نشریه زراعت شماره ۱۰۶، بهار ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

اثر ورمی‌کمپوست با منشا کود گاوی آغشته به نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی بر برخی خصوصیات زراعی لوبیا چیتی

- فریده بهبودی،دانشجوی دکتری رشته زراعت (گروه زراعت) دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)
- ایرج اله دادی، استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
- ابراهیم محمدی گل تپه، استاد گروه بیماری شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۲۰۹۲۵۹

پست الکترونیک نویسنده مسئول: Behboudi.e@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست تولیدی از کود گاوی آغشته به نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی بر برخی خصوصیات زراعی لوبیا چیتی، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل میزان نانو ذرات (صفر،۰/۴،۰/۸ و ۱/۲گرم بر کیلوگرم وزن بستر)، ورمی کمپوست (۲/۵، ۵ و۷/۵ درصد وزنی بستر) و نوع نانو ذرات (اکسید مس و اکسید روی) بودند. پس از آماده‌سازی بسترها، به هر یک تعدادی کرم بالغ گونه‌ی *Eisenia fetida* اضافه و پس از یک هفته نانو ذرات به صورت محلول به بسترها اضافه گردیدند. پس از سه ماه ورمی‌کمپوست آماده شده با توجه به وزن بسترهای کشت با خاک مخلوط و بذور لوبیا چیتی به صورت هیرم‌کاری کشت گردید. نتایج نشان داد با افزایش هر دو نوع نانو ذرات، سبزینگی برگها، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف، طول غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول ساقه و پروتئین دانه کاهش و غلظت مس و روی در دانه افزایش یافت. در سطوح یکسان نانو ذرات (به جزء سطح اول) سبزینگی برگ ها، تعداد غلاف ها، وزن صد دانه، عملکرد دانه، طول ساقه و غلاف در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذرات اکسید مس بود. همچنین در سطوح یکسان نانو ذرات و ورمی کمپوست میزان تجمع روی بیشتر از تجمع مس در دانه بود. در صورت مصرف نانو ذرات اکسید مس، عملکرد دانه ۶۶ درصد کاهش و با مصرف نانو ذرات اکسید روی ۳۵ درصد کاهش یافت.

کلمات کلیدی: نانوذرات، تجمع، ورمی‌کمپوست، عملکرد دانه، لوبیا چیتی

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:104 pp: 126-134

Effect of produced Vermicompost from cow manure impregnated to copper oxide (CuO) and Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles on some properties of wax bean crop *(Vigna unguiculata)*

By:

- *F. Behbodi, (Corresponding Author; Tel: 09125209259), Ph.D. student of Tarbiat Modares University*
- *E. Allah Dadi, Associate Professor of University of Tehran*
- *E. Mohamadi Goltape, Professor of University of Tehran*

Received: October 2012 **Accepted: April 2013**

In order to study the effect of vermicompost produced from cow manure impregnated to copper oxide and zinc oxide nanoparticles on some properties of wax bean crop (*Vigna unguiculata*), an experiment factorial were done based on a randomized complete block design in three replications. The experiment factors were as follows: nanoparticles (0, 0.4, 0.8 and 1.2 g/kg weight of substrate), vermicompost (2.5, 5 and 7.5 g/kg weight of substrate) and kind of nanoparticles (copper oxide and zinc oxide). After preparation of substrates, to any one of them was added adult worm *Eisenia fetida* and after a week were added nanoparticles to substrate as a solution. After three months, vermicompost prepared according to the weight of cultivation substrate was cultivated with mix soil and grain of wax bean as a wet planting. Results showed with increasing in both nanoparticles decreased spad leaves chlorophyll, number grain in pod, number of pod in bush, weight of pod, pod length, weight of hundred grains, grain yield, biological yield, harvest index, stem length and grain protein and increased concentration copper and zinc in grain. In similar level nanoparticles (except first level), spad leaves chlorophyll, number of pods, weight of hundred grains, grain yield, stem length and pod length in zinc oxide nanoparticles were more than copper oxide nanoparticles. In similar level nanoparticles and vermicompost accumulation of zinc in grain was more than copper. With comsumption of copper oxide nanoparticles, grain yield decreased 66 percent and With comsumption of zinc oxide nanoparticles, grain yield decreased 35 percent.

key Words: nanoparticles –accumulation- vermicompost- grain yield- wax bean

مقدمه

جذب نانو مواد کربنی و فلزی توسط گیاهان رشته‌ی بسیار جدیدی می‌باشد. بیشتر مطالعات روی نانو ذرات اکسیدروی، اکسیدآهن، دی‌اکسیدسلنیوم و دی‌اکسید تیتانیوم انجام شده است. بیشتر این مطالعات فقط تا مرحله جوانه زنی می باشند که سبب محدودیت اطلاعات در این زمینه شده است زیرا در این مرحله از رشد، ریشه و سیستم آوندی گیاه به خوبی توسعه پیدا نکرده است (Taiz and Zeiger, 1998; Kinnersley and Scott, 2001; Isla and Aragues, 2010). تحت شرایط ویژه ی رشد، گیاهان می‌توانند عناصر ضروری و غیر ضروری را بالاتر از نیازشان جذب کنند و در نتیجه سبب سمیت در گیاه شوند (Ke, Xiong, S Chen and J Chen , 2007).

مس عنصری کم مصرف، اما ضروری برای همه گیاهان آلی است که دارای نقش های متابولیک فراوانی در گیاه است. زمانی که غلظت آن در خاک از سطح بسیار اندک تجاوز کند، به شدت سمی می شود (Berglund, Quartacci, and Liljenberg 2000). میزان سمیت مس بسته به نوع و غلظت بحرانی آن متفاوت است (Sheldon and Menzies, 2004). عنصر روی یک جزء تشکیل دهنده‌ی کربنیک آنهیدراز است. (Sar-madnia and kocheki, 1996)این عنصر در فعالیت اکسین‌ها و سنتز پروتئین، تولید دانه و سرعت تکامل دانه ضروری است. همچنین باعث افزایش RNA می‌شود (Malakoti and Lotfollahi, 1998).

Lopez و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی جذب و تجمع نانوذرات اکسیدروی توسط دانه‌های سویا مشاهده نمودند روی جذب شده توسط جوانه‌ها بطور معنی‌داری در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر بود و در غلظت‌های بالاتر، تجمع نانوذرات باعث کاهش جذب و تجمع گردید. همچنین با افزایش غلظت نانو ذرات، طول ریشه‌ی سویا کاهش یافت. Lee، An، Yoon و Kweon (۲۰۰۸) در بررسی نانو ذرات مس، بر لوبیا و گندم در محیط کشت تهیه شده از آگار مشاهده نمودند نانو ذرات مس می توانند از غشاء سلول عبور کرده و در سلول ها تجمع یابند. همچنین این نانو ذرات سبب کاهش رشد ریشه و جوانه ها در غلظت های بالاتر شدند. Stampoulis، Sinha و White (۲۰۰۹) اثرات ۵ نانو ذره (نانو تیوپ کربن چند جداره، نقره، مس، دی اکسید روی، سیلسیوم) را بر جوانه زنی، طول ریشه و بیوماس کدو ارزیابی و مشاهده نمودند نانو ذرات مس سبب کاهش طول ریشه نسبت به شاهد شد و بیوماس گیاه تحت تاثیر نانو ذرات مس، نقره و نانو تیوپ کربن کاهش یافت.

