticum durum*) and barley (*hordeum vulgar*). *Soil Research of Americal Journal* 41: 293-308.
- Westerman, R. E. L. (1990) Soil testing and plant analysis. American Society of Agronomy (ASA), New York.
- Xu-hong, C., Guang-cai, Z., De-mei, W., Yu-shuang, Y., Shao-kang, M., Zhen-hua, L., Hui-li, L., Er-hong, J. and Feng, Ch. (2014) Effects of ecological environment and nitrogen application rate on microelement contents of wheat grain. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer* 20(4): 885-895.
- Zhao, F. J. and McGrath, S. P. (2009) Biofortification and phytoremediation. *Plant Biology* 12: 373-380.