

تأثیر محلول پاشی نانوکود کلات و شیمیایی روی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.)

محمد نیکبخت^۱، محمود سلوکی^۲ و مهدی آران^{۳*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- استاد، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

پست الکترونیک: mehdiaran@uoz.ac.ir

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۹

تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

به منظور بررسی اثر تغذیه برگ‌گی عنصر روی از منابع نانوکودها و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی هندوانه ابوجهل، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول پاشی نانوکود کلات روی در دو غلظت (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، کود شیمیایی سولفات روی در دو غلظت (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و شاهد (محلول پاشی با آب) بود. نتایج نشان داد که تغذیه برگ‌گی عنصر روی بر عملکرد و تعداد میوه در هر بوته و میزان فنول دانه تأثیر معنی‌داری داشت و بیشترین میزان این صفات در اثر تغذیه برگ‌گی با نانو کلات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. کاربرد برگ‌گی روی تأثیری بر میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه، وزن صد دانه، میزان پروتئین دانه، درصد نیتروژن دانه و روغن دانه نداشت. تغذیه برگ‌گی روی موجب افزایش میزان کربوهیدرات محلول دانه شد و بیشترین میزان این شاخص در تیمار نانو کلات روی با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. تغذیه برگ‌گی روی منجر به افزایش غلظت عنصر روی در برگ شد، در حالی که تأثیری بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نداشت. در مجموع کاربرد نانو کلات روی نسبت به سولفات روی تأثیر بیشتری بر میزان عملکرد، تعداد میوه در هر بوته و مقدار فنول دانه داشت.

واژه‌های کلیدی: تعداد میوه، تغذیه برگ‌گی، عملکرد، کربوهیدرات محلول، نانو کود.

مقدمه

در مناطق خشک و بیابانی کشور از جمله مناطق جنوب استان کرمان، فارس، سیستان و بلوچستان، هرمزگان، یزد و خراسان به صورت وحشی می‌روید (Saber et al., 2018). به دلیل اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف، بهبود کمیّت و کیفیت ماده مؤثره در این گیاهان بسیار مهم

هندوانه ابوجهل با نام علمی *Citrullus colocynthis* L. متعلق به خانواده کوکوربیتاسه و یکی از گیاهان دارویی با خواص درمانی ضد ویروسی، میکروبی، سرطانی و غیره می‌باشد (Tavakol Afshari et al., 2005). این گیاه عمدتاً

در نتیجه کاهش اندازه ذرات می‌تواند موجب افزایش تماس کود با گیاه و به تبع آن افزایش جذب عناصر غذایی ضروری از کود و افزایش کارایی کود شود (Liscano *et al.*, 2000). از این رو گزارش شده است که استفاده از نانوکودها به عنوان یکی از ساده‌ترین و مؤثرترین روش‌ها در جهت کاهش تلفات عناصر ضروری گیاه، افزایش دسترسی به عناصر و افزایش کارایی کودها می‌باشد (Naderi & Danesh, 2013; Suppan, 2013).

محل‌پاشی نانوکودهای کلات روی و کلات بور سبب افزایش تعداد میوه و عملکرد و همچنین بهبود کیفیت میوه انار شد (Davaranpanah *et al.*, 2016). تغذیه برگ‌ها و کاربرد خاکی نانو کلات روی بر رشد گیاه، وزن صد دانه، عملکرد و شاخص برداشت ذرت تأثیر مثبتی داشته است. به طوری که تغذیه برگ‌ها نانو کلات روی موجب افزایش ۹۴ درصدی در عملکرد ذرت شد (Mosanna & Khalilvand, 2015; Behrozayr, 2015). کاربرد تیمار نانو روی به طور معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ، وزن تازه برگ، کربوهیدرات کل، غلظت آهن برگ، تعداد خوشه‌ها، وزن خوشه و عملکرد انگور رقم فلیم سیدلس در مقایسه با کودهای سنتی شد (El-Hak *et al.*, 2019).

هرچند جایگاه و نقش کودها (شیمیایی و آلی) در افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی بر هیچ‌کس پوشیده نیست. با این حال، از یکسو قیمت بالا و کارایی پایین کودهای شیمیایی منجر به بروز خسارهای اقتصادی به کشاورزان می‌شود و از سوی دیگر آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بالای کودهای شیمیایی به یک معضل بزرگ تبدیل شده است. از این رو انجام پژوهش‌های دقیق و استفاده از فناوری‌های مختلف به منظور افزایش کارایی کودها و به تبع آن افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ضروریست. بنابراین این پژوهش به منظور بررسی و مقایسه اثرهای تغذیه برگ‌ها عنصر روی از منابع نانوکودها و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی هندوانه ابوجهل انجام شد.

می‌باشد. در این راستا به خوبی مشخص شده است که تغذیه گیاهان یکی از فاکتورهای زراعی مهم در رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد (Seif Sahandi *et al.*, 2019).

میزان حلالیت و قابلیت استفاده از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به عوامل مختلفی از قبیل pH خاک (کاهش حلالیت عناصر ریزمغذی آهن، مس، روی، بور و منگنز در pH قلیایی)، میزان ماده آلی خاک، برهم‌کنش بین عناصر غذایی، رطوبت خاک و تغییرات فصلی دما وابسته است (Rashid *et al.*, 2008). از این رو با توجه به اینکه بیشتر مناطق ایران و به ویژه مناطق رشد هندوانه ابوجهل دارای خاک‌های آهکی می‌باشد، در نتیجه در این خاک‌ها به دلیل pH بالا و غلظت بالای یون کلسیم، برخی از عناصر غذایی مانند روی به صورت ترکیب‌های نامحلول و غیر قابل استفاده برای گیاه در می‌آیند. همچنین مقدار زیاد یون بی‌کربنات، پایین بودن میزان مواد آلی خاک و مصرف بی‌رویه کودهای فسفات‌ه موجب کاهش جذب عناصر ریزمغذی و بروز کمبود این عناصر در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود که این کمبود به عنوان یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در این خاک‌ها عمل می‌کند (Cakmak *et al.*, 1999).

