کاربرد نانوکلات روی بر برخی صفات مورفولوژیک گل جعفری آفریقایی(*Tagetes erecta*)

الهام مطلبی(نویسنده مسئول)[۱*] و محمدحسین ربیعی[۲]

۱*- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، e_motallebi@yahoo.com

۲- کارشناس‌ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، rabieimhr@gmail.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۰

Application of zinc nanoclate fertilizer on some morphological traits of African parsley (*T. erecta*)

Elham Moltallebi[1*] and Mohamadhossine Rabiei[2]

1*- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, e_motallebi@yahoo.com

2- M.Sc Student, Department of Holticultuer, Garmsar, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, rabieimhr@gmail.com

Received: August 2021 Accepted: November 2021

چکیده

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش آب و خاک، استفاده از نانوکودها برای تغذیه گیاهان به منظور افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، می باشد. با توجه به اهمیت گل جعفری و جایگاه ویژهٔ آن در ایران و جهان و با توجه به معضلات ایجاد شده با کودهای شیمیایی می‌توان گفت ارائه برنامهٔ مناسب جهت کشت، بهینه کردن بستر کشت، نحوهٔ مناسب کوددهی خصوصا کودهای با فرمالاسیون جدید بر پایه فناوری نانو از ضروریات امروز است. در همین راستا به منظور بررسی تاثیر کاربرد کود نانوکلات روی بر برخی صفات مورفولوژیک گل جعفری، پژوهشی در قالب طرح کاملا تصادفی در٤ تیمار و ۳ تکرار در منطقه گرمسار طراحی گردید. تیمارها شامل ۳ غلظت روی (۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱/۵ گرم در لیتر و ۳ گرم در لیتر) بصورت محلول‌پاشی و عدم کاربرد کود (شاهد) بود و در نهایت نیز ارتفاع گیاه، وزن‌تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن‌خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که تمامی صفات دارای اختلاف معنی‌دار بوده و تیمار نانو کود کلات روی ۱۲٪ به مقدار ۳ گرم در لیتر، بیشترین مقدار در تمامی صفات مورد بررسی به جز صفت ارتفاع را به خود اختصاص داده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهترین نوع نانو کود جهت بهبود ویژگی های مورفولوژیکی گل جعفری در شرایط گرمسار تیمار شماره ٤ (نانو کود کلات روی ۱۲٪ به مقدار ۳ گرم در لیتر) است.

کلمات کلیدی: گل جعفری، صفات مورفولوژیک، نانو کود کلات روی

Abstract

One of the most important applications of nanotechnology in the soil and water sector is the use of nanofertilizers to feed plants to increase nutrient efficiency and minimize the cost of environmental protection. In this regard, in order to investigate the effect of zinc nanoclate fertilizer application on some morphological traits of T.erecta (parsley flower), a study was designed in a completely randomized design with 4 treatments and 3 replications in Garmsar region. Treatments included 3 concentrations of zinc (750 mg / l, 1.5 g / l and 3 g / l) as foliar application and no fertilizer (control) and finally plant height, shoot weight, root wet weight, dry weight aerial parts and root dry weight were evaluated. The results of comparing the mean of the studied traits showed that all traits had a significant difference and treatment 4 (nano chelate fertilizer on 12% at a rate of 3 g / l) had the highest value in all traits except height. Therefore, it can be concluded that the best type of nanofertilizer to improve the morphological characteristics of T.erecta (parsley flower) in Garmsar region is treatment number 4(nano chelate fertilizer on 12% at a rate of 3 g / l).