Yurekli و Porgali (۲۰۰۶) در بررسی اثرات سمیت مس بر لوبیا با غلظت های صفر و ۱۰۰ میکرو مول مس بعد از ۱۰ روز مشاهده نمودند

در غلظت بالا میزان مس در بافت های ریشه، ساقه و برگ افزایش ولی مقدار کلروفیل (a و b) کاهش یافت. Sheykhbaglou، Sedghi، Tajbakhsh Shishevan و Sharif (۲۰۱۰) در بررسی اثرات نانو ذرات اکسید آهن بر سویا مشاهده نمودند غلظت بالای این نانو ذرات سبب افزایش وزن خشک غلاف و برگ گردید و درغلظت میانی عملکرد دانه بیشترین مقدار بود و سایر اندازه گیری ها تحت تاثیر قرار نگرفت. Doshi، Braida، Christodoulatos، Wazne و O'Connor (۲۰۰۸) در بررسی اثر نانو ذرات آلومینیوم در دو اندازه متفاوت بر روی لوبیا و چچم مشاهده نمودند این نانو ذرات اثر منفی بر رشد لوبیا در غلظت های تست شده ندارد.

Kopittke و Menzies (۲۰۰۶) در بررسی اثر سمیت مس بر لوبیا چشم بلبلی مشاهده نمودند در غلظت های بالای مس رشد ریشه ها و ساقه ها کاهش یافت. همچنین در غلظت های بالای این عنصر ریشه ها قهوه ای، کوتاه و لاغر گردیدند. Fernandez-Luqueno، Valdez-Perez، Hernandez، Flores Cotera و Dendooven (۲۰۱۱) در بررسی کشت لوبیا با ورمی کمپوست حاصل از لجن زباله تر و کود معدنی مشاهده نمودند گیاهان کشت شده در ورمی کمپوست با حداقل کود معدنی بهترین توسعه را یافتند. Cavender، Atiye و Knee (۲۰۰۳) در بررسی اثرات تغذیه ای و بیولوژیکی ورمی کمپوست بر سوگوم مشاهده نمودند ورمی کمپوست سبب افزایش میزان پتاسیم، فسفر و نیتروژن گردید. همچنین وزن خشک ریشه و ساقه افزایش یافت. هدف از این تحقیق بررسی اثر ورمی‌کمپوست تولیدی محتوی نانوذرات اکسید مس و اکسید روی و برهمکنش آنها با هم بر گیاه زراعی لوبیا چیتی بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۳۹۰ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور میزان نانوذرات اکسید مس و اکسید روی در چهار سطح (صفر-۰/۴-۰/۸-۱/۲ گرم بر کیلوگرم وزن بستر)، ورمی کمپوست در سه سطح (۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد وزنی بستر) و نوع نانو ذرات در دو سطح (اکسید مس و اکسید روی) در۳ تکرار در گلخانه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد.کرم خاکی گونه‌ی *Eisenia fetida*،کود گاوی کاملاً پوسیده و خاک از این دانشگاه، نانو ذرات اکسید مس از شرکت نوترینو و نانوذرات اکسید روی از پژوهشگاه صنعت نفت تهیه گردیدند. در زیر به برخی از ویژگی‌های مواد مصرفی اشاره شده است (جداول ۱ و۲).

جدول ۱- برخی از خصوصیات کود گاوی

EC dS/m	۱۲/۵
pH	۷/۵
Na+/ppm	۶۲
K+/ppm	۱۷۰۰
Ca++/ppm	۳۴۰۰
Cu++/ppm	۳۱
Zn++/ppm	۹۵
O.C%	۱۵/۹

جدول۲- برخی از خصوصیات نانو ذرات مصرفی

ویژگی	اکسید روی	اکسید مس
خلوص	۹۹٪	۹۸٪
متوسط اندازه ذرات	<۵۰nm	<۶۰nm
سطح ویژه	>۸۰ m^2/g	>۸۰ m^2/g
رنگ	سفید	سیاه

خاک مصرفی دارای بافت لومی، اسیدیته ۷/۲، هدایت الکتریکی ۱/۶۳ دسی زیمینس بر متر، میزان مس و روی به ترتیب ۲/۸۰ ، ۱/۰۹ میلی گرم بر کیلوگرم بود. گیاه مورد نظر برای کشت، لوبیا چیتی رقم صدری انتخاب و از مؤسسه‌ی اصلاح بذر کرج تهیه گردید. این رقم رونده، مقاوم به ریزش دانه و متحمل به بیماری ویروس موزائیک می‌باشد. برای شروع آزمایش نیاز به آماده‌سازی بسترها بود. بنابراین، ابتدا کود گاوی کاملاً پوسیده و غربال شده را در گلدان‌های ۱۷ کیلویی ریخته و سپس کاملاً غرقاب کرده تا شیرابه‌ی آن از ته گلدان‌ها خارج گردد، این عمل به مدت یک هفته انجام شد (انتهای کلیه گلدان ها به منظور خروج آب اضافی سوراخ هایی ایجاد گردیده بود، بنابراین برای جلوگیری از خروج کرم ها پارچه توری ریز در ته گلدان ها جا سازی شد).

پس از این مراحل، تعداد ۳۰ عدد کرم بالغ به وزن تقریبی ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم که حلقه‌ی کلیتلیوم آن‌ها تشکیل شده بود، انتخاب و به بسترها اضافه شدند. به مدت یک هفته کرم‌ها در این شرایط، با درجه‌ی حرارت ۲۰ الی ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (محیط) و رطوبت بسترها حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد که محدوده‌ی مناسبی را جهت زیست کرم‌های خاکی تشکیل می‌دهد، نگهداری شدند تا به شرایط جدید عادت کنند(Edwards, 1998). در این مدت هر روز رطوبت بستر با اسپری آب روی بسترها تحت کنترل بود. بعد از یک هفته، نانو ذرات اکسید مس و اکسیدروی به میزان (صفر،۰/۴، ۰/۸ و ۱/۲ گرم بر کیلو گرم وزن بستر) در ۴۰ سی‌سی آب حل شده و به هر یک از بسترها اضافه گردید. طی دو هفته متوالی تعداد ۲۰ کرم از هر بستر به منظور آزمون‌های زیست محیطی خارج گردیدند. در نهایت در هر بستر تعداد ۱۰ کرم باقی ماند و برای تولید ورمی‌کمپوست در شرایط رطوبتی و دمایی اشاره شده در بالا به مدت سه ماه پرورش یافتند. بعد از سه ماه به منظور جداسازی کرم ها از ورمی کمپوست آماده شده، کلیه‌ی بسترها در جعبه‌های پلاستیکی خالی شدند و با استفاده از الک و حرارت آفتاب، کرم ها از بسترها جدا گردیدند.

