Archive of SID

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۲- شماره ٤- پیاپند ۱۲۵ زمستان ۹۸

اثر نانو ذرات آهن و روی و کودهای آلی بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی *(Solanum lycopersicum)*

Effect of Zinc and Iron nano particles and organic fertilizers on quality and quantity yields of tomato *(Solanum lycopersicum)*

سعید جواهری[۱]، علیرضا آستارایی[۲*]، رضا خراسانی[۳]، حمیدرضا ذبیحی[۴]، حجت امامی[۵]

۱. دانشجوی دکتری پردیس دانشگاه فردوسی مشهد و محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی ، مشهد. ایران
۲. دانشیار علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ، (نگارنده مسئول)
۳. دانشیار علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. عضو هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی ، مشهد .ایران.
۵. دانشیار علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۵/۱٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٤/۰۵ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.114953.1178

چکیده

جواهری، س.، آستارایی، ع.، خراسانی، ر.، ذبیحی، ح. ر.، امامی، ح.، اثر نانو ذرات آهن و روی و کودهای آلی بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی *(Solanum lycopersicum)*
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ٤- پیاپند ۱۲۵ زمستان ۱۳۹۸: صفحه ۳۲-۱٦

بمنظور بررسی اثرات نانواکسید آهن، نانو اکسید روی، ترکیبات آلی ورمی کمپوست و اسیدهیومیک برعملکرد و جذب برخی از عناصرغذایی در گوجه فرنگی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی انجام شد. عامل اول، ترکیبات آلی در سه سطح: صفر، ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک، و عامل های دوم و سوم، نانو ذرات اکسیدآهن و اکسید روی، هر کدام در دو سطح: صفر و ۲/٦ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه غلظت نیتروژن در برگ به طور معنی داری تحت تاثیر مصرف ورمی کمپوست و غلظت نیتروژن در میوه تحت تاثیر مصرف توأم نانواکسید آهن و روی و نیز نانو اکسید روی قرار گرفته، و به حداکثر مقدار رسید. مصرف ورمی کمپوست همراه با نانواکسید آهن و روی، غلظت آهن را در برگ و میوه به طور معنی داری افزایش داد. اثرات متقابل ترکیبات آلی و نانو اکسید آهن و روی بر عملکرد میوه معنی دار شدو با کاربرد نانواکسید روی و ترکیبات آلی، عملکرد میوه ۷٤ درصد فزایش یافت و از ٦۱/٦۲۰ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۱۰۷/۱۹۳ تن در تیمارهای نانواکسید روی و اسید هیومیک افزایش پیدا کرد. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که نانواکسیدآهن و روی منابع مناسبی برای تامین نیازگیاه گوجه فرنگی به این دو عنصر بودند و مصرف نانواکسید روی همراه با اسید هیومیک نیز موجب افزایش عملکرد معنی دارمیوه گوجه فرنگی شد.

واژه های کلیدی: تغذیه، عناصرکم مصرف، ورمی کمپوست، اسیدهیومیک

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: alirezaastaraei@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گوجه فرنگی با نام علمی Solanum lycopersicum گیاهی چند ساله است که به تیره سیزمینیان تعلق دارد. این گیاه بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است که بعداً از آنجا به سایر نقاط جهان منتقل شد (Zomorodi, 2010). گوجه فرنگی سرشار از ویتامین C و لیکوپن میباشد. سطح زیرکشت آن در ایران در سال زراعی ۹۵-۹۴، ۱۴۹ هزار هکتار، تولید آن ۵/۸ میلیون تن و میانگین عملکرد آبی آن در کل کشور ۳۹/۲ تن در هکتار بوده است (Report of crops statistics, 2016). استان فارس با ۱۸۶۱۹ هکتار سطح زیرکشت و ۹۳۱ هزار تن تولید، مقام اول و استان خراسان رضوی با ۱۳۹۱۸ هکتار سطح زیرکشت و ۵۷۱ هزارتن تولید، مقام چهارم تولید گوجه فرنگی درکشور را به خود اختصاص داده است (Report of crops statistics, 2016). به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول این گیاه استراتژیک، طرح‌های تحقیقاتی متعددی در زمینه های مختلف از جمله تغذیه بهینه آن، اجرا گردیده است. در این راستا، برخی مطالعات نشان دادهاند که دو عنصر آهن و روی در تغذیه گوجه فرنگی، نقش مهمی ایفا میکنند به طوری که این عناصر در فرآیندهای حیاتی از جمله سنتز اکسینها، فعالیت آنزیم-ها، متابولیسم پروتئین و تقسیمات سلولی نقش داشته (Alloway, 2004)، و از طریق تاثیری که بر فرآیند فتوسنتز و تولید قند دارند عناصر ضروری در متابولیسم کربوهیدراتها محسوب میشوند (Taiz & Zeiger, 2006; Romheld & Marschner, 1991). به عنوان مثال، مشخص شده که عناصر روی و آهن برای آنزیم سوپر اکسید دسموتاز به عنوان کوفاکتور عمل کرده، فراهمی آنها میتواند در بهبود فعالیت این آنزیم و ممانعت از بروز خسارات تنش اکسیداتیو در گیاه موثر باشد(Alscher *et al*., 2002).

یکی دیگر از مواردی که در تغذیه گیاهان و در بهبود خواص کمی و کیفی آنها موثر است، استفاده از کودهای آلی است. بهبود و تسریع جوانه زنی بذر، افزایش بازیافت فسفر نامحلول خاک، افزایش جمعیت میکروبهای مفید خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، بهبود رشد و ساختار ریشه، و افزایش مقاومت گیاه در برابر انواع تنشها، از جمله مزایای ترکیبات آلی محسوب می شوند(Waqas *et al*., 2014) .بررسی مصرف سولفات آهن و کود دامی در زراعت گوجه فرنگی نشان داد که سولفات آهن و کود دامی باعث بهبود تغذیه آهن در گوجه-فرنگی شد (Zolfi & Norowzi, 2005).

از جمله ترکیبات آلی، میتوان به ورمی-کمپوست اشاره کرد.. کاربرد ورمیکمپوست در بهبود خواص فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر بسزایی داشته و علاوه بر وزن مخصوص کم، فاقد میکروارگانیسمهای بیماری‌زا، باکتریهای غیرهوازی، قارچها و علفهای هرز میباشد. ورمیکمپوست علاوه بر قابلیت جذب آب بالا، شرایط مناسب جهت دانه بندی و نگهداری مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را فراهم مینماید ((Samavat *et al*., 2007. ورمیکمپوست حاوی عناصر غذایی بسیار غنی به ویژه نیتروژن بوده که بتدریج آنها را در اختیار گیاه قرار میدهد. این کود در مقایسه با

www.SID.ir

Archive of SID

سایر کودهای آلی دارای میزان عناصر اصلی غذایی بالاتری است بطوریکه علاوه بر عناصر پرمصرف که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند، حاوی عناصر کم مصرف مانند آهن، مس، روی و منگنز میباشد. علاوه بر این با داشتن موادی مانند ویتامین B12 و اکسین عوامل محرک رشد گیاه را فراهم میآورد (Samavat *et al*.,2007).