Keywords: Morphological traits, Parsley, Zinc chelate nanofertilizer

مقدمه و کلیات

گیاهان و گل‌ها زیباترین شاهکار خلقت و یکی از بهترین هدایای الهی به انسان می باشند که علاوه بر جنبه‌های زیبایی، مورد استفاده های دیگر از جمله خوراکی و دارویی نیز دارند. در این میان گل‌های شاخه بریده به دلیل تقاضای زیاد و حمل و نقل راحت‌تر، بسیار مقرون به صرفه برای تولید کننده است که تولید انبوه آنها مستلزم استفاده زیاد از نهاده‌های کشاورزی می‌باشد. استفاده از کودهای شیمیایی علیرغم بازدهی اولیه خوبی که از خود نشان می‌دهند عملا در درازمدت اثرات سویی بر جا می‌گذارد. تداوم این روند و افزایش مصرف بی‌رویهٔ کودهای شیمیایی تخریب هرچه بیشتر ساختمان خاک، کاهش شدید در مقدار مواد آلی به دلیل نسبت C/N پایین و نهایتا افزایش وزن مخصوص خاک‌های زراعی را سبب می شود (ملکوتی، ۱۳۷۸). امروزه به دلیل استفادهٔ بی‌رویه از کودهای شیمیایی، مواد آلی زمین‌های کشاورزی ایران کاهش یافته و ترکیب خاک، به بافت سخت و نامطلوبی تبدیل شده است. با پیشرفت فناوری کشاورزی، کشورهای پیشرفته توانسته‌اند با به کارگیری روش‌های طبیعی ضمن جلوگیری از تخریب زمین‌های کشاورزی با اصلاح و تقویت آنها بازدهی و سودآوری خاک را نیز افزایش دهند. استفاده از مواد ارگانیک و غیرشیمیایی از جمله راه‌های تحقق این امر مهم است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). کشاورزی ارگانیک که از شاخه‌های کشاورزی پایدار است به دنبال تولید عملکرد مطلوب و در عین حال حفظ ساختار محیط و کمینه‌سازی پیامدهای منفی فعالیت‌های کشاوزی است. در این میان نانوکودها، به دلیل رهاسازی تدریجی و آرام عناصر غذایی خود، بهترین جایگزین برای کودهای محلول مرسوم هستند. با بهره‌گیری از نانو کودها، عناصر غذایی به آرامی و با سرعت مناسب در تمام طول فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند، بنابراین به دلیل کاهش شدید آب‌شویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی خواهند بود. تحقیقات نشان داد که استفاده از کودهای تهیه شده با فناوری نانو، در مقایسه با کودهای غیر نانو می‌تواند تاثیرات قابل توجهی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان داشته باشد (Chinnamuthu, 2009). هر یک از عناصر کم‌مصرف نقش خاصی را در گیاه ایفا می‌کند و وجود این عناصر برای کامل کردن چرخه زندگی و رشد گیاه لازم است. در این میان، عنصر روی جایگاه ویژه‌ای داشته و کمبود آن در کنار برخی دیگر از ریزمغذیها، مانند آهن در مقیاس جهانی قابل مشاهده است. کمبود روی بیشترین مشکل را برای تولید محصول ایجاد می‌کند. روی در بسیاری از سیستمهای آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوری فعال کننده و یا ساختمانی دارد و داخل گیاه در ساخته شدن و تخریب پروتئینها دخیل است (Brown *et al.*, 1993). روی نقشهای متابولیکی مهمی را در گیاه ایفا می‌کند. برخی از آنزیمها مانند کربونیک آنهیدراز، کربوکسی پپتیداز، الکل دی‌هیدروژناز، فسفاتاز قلیایی، فسفولیپاز و RNA دیمراز حاوی روی هستند. روی در متابولیسم کربوهیدراتها، پروتئینها و ازت در گیاهان دخالت دارد. روی برای ساخته شدن اسید ایندول