سپس ورمی‌کمپوست به نسبت‌های ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد وزنی بستر کشت با خاک کاملاً مخلوط و در گلدان‌ها ریخته شدند. به منظور کشت لوبیاچیتی، در هر گلدان تعداد ۶ عدد بذر که قبلاً با مانکوزب به نسبت دو در هزار ضد عفونی شده بودند به صورت هیرم‌کاری کشت گردیدند. پس از جوانه‌زنی بذرها و در مرحله‌ی چند برگی که خطر از بین رفتن بوته حداقل بود عمل تنک انجام و در هر گلدان سه گیاهچه نگه داشته شد. در طی رشد و نمو گیاه کلیه‌ی مراقبت‌های زراعی نظیر وجین دستی علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها از طریق سمپاشی با سموم و آبیاری انجام گردید. برای سنجش میزان سبزینگی برگ‌ها در مرحله‌ی قبل از گلدهی، از هر گلدان و از هر بوته سه برگ به صورت تصادفی انتخاب و میزان سبزینگی آن‌ها توسط دستگاه اسپد مدل ۵۰۲

(Spad-502) اندازه‌گیری گردید. پس از قهوه‌ای شدن حدود $\frac{2}{3}$ غلاف‌ها آبیاری قطع گردید و غلاف‌ها به علت ناهمزمانی در رسیدگی در چندین مرحله برداشت و تعداد، طول و وزن غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف برای هر بوته شمارش و برای تک بوته میانگین‌گیری شد. متوسط وزن ۱۰۰ دانه بر اساس ۱۴ درصد رطوبت توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در واحد سطح (مترمربع) از فرمول زیر استفاده شد (عملکرد با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع محاسبه گردید):

عملکرد = متوسط وزن هر دانه × تعداد دانه در هر غلاف × تعداد غلاف در واحد سطح (مترمربع)

پس از برداشت غلاف‌ها، طول ساقه محاسبه و برای تک بوته میانگین‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی بوته (عملکرد بیولوژیک) در مرحله‌ی رسیدگی کلیه‌ی بوته‌ها از محل طوقه قطع و سپس خشک و توزین گردیدند. شاخص برداشت از نسبت عملکرد اقتصادی یا عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک یا وزن خشک اندام‌های هوایی به شرح فرمول مقابل بدست آمد:

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$$

برای اندازه‌گیری پروتئین دانه مقدار یک گرم از هر نمونه آسیاب شده و در ۱۵ سی‌سی اسید سولفوریک حل شده و با ۵ گرم کاتالیزور به حجم رسانیده شد و سپس با استفاده از دستگاه کجلدال مدل Ana-lyzer 1030 پروتئین آن‌ها تعیین گردید. همچنین برای اندازه‌گیری غلظت مس و روی در دانه‌ها مقدار یک گرم از دانه‌های بدست آمده آسیاب و توسط یک گرم اسید نیتریک هضم شده و سپس مقدار غلظت روی و مس آن‌ها توسط دستگاه فلئم فتومتر جذب اتمی مدل AA670 اندازه‌گیری گردید. آنالیز داده ها با استفاده از نرم‌افزار SAS به روش GLM انجام شد و مقایسه میانگین آن‌ها به روش دانکن (α=۵٪) تعیین گردید.

نتایج و بحث

سبزینگی

نتایج تجزیه واریانس سبزینگی برگ ها نشان داد بین کلیه اثرات اصلی، متقابل دوگانه و سه گانه تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۳). در سطوح یکسان ورمی کمپوست با افزایش میزان هر دو نانو ذرات، سبزینگی برگها کاهش یافت. در سطوح یکسان نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی با افزایش ورمی کمپوست، سبزینگی برگها در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت بطوریکه بیشترین سبزینگی در سطح دوم ورمی کمپوست (۵٪ وزنی) حاصل گشت. بیشترین سبزینگی در سطح اول نانو ذرات در سطح دوم ورمی کمپوست (۵٪ وزنی) و کمترین در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس در سطح سوم ورمی کمپوست (۷/۵٪ وزنی) حاصل گشت (جدول ۴). نانو ذرات اکسید مس نسبت به نانو ذرات اکسید روی اثر بیشتری در کاهش سبزینگی برگ ها داشت.

Laspina، Groppa و Benavides (۲۰۰۵) اظهار داشتند عوامل ایجاد کننده تنش اکسیداتیو مانند تنش فلزات سنگین ممکن است محتوی کلروفیل را به وسیله برهم زدن تعادل در بازگشت پروتئین های کمپلکس سیستم نوری ۲ کاهش دهند. به نظر می رسد کاهش معنی دار رنگیزه های فتوسنتزی گیاهان تحت تنش مس و روی عموما به علت تجزیه فزاینده کلروفیل آنها باشد (Vassilev, Lidon, Ramalho, Do-ceumatos and Graca, 2003). تنش طولانی مدت مس موجب تخریب کلروفیل در گیاه چاودار شده است (Ali and Alqurainy, 2004). نتایج مشابهی در آزمایش Yurekli و Porgali (۲۰۰۶) در بررسی اثرات سمیت مس بر لوبیا مشاهده گردید.

طول غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن غلاف

نتایج تجزیه واریانس طول غلاف نشان داد که بین کلیه اثرات اصلی و اثر متقابل دوگانه (نانو ذرات در نوع نانو ذرات) تفاوت معنی دار وجود داشت. نتایج تعداد غلاف در بوته و وزن غلاف ها نشان داد بین اثرات اصلی (نانو ذرات و نوع نانو ذرات) و اثر متقابل آنها تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول۳). طول غلاف ها در سطوح اول و دوم ورمی کمپوست تفاوت معنی داری نداشتند ولی افزایش ورمی کمپوست به میزان ۷/۵ درصد وزنی بستر باعث کاهش طول غلاف ها گردید (جدول ۶). با افزایش مقدار هر دو نانوذرات طول غلاف ها، تعداد غلاف در بوته و وزن غلاف ها کاهش یافت. در سطوح یکسان نانو ذرات (به جزء سطح اول) تعداد غلاف ها در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذرات اکسید مس بود. کمترین تعداد غلاف در بوته در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس مشاهده گردید. بیشترین وزن غلاف در سطح اول نانو ذرات اکسید روی و کمترین در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس حاصل گشت (جدول ۵).