یکی دیگر از ترکیباتی که میتواند اثرات بسیار مثبتی بر رشد و نمو گیاهان داشته باشد اسیدهیومیک است. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسیدهیومیک تحریک میشود ولی اثر آن بر روی ریشه بیشتر است بطوریکه حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه میگردد. اسیدهیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه بهبود میبخشد. این رفتار میتواند در خاکهای قلیایی و آهکی که معمولا کمبود آهن قابل-جذب و مواد آلی دارند بیشتر موثر باشد. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابلملاحظه ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته، بدلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات مفیدی درافزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند Waqas *et al*.,2014).

امروزه با استفاده از نانو ذرات عناصر غذایی، میتوان مدیریت تغذیه گیاهان را بهبود بخشید و علاوه بر آن میزان آلاینده هایی همچون فلزات سنگین و بقایای سموم را به حداقل ممکن کاهش داد. فناوری نانو با تغییر و اثرگذاری در فرمولاسیون کودها و تولید موادی با ویژگیهای مناسب (نانو کود شیمیایی، نانو کود آلی و نانو کود بیولوژیک) میتواند نقش مهمی را در این زمینه ایفا کند. استفاده از این فناوری در تولید کود، سبب افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش روند تخریب محیط زیست میگردد (Hiyasmin Rose *et al*., 2015).

خوشپیک و همکاران (Khoshpeyk *et al*. 2017) در بررسی تأثیر مصرف کود شیمیایی دارای نیتروژن و نانوکود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill.) تاثیر چشمگیر و معنیدار نانوکود دامی را گزارش کرده ، عدم مصرف توأم نانو کود دامی با کود شیمیایی دارای نیتروژن و جایگزین کردن نانوکود دامی با کودهای شیمیایی دارای نیتروژن را توصیه نمودند.

در بررسی اثر مصرف کودهای آلی در زراعت گوجه فرنگی اثرات کودهای دارای نیتروژن و فسفر به همراه کودهای آلی کمپوست بطور معنیداری باعث افزایش عملکرد محصول گوجه فرنگی شد (Noori Hoseiny & Khoogar, 2008) . در تحقیقی دیگر، اثر محلول-پاشی آهن در مراحل مختلف رشدی برنج مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق، افزایش عملکرد و غلظت عناصر غذایی مختلف برنج در تیمار محلولپاشی آهن در مراحل اوایل پنجه زنی، اواخر ساقه رفتن و اواخر خوشه دهی گزارش گردید (Baghaie *et al*., 2011). با توجه به عدم اطلاع کافی از کاربرد نانو ذرات در تغذیه گیاهان زراعی، در این پژوهش اثربخشی دو ترکیب اکسید آهن و اکسید روی در ابعاد نانو

www.SID.ir

Archive of SID

بر افزایش کمی وکیفی محصول گوجه فرنگی و همچنین تاثیر ترکیبات آلی اسید هیومیک و ورمیکمپوست در افزایش قابلیت جذب این دو عنصر مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روشها

۱- موقعیت اجرای طرح:

به منظور بررسی تاثیر کودهای آلی اسید-هیومیک و ورمیکمپوست و نانو ذرات آهن و روی بر خصوصیات کمی و کیفی گوجهفرنگی آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق، واقع در پنج کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مشهد انجام شد. این ایستگاه در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا قرارگرفته است. بر اساس اقلیم بندی آمبرژه، آب و هوای مشهد در طبقه خشک و سرد قرار دارد. میانگین بارنگی سالانه ایستگاه طرق ۲۵۴/۲ میلیمتر و متوسط دمای سالانه ۱۴/۵ درجه سانتیگراد میباشد.

۲- عملیات اجرایی:

به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی آب و خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک، یک نمونه آب و یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری محل اجرای طرح تهیه و در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مورد تجزیه قرار گرفت (جداول ۱ و۲).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of soil at the experimental site

واکنش	هدایت الکتریکی	آهک	کربن آلی	شن	لای	رس	نیتروژن	فسفر	پتاس	آهن	منگنز	روی	مس
pH	EC	T.N.V	O.C	Sand	Silt	Clay	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
	دسی زیمنس بر متر	درصد					قسمت در میلیون						
	dSm^{-1}	%					ppm						
8.0	0.94	18.8	0.32	27	51	22	0.028	9.6	197	3.46	8.10	0.98	1.76

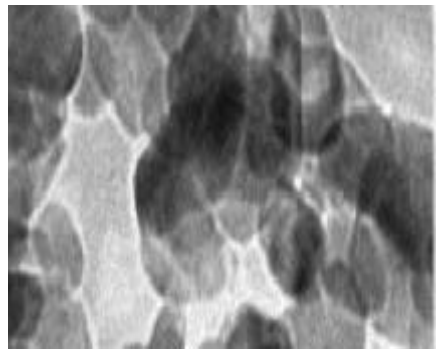
جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در پژوهش

Table1. Chemical properties of water used in the research

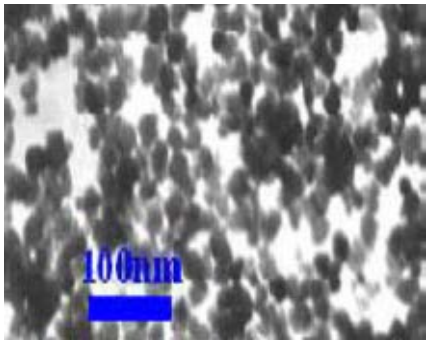
واکنش	هدایت الکتریکی	کربنات	بیکربنات	کلر	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم	اس ای آر
pH	EC	$(CO3)^{2-}$	$(HCO3)^{-}$	Cl^{-}	$(SO4)^{2-}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	SAR
	دسی زیمنس بر متر	میلی اکی والان بر لیتر							
	dSm^{-1}	$meq\ m^{-1}$							
7.2	1.05	0.0	3.7	3.2	2.9	2.8	3.8	3.2	1.7

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱-۱
Figure1-1



شکل ۱-۲
Figure1-2

شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی از نانو ذرات اکسید آهن(شکل۱-۱)ونانووذرات اکسیدروی(شکل۱-۲)

Figure 1. A scanning electron microscopy image of iron oxide (F.1-1) and zinc oxide (F.1-2) nanoparticles

این پژوهش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار انجام گردید عامل اول، ترکیبات- آلی در سه سطح صفر، ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۵ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک، و عامل های دوم و سوم، نانوذرات اکسیدآهن و اکسید روی، هر کدام در دو سطح صفر و ۲/۶ کیلوگرم در هکتار بود. خصوصیات ذرات نانو مورد استفاده در این پژوهش که از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه گردیددر جدول ۳ آمده است.