استیک اسید (IAA) از تریپتوفان ضروری است. چون تریپتوفان شرط لازم برای ساخت ایندول استیک اسید است، بنابراین ساخته شدن این ماده رشدی به طور غیر مستقیم تحت تاثیر روی خواهد بود. غلظتهای بیش از حد تریپتوفان در برگهای گیاه دچار کمبود روی احتمالا ناشی از همین موضوع است. فعالیت آنزیم الکل دهیدروژناز (ADH) به شدت با کمبود روی کاهش می‌یابد، این آنزیم نقش مهمی را در تنش ریشه‌ها در شرایط بی‌هوازی ایفا می‌کند که در نتیجه آن استالدئید به اتانول احیاء می‌شود. بنابراین در صورت کمبود روی، تحت شرایط بی‌هوازی متابولیسم ریشه‌های بی‌هوازی مختل می‌گردد (حتی در شرایط هوازی، تشکیل اتانول به طور عمده در مناطق مریستمی مانند انتهای ریشه‌ها نیز صورت می‌گیرد). روی همچنین در متابولیسم اسید جیبرلیک نقش دارد و به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود روی این متابولیسم مختل گردد (Suge *et al*., 1986). کمبود روی در خاکهای زراعی دنیا مخصوصا خاکهای آهکی عمومیت دارد. نتایج تجزیهٔ خاکهای زراعی در ایران مؤید آن است که کمبود روی در این خاکها و گیاهان به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن خاکها، pH بالا، حضور بی‌کربنات فراوان در آبهای آبیاری، شوری خاک، پائین بودن مواد آلی خاک، مصرف فراوان و بیش از حد کودهای فسفاتی و نهایتا عدم رواج مصرف کودهای محتوی روی شایع است (ملکوتی، ۱۳۷۹). امیرجانی و همکاران (۱۳۹۲) غلظتهای مختلف نانوذرات اکسید روی در مقایسه با سولفات روی را در گیاه پریوش بررسی نمودند. نتایج نشان می‌دهد که جذب روی در مقیاس نانو بیشتر صورت گرفته است. در پژوهشی که یادگار و همکاران (۱۳۹۲)، به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی کودهای کلات روی به دو شکل نانو (۲۰٪) و غیر نانو (۵٪) و سطوح مختلف شوری و اثر متقابل کود و شوری بر شاخص‌های رشدی اندام هوایی و ریشه گیاه نخود انجام دادند، به این نتیجه دست یافتند که وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه، طول ساقه، طول ریشه و تعداد انشعابات ساقه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری بویژه در شوری ۷۵ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش یافت و کاربرد کود کلات روی بویژه به شکل نانو باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری بر شاخصهای رشد و افزایش معنی‌دار آنها نسبت به شاهد داشته است. مقیمی‌پور (۱۳۹۳)، به منظور ارزیابی تاثیر محلولپاشی عنصر روی بر خصوصیات مرفولوژیکی ریحان مقدس، آزمایشی انجام داد. تیمارها شامل محلولپاشی با نانوکلات روی (۰، ۰/۵، ۱ و۱/۵گرم در لیتر) و سولفات روی (۱ و ۱/۵) گرم در لیتر بود. نتایج نشان داد که اثر محلولپاشی کودهای روی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده بجز دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار صفات مذکور در تیمار محلولپاشی با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر نانوکلات روی مشاهده شد. جعفری آفریقایی (*T. erecta*) بومی مرکز و جنوب آمریکا به ویژه مکزیک بوده، گیاهی یکساله و از خانوادهٔ کاسنی Compositae می‌باشد. دارای برگ‌های مرکب بوده

و گل‌های آن به رنگ لیمویی زرد، کرم، طلایی، نارنجی و قهوه‌ای دیده می‌شود. گونه‌هایی از آن که در باغ‌ها و باغچه‌ها کاشته می‌شوند دارای گل‌های بزرگ به رنگ نارنجی یا زرد است. این گیاه به عنوان گل بریدنی، گلدانی و نیز حاشیه‌کاری استفاده می‌شود. امروزه گل جعفری به صورت تجاری برای استخراج رنگیزه‌های کاروتن و بویژه گزانتوفیل پرورش داده می‌شود. کاروتنوئیدهای استخراج شده از گلبرگ‌ها برای تشدید رنگ زرده تخم مرغ به غذای مرغ اضافه می‌شود. لوتئین که جزء اصلی گزانتوفیل‌ها است برای استفاده در ترکیبات رنگ کنندهٔ مواد غذایی استفاده می‌شود. برگ‌های گل جعفری حاوی روغن‌های معطر ویژه است. روغن موجود در جعفری افزون بر کاربردهای درمانی، دفع کنندهٔ حشرات نیز هست. کاشت جعفری نشان داده است که در کاهش جمعیت نماتدها در خاک مفید است. استفاده از جعفری در تناوب کشت می‌تواند جایگزینی برای سموم نماتدکش در کاهش جمعیت نماتد عامل گال باشد (قاسمی قهساره و کافی،۱۳۹۱). با توجه به اهمیت گل جعفری و جایگاه ویژهٔ آن در ایران و جهان و با توجه به معضلات ایجاد شده با کودهای شیمیایی می‌توان گفت ارائه برنامهٔ مناسب جهت کشت، بهینه کردن بستر کشت، نحوهٔ مناسب کود دهی خصوصا کودهای با فرمالاسیون جدید بر پایه فناوری نانو از ضروریات امروز است. نظر به اهمیت فناوری نانو و کمبود روی در خاک‌های ایران انجام این تحقیق ضروری به نظر می‌رسد. هدف اصلی این تحقیق کاربرد کود نانوکلات روی بر برخی صفات مورفولوژیک گل جعفری در شرایط خاک گرمسار و نیز تعیین بهترین و اقتصادی‌ترین کود برای بهبود رشد و نمو این گیاه است.

