تاثیر نانوکلات پتاسیم و نانوکلات روی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک گل جعفری آفریقایی *(Tagete erecta)* در خاک شور

الهام مطلبی (نویسنده مسئول)[1*] و محمدحسین ربیعی[2]

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 ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۱

Effect of potassium nanochelate and zinc nanochelate on some morphological characteristics of African parsley flower *(Tagete erecta)* in saline soil

Elham Motallebi (Corresponding author)[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 2022 Accepted: September 2022

چکیده

پرورش گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک بدلیل شوری منابع تولید اهمیت فراوانی دارد. یکی از مواردی که فرآیند رشد در این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مدیریت عناصر غذایی از طریق کاربرد نانوکودها است. به منظور بررسی تاثیر کاربرد کودهای نانو در خاک شور بر برخی صفات مورفولوژیک گل جعفری رقم جعفری آفریقایی (*T. erecta*) پژوهشی در قالب طرح کاملا تصادفی در شهرستان گرمسار اجرا گردید. گیاهان در ۷ تیمار و ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۳ نمونه با ۳ غلظت نانو کلات روی۱۲٪ (۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱/۵ گرم در لیتر و ۳ گرم در لیتر) و ۳ غلظت نانو کلات پتاسیم ۲۷٪ (۱ میلی‌گرم در لیتر، ۲ میلی‌گرم در لیتر و ٤ میلی‌گرم در لیتر) و عدم کاربرد کود (شاهد) توسط محلول‌پاشی تیمار گردیدند. در این پژوهش ارتفاع گیاه، وزن‌تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن‌خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار نانو کود کلات روی ۳ گرم در لیتر بیشترین مقدار در تمامی صفات مورد بررسی به جز صفت ارتفاع و نانوکود کلات پتاسیم ۲ گرم در لیتر در صفت ارتفاع بیشترین اثر را داشته و اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بهترین نوع نانو کود جهت بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه جعفری (*T. erecta*) در خاک شور، استفاده از نانو کود کلات روی ۱۲٪ به مقدار ۳ گرم در لیتر می باشد.

کلمات کلیدی: تنش شوری، صفات مورفولوژیک، گل جعفری، نانوکود کلات پتاسیم، نانوکود کلات روی

Abstract

Cultivation of plants in arid and semi-arid regions is very important due to the salinity of the production resources. One of the things that affects the growth process in these areas is the management of nutrients through the use of nanofertilizers. In order to investigate the effect of the application of nano fertilizers in saline soil on some morphological traits of parsley flower of the African parsley variety (*T. erecta*), a research was conducted in the form of a completely randomized design in Garmsar city. Plants in 7 treatments and 3 replications and each replication contains 3 samples with 3 concentrations of 12% zinc nano-chelate (750 mg/L, 1.5 g/L and 3 g/L) and 3 concentrations of 27% potassium nano-chelate (1 mg/L liter, 2 mg/liter and 4 mg/liter) and no fertilizer application (control) were treated by foliar spraying. In this study, plant height, shoot weight, root weight, shoot dry weight and root dry weight were evaluated. The results showed that the zinc chelate nanofertilizer treatment of 3 grams per liter had the highest effect on all the examined traits except the height trait and the potassium chelate nanofertilizer treatment of 2 grams per liter had the greatest effect on the height trait and showed a significant difference with other treatments. In general, it can be concluded that the best type of nano-fertilizer to improve the morphological characteristics of parsley (*T. erecta*) in saline soil is the use of 12% zinc chelate nano-fertilizer in the amount of 3 grams per liter.

Keywords: Morphological traits, Parsley flower, Potassium chelate nanofertilizer, Salinity stress, Zinc chelate nanofertilizer

مقدمه و کلیات

گلکاری به عنوان یک صنعت خصوصا در صادرات، برای ایران حائز اهمیت است. صنعتی شدن یعنی سطح کار گسترده که هدف، درآمد اقتصادی است و به نیروی انسانی اهمیت کمتر داده می‌شود و بیشتر مکانیزاسیون مهم است. در گلکاری درآمد نسبی از واحد سطح بسیار بیشتر از هر شاخهٔ دیگری از کشاورزی است (اعظمی، ۱۳۸٦). با توجه به اینکه بخش عمده مساحت کشور ایران از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد و مجموع خاک‌های شور و سدیمی بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت را شامل می شود (کمالی و همکاران، ۱۳۹۱). گیاه تحت تنش شوری آسیب می-بیند و غلظت زیاد نمک باعث کاهش رشد ریشه و جوانه و کاهش عملکرد و مرگ گیاه می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳) در نتیجه راندمان تولید به شدت پایین بوده و گلکاری از نظر اقتصادی نتیجه مطلوب ندارد. تغییرات در رشد گیاه نتیجه تاثیر مضر شوری بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه است که شامل سمیت یونی، تنش اسمزی، کمبود مواد غذایی، سرعت تنفس، فتوسنتز و تنش اکسیداتیو می‌باشند (Frary *et al.*, 2010). تغییر در فناوری‌های مربوط به صنعت کشاورزی مهم‌ترین عامل در ایجاد کشاورزی مدرن و افزایش راندمان تولید است. در این میان فناوری نانو، زمینهٔ مناسبی را در تولید محصولات کشاورزی فراهم آورده است. این سیستم‌های جدید، مواد شیمیایی را به شکل کنترل شده و هدفمند، مشابه با فرایند آزادسازی نانو داروها در بدن انسان، رها می‌کنند. فناوری نانو نقش مهمی را در بهبود روش مدیریت محصول ایفا می‌کند. مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی بطور رایج با اسپری کردن و یا پراکندن در خاک به کار برده می‌شوند ولی نانوکودها، به دلیل رهاسازی تدریجی و آرام عناصر غذایی بهترین جایگزین برای کودهای 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 (Chinnamuthu, 2009). 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 تحت تنش شوری داشته باشد. در آزمایشی که رستمی و همکاران در سال ۱۳۹۹ به‌منظور بررسی اثر محلولپاشی کودهای آهن و روی به دو شکل سولفاته و نانو ذارت بر مقدار و ترکیبات روغنهای اسانس نعناع فلفلی تحت تنش شوری انجام دادند. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای روی و آهن بخصوص به‌صورت نانو باعث بهبود زیست توده گیاه شد و بهترین زیست توده نعناع فلفلی در تیمار نانو کود آهن مشاهده شد. نوری و همکاران در سال ۱٤۰۱ به منظور ارزیابی عملکرد کمّی و کیفی خرفه تحت تاثیر ورمی‌کمپوست، کودهای شمیایی و نانو در شرایط اقلیمی مختلف پژوهشی انجام دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد بذر و روغن با کاربرد نانو ذره نیتروژن همراه با مصرف ۷۵ تن در هکتار ورمی کمپوست حاصل شد.