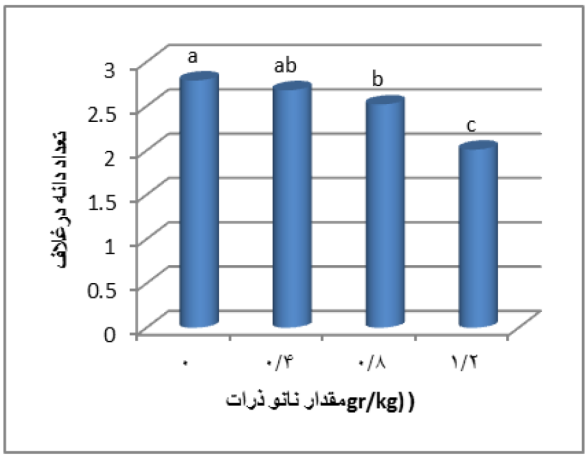
بنابراین با توجه به اظهارات El-Tayeb، El-Enany و Ahmed (۲۰۰۶) مهار رشد در اثر فلزات سنگین ممکن است مربوط به تغییر وضع آبی گیاه و میتوز، چرخه سلول و سختی دیواره سلول نیز باشد.

تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و طول ساقه

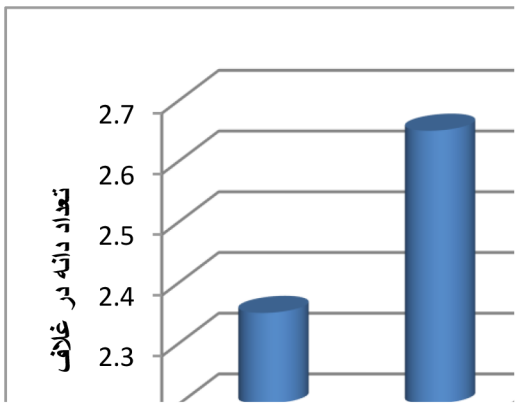
نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در غلاف نشان داد بین اثرات اصلی (نانو ذرات و نوع نانو ذرات) تفاوت معنی دار وجود داشت. نتایج وزن صد دانه نشان داد بین کلیه اثرات (به جزء اثر متقابل دوگانه نانو ذرات در ورمی کمپوست و اثر متقابل سه گانه) تفاوت معنی دار وجود داشت و نتایج طول ساقه نشان داد بین اثرات اصلی (نانو ذرات و نوع نانو ذرات) و متقابل دوگانه (نانو ذرات در نوع نانو ذرات و نانو ذرات در ورمی کمپوست) تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۳). با افزایش مقدار نانو ذرات، تعداد دانه در غلاف در ابتدا بدون تغییر و سپس کاهش یافت. بیشترین تعداد دانه در غلاف در سطح اول و دوم نانو ذرات و کمترین در سطح چهارم نانو ذرات حاصل گشت. در صورت مصرف نانو ذرات، تعداد دانه در غلاف ۱۳ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

همچنین تعداد دانه در غلاف در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذارت اکسید مس بود (شکل ۲).

با افزایش میزان نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی وزن صد دانه کاهش یافت و در سطوح یکسان نانو ذرات (به جزء سطح اول) وزن صد دانه در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذرات اکسید مس بود. بیشترین وزن صد دانه در سطح اول هر دو نانو ذرات و کمترین در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس مشاهده گردید. وزن صد دانه در صورت مصرف نانو ذرات اکسید مس ۴۵ درصد کاهش و در صورت مصرف نانو ذرات اکسید روی ۲۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵).



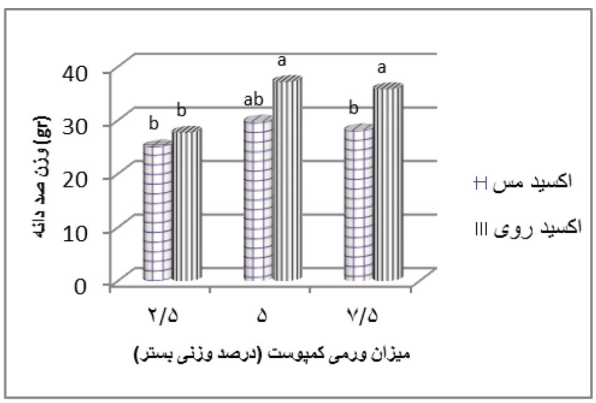
شکل۱- مقایسه میانگین تاثیر مقدار نانو ذرات بر تعداد دانه در غلاف.
میانگین‌هایی، در هر ستون،که حداقل در یک حرف مشترک هستند
بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل۲- مقایسه میانگین تاثیر نوع نانو ذرات بر تعداد دانه در غلاف.
میانگین‌هایی، در هر ستون،که حداقل در یک حرف مشترک هستند
بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

همچنین در نانو ذرات اکسید مس بین سطوح مختلف ورمی کمپوست تفاوت معنی داری از نظر وزن صد دانه مشاهده نگردید و در نانو ذرات اکسید روی با افزایش ورمی کمپوست، وزن صد دانه در ابتدا افزایش و سپس بدون تغییر ماند (شکل ۳). با افزایش میزان هر دو نانو ذرات خصوصا نانو ذرات اکسید مس تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و طول ساقه کاهش یافت. با توجه به نتایج آزمایشات Lopez و همکاران (۲۰۱۰)، Lee، An، Yoon و Kweon (۲۰۰۸)، Stampoulis، Sinha و White (۲۰۰۹) نانو ذرات مس و روی سبب کاهش طول ریشه، کوتاه و قهوه ای شدن نوک ریشه گیاهان مورد آزمایش گردیدند. بنابراین احتمالا کاهش تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و طول ساقه به علت کاهش رشد ریشه و جذب مواد غذایی و در نهایت کاهش رشد گیاه می باشد.

طول ساقه با افزایش میزان هر دو نانو ذرات کاهش یافت. در سطوح یکسان نانو ذرات (به جزء سطح اول) طول ساقه در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذرات اکسید مس بود. بیشترین ارتفاع ساقه در سطح



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی کمپوست و نوع نانو ذرات بر وزن صد دانه.
میانگین‌هایی، در هر ردیف،که حداقل در یک حرف مشترک هستند
بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

اول هر دو نانو ذرات و کمترین در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس حاصل گشت (جدول ۵). در سطوح یکسان نانو ذرات با افزایش ورمی کمپوست، تغییر معنی داری در طول ساقه مشاهده نگردید (جدول۷).