فرآیند پژوهش

به منظور بررسی تاثیر کاربرد کود نانوکلات روی بر برخی صفات مورفولوژیک گل جعفری پژوهشی بصورت طرح کاملا تصادفی از اردیبهشت ۱۳۹٤ لغایت مرداد ۱۳۹٤ در٤تیمار و ۳ تکرار در شهرستان گرمسار استان سمنان اجراء گردید. انجام گرفت. گرمسار در منطقه‌ای با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۰/۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱٥٥,٤ متر از سطح دریا با متوسط بارندگی سالانه ۹۰-۱۱۰ میلیمتر قرار دارد و به علت کویری بودن دارای خاک شور می‌باشد. جهت دستیابی به روند تغییرات درجه حرارت در طول دورهٔ رشد گل جعفری و محاسبهٔ واحد گرمایی و نیز پارامترهای جوی در ماه‌های خرداد و تیر ۱۳۹٤ منطقه از آمارهای ایستگاه هواشناسی شهرستان گرمسار استفاده گردید این شرایط دارای میانگین درجه حرارت در تیرماه شامل ۳٤ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۱۳ درصد همچنین در خردادماه شامل میانگین درجه حرارت ۳۱/۸ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۱٦/٥ درصد می‌باشد. در این پژوهش از نشاء گل جعفری استفاده شد. نشاها در گلدان‌هایی به ابعاد ٥۰×۱۷ به ارتفاع ۱٥ سانتیمتر کشت شدند، همچنین از مقداری پیت‌ماس برای حفظ رطوبت بهتر در اطراف نشاها استفاده شد. خاک مورد استفاده در گلدان‌ها دارای بافت لوم ماسه‌ای با رس ۱٤ درصد،

شن ۷٦ درصد و سیلت ۱۰ درصد همچنین پتاسیم ۶۷۵/٦ ppm، روی ۱٤/۲ ppm و pH ٦/۸بود. ابتدا گلدان‌ها که بصورت نشاء بودند در گلخانه قرار گرفتند ولی به علت گرمی هوای داخل گلخانه به مکان آزاد انتقال یافتند. برای تهیهٔ تیمارها از نانوکود کلات روی خضرا ۱۲٪ استفاده گردید. محلولها در ۳ غلظت نانو کود کلات روی (۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱/۵ گرم در لیتر و ۳ گرم در لیتر) تهیه شدند (جدول ۱). محلول‌پاشی ۲ بار در هفته، به فاصله ۱ هفته از زمان انتقال نشاء انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل ارتفاع گیاه، وزن‌تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن‌خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه بود. تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز با استفاده از نرم افزار spss و آنالیز واریانس و مقایسات میانگین بوسیلهٔ روش دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها و جداول نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱- نام و علائم اختصاری تیمارها

Table 1- Names and abbreviations of treatments

ردیف	نام تیمار	علامت اختصاری
تیمار ۱ شاهد	(بدون کود)	Control
تیمار ۲	نانو کود روی ۱۲ درصد به میزان ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر	Zn 12% - 750 mg.l
تیمار ۳	نانو کود روی ۱۲ درصد به میزان ۱/۵ گرم در لیتر	Zn 12% - 1.5 g.l
تیمار ٤	نانو کود روی ۱۲ درصد به میزان ۳ گرم در لیتر	Zn 12% - 3 g.l

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی نتایج مقایسه میانگین ارتفاع گیاه نشان داد که این صفت در بین تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. بر اساس نمودار ۲ وزن‌تر اندام هوایی در بین تیمارهای آزمایشی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار ٤ (۳۰/۸٦ گرم) و کمترین وزن‌تر اندام هوایی مربوط به شاهد می‌باشد (نمودار ۲).