جهت انجام آزمایش، قطعه زمینی به مساحت ۴۰۰۰ مترمربع به ابعاد ۱۰۰ در ۴۰ متر در نظر گرفته شد. بعد از آماده سازی زمین کودهای N، P و K بر اساس آزمون خاک به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه نوبت (هر نوبت ۱۰۰ کیلوگرم)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بطور یکنواخت پخش شده و بوسیله دیسک با خاک مخلوط شدند. سپس، در زمین جوی پشته ایجاد گردید. عرض زمین به ۳ بلوک ۱۰ متری تقسیم شد و فاصله بین تکرارها نیز ۲ متر تعیین گردید. در هر بلوک، ۱۲ کرت (جمعاً ۳۶ کرت) و در هر کرت، ۵ردیف با فاصله ۱/۵ متر ایجاد شد. در هر کرت، دو ردیف کناره به عنوان حاشیه و سه ردیف وسط جهت نمونه برداری و اندازه‌گیری محصول در نظر گرفته شدند. تیمار ورمیکمپوست بر اساس ۵تن در هکتار در کرتهای مربوطه بطور یکنواخت با خاک مخلوط شد. بذور گوجه فرنگی رقم موبیل که اواخر سال ۹۴ در خزانه کشت شده بودند، دوم اردیبهشت ۹۵در قالب نشاء به زمین اصلی منتقل و روی پشته ها با فاصله ۶۰ سانتیمتری کاشته شد. تیمار اسید هیومیک بر اساس ۵کیلوگرم در هکتار در بطریهای ۱/۵ لیتری با آب مخلوط و پای بوته ها مصرف شد. نانوذرات اکسید آهن و اکسید روی نیز پس از کاشت و زمانی که بوته ها استقرار پیدا کردند، بر اساس ۲/۶ کیلوگرم در هکتار به مقدار لازم برای هر ردیف توزین و در بطریهای ۱/۵ لیتری با آب بصورت سوسپانسیون در آمده و پای بوته ها مصرف شد. عملیات داشت از دوم

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- خصوصیات نانو ذرات اکسید آهن و روی مورد استفاده در این آزمایش

Table 3. Characteristics of zinc and iron oxide nanoparticles used in the study

خصوصیات Properties	نانوذرات اکسید آهن Iron oxide nanoparticles	نا نوذرات اکسید روی Zinc oxide nanoparticles
خلوص(درصد) Purity (%)	98	99
اندازه ذرات(نانومتر) Particle size(nm)	20-40	10-30
سطح ویژه(متر مربع بر گرم) Specific area(m^2g^{-1})	40-60	20-60
رنگ Color	قرمز قهوه ای Brown red	سفید شیری Milky with
فازبلور Crystalin phase	منفرد Single	منفرد Single
شکل بلور Crystalin form	کروی Spherical	تقریبا کروی Almost Spherical

اردیبهشت ۹۵ به مدت شش ماه انجام گردید بدین ترتیب که وجین علفهای هرز بصورت دستی و سه مرتبه در طول دوره رشد انجام شد. جهت مبارزه با شته، یک مرتبه سمپاشی در زمان ۶۴ روز پس از کاشت با استفاده از دیازینون و با غلظت دو در هزار انجام شد.آبیاری با استفاده ازلوله های تیپ بامدار ۵ روزه و کاملا کنترل شده برای جلوگیری از روان آب انجام گردید. درطول دوره رشد، سه چین محصول در تاریخ- های ۳۰ خردادماه، ۱۲ مردادماه و ۲۸ شهریورماه ۱۳۹۵ برداشت شد. عملکرد محصول از هر کرت جداگانه و از سه ردیف وسط با حذف یک متر از بالا و پایین هر ردیف تعیین شد. قبل از برداشت چین دوم، یک نمونه برگ و همچنین یک نمونه ۰/۵ کیلوگرمی از محصول چین دوم به تفکیک از هر کرت تهیه و جهت تعیین غلظت عناصر غذایی به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی منتقل گردید. نیتروژن به روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982) و آهن و روی به روش سوزاندن خشک نمونه های گیاه، هضم و عصاره گیری شدند. به این منظور ۲ گرم نمونه گیاه خشک شده توزین، در کروزه سیلیسی ریخته و در کوره قرار داده شد. درجه حرارت کوره را بتدریج و در مدت ۲ ساعت به ۵۵۰ درجه رسانده، ۸ ساعت در این حرارت نگه داشته شد. سپس کروزه‌ها را از کوره خارج کرده، ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار به آن اضافه کرده، آنها را در حمام آبی قرار داده، تا ۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. سپس محتویات کروزه ازکاغذ واتمن شماره ۴۰ به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری صاف و با آب مقطر به حجم رسانده شد (Emami,1996). غلظت آهن و روی نمونه ها بوسیله دستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

جذب اتمی اندازهگیری شدند(Page *et al*., 1982). داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزارMSTAT- C مورد تجزیه آماری قرار گرفت ، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ صورت گرفت و برای رسم نمودارها نیز از نرم افزارExcel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۴) نشان داد که اثر ساده ترکیبات آلی، اثر ساده نانو روی، اثر متقابل ترکیبات آلی و نانو روی و اثر

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد و غلظت نیتروژن، آهن و روی برگ و میوه گوجه فرنگی

Table 4. Analysis of variance for the effects of the experimental treatments on yield and concentration of N, Fe and Zn in leaf and fruit of tomato

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		عملکرد Yield	نیتروژن برگ Leaf N concentration	نیتروژن میوه Fruit N concentration	آهن برگ Leaf Fe concentration	آهن میوه Fruit Fe concentration	روی برگ Leaf Zn concentration	روی میوه Fruit Zn concentration
تکرار Replication	2	150.47246^{ns}	0.128^{ns}	0.144^{ns}	1140.194^{ns}	2.3126^{ns}	2.778^{ns}	0.750^{ns}
ترکیبات آلی Organic compounds	2	1185.16450**	0.158^{ns}	0.162^{ns}	18276.028**	267.250**	0.861^{ns}	21.333**
نانو آهن Nano-Fe	1	467.18093*	0.063^{ns}	0.002^{ns}	86926.694**	1877.778**	1.778^{ns}	14.694**
نانو روی Nano-Zn	1	4136.31506**	0.015^{ns}	1.287**	3192.250*	256.0**	312.111**	220.028**
ترکیبات آلی*نانو آهن OM ×Nano-Fe	2	78.3518^{ns}	0.060^{ns}	0.433^{ns}	4979.194**	128.583**	3.694^{ns}	6.778*
ترکیبات آلی*نانوروی OM×Nano-Zn	2	1046.39597**	0.281^{ns}	0.515*	2587.583^{ns}	128.583**	5.361^{ns}	18.778**
نانو آهن*نانوروی Nano-Fe×Nano-Zn	1	2233.15564**	0.001^{ns}	0.460*	6534.0280*	0.001^{ns}	13.444^{ns}	72.250**
ترکیبات آلی *نانو آهن*نانو روی OM ×Nano-Fe×Nano-Zn	2	46.50841^{ns}	0.041 ^{ns}	0.097 ^{ns}	10655.194**	274.583**	22.528^{ns}	7.000 *
خطا Error	22	64.30	0.094	0.102	4589.99	70.89	6.99	3.80
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		9.5	6.35	13.21	5.90	4.45	9.75	4.66