با توجه به کاهش طول ساقه چنین استنباط می شود نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی سبب ایجاد استرس در گیاه شده و باعث کاهش رشد طولی اندام هوایی گیاه می شوند. نتایج آزمایشاتVan و همکاران (۱۹۸۸)، Prakash Verma و همکاران (۲۰۱۱)، Kopittke و Menzies(۲۰۰۶) نیز نشان داد افزایش مس و روی سبب کاهش طول ساقه گردید. افزایش ورمی کمپوست اثری بر طول ساقه نداشت. با توجه به اظهارات Atiyeh و همکاران (۲۰۰۰) در اثر فعالیت کرم‌های خاکی روند تجزیه و ثبات کود حیوانی (گاوی و خوکی) با سرعت بیشتری صورت گرفته و با توسعه‌ی خصوصیات بیوشیمیایی، مناسب رشد گیاه میگردد. همچنین ورمی کمپوست حاوی عناصر غذایی ارزشمندی برای گیاه می باشد که می تواند تاثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته باشد. بنابراین احتمالا وجود نانو ذرات در ورمی کمپوست سبب کاهش اثر مثبت ورمی کمپوست بر گیاه زراعی مورد آزمایش گردیده است.

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک نشان داد بین کلیه اثرات اصلی، متقابل دوگانه و سه گانه تفاوت معنی داری وجود داشت. نتایج عملکرد دانه نشان داد بین کلیه اثرات اصلی و اثر متقابل دوگانه (نانو ذرات در نوع نانو ذرات) تفاوت معنی داری وجود داشت و نتایج شاخص برداشت نشان داد بین اثرات اصلی و اثر متقابل دوگانه (نانو ذرات در نوع نانو ذرات) تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۳).

عملکرد بیولوژیک در سطوح یکسان نانو ذرات و ورمی کمپوست (به جزء سطح دوم نانو ذرات در سطح دوم ورمی کمپوست) تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. در سطوح یکسان نانو ذرات اکسید مس (به جزء سطح اول) با افزایش ورمی کمپوست تغییر معنی داری در عملکرد بیولوژیک ایجاد نگردید. در سطوح یکسان ورمی کمپوست با افزایش نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر نانو ذرات، ورمی کمپوست و نوع نانو ذرات بر برخی ویژگی های لوبیا چیتی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		سبزینگی	طول غلاف	تعداد غلاف	وزن غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲/۳۹	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۰۰۳	۰/۱۵	۱/۱۶	۱۱۲۶/۷۶
فاکتور A (مقدار نانو ذرات)	۳	۲۶۲/۴۸ **	۳۵/۹۶ **	۱۲/۳۴ **	۰/۱۰۹ **	۲/۱۴ **	۱۳۳۳/۲۹ **	۶۹۳۵۸/۱۷ **
فاکتور B (نوع نانو ذرات)	۱	۸۶/۰۲ **	۱۶/۱۵ **	۱۸/۲۰ **	۰/۰۱۳ **	۱/۵۴ **	۶۲۴/۷۵ **	۳۸۸۴۰/۵۶ **
فاکتور C (ورمی کمپوست)	۲	۹۴/۲۲ **	۶/۴۰ **	۱/۱۰ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۲۲ ns	۳۳۶/۳۴ **	۱۰۲۰۱/۸۷ **
اثر متقابل A×B	۳	۹/۶۵ **	۱/۹۲ **	۲/۵۹ **	۰/۰۰۴ *	۰/۱۳ ns	۸۶/۰۴ **	۴۶۷۶/۸۳ **
اثر متقابل A×C	۶	۳/۰۲ **	۰/۳۹ ns	۰/۹۱ ns	۰/۰۰۰۹ ns	۰/۲۳ ns	۱۲/۸۲ ns	۱۵۱۳/۶۲ ns
اثر متقابل B×C	۲	۳/۰۸ *	۰/۱۴ ns	۰/۲۴ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱ ns	۴۸/۱۶ **	۷۶۶/۲۴ ns
اثر متقابل A×B×C	۶	۱/۶۳ *	۰/۰۳ ns	۰/۳۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۵ ns	۱۳/۱۶ ns	۸۶۸/۲۹ ns
اشتباه آزمایشی	۴۶	۰/۶۷	۰/۲۹	۰/۴۰	۰/۰۰۱	۰/۱۲	۸/۹۳	۸۴۳/۱۱
ضریب تغییرات (cv٪)	-	۲/۱۹	۵/۵۶	۱۲/۷۸	۱۶/۷۸	۱۴/۰۳	۹/۷۷	۲۳/۳۵

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	طول ساقه	پروتئین دانه	غلظت مس و روی
تکرار	۲	۵۲۳/۶۰	۶۶/۷۶	۳/۲۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱
فاکتور A (مقدار نانوذرات)	۳	۱۳۶۲۶۱/۶۲ **	۱۷۷۸/۶۹ **	۲۶۰/۲۲ **	۲/۸۲۴ **	۷۱/۵۵۳ **
فاکتور B (نوع نانو ذرات)	۱	۴۵۹۰۴/۵۰ **	۱۹۲۸/۲۰ **	۴۰۸/۹۸ **	۱/۳۲۳ **	۵۳۶۶/۴۸۰ **
فاکتور C (ورمی کمپوست)	۲	۶۲۶۲۶/۷۱ **	۱۸۲/۹۸ *	۳/۴۴ ns	۱/۵۶۷ **	۱۷/۳۳۸ **
اثر متقابل A×B	۳	۶۲۵۱/۱۵ *	۲۹۲/۸۴ **	۲۱/۳۲ *	۰/۰۸۰ **	۴/۶۷۳ **
اثر متقابل A×C	۶	۴۷۶۴/۰۲ *	۹۴/۸۰ ns	۱۷/۸۲ *	۰/۵۰۵ **	۰/۱۴۶ **
اثر متقابل B×C	۲	۷۲۰۷/۱۵ *	۳۲/۶۹ ns	۸/۶۳ ns	۰/۰۰۲ ns	۱/۳۱۴ **
اثر متقابل A×B×C	۶	۴۵۳۴/۱۸ *	۵۴/۳۴ ns	۶/۶۹ ns	۰/۰۰۵ *	۰/۶۹۴ **
اشتباه آزمایشی	۴۶	۱۶۶۵/۳۲	۴۴/۳۸	۶/۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (cv٪)	-	۱۰/۶۹	۲۱/۳۶	۲/۴۱	۰/۲۰۸	۰/۱۷۶

**، * و ns : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی دار

با افزایش هر دو نانو ذرات عملکرد دانه کاهش یافت. در سطوح یکسان نانو ذرات (به جزء سطح اول) عملکرد دانه در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذرات اکسید مس بود. کمترین عملکرد دانه در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس مشاهده گردید. عملکرد دانه با مصرف نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی به ترتیب ۶۶ و ۳۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). با افزایش ورمی کمپوست عملکرد دانه در ابتدا افزایش و سپس روند ثابتی به خود گرفت. با افزایش ورمی کمپوست شاخص برداشت در ابتدا ثابت ماند و سپس افزایش یافت (جدول۶). شاخص برداشت با افزایش نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی کاهش یافت. در سطوح اول و دوم هر دو نانو ذرات تفاوت معنی داری در میزان شاخص برداشت مشاهده نگردید و در سطوح سوم و چهارم نانو ذرات مقدار شاخص برداشت در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذارت اکسید مس بود. کمترین شاخص برداشت در سطح چهارم نانو ذرات اکسید مس حاصل گشت (جدول ۵). احتمالا کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت به دلیل سمیت نانو ذرات و کاهش رشد ریشه و جذب مواد غذایی می باشد.