نتایج مقایسه میانگین صفت وزن‌تر ریشه نشان داد که این صفت در بین تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. بر اساس این نتایج وزن‌تر ریشه در تیمار ٤ (۱۲/۵ گرم) بیشتر از تیمارهای دیگر بوده اما با تیمارهای ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری ندارند و کمترین وزن تر ریشه مربوط به شاهد می‌باشد (نمودار ۳).

بررسی نتایج مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی نشان داد که این صفت در بین تیمارهای آزمایشی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد، به این ترتیب که تیمار ٤ (۵/۳۲ گرم) نسبت به تیمارهای دیگر دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی می‌باشد (نمودار ٤).

وزن خشک ریشه نیز در بین تیمارهای آزمایشی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد، به این صورت که تیمار ٤ (۸/۳٦ گرم) نسبت به تیمارهای دیگر دارای بیشترین وزن خشک ریشه می‌باشد و کمترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار شاهد می باشد (نمودار ۵).

در جدول ۳ همبستگی بین صفات ارزیابی شده، ارائه شده است. بررسی نتایج همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که اکثریت صفات مورد نظر در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشند که نشان می‌دهد با افزایش هر صفت، صفت همبسته به آن نیز افزایش می‌یابد و بالعکس. در این بررسی نتایج نشان داد که صفات ارتفاع با وزن‌تر اندام هوایی، صفت وزن‌تر اندام هوایی با وزن‌تر ریشه، صفت وزن‌تر ریشه با وزن خشک ریشه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند. بر اساس نتایج همبستگی فنوتیپی صفات مورد مطالعه، بیشترین میزان همبستگی مربوط به صفات وزن‌تر اندام هوایی گیاه با وزن تر ریشه به میزان ۰/۹۵۸ در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس و جدول مقایسه میانگین‌ها، در تمام صفات مورد بررسی، تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد (تیمار ۱) برتری داشته‌اند. نتایج حاکی از آن است که استفاده از نانوکود کلات روی دارای اثر مثبت و معنی‌داری در تمامی صفات مورد بررسی نسبت به شاهد بوده است. بررسی نتایج نشان داد که از میان تیمارهای آزمایشی، تیمار ٤ (نانو کود کلات روی ۱۲٪ به مقدار ۳ گرم در لیتر) در اکثریت صفات مورد بررسی بیشترین اثر مطلوب را نسبت به شاهد و تیمارهای دیگر داشته است. پژوهش‌های مشابهی جهت بررسی نانوکود کلات روی بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان انجام شده است، که نتایج آنها مبنی بر اثرات مطلوب این نانوکود بر خصوصیات گیاهان می‌باشد. بر اساس گزارش (Said-Al Ahl *et al*., 2010) محلول‌پاشی کلات روی در شرایط تنش شوری موجب تعدیل اثر شوری و افزایش وزن‌تر و خشک برگ و ساقه گیاه گردیده است. در پژوهشی که یادگار و همکاران (۱۳۹۲)، به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی کودهای کلات روی به دو شکل نانو (۲۰٪) و غیر نانو (۵٪) و سطوح مختلف شوری (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم) و اثر متقابل کود و شوری بر شاخص‌های رشدی اندام هوایی و ریشه گیاه نخود در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام دادند، به این نتیجه دست یافتند که وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه، طول ساقه، طول ریشه و تعداد انشعابات ساقه تحت تاثیر سطوح مختلف شوری بویژه در شوری ۷۵ میلی‌مولار نسبت به شاهد کاهش یافت و کاربرد کود کلات روی بویژه به شکل نانو باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری بر شاخص‌های رشد و افزایش معنی‌دار آنها نسبت به شاهد داشته است. افزایش عملکرد مادهٔ خشک با مصرف عنصر ریزمغذی همچون روی را به دلایل مختلفی از جمله افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر

روی، افزایش آنزیم کربونیک آنهیدراز که در همهٔ بافت‌های فتوسنتزی حضور دارد و برای بیوسنتز کلروفیل مورد نیاز است، بهبود عملکرد فتوسیستم‌های نوری، افزایش فعالیت فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی می توان نسبت داد. تمامی عوامل مذکور در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل تعداد و اندازهٔ برگ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی موثر می‌باشد و از این طریق عملکرد مادهٔ خشک افزایش می‌یابد. نتایج آزمایش امیرجانی و همکاران (۱۳۹۲)، بر روی گیاه پریوش نشان داد که در غلظت ۲ میکرومولار نانو اکسید روی وزن‌تر و خشک بخش هوایی (ساقه و برگ) و زیرزمینی افزایش جزئی نسبت به شاهد داشته است. همچنین نتایج پژوهش وافی و افشاری (۱۳۹۳)، بر روی سیب‌زمینی نشانگر این است که بیشترین وزن‌تر و خشک بوته مربوط به محلول‌پاشی نانوکلات روی به مقدار ۱ میلی‌گرم در هزار میلی‌لیتر آب و کمترین وزن‌تر بوته نیز مربوط به شاهد بود که این یافته‌ها منطبق بر نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. روی در بیوسنتز اکسین که یک هورمون محرک رشد است نقش مهمی دارد و به عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها در بیوسنتز اسید آمینه پیش سنتز اکسین و یا در تبدیل اسید آمینه تریپتوفان به ایندول بوتیریک اسید شرکت می‌کند (قربانلی و بابالار، ۱۳۸۲).

در پژوهش حاضر با افزایش غلظت روی در تیمارهای آزمایشی، اختلاف معنی‌داری در میزان روی برگ وجود داشت. بیشترین میزان روی برگ در تیمار ٤ (نانوکود کلات روی ۱۲٪ به مقدار ۳ گرم در لیتر) مشاهده شد. بررسی همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد که بین میزان روی در برگ با ارتفاع گیاه و وزن‌تر ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد. بر این اساس با افزایش ارتفاع گیاه و افزایش رشد ریشه میزان جذب عنصر روی در گیاه نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در تیمارهای آزمایشی

Table 2: Results of analysis of variance of studied traits in experimental treatments

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
تیمار	٦	١٦/٤٨**	٢٦٠/٥**	٨٧/٨٧**	٣/٥١*	٣٢٠/٨٤*
خطا	١٤	١/١٤	١٨٣/٢٣	٣٧/١٢	٣/٥٥	٣٨٢/٢١
ضریب تغییرات(٪)	---	٥/٧٢	٢٠/٦	١٥/٣٤	٣/٥٤	١٦/٨٢

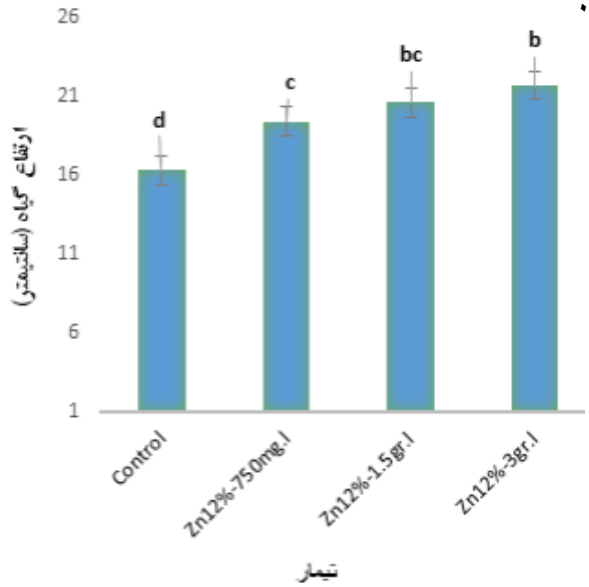
* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و **ns** غیر معنی‌دار می باشد