عنصر روی در افزایش تشکیل میوه در محصولات مختلف باغبانی و به تبع آن افزایش عملکرد نقش مهمی دارد. کاربرد تغذیه برگ‌ها سولفات روی منجر به افزایش تعداد میوه در هر درخت، عملکرد، طول و قطر میوه، وزن میوه، ویتامین C و محتوای قند کل در میوه گواوا شد (Meena *et al.*, 2005). محل‌پاشی سولفات روی بر میزان عملکرد دانه، عملکرد روغن و اجزای عملکرد دانه، میزان عناصر روی و فسفر دانه و کلروفیل‌های a و b ارقام گلرنگ تأثیرگذار بود (Moradi Telavat *et al.*, 2015).

یکی از مهمترین کاربردهای نانوتکنولوژی در کشاورزی استفاده از نانوکودها می‌باشد (Agrawal & Rathore, 2014; Scott & Chen, 2013) که از طریق افزایش تعداد ذرات در هر واحد وزنی و افزایش سطح ویژه آنها و

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا قرار دارد.

تیمارهای آزمایش شامل محلول پاشی نانوکود کلات روی (Nano-Chelate Zn) در دو غلظت (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، کود شیمیایی سولفات روی ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) در دو غلظت (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و شاهد (محلول پاشی با آب) بود. محلول پاشی در سه مرحله و به فواصل دو هفته (اولین مرحله در زمان ۱۰-۸ برگی) اجرا گردید.

در این پژوهش از بذرهای توده بومی زابل و همچنین نانوکودهای تهیه شده از شرکت سپهر پارمیس استفاده

گردید. اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش انجام شد (جدول ۱). برای اجرای پژوهش، پس از آماده‌سازی زمین، بذرهای خیس شده (به مدت ۴۸ ساعت در آب) بر روی ردیف‌هایی با فواصل کاشت دو متر و فاصله روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر در تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۸ کاشته شدند. در زمان کاشت در داخل هر کپه سه عدد بذر قرار داده شده که پس از یک هفته بذرها جوانه زدند و همزمان با اولین مرحله وجین عمل تنک کردن انجام شد. آبیاری گیاهان به صورت جوی و پشته‌ای بود. لازم است یادآوری شود که عملیات آبیاری، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول دوره آزمایش برای همه گیاهان به طور یکسان انجام شد. براساس آزمون خاک کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه نوبت و کودهای سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان کاشت به عنوان کود پایه مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

بافت	EC	pH	SAR	T.N.V	کربن آلی	ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن	منگنز	روی	مس
-	(dS/m)	-	-	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
شنی لومی	۲/۷۵	۷/۸۵	۴/۲	۱۵/۱	۰/۲۴	۰/۰۲	۵/۳	۷۰	۰/۹۴	۵/۹۲	۰/۰۹	۰/۱۶

در زمان برداشت محصول در تاریخ ۱۰ شهریور ۱۳۹۸، تعداد میوه روی هر بوته، عملکرد هر بوته، میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه (با استفاده از کولیس دیجیتالی) و وزن صد دانه اندازه‌گیری شد.

درصد روغن دانه به روش سوکسله و با استفاده از رابطه ۱ اندازه‌گیری شد (Joshi et al., 1998).

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{درصد روغن نمونه} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100$$

a: وزن کاغذ صافی بدون نمونه؛ b: وزن کاغذ صافی + نمونه حاوی روغن؛ c: وزن کاغذ صافی + نمونه بدون روغن

به منظور اندازه‌گیری پروتئین دانه پس از تعیین درصد نیتروژن با استفاده از کج‌لدال از رابطه زیر استفاده شد (Emami, 1996).

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{ضریب تبدیل پروتئین} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین دانه}$$

سانتی‌گراد)، یک گرم از نمونه پودر شده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. در مرحله بعد، به منظور انجام عمل هضم، نمونه خاکستر شده با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال شستشو داده شد و بعد درون بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و بشر به مدت ۱۰-۵ دقیقه حرارت داده شد تا رنگ محلول تا حدودی تغییر پیدا کند. در ادامه محلول را پس از صاف کردن با کاغذ صافی با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده و برای اندازه‌گیری عناصر (بجز نیتروژن) بکار برده شد (Chapman & Pratt, 1961). غلظت عناصر نیتروژن و فسفر به ترتیب با روش‌های کج‌دال و اسپکتروفتومتری، اندازه‌گیری عنصر روی با دستگاه جذب اتمی و اندازه‌گیری پتاسیم با استفاده از فلیم فتومتر انجام گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول دانه ۱۰۰ میلی‌گرم از دانه‌های خشک و آسیاب شده توزین شده و با اتانول ۸۰٪ عصاره‌گیری شد. محلول رویی عصاره پس از سانتریفیوژ شدن (به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه) با اتانول به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس به یک میلی‌لیتر از عصاره حاصل یک میلی‌لیتر فنول ۱۸٪ و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه گردید. میزان جذب نمونه (پس از شیکر کردن) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه‌گیری و در نهایت میزان کربوهیدرات محلول با استفاده از منحنی گلوکز تعیین شد (Dubois et al., 1956).

اندازه‌گیری میزان فنول دانه با استفاده از روش فولین-سیوکالتیو انجام و نتایج برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان شد (Slinkard & Singleton, 1977). برای اندازه‌گیری عناصر معدنی در برگ، پس از خشک کردن نمونه‌ها (به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تغذیه برگی نانو کود کلات روی و کود سولفات روی بر عملکرد، تعداد میوه، وزن میوه، قطر و طول میوه

میانگین مربعات				عملکرد هر بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات
تعداد میوه	وزن میوه	قطر میوه	طول میوه			
۰/۴۶ ns	۱۴۰/۹۰ ns	۲۲/۵۳ ns	۰/۵۳ ns	۴۱۴۶/۵۶ ns	۲	بلوک
۴/۲۶**	۱۰۷/۶۲ ns	۳/۵۴ ns	۱۵/۰۹ ns	۹۶۴۴/۲۰ *	۴	تیمار
۰/۴۶	۱۰۱/۱۷	۱۳/۶۱	۱۳/۰۰	۲۳۱۳/۲۳	۸	اشتباه
۸/۶۲	۱۲/۷۲	۶/۳۰	۶/۲۵	۸/۱۹	-	ضرب تغییرات (%)

ns. * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

نتایج

عملکرد هر بوته

با تیمار شاهد داشت و افزایش مشاهده شده در نتیجه کاربرد سولفات روی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان نداد. بیشترین میزان عملکرد (۶۵۷/۸۳ گرم) در بوته‌های محلول‌پاشی شده با تیمار نانو کود کلات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که به ترتیب باعث افزایش ۳۰/۴۱ و ۱۰/۶۲ درصدی نسبت به تیمارهای شاهد و سولفات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گردید (جدول ۳).