Stampoulis، Sinha و White (۲۰۰۹) مشاهده نمودند نانو ذرات مس سبب کاهش طول ریشه و بیوماس گیاه کدو گردیدند.

پروتئین دانه و تجمع مس و روی در دانه

نتایج تجزیه واریانس درصد پروتئین دانه نشان داد بین کلیه اثرات اصلی و اثرات متقابل دوگانه (به جزء نوع نانو ذرات در ورمی کمپوست) و اثر متقابل سه گانه تفاوت معنی داری وجود داشت و نتایج غلظت مس و روی در دانه نشان داد بین کلیه اثرات تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۳).

در سطوح یکسان ورمی کمپوست با افزایش نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی، پروتئین دانه کاهش یافت. در سطوح یکسان نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی (به جزء سطح اول) بیشترین میزان پروتئین دانه در سطح دوم ورمی کمپوست (۵٪ وزنی) حاصل گشت. در سطوح یکسان نانو ذرات و ورمی کمپوست مقدار پروتئین دانه در نانو ذرات اکسید روی بیشتر از نانو ذرات اکسید مس بود. بیشترین میزان پروتئین دانه در در سطح اول نانو ذرات اکسید روی در سطح سوم ورمی کمپوست (۷/۵٪ وزنی) و کمترین در سطح دوم نانو ذرات اکسید مس در سطح

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل نانو ذرات، ورمی کمپوست و نوع نانو ذرات بر برخی ویژگی های لوبیا چیتی

سطوح ورمی	ورمی (۲٪/۵)	ورمی (۵٪)	ورمی (۷٪/۵)	ورمی (۲٪/۵)	ورمی (۵٪)	ورمی (۷٪/۵)
	نوع نانو ذرات					
	اکسید مس			اکسید روی		
نانو ذرات (gr/kg)	سبزینگی برگ (spad)					
۰	۴۲/۹۶ b	۴۴/۵۳ a	۴۱/۱۰ d	۴۲/۶۳ bc	۴۴/۹۶ a	۴۱/۴۰ cd
۰/۴	۳۳/۳۰ kl	۳۷/۶۰ fg	۳۵/۰۳ ij	۳۸/۵۶ ef	۴۱/۴۶ cd	۳۶/۷۰ gh
۰/۸	۳۲/۶۳ l	۳۶/۵۰ ghi	۳۴/۸۳ j	۳۵/۹۰ hji	۳۹/۴۶ e	۳۵/۸۰ hji
۱/۲	۳۲/۴۶ l	۳۵/۲۳ hji	۳۰/۷۶ m	۳۴/۶۰ jk	۳۸/۴۳ ef	۳۳/۲۶ kl
	عملکرد بیولوژیک (gr/m^2)					
۰	۴۱۵/۴۰ def	۵۷۱/۶۷ ab	۴۸۰/۳۰ cd	۴۴۰/۷۰ cde	۵۷۷/۷۷ ab	۵۰۹/۱۳ bc
۰/۴	۳۲۳/۳۰ ghijk	۳۶۱/۷۰ ghijk	۳۳۸/۳۰ fghijk	۳۶۰/۱۰ ghijk	۵۹۴/۱۰ a	۳۸۲/۲۰ ghef
۰/۸	۲۹۸/۷۰ ijk	۳۵۳/۴۳ ghij	۲۹۰/۷۷ ijk	۳۰۹/۱۰ hijk	۳۹۲/۹۷ efg	۳۴۰ ghijk
۱/۲	۲۸۵/۵۰ jk	۲۹۱/۷۰ jki	۲۶۵/۱۰ k	۳۰۰/۵۰ ijk	۳۶۹/۸۰ ghief	۳۰۵/۵۰ hijk
	پروتئین دانه (٪)					
۰	۲۲/۸۲ e	۲۲/۸۴ de	۲۳/۳۱ b	۲۲/۹۴ c	۲۲/۹۷ c	۲۳/۳۹ a
۰/۴	۲۱/۸۲ l	۲۲/۷۰ f	۲۱/۸۰ l	۲۲/۰۲ j	۲۲/۹۶ c	۲۲/۰۷ j
۰/۸	۲۱/۹۰ k	۲۲/۴۲ g	۲۱/۹۳ k	۲۲/۱۷ i	۲۲/۶۶ f	۲۲/۳۲ h
۱/۲	۲۱/۹۳ k	۲۲/۴۲ g	۲۱/۹۱ k	۲۲/۳۳ h	۲۲/۹۲ cd	۲۲/۳۱ h
	غلظت مس و روی در دانه (ppm)					
۰	۱۴/۹۲ u	۱۵/۵۰ t	۱۵/۸۷ s	۳۰/۹۱ k	۳۱/۵۶ j	۳۲/۷۲ i
۰/۴	۱۷/۲۰ r	۱۷/۳۵ q	۱۸/۹۰ n	۳۳/۲۳ h	۳۴/۸۱ g	۳۵/۲۶ f
۰/۸	۱۷/۹۲ p	۱۷/۹۲ p	۱۹/۹۳ m	۳۵/۳۶ e	۳۶/۲۹ d	۳۶/۹۰ c
۱/۲	۱۷/۹۵ p	۱۸/۱۹ o	۲۰/۳۸ l	۳۶/۸۷ c	۳۷/۵۰ b	۳۷/۸۲ a

میانگین‌هایی، در هر ستون و ردیف ،که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

اول و سوم ورمی کمپوست حاصل گشت. در صورت مصرف نانو ذرات اکسید مس نسبت به عدم مصرف این نانو ذرات، مقدار پروتئین دانه در سطوح اول، دوم و سوم ورمی کمپوست به ترتیب ۴، ۱ و ۶ درصد کاهش و در صورت مصرف نانو ذرات اکسید روی در سطوح اول، دوم و سوم ورمی کمپوست به ترتیب ۳، ۰/۵۳ و ۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵).