*: معنیدار در سطح ۵ درصد
*: significant in 5% level

**: معنیدار در سطح ۱ درصد
**: significant in 1% level

ns: غیر معنیدار
ns: non-significant

www.SID.ir

Archive of SID

متقابل نانو آهن و نانو روی، برعملکرد میوه در سطح یک در صد و اثر ساده نانوآهن، در سطح پنج درصد معنی دار شد. کاربرد نانواکسید روی بر غلظت نیتروژن میوه در سطح یک درصد واثرات متقابل ترکیبات آلی و نانو روی و نیز نانو روی و نانو آهن در سطح ۵ درصد معنی-دار شد. اثر ترکیبات آلی، نانو آهن، ترکیبات آلی و نانوآهن، ترکیبات آلی و نانوآهن و نانو روی، برغلظت آهن برگ در سطح یک در صد و نانو روی، نانو آهن و نانو روی در سطح پنج در صد معنیدار شد.همه تیمارها بجز اثر متقابل نانوآهن و نانو روی، برآهن میوه در سطح یک در صد معنیدار شدند. اثر ساده نانواکسید روی، بر مقدار روی برگ در سطح یک درصد و همه تیمارهای آزمایشی بر درصد روی میوه در سطح یک در صد معنیدار شدند.

بیشترین درصد نیتروژن برگ از تیمار ورمی کمپوست (۵/۹) و کمترین آن از تیمارشاهد (۴/۵۶) حاصل شد. بیشترین درصد نیتروژن میوه در تیمار مصرف نانو اکسید روی بدون ترکیبات آلی (۳/۳۶) حاصل شد که با تیمار مصرف توام اسید هیومیک و نانو اکسید روی دریک گروه آماری قرار گرفت (جدول۵).روی از جمله عناصر کم مصرفی است که در متابولیسم یا سوخت و ساز نیتروژن موثر میباشد، لذا مصرف نانواکسید روی باعث تامین روی مورد نیاز برای متابولیسم نیتروژن در گیاه شده و از برگ به عنوان منبع به میوه گوجه فرنگی به عنوان ذخیره گاه منتقل شده است (Price,1972).چنانچه میزان روی برای گیاه به اندازه کافی تامین شود، متابولیت‌های گیاه افزایش یافته دراندام‌های ذخیره‌ای تجمع میابند و از افزایش غلظت عناصری مانند نیتروژن در برگ جلوگیری می-شود(Marshener,1995). به نظر میرسد که مصرف ترکیبات آلی همچون اسید هیومیک همزمان با مصرف نانو اکسید روی توانسته شرایط مناسبی را برای جذب بهتر نیتروژن بوسیله گیاه فراهم نماید.ملکوتی و همکاران (Malakouti

جدول۵- اثر متقابل ترکیبات آلی و نانو اکسید روی برعملکرد و غلظت نیتروژن برگ و میوه گوجه فرنگی

Table 5. Interactive effect of organic compounds and Zn-oxide nanoparticles on yield and N concentration of leaf and fruit of tomato

ترکیبات آلی Organic compounds	نانواکسید روی(کیلوگرم در هکتار) Zn-oxide nano($kg.ha^{-1}$)	عملکرد(تن در هکتار) Yield ($ton.ha^{-1}$)	نیتروژن برگ(٪) Leaf N (%)	نیتروژن میوه(٪) Fruit N (%)
اسید هیومیک(۵ کیلو گرم در هکتار) Humic acid(5 $kg.ha^{-1}$)	0	115.02^{a}	4.86^{ab}	2.63^{c}
	2.6	116.45^{a}	4.79^{ab}	3.22^{ab}
ورمی کمپوست(۵ تن در هکتار) Vermicompost(5 $ton.ha^{-1}$)	0	100.45^{b}	5.90^{a}	2.86^{bc}
	2.6	115.25^{a}	4.76^{ab}	2.76^{bc}
عدم مصرف No consumption	0	88.45^{c}	4.56^{b}	2.72^{bc}
	2.6	116.20^{a}	4.84^{ab}	3.36^{a}

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنیداری به روش دانکن در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan 's method

www.SID.ir

Archive of SID

et al., 2005) اعلام نمودند در مرحله تشکیل میوه درگوجه فرنگی، میوه ها به عنوان مصرف کنندهٔ مواد تولید شده در برگها عمل نموده و چون قدرت جذب بالایی دارند، مواد مصرفی از جمله نیتروژن را از منبع (برگها) به طرف خود جذب کرده و احیا مینمایند. به نظر می-رسد که وجود روی برای بالا بردن میزان احیای نیتروژن امری ضروری میباشد. لذا مصرف توأم یک منبع نیتروژن مانند اسید هیومیک و یک منبع مناسب روی مانند نانواکسید روی میتواند ظرفیت جذب و احیای نیتروژن را تا حد زیادی بالا برده، باعث افزایش معنیدار نیتروژن در میوه گوجهفرنگی شود(Price *et al*.,1972). روی به عنوان یک عنصر کم مصرف نقشهای زیادی در متابولیسم گیاهی دارد. در چند دهه اخیرعلاوه بر آنزیم کربونیک انیدراز، آنزیم های دیگری نیز شناخته شده اند که برای فعال شدن به روی نیاز دارند. از جمله این آنزیم ها می توان برخی دهیدروژنازها، پروتئینازها و پپتیدها را نام برد. (Vallee *et al*.,1970) عنصر روی در متابولیسم نیتروژن در گیاه مشارکت دارد. اولین نتیجه کمبود روی، کاهش زیاد RNA و مقدار ریبوزم سلولها است که منجر به جلوگیری از تشکیل پروتئین میشود (Price *et al*.,1972).

نتایج مقایسه میانگین ها همچنین نشان داد که بیشترین عملکرد میوه گوجه فرنگی از تیمار مصرف توام اسید هیومیک و نانو اکسید روی (۱۱۶/۴۵ تن در هکتار) حاصل شد که نسبت به شاهد(۸۸/۴۵ تن در هکتار) افزایش معنی داری داشت (جدول۵).

جیونگ و همکاران (Jyung *et al*., 1975) گزارش کردند که روی نقش قابل قبولی در تشکیل نشاسته دارد. این عنصر همچنین برای ساخته شدن تریپتوفان لازم است. تریپتوفان ماده اولیه در ساخت اسید ایندول استیک است بنابراین ساخته شدن این ماده رشدی بطور غیر مستقیم تحت تاثیر روی خواهد که به نوبه خود باعث افزایش عملکرد میشود. اسید هیومیک باعث بهبود جذب عناصر غذایی از محیط ریشه شده ودر نهایت منجر به افزایش عملکرد گیاه میگردد.