تغذیه برگی عنصر روی بر عملکرد هندوانه ابوجهل تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ داشت (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، کاربرد عنصر روی به صورت محلول‌پاشی موجب افزایش عملکرد شد. با وجود این تنها کاربرد نانو کلات روی با هر دو غلظت مورد استفاده تفاوت معنی‌داری

تعداد میوه، میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه کاربرد عنصر روی به صورت محلول پاشی تأثیر معنی داری در سطح ۱٪ بر تعداد میوه در هر بوته داشت،

با وجود این شاخص های میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه تحت تأثیر محلول پاشی قرار نگرفت (جدول ۲).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تغذیه برگی نانوکود کلات روی و کود سولفات روی بر عملکرد، تعداد میوه، وزن میوه، قطر و طول میوه

تیمار	عملکرد هر بوته (گرم)	تعداد میوه	وزن میوه (گرم)	قطر میوه (میلی متر)	طول میوه (میلی متر)
شاهد (محلول پاشی با آب)	۵۰۴/۴۲c	۶/۳۳c	۷۹/۶۶a	۵۹/۰۸a	۵۷/۷۵a
نانوکود روی (۱۰۰۰ mg/l)	۶۱۰/۸ab	۷/۳۳bc	۸۳/۵۹ a	۵۹/۵۸ a	۵۹/۹۱ a
نانوکود روی (۲۰۰۰ mg/l)	۶۵۷/۸۳a	۹/۳۳a	۷۰/۶۴ a	۵۷/۳۳ a	۵۴/۵۰ a
سولفات روی (۱۰۰۰ mg/l)	۵۶۶/۲۵bc	۶/۶۶c	۸۵/۴۳ a	۵۹/۳۳ a	۵۹/۵۸ a
سولفات روی (۲۰۰۰ mg/l)	۵۹۴/۶۷abc	۸/۰۰b	۷۵/۷۷ a	۵۷/۴۱ a	۵۶/۵۰ a

حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ معنی دار نیست.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تغذیه برگی روی موجب افزایش تعداد میوه در هر بوته شده است. به طوری که محلول پاشی روی با کودهای سولفات روی و نانو کلات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر، افزایش معنی دار تعداد میوه در هر بوته در مقایسه با تیمار شاهد را در پی داشت. بیشترین میانگین تعداد میوه در هر بوته (۸/۷ و ۷/۷ عدد) به ترتیب در تیمارهای نانو کلات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد. نتایج همچنین نشان داد که هر چند میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه در اثر محلول پاشی عنصر روی با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر روند افزایشی داشت، با وجود این افزایش مشاهده شده در هر سه شاخص مورد بررسی از نظر آماری تفاوت معنی داری را با شاهد نشان نداد (جدول ۳).

محلول پاشی روی قرار نگرفت (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده ها، با افزایش غلظت عنصر روی در هر دو منبع کودی مورد استفاده وزن صد دانه، میزان پروتئین دانه و درصد نیتروژن دانه افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین میزان وزن صد دانه (۲/۴۶ گرم) در تیمار نانوکود روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر و بیشترین میزان پروتئین دانه (۱۲/۸۰٪) و درصد نیتروژن دانه (۲/۰۵٪) در تیمار سولفات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد و کمترین مقادیر هر سه شاخص در تیمار شاهد حاصل شد، با وجود این افزایش مشاهده شده از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۵).

میزان فنول و روغن دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که محلول پاشی روی تأثیر معنی داری بر میزان فنول دانه داشت، در حالی که بر شاخص روغن دانه تأثیر معنی داری نداشت (جدول ۴). هر چند کاربرد روی به صورت محلول پاشی موجب افزایش فنول دانه گردید، با وجود این تنها بالاترین غلظت های هر دو منبع

وزن صد دانه، پروتئین دانه و درصد نیتروژن دانه نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن صد دانه، میزان پروتئین دانه و درصد نیتروژن دانه تحت تأثیر

با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد، در حالی که کمترین میزان این شاخص (۱/۴۰ میلی‌گرم اسید گالیگ بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد اندازه‌گیری گردید (جدول ۵).

کودی موجب بروز تفاوت معنی‌دار فنول دانه در مقایسه با تیمار شاهد شدند. بالاترین میزان فنول دانه (۱/۷۴ میلی‌گرم اسید گالیگ بر گرم وزن خشک) در اثر کاربرد نانوکلات روی

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تغذیه برگ‌گی نانو کود کلات روی و کود سولفات روی بر وزن صد دانه، پروتئین،

نیتروژن، فنول، روغن دانه و کربوهیدرات دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن صد دانه	پروتئین دانه	نیتروژن دانه	فنول دانه	روغن دانه
بلوک	۲	۰/۱۱*	۴/۹۲ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۵ ns	۱۳/۵۷ ns
تیمار	۴	۰/۰۵ ns	۱/۳۰ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۵۴*	۲/۰۳ ns
اشتباه	۸	۰/۰۲	۴/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۱۳	۹/۱۷
ضریب تغییرات (%)	-	۷/۶۰	۱۶/۹۱	۱۶/۸۳	۷/۴۱	۹/۳۹
کربوهیدرات دانه						۷/۸۷

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪.

کربوهیدرات محلول دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تغذیه برگ‌گی روی به‌طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) میزان کربوهیدرات محلول دانه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حکایت از آن دارد که میزان کربوهیدرات محلول دانه در اثر تغذیه برگ‌گی روی روند افزایشی داشته است، به‌طوری که کاربرد تیمارهای نانوکود کلات روی با هر دو غلظت مورد استفاده (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سولفات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار کربوهیدرات محلول نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین میزان کربوهیدرات محلول (۶/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در نتیجه محلول‌پاشی نانوکود کلات روی با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد که موجب افزایش ۲۵/۱ درصدی این شاخص در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۵).