جدول ۳- جدول همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

Table 3- Correlation table between the evaluated traits

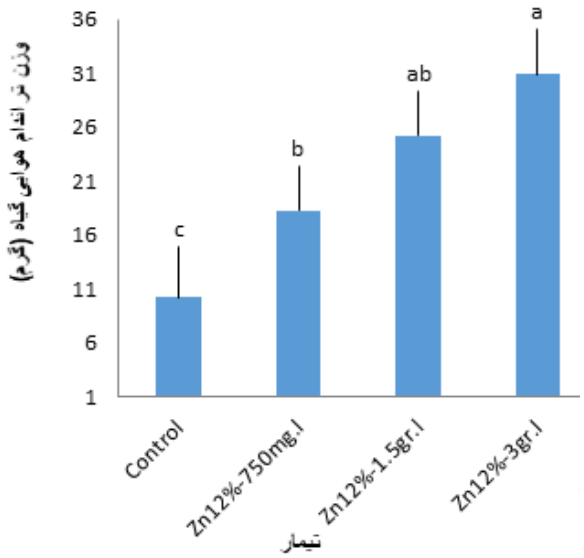
صفات	ارتفاع	وزن تر اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
ارتفاع	۱				
وزن تر اندام هوایی	۰/۲۷۹**	۱			
وزن تر ریشه	۰/۱۹۰*	۰/۹۵۸**	۱		
وزن خشک اندام هوایی	۰/۲۰۳**	۰/۲۶۳**	۰/۲۷۰**	۱	
وزن خشک ریشه	۰/۱۸۲*	۰/۰۵۹ ns	۰/۲۳٤**	۰/۰۳٤ ns	۱

*و** به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و بدون علامت غیر معنی دار بودن را نشان می‌دهد.