جدول۶- اثر متقابل نانو اکسیدآهن و نانو اکسید روی برعملکرد و غلظت نیتروژن میوه گوجه فرنگی

جدول۶- اثر متقابل نانو اکسیدآهن و نانو اکسید روی برعملکرد و غلظت نیتروژن میوه گوجه فرنگی

Table 6. Interactive effect of Fe-oxide nanoparticles and Zn-oxide nanoparticles on yield and fruit N concentration of tomato

نانو اکسید آهن(کیلو گرم در هکتار) Fe-oxide nano (kg.ha-1)	نانو اکسید روی(کیلوگرم در هکتار) Zn-oxide nano(kg.ha-1)	عملکرد(تن در هکتار)(Yield(ton.ha^{-1})	نیتروژن میوه(٪) Fruit N (%)
0	0	92.12^{c}	2.88^{ab}
	2.6	118.40^{a}	2.99^{ab}
2.6	0	108.33^{b}	2.60^{b}
	2.6	112.35^{b}	3.44^{a}

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنیداری بهروش دانکن در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan 's method

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین ها(جدول ۶) نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن میوه از تیمار مصرف توام نانواکسید آهن و روی (۳/۴۴ درصد) حاصل شد. مقدار نیتروژن میوه پس از مصرف نانو اکسید آهن کمتر از تیماری است که آهن مصرف نشده است (۲/۶۰ نسبت به ۲/۸۸). این نتایج با گزارشات سایر محققان مطابقت دارد.خولدبرین و اسلام زاده& Kholdebarin (Esslamzadeh)

(۲۰۰۱ ضمن برسی اثر مصرف آهن بر میزان کلرفیل برگهای گوجه فرنگی اعلام کردند که مصرف آهن باعث افزایش معنیدار کلرفیل شده، در این صورت میزان بیشتری از نیتروزن صرف تشکیل کلروفیل گردیده و مقدار کمتری از آن به میوه منتقل میشود. از طرفی، افزایش کلروفیل برگ میتواند باعث افزایش عملکرد میوه گوجه فرنگی شده، بدلیل اثر رقت، غلظت نیتروژن میوه کاهش میِیابد.خولد برین و اسلام زاده (Kholdebarin & Esslamzadeh 2001) ضمن حیاتی دانستن نقش روی در سنتز پروتئین، کاهش شدید پروتئین گیاهی را در شرایط کمبود روی گزارش نمودند. در این حالت میزان نیتروزن میوه که ماده اصلی سنتز پروتئین است نیز کاهش می یابد، لذا کاهش نیتروزن میوه در تیمار عدم مصرف روی (حتی در زمان مصرف آهن) می تواند مرتبط با این نقش عنصر روی باشد.

نتایج مقایسه میانگین ها(جدول ۶) نشان داد که بیشترین عملکرد میوه از تیمار مصرف نانو روی(۱۱۸/۴۰ تن در هکتار) حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد(۹۲/۱۲تن در هکتار) افزایش معنیداری داشت. نتایج مشابهی از تاثیر روی در افزایش عملکرد گیاهان توسط محققان متعددی گزارش شده است (Malakuti *et al.*, 2005

مقایسه میانگین ها در این اثر متقابل نشان داد که بیشترین غلظت آهن برگ در تیمار مصرف ترکیبات آلی(اعم از اسید هیومیک یا ورمیکمپوست) و نانو آهن(۵۶۱/۷۰ و۵۵۷/۰۰) و کمترین آن در تیمار شاهد (۳۸۳/۲۰) بود. بیشترین غلظت آهن میوه نیز در تیمار مصرف ورمیکمپوست و نانوآهن (۷۰/۳۳) و کمترین آن در تیمار شاهد)۴۳/۸۳) مشاهده شد.(جدول۷)

اثر ترکیبات آلی بر فراهمی و افزایش قابلیت

جدول ۷- اثر متقابل ترکیبات آلی و نانو اکسید آهن بر غلظت آهن برگ و میوه گوجه فرنگی

Table 7. Interactive effect of organic compounds and Fe-oxide nanoparticles on Fe concentration in leaf and fruit of tomato

ترکیبات آلی Organic compounds	نانو اکسید آهن(کیلو گرم در هکتار) Fe-oxide nano ($kg.ha^{-1}$)	آهن برگ(میلی گرم در کیلوگرم) Leaf Fe ($mg.kg^{-1}$)	آهن میوه(میلی گرم در کیلوگرم) Fruit Fe ($mg.kg^{-1}$)
اسید هیومیک(۵ کیلو گرم در هکتار) Humic acid (5 $kg.ha^{-1}$)	0	$495.80b^{c}$	53.17^{e}
	2.6	561.70^{a}	62.00^{c}
ورمیکمپوست(۵ تن در هکتار) Vermicompost (5 $ton.ha^{-1}$)	0	472.00^{c}	57.33^{d}
	2.6	557.00^{a}	70.33^{a}
عدم مصرف No consumption	0	383.20^{d}	43.83^{f}
	2.6	527.20^{ab}	65.33^{b}

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنیداری به روش دانکن در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan 's method

www.SID.ir

Archive of SID

جذب عناصر کممصرف بویژه آهن توسط محققین زیادی گزارش شده است.

ترکیبات آلی با بهبود شرایط شیمیایی خاک از طریق تولید اسیدهای آلی و همچنین تولید مواد کلات کننده و تسهیل تحرک آهن در خاک، منجر به افزایش جذب آهن در گیاه می-

جدول۸- اثرمتقابل ترکیبات آلی و نانو اکسید آهن و نانو اکسیدروی برعملکرد و دو غلظت آهن و روی برگ و میوه گوجه فرنگی

Table 8. Interactive effect of organic compounds and Fe-oxide nanoparticles and Zn-oxide nanoparticles on yield and Fe and Zn concentration in leaf andfruit of tomato

ترکیبات آلی Organic compounds	نانو اکسیدآهن (کیلو گرم در هکتار) Fe-oxide nano ($kg.ha^{-1}$)	نانو اکسیدروی (کیلو گرم در هکتار) Zn-oxide nano ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد (تن در هکتار) Yield($ton.ha^{-1}$)	آهن برگ (میلی گرم در کیلو گرم) Leaf Fe ($mg.kg^{-1}$)	آهن میوه (میلی گرم در کیلو گرم) Fruit Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی برگ (میلی گرم در کیلو گرم) Leaf Zn ($mg.kg^{-1}$)	روی میوه (میلی گرم در کیلو گرم) Fruit Zn ($mg.kg^{-1}$)
اسید هیومیک (۵ کیلو گرم در هکتار) Humic acid (5 $kg.ha^{-1}$)	0	0	65^{d}	496.00^{bc}	51.33^{e}	25.00^{bcd}	21.33^{b}
	2.6	2.6	107.83^{a}	495.70^{b}	55.00^{e}	28.67^{abc}	27.67^{a}
	0	0	$98a^{b}$	544.30^{ab}	60.00^{d}	24.33^{cd}	22.67^{b}
	2.6	2.6	$96a^{b}$	579.00^{a}	64.00^{bcd}	29.67^{ab}	26.00^{a}
ورمی کمپوست (۵ تن در هکتار) Vermicompost (5 $ton.ha^{-1}$)	0	0	$71c^{d}$	475.00^{c}	62.00^{cd}	24.00^{cd}	22.67^{b}
	2.6	2.6	106^{a}	469.00^{c}	52.67^{e}	31.33^{a}	27.67^{a}
	0	0	$96a^{b}$	563.70^{a}	66.00^{bc}	23.67^{cd}	26.33^{a}
	2.6	2.6	105^{a}	550.30^{ab}	74.67^{a}	30.67^{a}	26.33^{a}
عدم مصرف No consumption	0	0	61.67^{d}	311.30^{d}	33.00^{f}	21.00^{d}	15.67^{c}
		2.6	$97a^{b}$	455.00^{c}	54.67^{e}	31.33^{a}	27.67^{a}
		0	$82b^{c}$	550.00^{ab}	63.67^{bcd}	27.00^{abc}	23.00^{b}
	2.6	2.6	100^{a}	504.30^{bc}	67.00^{b}	28.67^{abc}	26.00^{a}