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی برگ

تغذیه برگ‌گی روی به‌طور معنی‌داری غلظت عنصر روی برگ را تحت تأثیر قرار داد، با وجود این غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تحت تأثیر محلول‌پاشی قرار نگرفت (جدول ۶). طبق نتایج مقایسه میانگین، با افزایش غلظت کودهای سولفات روی و نانوکلات روی غلظت عنصر روی در برگ روند افزایشی را نشان داد. بالاترین غلظت روی در برگ (۱۸/۳۵ppm و ۱۷/۶۰ppm) در تیمارهای نانوکلات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که این امر منجر به بروز تفاوت معنی‌داری در این شاخص در مقایسه با تیمار شاهد گردید. به عبارتی دیگر تغذیه برگ‌گی نانوکلات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب موجب افزایش ۳۱ و ۲۵/۷ درصدی غلظت روی برگ نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول ۷).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تغذیه برگ‌گی نانوکود کلات روی و کود سولفات روی بر وزن صد دانه،

پروتئین، نیتروژن، فنول، روغن دانه و کربوهیدرات دانه

تیمار	وزن صد دانه (گرم)	پروتئین دانه (%)	نیتروژن دانه (%)	فنول دانه (میلی گرم اسید گالیگ بر گرم وزن خشک)	روغن دانه (%)	کربوهیدرات دانه (میلی گرم بر گرم وزن تر)
شاهد (محلول پاشی با آب)	۲/۱۰ a	۱۱/۰۳ a	۱/۷۶ a	۱/۴۰ c	۳۱/۲۰ a	۵/۵۰ b
نانوکود روی (۱۰۰۰ mg/l)	۲/۲۳ a	۱۲/۱۳ a	۱/۹۴ a	۱/۵۷ abc	۳۱/۶۱ a	۶/۸۸ a
نانوکود روی (۲۰۰۰ mg/l)	۲/۴۶ a	۱۲/۲۰ a	۱/۹۵ a	۱/۷۴ a	۳۳/۱۹ a	۶/۸۲ a
سولفات روی (۱۰۰۰ mg/l)	۲/۲۰ a	۱۱/۶۶ a	۱/۸۶ a	۱/۴۶ bc	۳۲/۵۲ a	۵/۵۶ b
سولفات روی (۲۰۰۰ mg/l)	۲/۲۶ a	۱۲/۸۰ a	۲/۰۵ a	۱/۶۵ ab	۳۲/۷۵ a	۶/۸۱ a

حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ معنی دار نیست.

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تغذیه برگ‌گی نانوکود کلات روی و کود سولفات روی بر غلظت عناصر در برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم
بلوک	۲	۰/۰۰۰۶ ns	۰/۰۳ ns	۲۷/۲۵ ns
تیمار	۴	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰۱۲ ns	۵/۸۳ ns
اشتباه	۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۸۷	۱۲/۴۹
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۶۰	۱۳/۵۳	۹/۴۰

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و معنی داری در سطح احتمال ۱٪

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تغذیه برگ‌گی نانو کلات روی و کود سولفات روی بر غلظت عناصر در برگ

تیمار	نیترژن (%)	فسفر	پتاسیم (ppm)	روی
شاهد (محلول پاشی با آب)	۰/۱۸۴a	۲/۰۸a	۳۶/۲۶a	۱۴/۰۰b
نانوکود روی (۱۰۰۰ mg/l)	۰/۲۰۹ a	۲/۱۹ a	۳۹/۱۷ a	۱۵/۶۸ ab
نانوکود روی (۲۰۰۰ mg/l)	۰/۲۰۶a	۲/۲۵a	۳۸/۹۰a	۱۸/۳۵a
سولفات روی (۱۰۰۰ mg/l)	۰/۱۹۳ a	۲/۱۷ a	۳۶/۳۲ a	۱۴/۱۸ b
سولفات روی (۲۰۰۰ mg/l)	۰/۲۰۵a	۲/۲۳a	۳۷/۱۳a	۱۷/۶۰a

حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ معنی دار نیست.

بحث

براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، محلول پاشی کودهای نانوکلات روی و سولفات روی بر صفات عملکرد هر بوته، تعداد میوه در هر بوته، میزان فنول دانه، میزان کربوهیدرات دانه و میزان عنصر روی در برگ گیاه هندوانه ابوجهل تأثیر معنی داری گذاشت و روی سایر صفات مورد بررسی تأثیر معنی داری نداشت.

مشابه با نتایج این پژوهش، کاربرد برگ‌گی روی موجب افزایش عملکرد ذرت (Potarzycki & Grzebisz, 2009)، بابونه (Nasiri et al., 2010) و لوبیا سبز (El-Tohamy & El-Greadly, 2007) شده است. در مطالعه دیگری نیز افزایش پارامترهای عملکرد از قبیل تعداد گل‌ها، تعداد غلاف، اندازه غلاف و تعداد بذرها در نتیجه کاربرد روی گزارش شده است (Pandey et al., 2013b). از سوی دیگر گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر نانوکودهای حاوی عنصر روی بر عملکرد محصولات مختلف از قبیل ذرت (Mosanna & Prasad, 2015) و بادام زمینی (Khalilvand Behrozyar, 2015) وجود دارد. کاربرد نانو ذرات اکسید روی با غلظتی ۱۵ برابر کمتر از سولفات روی سبب افزایش ۳۰-۲۶ درصدی در عملکرد بادام زمینی در مقایسه با کاربرد سولفات روی شده است (Prasad et al., 2012).

به منظور رشد گیاهان و تولید دانه، کربن و نیترژن باید تجمع یابند (Sinclair & Jamieson, 2008). بنابراین تأثیر

مثبت محلول پاشی روی بر جذب این منابع ممکن است به عنوان ابزار مفیدی برای بهبود عملکرد به حساب آید (Movahhedy-Dehnavy et al., 2009). از سوی دیگر با توجه به نقش عنصر روی در جلوگیری از ریزش گل و فرایند گرده افشانی، بیان شده است که کاهش میزان روی در گیاه ماش سیاه موجب تأخیر در گلدهی، ریزش قبل از بلوغ جوانه، کاهش اندازه بساک، کاهش تعداد و زندهمانی گرده و پذیرش کلاله شده است که این عوامل منجر به کاهش عملکرد ماش سیاه گردیده است، در حالی که فراهم سازی روی به صورت اسپری برگ‌گی در مرحله قبل از گلدهی، شدت کمبود در ساختارهای زایشی را کاهش داده است (Pandey et al., 2013a). در مجموع افزایش عملکرد در نتیجه استفاده از ترکیب‌های حاوی عنصر روی می‌تواند به دلیل نقش این عنصر در به حداقل رساندن ریزش قبل از بلوغ گل‌ها، افزایش باروری گرده و افزایش فعالیت استراز کلاله‌ها باشد (Pandey et al., 2013b).