با توجه به نقش عنصر مس در بسیاری از آنزیم های اکسایش و فرایند های فتوسنتز و تبادل هیدروکربن ها و پروتئین ها (Mengel and Kirkby, 1982) و نقش عنصر روی که در فعالیت اکسین‌ها و سنتز پروتئین، تولید دانه و سرعت تکامل دانه ضروری است (Malakoti and Lotfollahi, 1998) بنابراین احتمالا غلظت بالای این عناصر در بافت های گیاهی در کار سنتز پروتئین ها و آنزیم های دخیل در ساخت پروتئین ها اختلال ایجاد کرده و در نتیجه سبب کاهش پروتئین دانه گردیده اند.با افزایش نانو ذرات اکسید مس و ورمی کمپوست، غلظت مس در دانه و با افزایش نانو ذرات اکسید روی و ورمی کمپوست، غلظت روی در دانه افزایش یافت. همچنین در سطوح یکسان نانو ذرات و ورمی کمپوست میزان تجمع روی در دانه بیشتر از مس بود. بیشترین میزان تجمع در سطح چهارم نانو ذرات اکسید روی در سطح سوم ورمی کمپوست و کمترین در سطح اول نانو ذرات اکسید مس در سطح اول ورمی کمپوست حاصل گشت. در صورت مصرف نانو ذرات اکسید مس، غلظت مس در دانه در سطوح اول، دوم و سوم ورمی کمپوست به ترتیب ۱۸، ۱۴ و ۲۴ درصد افزایش و با مصرف نانو ذرات اکسید روی، غلظت روی در دانه در سطوح اول، دوم و سوم نانو ذرات به ترتیب ۱۳، ۱۴ و ۱۲ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

سلولهای گیاهی دارای دیواره سلولی نیمه نفوذ پذیرند، بنابراین مولکولهای با اندازه کمتر از چند نانومتر می توانند از دیواره سلولی عبور کنند. برای نانو ذرات با پایه فلزی (اکسید روی) افزایش نفوذ پذیری و حتی ایجاد منافذ در دیواره های سلول باکتری با اندازه مشابه به دیواره سلول گیاهی گزارش شده است (Stoimenov, Klinger, Marchin and Klabunde, 2002) بنابراین نانو ذرات با عبور از سلولهای گیاهی قادر به تجمع در بافت های گیاهی می باشند.

نتایج مشابهی در آزمایشات Yurekli و Porgali (۲۰۰۶) در بررسی اثرات سمیت مس در لوبیا، Lopez و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی جذب و تجمع نانوذرات اکسیدروی توسط دانه‌های سویا، Lee، An، Yoon و Kweon (۲۰۰۸) در بررسی نانو ذرات مس، بر لوبیا و گندم مشاهده گردید. جذب مس کمتر از روی بود که نشان دهنده حساسیت بیشتر گیاهان به این نانو ذره بود. نتایج مشابهی توسط

جدول۵- مقایسه میانگین اثر متقابل نانو ذرات و نوع نانو ذرات بر برخی ویژگی های لوبیا چیتی

صفات	نوع نانو ذرات							
	اکسید مس				اکسید روی			
	میزان نانو ذرات (gr/kg)							
	۰	۰/۴	۰/۸	۱/۲	۰	۰/۴	۰/۸	۱/۲
طول غلاف (cm)	۱۱/۶۵ a	۱۱/۶۵ a	۸/۵۸ d	۷/۶۰ e	۱۱/۶۵ a	۱۰/۶۱ b	۹/۷۷ c	۹/۱۰ cd
تعداد غلاف در بوته	۵/۹۳ a	۴/۹۱ c	۳/۸۸ d	۳/۱۷ e	۵/۹۸ a	۵/۷۵ ab	۵/۱۴ bc	۵/۰۴ c
وزن غلاف (gr)	۰/۳۰ b	۰/۲۳ c	۰/۱۸ de	۰/۱۲ f	۰/۳۵ a	۰/۲۲ c	۰/۲۱ cd	۰/۱۷ e
وزن صد دانه (gr)	۴۱/۸۰ a	۲۹/۰۸ c	۲۲/۶۹ d	۱۶/۹۱ e	۴۱/۲۶ a	۳۶/۱۶ b	۳۰/۵۵ c	۲۶/۰۸ cd
عملکرد دانه (gr/m^2)	۲۰۲/۹۰ a	۱۱۱/۲۶ b	۶۲/۷۰ c	۲۷/۴۵ d	۲۰۱/۰۱ a	۱۷۳/۹۷ a	۱۲۴/۳۰ b	۹۰/۸۴ bc
شاخص برداشت (٪)	۴۱/۵۵ a	۳۲/۵۳ bc	۲۰/۰۹ d	۹/۸۶ e	۴۲/۱۹ a	۳۹/۵۱ ab	۳۵/۵۱ abc	۲۸/۲۲ d
طول ساقه (cm)	۱۰۶/۶۷ ab	۱۰۰/۹۸ cd	۹۸/۵۲ d	۹۵/۵۷ e	۱۰۸/۷۸ a	۱۰۵/۰۱ b	۱۰۵/۶۱ b	۱۰۱/۴۲ c

میانگین‌هایی، در هر ردیف،که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ورمی کمپوست بر برخی ویژگی لوبیا چیتی

میزان ورمی کمپوست (% وزنی)	طول غلاف (cm)	عملکرد دانه (gr/m^2)	شاخص برداشت (٪)
۲/۵	۱۰/۰۸ a	۱۰۲/۱۹ b	۲۸/۳۵ b
۵	۱۰/۱۳ a	۱۴۳ a	۳۱/۳۳ ab
۷/۵	۹/۲۱ b	۱۲۷/۷۱ a	۳۳/۸۷ a

میانگین‌هایی، در هر ستون،که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل نانو ذرات و ورمی کمپوست بر طول ساقه

نانو ذرات (gr/kg)	طول ساقه (cm)		
	میزان ورمی کمپوست (٪ وزنی بستر)		
	۲/۵	۵	۷/۵
۰	۱۰۵/۸۴ abc	۱۰۷/۱۱ ab	۱۱۰/۲۳ a
۰/۴	۱۰۳/۵۰ bcd	۱۰۳/۳۶ bcd	۱۰۲/۱۳ cde
۰/۸	۱۰۲/۰۲ cdef	۱۰۱/۴۱ cdef	۱۰۲/۷۶ bcd
۱/۲	۱۰۰/۶۰ def	۹۷/۶۶ ef	۹۷/۲۳ f

میانگین‌هایی، در هر ستون و ردیف،که حداقل در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

دیگر محققان در رابطه با جذب بیشتر عنصر روی نسبت به عنصر مس در شرایط وجود مقادیر کافی عناصر غذایی گزارش شده است (Peralta-Videa, Gardea-Torresdey, Gomez, Tiemann, Parsons and Carrillo, 2002).

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این آزمایش مشخص می کند با افزایش مقدار نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی، بخصوص نانو ذرات اکسید مس، رشد و عملکرد گیاه کاهش و غلظت مس و روی در دانه افزایش یافت. بنابراین لازم است تحقیقات بیشتری در زمینه اثر نانو ذرات بر گیاهان در محیط های مختلف رشد گیاه انجام گیرد تا از نحوه ورود این نانو ذرات در اندام های گیاهی و اثرات آنها بر رشد و نمو گیاه و همچنین ورود آنها به زنجیره های غذایی اطلاعات کافی به دست آید.