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معناداری به روش دانکن در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's method

www.SID.ir

Archive of SID

گردد (Marcote *et al*., 2001; Mobarki *et al*., 2008).جذب آهن بوسیله گیاه در خاک‌های مناطق خشک به دلیل بالا بودن آهک و pH خاک یک مسئله چالش بر انگیز است و کود مصرفی در این مناطق باید در طول دوره رشد گیاه، قابلیت جذب بالایی داشته باشد تا کارایی آن بالا باشد. به نظر میرسد نانواکسید آهن بکار رفته در این آزمایش دارای کارایی جذب مناسبی بوده است که باعث بالا رفتن معنیدارغلظت آهن در برگ و به طبع آن میوه گوجه فرنگی شده است. بارقی و همکاران(Barghi *et al*., 2014) در مورد سیب زمینی وبقایی و ملکوتی (Baghai & Malki 2013) در مورد زعفران نتایج مشابهی را گزارش کردند.

جدول ۸ نشان می دهد که درکلیه تیمارهای آزمایشی عملکرد میوه نسبت به شاهد افزایش یافت.. بیشترین افزایش مربوط به تیمار مصرف توام اسیدهیومیک و نانواکسید روی بود که به ۱۰۷/۸۳ تن در هکتار رسید و نسبت به تیمار شاهد (۶۱/۶۷ تن در هکتار) عملکرد میوه را قریب ۷۵٪ افزایش داد. بعد از آن ،کلیه تیمارهایی که در آنها نانواکسید روی همراه با یک ترکیب آلی مصرف شد (مثلا نانو اکسید روی و ورمی کمپوست یا نانو اکسید روی و نانو اکسید آهن و ورمی کمپوست) با تیمار مصرف توام اسید هیومیک و نانو اکسید روی در یک سطح آماری قرار گرفت. با توجه به شرایط شیمیایی خاکهای منطقه، قابلیت جذب عناصر کم مصرف مانند روی بشدت محدود میباشدومنجربه کاهش عملکرد گیاهان زراعی می شود(Malakuti *et al*., 2005) .

در این شرایط توصیه می شود که از ترکیبات آلی (بشکل اسید هیومیک یا ورمیکمپوست) استفاده شود چرا که این ترکیبات با تاثیر مثبت بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف بویژه روی و آهن باعث افزایش عملکرد گیاهان خواهند شد. در عین حال مصرف شکل قابل جذب عنصرغذایی که در محیط خاک پایدار باشد و بتواند به خوبی جذب گیاه شده و نیاز آن را برطرف نماید نیز میتواند عملکرد را افزایش دهد. مصرف نانواکسید روی و آهن به همین دلیل که قابلیت جذب بالایی دارند، به تنهایی توانستهاند منجر به افزایش عملکرد گیاه گوجه-فرنگی شوند.

بیشترین جذب آهن در برگ و میوه در تیمارهای مصرف توام ترکیبات آلی و نانو اکسید آهن و نانو اکسید روی(۵۷۹/۰۰ دربرگ و۵۴/۶۷درمیوه) و بیشترین جذب روی در برگ و میوه در تیمارهای مصرف توام ترکیبات آلی و نانو اکسید روی (۳۱/۳۳ در برگ و ۲۷/۶۷در میوه) مشاهده شد(جدول۸). با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی هنگامیکه شرایط خاک در اثر افزایش ترکیبات آلی بهبود پیدا کند و عناصر کم مصرف به فرم قابل جذب استفاده شوند باید انتظار داشت که اثرات متقابل آنها به افزایش جذب عناصر غذایی بویژه عناصر کممصرف که قابلیت جذب کمتری در خاک دارند منجر شود.

نتایج نشان دادکه جذب آهن تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی به خوبی افزایش یافته که این نتایج با نتایج محققان دیگر مطابقت دارد (Hong *et al*., 2015; Khater, 2015;

www.SID.ir

Archive of SID

.(Lin&Xing,2008

فراهمی و قابلیت جذب روی نیز همانند آهن در بهبود رشد گیاه موثر است.کاربرد نانواکسید روی به دلیل بهبود قابلیت جذب روی بوسیله گیاه باعث کمک به جذب سایر عناصرغذایی مانند آهن توسط گیاه می‌شود و به همین دلیل باعث افزایش غلظت آهن در برگ و میوه شده است. جوادی مقدم و همکاران (Javadimoghadam *et al*., 2005) نتایج مشابهی را در گیاه خیار گزارش نمودند.

در خصوص عملکرد، باید دانست که فعالیت های متابولیکی گیاه در طول دوره رشد، با تولید محصول اقتصادی همبستگی مستقیم دارد. استفاده از ماده آلی به هردو شکل آن(اسید هیومیک یا ورمی کمپوست) باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی ریشه و در نتیجه جذب بهتر عناصر غذایی می شود. همانطور که جدول ۸ نشان می دهد مصرف اسید هومیک یا ورمی کمپوست همراه با نانواکسید روی و همچنین مصرف توام نانواکسید آهن و روی باعث افزایش عملکرد میوه گوجه فرنگی نسبت به شاهد شد که این امر به دلیل افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی مختلف بویژه روی برای گیاه می باشد. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات سایر محققان مطابقت میکند(Mengel & Kirkby,1978).