عنصر روی باعث افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی تولیدی می‌شود (Wang & Duan, 2006). براساس نتایج تحقیقات انجام شده، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده افشانی به دلیل کمبود عنصر روی مختل می‌شود که منجر به کاهش شدید در عملکرد محصولات می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل کاهش تولید ایندول استیک اسید باشد (Brennan, 2001).

تأثیر مثبت روی در افزایش تعداد میوه می‌تواند به دلیل نقش این عنصر در تولید هورمون اکسین باشد. زیرا هورمون اکسین باعث کاهش ریزش گل و میوه و به تبع آن افزایش تعداد میوه می‌شود (Malekooti & Homai, 2004). بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش تعداد میوه در نتیجه تغذیه برگی روی به دلیل نقش این عنصر در تشکیل جوانه گل و گلدهی، جلوگیری از ریزش گل‌ها، افزایش باروری دانه گرده، سنتز تریتوفان و انتقال متابولیت‌ها به جوانه گل باشد که در نهایت منجر به افزایش تشکیل میوه شده است.

هر چند در مطالعات پیشین افزایش وزن هزاردانه گلرنگ (Moradi Telavat *et al.*, 2015) و وزن صد دانه گیاهان باقلا و لوبین (Sharaf *et al.*, 2009) در اثر محلول پاشی روی و همچنین افزایش وزن صد دانه ذرت در نتیجه محلول پاشی و کاربرد خاکی نانو کلات روی (Mosanna & Khalilvand Behrozyar, 2015) گزارش شده است، با وجود این در این پژوهش محلول پاشی با کودهای سولفات روی و نانو کلات روی تأثیری بر وزن صد دانه هندوانه ابوجهل نداشت. مشابه با نتایج بدست آمده در این پژوهش گزارش شده است که محلول پاشی سولفات روی تأثیری بر وزن صد دانه گیاه دارویی شوید (Miransari *et al.*, 2015) و کلزا (Azizi *et al.*, 2011) نداشته است.

برخلاف نتایج این پژوهش مبنی بر عدم تأثیر محلول پاشی عنصر روی بر میزان پروتئین دانه هندوانه ابوجهل، تأثیر مثبت عنصر روی در افزایش پروتئین دانه در گیاهان باقلا و لوبین (Sharaf *et al.*, 2009)، لوبیا سبز (El-Tohamy & El-Greadly, 2007) و گلرنگ (Movahhedy-Dehnavy *et al.*, 2009) گزارش شده است. Pandey و همکاران (۲۰۱۳a) تأثیر کاربرد برگی سولفات روی (۰/۱، ۰/۱ و ۰/۵ درصد) را بر عملکرد و غنی‌سازی غذایی بذرهاى نخود دارای کمبود روی بررسی کردند و گزارش نمودند که محلول پاشی روی موجب افزایش پروتئین دانه گردید. همچنین El-Din (۲۰۰۵) گزارش کرد که تیمارهای روی (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) محتوای

همچنین عنصر روی نقش مهمی در فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم کربن مانند ریبولوز ۵،۱-بیس فسفات دارد (Misra *et al.*, 2005). بنابراین افزایش هدایت روزنه‌ای (Moghimi Pour *et al.*, 2014)، سنتز کلروفیل (Akay, 2011) و به تبع آن فتوسنتز (Moghimi Pour *et al.*, 2014) در شرایطی که روی به میزان کافی در دسترس باشد، از دیگر دلایل بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌باشد.

از دیگر نتایج این تحقیق تأثیر بیشتر نانوکلات روی نسبت به سولفات روی بود که با نتایج بدست آمده بر روی گیاه ریحان (Fallahi *et al.*, 2016) مطابقت داشت. نانوذرات به دلیل اندازه کوچک و نفوذ بسیار بالا، از طریق غشاهای سلولی گیاه نسبت به ذرات معمولی بیشتر جذب می‌شوند. البته بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص نانوذرات در مقایسه با ذرات معمولی، اثرگذاری بیشتر این ذرات را توجیه می‌کند (Monica & Cremonini, 2009).

محلول پاشی عنصر روی موجب افزایش تعداد میوه در هر بوته هندوانه ابوجهل گردید. همانطور که ذکر شد محلول پاشی عنصر روی به دلیل شکل‌گیری بهتر اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده‌افشانی باعث افزایش تعداد میوه در هر بوته شد و با وجود اینکه بر وزن، طول و قطر میوه تأثیر معنی‌داری نداشت، باعث افزایش معنی‌دار میزان عملکرد در هر بوته گردید. Sobhi Rostami و Gholchin (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن، منگنز و روی بر عملکرد و کیفیت میوه انار در استان مازندران بیان کردند که کاربرد سولفات روی منجر به افزایش تعداد میوه انار شد. Sharaf و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر تیمار برگی سولفات روی بر گیاهان باقلا و لوبین دریافتند که تعداد غلاف‌ها و تعداد بذرها در هر دو گیاه در نتیجه محلول پاشی روی افزایش یافته است. همچنین افزایش تعداد میوه پرتقال در اثر محلول پاشی روی گزارش شده است (Seedkolai *et al.*, 2015). کاهش تعداد میوه و دانه در نتیجه کمبود روی می‌تواند ناشی از کاهش تعداد گل‌های لقاح یافته یا نمو ضعیف بساک و ظرفیت تولید دانه گرده مرتبط باشد.