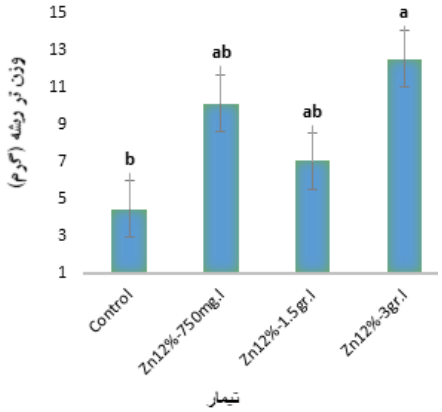
نمودار ۱- تغییرات ارتفاع گیاه

Figure 1- Plant height changes



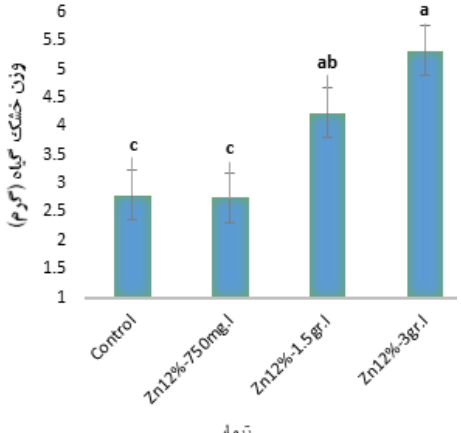
نمودار ۲- تغییرات وزن تر اندام هوایی

Figure 2- Changes in fresh weight of aerial parts



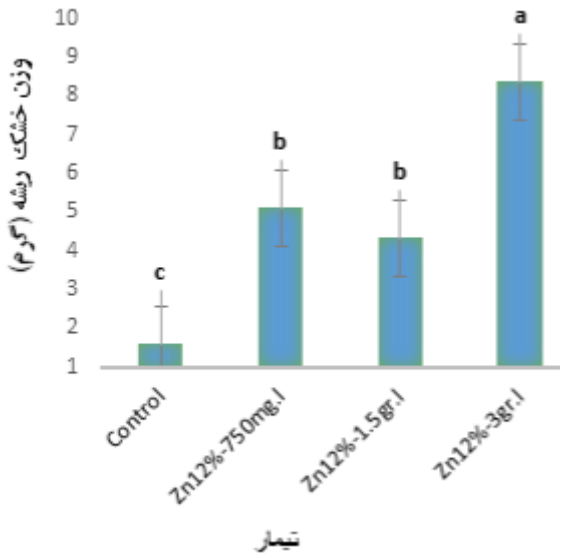
نمودار ۳- تغییرات وزن تر ریشه

Figure 3- Root fresh weight changes



نمودار ٤- تغییرات وزن خشک اندام هوایی

Figure 4- Changes in shoot dry weight



نمودار ۵- تغییرات وزن خشک ریشه

Figure 5- Root dry weight changes

نتیجه‌گیری کلی

برخی عناصر غذایی کم‌مصرف مانند روی برای رشد گیاه ضروری هستند و در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تولید هورمون‌های رشد دخالت دارند و کمبود آنها می‌تواند موجب عدم توازن عناصر غذایی در گیاه و نهایتا کاهش کمیت و کیفیت محصول شود. از سوی دیگر استفاده از کودهای شیمیایی به مقدار زیاد باعث کاهش بخش آلی خاک و آلودگی روزافزون آب، هوا و خاک شود بنابراین استفاده از ترکیبات آلی جدید مانند نانو کلات روی می تواند تا حد زیادی مشکلات مربوط به تغذیه گیاهان و آلودگی خاک و آب را رفع کند. این پژوهش جهت بررسی مناسب‌ترین مقدار مصرف و نوع نانو کود کلات روی برای افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه جعفری آفریقایی(*T.erecta*) انجام شد. نتایج کلی نشان می دهد که تیمار ٤ (نانو کود کلات روی ۱۲٪ به مقدار ۳ گرم در لیتر) بیشترین مقدار در تمامی صفات مورد بررسی به جز صفت ارتفاع را به خود اختصاص داده است و می تواند به عنوان بهترین نوع نانوکود جهت بهبود خصوصیات مورفولوژیکی این گیاه معرفی شود.

منابع

۱) امیرجانی، م.، عسکری، م و. ف، عسکری. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر نانواکسید روی بر میزان آلکالوئیدها، آنتی اکسیدانهای آنزیمی و غیر آنزیمی وبرخی شاخصهای فیزیولوژی گیاه پریوش. مجله سلول و بافت ، جلد۵، شماره۲.

۲) قاسمی قهساره، م. و کافی، م.۱۳۹۱ .گلکاری علمی و عملی، چاپ دهم.

۳) قربانلی، م و. م، بابالار. ۱۳۸۲. تغذیه معدنی گیاهان، دانشگاه خوارزمی.

٤) مقیمی پور، ز.، محمودی‌سورستانی، م و. ن، عالمزاده‌انصاری، ن. ۱۳۹۳. تأثیر محلولپاشی نانوکلات و

سولفات روی بر میزان جذب عنصر روی، شاخصها و رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان مقدس. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد۳۰، شماره۲.

۵) ملکوتی، م ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد به بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران.

٦) ملکوتی، م ج و. طهرانی، مم. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ((عناصر خرد با تاثیر کلان)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

۷) وافی، ن و. ح، افشاری. ۱۳۹۳. بررسی اثر کاربرد نانو کلات روی و نانو کود بیولوژیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک سیب زمینی. همایش ملی الکترونیکی دستاوردهای نوین در علوم مهندسی و پایه، اردبیل.

۸) یادگار، ر.، نیاکان، م و. مساوات، ا. ۱۳۹۲. مقایسه اثر کود روی در دو شکل نانو و غیر نانو بر شاخص های رشد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L) در سطوح مختلف شوری. اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار. همدان.

9) Brown, M.R., Garland, C.D., Jeffrey, S.W., Jameson, I.D. and Leroi, J.M. 1993. The gross and amino acid compositions of batch and semi-continuous cultures of *Isochrysis* sp. (clone TISO). *Pavlova lutheri* and *Nannochloropsis oculata*. Journal Appl Phycol. 5 (3): 285–296

10) Chinnamuthu, C. 2009. Nanothecnology and agroecosystem, Madras Agriculture Journal. 96: 17-31

11) Fournier, J.M.A., Rolda´n, N.M., Sanchez, C. and Ghinas, A. 2005. K+ starvation increases water uptake in whole sunflower plants. Plant Sci. 168: 823– 829.

12) Gangloff, W.J., Westfall, D.G., Peterson, G.A. and Mortvedt, J.J. 2002. Relative avalibility coefficients of organic and inorganic Zn fertilizers. Journal of plant nutrition. 25: 259-273.

13) Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 nd Ed. Academic Press, Great Britain

14) Prasad, T. and Sudhakar, P. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of Peanut (*Arachis hypogaea*). Journal of Plant Nutrition, 35: 905–927.

15) Said Al-Ahl, H. and Mahmoud, A. 2010. Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum*) under salt stress, Ozean. Journal of Applied Sciences, 3(1): 97-111.

16) Suge, H., Takahashi, S., Arita, S. and Takaki, H. 1986. Gibberellin relationships in zinc-deficient plants. Plant Cell Physiol. 27: 1005-1012.