نتایج این تحقیق نشان داد که هیچیک از تیمارها(بجز تیمار نانو روی) افزایش معنیداری در غلظت روی در برگ نداشت ولی همه تیمارها باعث افزایش معنیدار غلطت روی در میوه شدند (جدول ۴). غلظت روی در برگ در اثر تیمارهای مختلف اگر چه به طور معنی-داری افزایش نیافت، اما علایم کمبود این عنصر نیز در برگ مشاهده نشد که می‌تواند حاکی از جذب کافی روی در برگ باشد. افزایش غلظت روی در میوه نشان داد که برگ توانسته روی جذب شده بوسیله ریشه را به میوه منتقل نماید تا در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مشارکت نماید.هرناندز و همکاران (Hernandez *et al*., 2011)با بررسی اثرات نانو اکسید روی در شرایط آبکشت نشان داد که گیاهان روی را از نانوذرات روی جذب کرده و موجب افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز وکاتالاز میشوند. زائو و همکاران (Zhao *et al*., 2014) گزارش کردند که کاربرد نانو اکسید روی در خاک باعث افزایش مقدار نشاسته، گلوتن و روی در میوه خیار شد اما بر غلظت روی برگ تاثیری نداشت.. اثر ساده نانواکسید روی، بر مقدار روی برگ و میوه در سطح یک درصد معنی-دار شد که خود حاکی از قابل جذب بودن روی به شکل نانو ذرات ازخاک میباشد.این نتایج با یافتههای دیگر محققان مطابقت دارد (Abdollahi *et al*.,2018).

نتیجه گیری :

نتایج این تحقیق نشان دادکه مصرف ترکیبات آلی توام با نانو اکسید روی شرایط مناسبی را برای جذب بهتر نیتروژن بوسیله گیاه گوجه فرنگی فراهم نمود. همچنین نانو اکسید آهن منبع کودی مناسبی برای تامین نیاز این گیاه به آهن می باشد. استفاده از نانو اکسید روی توانست نیاز گیاه به این عنصر غذایی را در طول فصل رشد تامین کند و باعث افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

عملکردآن شود. علاوه بر این، مصرف ترکیبات آلی بخصوص اسید هیومیک همراه با نانواکسید روی، در افزایش عملکرد گیاه گوجه فرنگی موثر بود بطوریکه دراین آزمایش عملکرد میوه را تا ۷۴ درصد افزایش داد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Abdollahi, A., Norouzi Masir, M., Taghavi zahedkolaei, M., and Moezzi, A. 2018. The effectiveness of synthesized ZnO nanoparticles on Zn uptake and some growth indices of wheat. *Soil management and sustainable production journal, 8(1)*, 125-141 (In Persian with English Summary).

Alloway, B.J. 2004. *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. International Zinc Association. Publications Brucsels, Belgium.

Baghaie, M. and Maleki Farahani, S. 2013. Evaluation of comparison of iron chelate with iron nanoparticles on the yield and photosyntitic material allocation in Saffron. *Saffron Research Journal, 2*: 156-169 (In Persian with English Summary).

Baghaie, N., Keshavarz, N. and Nazaran, M.H. 2011. Effect of nano iron chelate fertilizer on yield and yield components of rice (*Shiroudi cultivar*). The First National Conference on Modern Topics in Agriculture. Islamic Azad University of Saveh, p. 1-10 (In Persian with English Summary).

Barghi, A., Gholipour, A., Tobe, A., Jahanbakhsh, S., and Jamaati, S.H. 2014. Investigation the effect of nano Fe oxide spraying on nutrient absorption in potato tuber. *Plant Echo Physiology Journal, 16*: 1-12 (In Persian with English Summary).

Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. *Nitrogen-Total*. PP: 591–622, In: A.L. Page ed, *Methods of soil analysis, part 2*. American Society of Agronomy Madison, Wisconsin.

Emami, A. 1996. *Methods of plant analysis. Part 1. Technical publication*. Soil and Water Research Institute, Tehran. Iran (In Persian).

Hernandez, V.J.A., Castillo-Michel, H., Servin, A.D., Peralta Videa, J.R., and Gardea torresdey, J.L. 2011. Spectroscopic verification of zinc absorption and distribution in the desert plant *Prosopis juliflora*-velutina treated with ZnO nanoparticles. *Chemical Engineering Journal, 170(1-3)*, 346-352.

Hiyasmin Rose, L., Benzon, M., Rosnah, U., Rubenecia, V.U., Litra, J.R., and Sang Chul, L. 2015. Nano fertilizer affects on the growth, development, and chemical properties of rice. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 7(1)*, 105-117.

Hong, G., Wang, L., Sun, Y., Zhao, L., Niu, G., Tan, W., Rico, C.M., Peralta-Videa, J.R., and Gardea-Torresdey, J.L. 2016. Foliar applied nano scale and micro scale CeO2 and CuO alter cucumber fruit quality. *Science of Total Environment, 1*: 563-564.

Javadi Moghadam, A., Moghadam. A.L., and Danaee, E. 2015. Response of

www.SID.ir

Archive of SID

growth and yield of cucumber plants to different foliar applications of Nano Iron-Zinc. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 9(9)*, 1435-1477.

Jyung, W.H., Ehmann, A., Schlender, K.K., and Scal, A.J. 1975. Zinc nutrition and starch metabolism in *phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology, 55*: 414-420.

Khater, M.S. 2015. Magnetite-nano particles effects on growth and essential oil of peppermint. *Current Science International, 4(2)*, 2077-4435.

Kholdebarin, B., Esslamzadeh, T. 2001.Mineral nutrition of higher plants. (Translat),Shiraz University press.Shiraz

Khoshpeyk, S., Sadrabadi Haghighi, R., and Ahmadian, A. 2017. The effect of application of nitrogen fertilizer and nano-organic manure on yield, yield Components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.). *Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4)*, 775-787 (In Persian with English Summary).

Lin, D. and Xing, B. 2008. Root uptake and phyto toxicity of ZnO nano particles. *Environmental Science and Technology, 42(15)*, 5580-5585.

Malakuti, M.J., Nouri, N., Samavat, S., and Basirat, M. 2005. The causes of nitrate accumulation in vegetables (cucumber and tomato) and ways to control it. *Technical Journal of Water and Soil Research Institute, 414*: 1-23 (In Persian with English Summary).

Marcote, I., Hernandez, T., Garcia, C., and Polo. A. 2001. Influence of one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. *Bio resource Technology, 79*: 147-154.

Marshener, H. 1995.*Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed., Academic press, London, England.

Mobarki, S., Labidi, N., Mahmoudi, H., Jadidi, N., and Abdelly, C. 2008. Contrasting effects of municipal compost on alfalfa growth in clay and in sandy soils: N, P, K content and heavy metal toxicity. *Bio Resource Technology, 99(15)*, 6745-6750.

Noorihoseiny, M. and Khoogar, Z. 2008. Investigaton the effects of organic fertilizer application in tomato cultivation. First congress on tomato production and prossesing p.125-126. Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Price, C.A., Clark. H.E., and Funkhouser, H.E. 1972. Functions of micronutrients in Plants: Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America, Madison/Wisconsin. P. 731-742.

www.SID.ir

Archive of SID

Romheld, V., and Marschner, H. 1991. *Function of micronutrients in plants*. In: Mortvedt, J.J. Cox, F.R. Shuman, L.M. Welch, R.M. (Eds.), *Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Society of America, Book Series No. 4: Madison, USA. p. 297-328.

Report of crops statistics. 2016. Agriculture ministry of Iran. Department of programming and economic. Information and communication technology center (In Persian).