کاربرد برگی روی موجب افزایش کربوهیدرات‌ها در دانه نخود (Pandey *et al.*, 2013a)، غلاف لوبیا سبز (El-Tohamy & El-Greadly, 2007) و محتوای کربوهیدرات‌های محلول کل در بذر گیاهان باقلا و لوبین (Sharaf *et al.*, 2009) شده است. به طوری که با افزایش میزان غلظت روی با محلول پاشی، غلظت این عنصر در برگ نیز افزایش یافت. همانطور که قبلاً ذکر شد، با افزایش میزان غلظت روی در برگ میزان فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد، در نتیجه تعداد میوه و عملکرد افزایش یافت که این امر می‌تواند به دلیل افزایش تولید ایندول استیک اسید (IAA) باشد.

محلول پاشی کود روی به دو شکل سولفات و نانو باعث افزایش میزان کربوهیدرات محلول در گیاهان نعنای در شرایط تنش شوری و بدون تنش شد که در این بین تأثیر کود روی به شکل نانو بیشتر بود (Rostami *et al.*, 2018). افزایش میزان کربوهیدرات در اثر کاربرد عنصر روی احتمالاً به دلیل نقش این عنصر در فعال‌سازی آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌باشد، به طوری که عنصر روی موجب فعال‌شدن آنزیم‌های کربنیک آنهیدراز، فروکتوز ۱ و ۶ بیس فسفات و آلدولاز در کلروپلاست و سیتوپلاسم شده که این امر موجب افزایش فتوسنتز و در نهایت افزایش میزان کربوهیدرات در اندام‌های گیاهی می‌شود (Mousavi, 2011).

محلول پاشی سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار میزان روی دانه در دو رقم گلرنگ شد (Moradi Telavat *et al.*, 2015). همچنین کاربرد خاکی و برگی روی موجب افزایش غلظت روی در برگ گندم شده است (Ranjbar & Bahmaniar, 2007). علاوه بر تأثیر محلول پاشی روی بر غلظت روی برگ گزارش شده که محلول پاشی روی موجب افزایش روی بذرهای کلزا (Khiavi *et al.*, 2010) و گلرنگ (Movahhedy-Dehnavy *et al.*, 2009) شده است. جابجایی درونی عنصر روی در گیاه برنج پس از محلول پاشی با سولفات روی مورد بررسی قرار گرفت و بیان شد که عنصر روی پس از جذب از طریق روزه‌ها و انتقال به سلول‌های برگ در آنجا ذخیره شده و در ادامه مراحل رشد گیاه توسط ناقل‌های پروتئینی خاصی که همزمان در انتقال آهن نیز نقش دارند، از

پروتئین بذرهای شنبلیله را افزایش داده است. با وجود این مشابه با نتایج این پژوهش، Khiavi و همکاران (۲۰۱۰) اظهار نمودند که محلول پاشی سولفات روی (صفر، ۳ و ۶ گرم در لیتر) تأثیری بر درصد پروتئین دانه کلزا نداشت. به طوری که پایین بودن میزان پروتئین در گیاهان دارای کمبود روی ممکن است به دلیل افزایش تخریب RNA در شرایط کمبود روی باشد (Marschner, 1995).

البته با افزایش میزان غلظت عنصر روی در محلول پاشی میزان فنول کل افزایش یافت. همبستگی مثبت و بسیار بالایی بین محتوای فنل و عنصر روی در برگ‌های بالغ چای گزارش شده است (Venkatesan *et al.*, 2005). Fallahi و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی اثر محلول پاشی منابع مختلف روی بر عملکرد و ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه ریحان پرداخته و اظهار نمودند که با افزایش مقدار روی میزان فنول کل افزایش یافته و محلول پاشی نانوکود کلات روی تأثیر بیشتری در افزایش میزان فنول نسبت به کودهای کلات روی و سولفات روی داشته است. همچنین کاربرد عنصر روی موجب افزایش فنول در انگور شده است (Song *et al.*, 2015). به نحوی که افزایش میزان فنول می‌تواند به دلیل نقش این عنصر در بیان ژن‌های مسئول بیوسنتز فنول باشد (Song *et al.*, 2015).

بر اساس نتایج این پژوهش محلول پاشی عنصر روی با هر دو منبع کودی مورد بررسی تأثیری بر میزان روغن دانه هندوانه ابوجهل نداشت. در این راستا Movahhedy-Dehnavy و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر کاربرد سولفات روی بر عملکرد و کیفیت گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش کمبود آب اظهار نمودند که کاربرد برگی سولفات روی تأثیری بر میزان روغن دانه نداشت. همچنین نتایج این پژوهش گزارش شده است که محلول پاشی سولفات روی (صفر، ۳ و ۶ گرم در لیتر) تأثیری بر عملکرد روغن کلزا نداشت (Khiavi *et al.*, 2010). همچنین Moradi Telavat و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد روغن دانه گلرنگ تأثیری نداشته است.

در شکل نانو و کاربرد آنها در مراحل مختلف رشد گیاه ضمن کاهش میزان مصرف کود به نتایج مطلوبی دست یافت.

سیاسگزاری

نویسندگان از مسئولان محترم دانشگاه زابل به دلیل تأمین هزینه‌های این پژوهش (UOZ-GR-9618-107) تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

- Agrawal, S. and Rathore, P., 2014. Nanotechnology pros and cons to agriculture: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 3: 43-55.
- Akay, A., 2011. Effect of zinc fertilizer applications on yield and element contents of some registered chickpeas varieties. *African Journal of Biotechnology*, 10(60): 12890-12896.
- Azizi, K., Norouzian, A., Heydari, S. and Yaghubi, M., 2011. The study of effect of zinc and boron foliar application on yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Khorramabad climatic conditions. *Journal of Agronomy Science*, 3(5): 1-16.
- Brennan, R.F., 2001. Residual value of zinc fertilizer for production of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41: 541-547.
- Cakmak, I., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kılınç, Y. and Yılmaz, A., 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. *Field Crops Research*, 60: 175-188.
- Chapman, H.D. and Pratt, P.F., 1961. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Water*. University of California, Berkeley, CA, U.S.A., 309p.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J. and Khorasani, R., 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 210: 57-64.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T. and Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
- El-Din, G.K.M. 2005. Physiological response of fenugreek plant to heat hardening and zinc. *Egyptian Journal of Applied Sciences*, 20: 400-411.

طریق آوندهای آبکش به سوی میوه‌ها و دانه‌ها جابجا می‌شوند (Ishimaru et al., 2005).