منابع مورد استفاده

1. Ali, A. and Alqurainy, F. (2004). Activities of antioxidants in plants under environmental stress. Dep. Of Botany, Faculty of Science, Zagazig University, Zagazig, Egypt. pp: 1-50.
2. Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A. and Metzger, J. D. (2000). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology*. Vol, 75. pp: 175-180.
3. Atiyeh, R. M., Dominguez, J., Subler, S. and Edwards, C. A. (2000). Changes in biochemical preperties of cow manure during processing by earth worms (*E.andrei, Bouche*) and the effects on growth.*Pedobiologia*. Vol, 44. pp: 709-724.
4. Berglund, H., Quartacci, M. F. and Liljenberg, C. (2000). Changes in plasma-membrane lipid composition: a strategy for acclimation to copper stress. *Biochemical Society Transactions*. Vol, 28, No, 6. pp: 905-908.
5. Cavender, N. D., Atiye, R. M. and Knee, M. (2003). Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia.* Vol, 47. pp: 85-89. (www.urbanfischer.de/journals/pedo)
6. Doshi, R., Braida, W., Christodoulatos, C., Wazne, M. and O'Connor, G. (2008). Nano-aluminum: trans port through sand columns and enviromental effects on plant and soil communication. *Environmental Research*. Vol, 106. pp:

296-303.

7. Edwards, C. A. (1998). *The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes*. Pages, 327-354 in CA Edwards, ed. Earthworm Ecology. St. Lucie Press, Boca Raton, FL, USA.
8. El-Tayeb, M. A., El-Enany, A. E. and Ahmed, N. L. (2006) Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower *(Helianthus annuus L.)*. *Plant Growth Regulation*. Vol, 50. pp:191-199.
9. Isla, R. and Aragues, R. (2010). Yield and plant ion concentrations in maize (Zea mays L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. *Field Crops Res*. Vol, 116. pp: 175–183.
10. Ke, W.S., Xiong, Z. T., Chen, S. and Chen, J. (2007). Effects of copper and mineral nutrition on growth, copper accumulation and mineral element uptake in two Rumex japonicas populations from a copper mine and an uncontaminated field sites. *Environmental and Experimental Botany*. Vol, 59. pp: 59-67.
11. Kinnersley, R. P. and Scott, L. K. (2001). Aerial contamination of fruit through wet deposition and particulate dry deposition. J. Environ. Radioact. Vol, 52, pp: 191-213.
12. Kopittke, P.M. and Menzies, N.W. (2006). Effect of Cu toxicity on growth of Cowpea (Vigna unguiculata). *Plant and Soil*. Vol, 279. pp: 287-296.
13. Laspina, N. V., Groppa, M. D. and Benavides, M. P. (2005). Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd-induced oxidative stress. *Plant Science*. Vol, 169. pp: 323-330.
14. Lee, W. M., An, Y. J., Yoon, H. and Kweon, H. S. (2008). Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles to the terrestrial plants mung bean (Phaseolus radiatus) and wheat (Triticum aestivum): plant agar test for water-insoluble nanoparticles. *Environmental toxicology and chemistry*. Vol, 27, No 9. pp: 1915-1921.
15. Lopez-Moreno, M. L., De La Rosa, G., Hernandez-Viezcas, J. A., Castillo-Michel, H., Botez, C. E., Peralta-Videa, J. R. and Gardea-Torresdey, J. L. (2010). Evidence of the differential biotransformation and genotoxicity of ZnO and CeO_2 nanoparticles on soybean (Glycine max) plants. *Environ. Sci. Technol*. Vol, 44. pp: 7315–7320.
16. Malakoti, M, J. and Lotfollahi, M, A. (1998). *The Role of Zinc in increasing quantitative and qualitative of agriculture crops and inproving society health (zinc forgotten elemental)*. Politics of High council decrease of using poisones and the best use of chemical manures, agriculture ministry, keshavarzi amozesh press.
17. Mengel, K., and Kirkby, E. A. (1982). *Principles of Plant Nutrition*. 3d ed. Bern: International Potash Institute.
18. Prakash Verma, J., Singh, V. and Yadav, J. (2011). Effect of copper Sulphate on seed Germination, Plant Growth and Peroxidase Activity of Mung Bean (*Vigna radiate*). *International Journal of Botany* . Vol, 7, No, 2. pp: 200-204.
19. Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., Gomez, E., Tiemann, K.J., Parsons, J.G., Carrillo, G. (2002). Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. *Environmental Pollution*. Vol, 119. pp, 291-301.
20. Sarmadnia, Gh. and kocheki, A. (1996). *Crops physiology*. Mashhad jehad. Daneshgahi Press. Sixth Edition. 467 pp. (Translated in Persian).
21. Sheldon, A. and Menzies, N. W. (2004). The effect of copper toxicity on the growth and morphology of Rhodes grass (Chloris gayana) in solution culture. *Journal of American Science.* Vol, 8. pp: 1-8.
22. Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbakhsh Shishevan, M. and Sharif, R.S. (2010). Effects of Nano- Iron Oxide Particles on Agronomic Traits of Soybean. *Not Sci Biol*. Vol, 2, No, 2. pp: 112-113. (www.notulaebiologicae.ro)
23. Stampoulis, D., Sinha, S.K. and White, J. C. (2009). Assay-Dependent Phytotoxicity of Nanoparticles to Plants. *Environmental Science Technology*. Vol, 43. Pp: 9473–9479.
24. Stoimenov, P.K., Klinger, R. L., Marchin, G. L., and Klabunde, K. Y. 2002. Metal oxide nanoparticles as bactericidal agents. Langmuir. Vol, 18. pp: 6679-6686.
25. Taiz, L. and Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*, 2nd ed.; Sinauer: Sunderland, MA.
26. Valdez-Perez, M.A., Fernandez-Luqueno, F., Hernandez, F., Flores Cotera, L. B. and dendooven, L. (2011). Cultivation of beans (phaseolus vulgaris L.) in limed or unlimed wastewater sluge, vermicompost or inorganic amended soil. *Scientia Horticulturae*. Vol, 128. pp: 380-387.
27. Van Assche, F., Cardinaels, C. and Clijsters, H. (1988). Induction of enzyme capacity in plants as a result of heavy metal toxicity: Dose-Response relations in *Phaseolus vulgaris* L., treated with Zinc and Cadmium. *Environmental Pollution.* Vol, 52. pp: 103-115.
28. Vassilev, A., Lidon, F., Ramalho, J. C., Doceumatos, M. and Graca, M. (2003). Effects of excess Cu on growth and photosynthesis of Na+/H+ antiport in the tonoplast. *Planta*. Vol, 224. pp: 545-555.