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. *Methods of Soil Analysis: Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy Series No 9. American Society of Agronomy Madison, WI.

Samavat, S., Lakzian, A., and Zamirpour, A. 2007. Effect of vermicompost on some growth indices of tomato. *Agriculture Science and Industries Journal, 15(2)*, 83-89 (In Persian with English Summary).

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Inc. Publishers.

Tsui, C. 1948. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. *American Journal of Botany, 35*: 172-179.

Vallee, B.L. and Wacker, W.E.C. 1970. *Metalloprotein, the Proteins (2nd ed.)*. Academic press, New York, p. 192

Waqas, M., Ahmad, B., Arif, M., Munsif, F., Khan, A.L., Amin, M., Kang, S.M., Kim, Y.H., and Lee, I.J. 2014. Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mungbean. *American Journal of Plant Sciences, 5*: 2269-2276.

Zhao, L., Peralta-videa, J.R., Ricod, C.M., Hernandez, V.J.A., Sun, Y., Niu, G., Servin, A., Nunez, J.E., Duarte Gardea, M., and Gardea Torresdey, J.L. 2014. CeO2 and ZnO nano particles change the nutritional qualities of cucumber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62*: 2752-2755.

Zolfi, B., and Norowzi, M. 2005. Effect of iron sulphate and manure on the improvement of tomato nutrition. The 9th Iranian soil science congress. Tehran, Iran (In Persian with English Summary).

Zomorodi, M. 2010. *The effects of seed priming and artificial ageing on germination and vigour of tomato cultivars.* MSc Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. Iran (In Persian with English Summary).

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Zinc and Iron nano particles and organic fertilizers on quality and quantity yields of tomato *(Solanum lycopersicum)*

Saeid Javaheri[1], Ali Reza Astaraei[*2], Reza Khorassani[3], Hamidreza Zabihi[4], Hojat Emami[5]

1. PhD student of Soil Science of Ferdowsi University of Mashhad, and Researcher of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agriculturral and Natural Resources, Research and Education Center,Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Mashhad.
2. Associate Professor of Soil Science - Department of Soil Science- Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. . (Corresponding author)
3. Associate Professor of Soil Science, Department of Soil Science- Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
4. researcher of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agriculturral and Natural Resources, Research and Education Centre, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Mashhad.
5. Associate Professor of Soil Science, Department of Soil Science- Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

Received: August 2017 Accepted: June 2019 - DOI:10.22092/aj.2019.114953.1178

Extended Abstract

Javaheri, S., Astaraei, A. R., Khorassani, R., Zabihi, H., Emami, H., Effect of Zinc and Iron nano particles and organic fertilizers on quality and quantity yields of tomato *(Solanum lycopersicum)*
Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 4, 2020 Page:4-06: 16-32(in Persian)

Introduction:

Nanoparticles are tiny materials smaller than 100 nm (Hong *et al.*, 2015). The study and application of nanoparticles have rapidly grown in the last few years. Applications for nanoparticles are found in a wide verity of disciplines, including medicine biology, electronic and agriculture (Zolfi & Norowzi, 2005). Application of nanoparticles as a fertilizer is a new area of interest, while application of vermicompost and acid humic has now become a source for plant nutrition. Vermicompost (VC) and acid humic improve soil physical and chemical properties (Samavat *et al.,* 2007). Vermicompost as the product of an accelerated biooxydation of organic matter by the use of high densities of earthworm populations without for peat passing a thermophilic stage has early been suggested as a substitute of in substrates. Iron concentration of the soil solution for a balanced growth plants is estimated to be about 10^{-8} M (Marschner, 1995). Humic acid (HA) is a heterogeneous mixture of many compounds, a mixture of weak aliphaticand aromatic organic acids, which are not soluble in water under acid conditions but are soluble in water under alkaline conditions. The aim of this experiment was to determine the effects of organic materials (humic acid and vermicompost) and iron and zinc nano-oxide particles on growth and yield of tomato.

Email address of the corresponding author: alirezaastaraei@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

Materials and Methods:

A Field experiment was conducted at Torough Agricultural research station in Mashhad. The experiment was laid out in a randomized complete block design in a factorial arrangement with three replications. The first factor was organic fertilizer at 3 levels (5 ton/ha of vermicompost, 5 kg/ha of humic acid, 5 kg/ha and a control without application), the second factor was the application of zinc nanoparticles at 2 levels (1 kg/ha of nano zincoxid and no application), and the third factor was the application of Fe nanoparticles at 2 levels (1kg/ha of nano feoxid and no application). Tomato seedlings were planted on May 22th in plots and the fertilizers were applied according to the soil test results. The yield of tomato fruit was determined at the three harvest times and tomato leaf and fruit samples were taken and analyzed for nutrient element concentration.

Results and Discussion:

The results of analysis variance showed that nitrogen concentration in leaf was significantly affected by vermicompost application and nitrogen concentration in fruit was significantly affected by the combined application of nano-oxides of Fe and Zn and the sole application of nano zinc oxide. The use of vermicompost along with Fe and Zn-nano oxide resulted in a significant increase in leaf Fe concentration, fruit Fe concentration and Zn fruit concentration. The application of Zn nanoparticle along with organic compounds increased fruit Zn concentration significantly. The interaction effects of organic compounds, Fe and Zn-nano oxide particles was significant on fruit yield. The application of Zn-nano oxide and organic compounds increased tomato yield by 74%, which meant a rise of 107.193 ton per hectare under Zn-nano oxide and humic acide treatment as compared to 61.620 ton per hectare under control.

Conclusion:

The results of this study showed that the simultaneous application of organic compounds and zinc nanoparticles could provide suitable conditions for better absorption of nitrogen by the plant. The results of this study showed that, Fe and Zn-nano oxides are suitable sources for supplying tomato plants with the required nutrients. The application of Zn-nano oxide along with humic acid significantly increased tomato yield. Under our experimental conditions, due to low soil organic matter, the application of organic compounds at any form resulted in the enhanced plant growth. Therefore, the use of organic matter is recommended to farmers. Micronutrients deficiency (Fe and Zn) condition is prevlanet and thus, the application of effective sources of these elements including nano-oxide particles is strongly advised.

Keywords: Nutrition, micronutrient, vermicompost, humic acid

www.SID.ir

Archive of SID

Refrences:

Hong, G., Wang, L., Sun, Y., Zhao, L., Niu, G., Tan, W., Rico, C.M., Peralta-Videa, J.R., and Gardea-Torresdey, J.L. 2016. Foliar applied nano scale and micro scale CeO2 and CuO alter cucumber fruit quality. *Science of Total Environment*, 1: 563-564.

Samavat, S., Lakzian, A., and Zamirpour, A. 2007. Effect of vermicompost on some growth indices of tomato. *Agriculture Science and Industries Journal*, 15(2), 83-89 (In Persian with English Summary).

Zolfi, B., and Norowzi, M. 2005. Effect of iron sulphate and manure on the improvement of tomato nutrition. The 9th Iranian soil science congress. Tehran, Iran (In Persian with English Summary).

www.SID.ir