همسو با نتایج این پژوهش مبنی بر عدم تأثیرگذاری کاربرد برگی روی بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ هندوانه ابوجهل، El-Tohamy و El-Greadly (۲۰۰۷) در پژوهشی تأثیر کاربرد برگی روی را بر خصوصیات رشد رویشی، عملکرد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه لویبا سبز مورد ارزیابی قرار دادند و اظهار نمودند که محلول پاشی روی تأثیری بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ نداشت. همچنین Hassani و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که کاربرد برگی روی (۰، ۰/۳٪ و ۰/۶٪) تأثیری بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ نداشت. در مطالعه دیگری نیز Norozi و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر تیمارهای سولفات پتاسیم (۰، ۱٪ و ۲٪) و سولفات روی (۰، ۵/۵٪ و ۱٪) به صورت ترکیبی یا به تنهایی بر روی درختان پسته نیز نشان دادند که غلظت روی در برگ‌ها افزایش یافت، در حالی که در اثر کاربرد سولفات روی به تنهایی غلظت نیتروژن و فسفر در برگ‌ها تحت تأثیر قرار نگرفت.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که نتایج این آزمایش بیانگر تأثیر مثبت تغذیه برگی عنصر روی بر عملکرد و تعداد میوه در هر بوته بود که نانو کلات روی مؤثرتر از کود سولفات روی بود. کاربرد برگی روی تأثیری بر میانگین وزن میوه، طول و قطر میوه، وزن صد دانه، میزان پروتئین دانه، درصد نیتروژن دانه و روغن دانه نداشت. به‌طور کلی کاربرد عنصر روی به شکل نانو کود به‌ویژه با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیر بیشتری بر عملکرد، تعداد میوه در هر بوته و فنول دانه داشت. با توجه به پایین بودن میزان عنصر روی در خاک‌های آهکی کشور و مشکل جذب این عنصر از خاک به دلیل عواملی مانند pH بالا، میزان مواد آلی کم و مقدار زیاد یون بی‌کربنات در خاک، محلول پاشی کودهای محتوای روی و به‌ویژه نانوکودهای حاوی روی به‌منظور رسیدن به عملکرد بالا مفید می‌باشد.

در مجموع با توجه به نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد که در مطالعات آینده می‌توان با بررسی غلظت‌های مختلف عناصر

- Malekooti, M. and Homai, M., 2004. Soil Fertility in Arid and Semi-Arid Regions "Problems and Solutions". Universitu of Tarbiat Modares press, 518p.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited, London, England, 887p.
- Meena, R.P., Mohammad, S. and Lakhawat, S.S., 2005. Effect of foliar application of urea and zinc sulphate on fruit quality and yield of pruned guava trees (*Psidium guajava* L. cv. Sardar) under high density planting system. Udyanika, 11(2): 90-93.
- Miransari, H., Mehrafarin, A. and Naghdi Badi, H., 2015. Morphophysiological and phytochemical responses of dill (*Anethum graveolens* L.) to foliar application of iron sulfate and zinc sulfate. Journal of Medicinal Plants, 2(54): 15-29.
- Misra, A., Srivastava, A.K., Srivastava, N.K. and Khan, A., 2005. Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments and biochemical changes in essential monoterpene oil(s) of *Pelargonium graveolens*. Photosynthetica, 43(1): 153-155.
- Moghimi Pour, Z., Mahmoodi Sourestani, M., Alamzade Ansari, N. and Ramezani, Z., 2014. Effects of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on chlorophyll content, photosynthetic parameters, essential oil content and yield of holy basil (*Ocimum sanctum*). 3rd National Congress on Medicinal Plants, Mashhad, Iran, 14-15 May: 266.
- Monica, R.C. and Cremonini, R., 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryologia, 62(2): 161-165.
- Moradi Telavat, M.R., Roshan, F. and Siadat, S.A., 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals content, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 17(2): 153-164.
- Mosanna, R. and Khalilvand Behrozyar, E., 2015. Morpho-physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. Journal on New Biological Reports, 4: 46-50.
- Mousavi, S.R., 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorous. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(9): 1503-1509.
- Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A., 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products, 30(1): 82-92.
- Naderi, M.R. and Danesh-Shahraki, A., 2013. Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 2229-2232.
- El-Hak, R.E.S.A., El-Said, S.A.E.A., El-Shazly, A.A.E.F., El-Gazzar, M., Shaaban, E.A.E.A. and Saleh, M.M.S., 2019. Efficiency of nano-zinc foliar spray on growth, yield and fruit quality of flame seedless grape. Journal of Applied Sciences, 19(6): 612-617.
- El-Tohamy, W.A. and El-Greadly, N.H.M., 2007. Physiological responses, growth, yield and quality of snap beans in response to foliar application of yeast, vitamin E and zinc under sandy soil conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(3): 294-299.
- Emami, A., 1996. Analytical Methods for the Plant. Technical Publication, the Education Research and Agricultural Extension, Soil and Water Research Institute, 546p.
- Fallahi, A., Hassani, A. and Sefidkon, F., 2016. Effect of foliar application of different zinc sources on yield and phytochemical characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 32(5): 743-757.
- Rostami, Gh., Moghaddam, M., Pirbalouti, A.Gh. and Tehranifar, A., 2018. The effects of iron and zinc spraying in sulfate and nano forms on morphological and biochemical properties of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salinity stress. Environmental stresses in crop sciences, 11(3): 707-720.
- Hassani, M., Zamani, Z. Savaghebi, G. and Fatahi, R., 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(3): 471-480.
- Ishimaru, Y., Suzuki, M., Kobayashi, T., Takahashi, M., Nakanishi, H., Mori, S. and Nishizawa, N.K., 2005. OsZIP-4, a novel zinc-regulated zinc transporter in rice. Journal of Experimental Botany, 56: 3207-3214.
- Joshi, N.L., Mali, P.C. and Saxena, A., 1998. Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea* L.) oil. Journal of Agronomy and Crop Science, 180: 59-63.
- Khiavi, M., Khorshidi, M.B., Ismaeili, M., Azarabadi, S., Faramarzi, A. and Emaratpardaz, J., 2010. Effect of foliar application of boron and zinc on yield and some qualitative characteristics of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Water and Soil Science, 20(3): 31-45.
- Liscano, J.F., Wilson, C.E., Norman, R.J. and Slaton, N.A., 2000. Zinc availability to rice from seven granular fertilizers. Arkansas Agricultural Experiment Station, 963: 1-31.

- Scott, N. and Chen, H., 2013. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. *Industrial Biotechnology*, 9(1): 17-18.
- Seedkolai, F., Sadeghi, H. and Moradi, H., 2015. Effects of foliar applications of nitrogen, boron and zinc on auxin contents, fruit set and fruit drop in orange (*Citrus sinensis*) cv. Thompson Navel. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(3): 367-373.
- Seif Sahandi, M., Mehrafarin, A., Khalighi-Sigaroodi, F. and Sharifi, M., 2019. Changes in essential oil content and composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) in responses to nitrogen application. *Journal of Medicinal Plants*, 4 (72): 81-97.
- Sharaf, A.M., Farghal, I.I. and Sofy, M.R., 2009. Response of broad bean and lupin plants to foliar treatment with boron and zinc. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3): 2226-2231.
- Sinclair, T.R. and Jamieson, P.D., 2008. Yield and grain number of wheat: A correlation or causal relationship?: Authors' response to "The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson" by RA Fischer. *Field Crops Research*, 105(1-2): 22-26.
- Slinkard, K. and Singleton, V.L., 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Sobhi Rostami, F. and Gholchin, A., 2011. The effects of different rates of N, Mn and Zn on yield and quality of pomegranate fruit in Mazandaran province. *Journal of Horticulture Science*, 25(2): 234-262.
- Song, C.Z., Liu, M.Y., Meng, J.F., Chi, M., Xi, Z.M. and Zhang, Z.W., 2015. Promoting effect of foliage sprayed zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolics in berries of *Vitis vinifera* cv. Merlot growing on zinc deficient soil. *Molecules*, 20(2): 2536-2554.
- Suppan, S., 2013. Nanomaterials in soil, our future food chain? *Institute of Agriculture and Trade Policy*.
- Tavakol Afshari, J., Rakhshandeh, H., Zamani, A., Mahdavisahri, N., Ghazizadeh, L., Nourouzi, M. and Vahedi, F., 2005. Cytotoxicity effects of *Citrullus colocynthis* on Hep2 and L929 cell lines. *Hakim Health Systems Research*, 8 (2):47-54.
- Venkatesan, S., Murugesan, S., Senthur Pandian, V.K. and Ganapathy, M.N.K. 2005. Impact of sources and doses of potassium on biochemical and green leaf parameters of tea. *Food Chemistry*, 90: 535-539.
- Wang, N. and Duan, J.K., 2006. Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentil. *Food chemistry*, 95: 493-502.
- Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Najafi, N. and Ghassemi-Golezani, K., 2010. Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(17): 1733-1737.
- Norozi, M., ValizadehKaji, B., Karimi, R. and Nikoogoftar Sedghi, M., 2019. Effects of foliar application of potassium and zinc on pistachio (*Pistacia vera* L.) fruit yield. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 6(1): 113-123.
- Pandey, N., Gupta, B. and Pathak, G.C., 2013a. Enhanced yield and nutritional enrichment of seeds of *Pisum sativum* L. through foliar application of zinc. *Scientia Horticulturae*, 164: 474-483.
- Pandey, N., Gupta, B. and Pathak, G.C., 2013b. Foliar application of Zn at flowering stage improves plant's performance, yield and yield attributes of black gram. *Indian Journal of Experimental Biology*, 51(7): 548-55.
- Potarzycki, J. and Grzebisz, W., 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding compone. *Plant, Soil and Environment*, 55(12): 519-527.
- Prasad, T.N.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreeprasad, T.S., Sajanlal, P.R. and Pradeep, T., 2012. Effect of manoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 35: 905-927.
- Ranjbar, G.A. and Bahmaniar, M.A., 2007. Effects of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(6): 1000-1005.
- Rashid, M., Bhatti, A.U. and Khan, F.U. 2008. Physico-chemical properties and fertility status of soils of district Peshawar and Charsadda. *Soil and Environment*, 27: 228-235.
- Rostami, G., Moghaddam, M., Pirbalouti, A.G. and Tehranifar, A., 2018. The effects of iron and zinc spraying in sulfate and nano forms on morphological and biochemical properties of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salinity stress. *Environmental stresses in criop sciences*, 11(3): 707-720.
- Saberi, M., Niknahad, H., Heshmati, G., Barani, H. and Shahriyari, A., 2018. Evaluation of the content and performance of some active ingredients extracts of *Citrullus colocynthis* organs from two habitats of Sistan and Balochestan province in different growth stages. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5(11): 49-63.

Effects of foliar application of zinc nano-chelate and zinc sulfate fertilizers on some quantitative and qualitative properties of bitter apple (*Citrullus colocynthis* L.)

M. Nikbakht¹, M. Solouki² and M. Aran^{3*}

1- M.Sc. graduated, Department of Horticulture and Landscape, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

2- Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

3*- Corresponding author, Department of Horticulture and Landscape, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
E-mail: mehdiaran @uoz.ac.ir

Received: May 2020

Revised: June 2020

Accepted: September 2020

Abstract

To study the effects of foliar application of Zn element via nano- and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of medicinal plant bitter apple (*Citrullus colocynthis* L.), an experiment was conducted in a randomized complete blocks design with three replications at the Agricultural Research Institute of Zabol University in 2019. Experimental treatments included foliar application of zinc nano-chelate at two concentrations (1000 and 2000 mg L⁻¹), zinc sulfate at two concentrations (1000 and 2000 mg L⁻¹), and control (water foliar application). The results showed that foliar application of Zn had a significant effect on the yield and number of fruits per plant, and the seed phenol content with the highest amount of these traits in zinc nano-chelate treatment at the concentration of 2000 mg L⁻¹. Also, Zn foliar application increased the seed soluble carbohydrate content with the highest amount of this index in zinc nano-chelate treatment at the concentration of 1000 mg L⁻¹. Zinc foliar application increased the concentration of Zn element in the leaves, while it did not affect the concentrations of N, P, and K elements. Generally, the application of zinc nano-chelate was more effective on the yield and number of fruits per plant, and seed phenol content than zinc sulfate.

Keywords: Number of fruit, foliar application, yield, soluble carbohydrate, nano-fertilizer.