به منظور بررسی اثرات تنش کم‌آبی و کود نانو پتاسیم بر برخی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی نعنا فلفلی، تحقیقی توسط ساعدی و همکاران در سال ۱۳۹۹ انجام شد. نتایج حاصل نشان داد افزایش سطوح محلول‌پاشی نانوپتاسیم باعث بهبود معنی‌دار صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در گیاه، عملکرد تر و خشک، درصد و عملکرد اسانس، کلروفیل a وb، رطوبت نسبی برگ، و افزایش پرولین و کربوهیدرات گردید و در مجموع محلول پاشی نانو پتاسیم اثر تنش کم آبی را کاهش داد. بررسی شکری و همکاران در سال ۱٤۰۱ بر تاثیر نانو ذرات سیلیکا بر عملکرد و بهره‌وری آب گیاه خیار و تعیین مناسبترین روش کاربرد نانو ذرات سیلیکا (تغذیه برگ و ریشه) نشان داد که استفاده از نانوذرات سیلیکا می‌تواند روی رشد گیاه و عملکرد خیار تأثیر مثبت بگذارد. کاربرد نانوذرات سبب افزایش بهره وری مصرف آب و افزایش عملکرد گیاه خیار شده و به صورت محلول‌پاشی بر روی برگ می‌تواند گزینه مناسبی جهت افزایش عملکرد در خیار شود. 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. نظر به وجود شوری در خاک‌های ایران و اهمیت فناوری نانو در پرورش گل جعفری انجام این تحقیق با هدف بررسی کاربرد کودهای نانوکلات پتاسیم و نانوکلات روی بر صفات مورفولوژیک گل جعفری در شرایط خاک گرمسار و نیز تعیین بهترین و اقتصادی‌ترین کود برای بهبود رشد و نمو این گیاه صورت گرفت.

فرآیند پژوهش

پژوهش مورد نظر بصورت طرح کاملا تصادفی در ۷ تیمار و ۳ تکرار در شهرستان گرمسار استان سمنان 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 و در ماه‌های خرداد و تیر انجام شد. خصوصیات خاک منطقه که به عنوان بستر کشت بکار رفت در جدول ۱ مشخص شده است. با توجه به نتایج تجزیه خاک، بستر کشت مورد استفاده لوم ماسه ای و شور بود. نشاءهای گل جعفری آفریقایی(*T. erecta*) از منطقه گلزار پاکدشت تهیه و در گلدان‌هایی به ابعاد ۵۰×۱۷ به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر کشت شدند. برای تهیهٔ محلولها از نانوکود کلات پتاسیم خضرا ۲۷٪ و نانوکود کلات روی خضرا ۱۲٪، تولید شده در شرکت صدور احرار شرق استفاده گردید. تیمارها (جدول۲) در ۳ غلظت نانوکود کلات روی ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱/۵ گرم در لیتر و ۳ گرم درلیتر، ۳ غلظت نانو کودکلات پتاسیم ۱ میلی‌گرم در لیتر، ۲ میلی‌گرم در لیتر و ٤ میلی‌گرم در لیتر و نمونه شاهد تهیه شد. محلول‌پاشی عناصر 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: خصوصیات خاک

Table 1: Soil characteristics

Zn ppm	بافت –	Sand %	Silt %	Clay %	K ppm	P ppm	N %	OC %	TNV %	pH -	EC Ds/M
اتمیک	–	هیدرومتر	هیدرومتر	هیدرومتر	فلیم فتومتری	اولسن	کجلدال	تیتراسیون	تیتراسیون	متر pH	کنداکتومتر
۱٤/۲	لوم ماسه ای	۷٦	۱۰	۱٤	٦۷٥/٦	۲٦۰	۰/٦۳	٦/۳۱	۲۷/٦	٦/۸	٤/٥٦

جدول ۲- نام و علائم اختصاری تیمارها

Table 2- Names and abbreviations of treatments

ردیف	نام تیمار	علامت اختصاری
تیمار ۱ یا 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
تیمار ٥	نانو کود پتاسیم ۲۷٪ درصد به میزان ۱ گرم در لیتر	K 27% - 1 g.l
تیمار ٦	نانو کود پتاسیم ۲۷٪ درصد به میزان ۲ گرم در لیتر	K 27% - 2 g.l
تیمار ۷	نانو کود پتاسیم ۲۷٪ درصد به میزان ٤ گرم در لیتر	K 27% - 4 g.l

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در تیمارهای آزمایشی

Table 3: 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	۱٦/٤۸**	۲٦۰/٥**	۸۷/۸۷**	۳/٥۱*	۳۲۰/۸٤*
خطا	۱٤	۱/۱٤	۱۸۳/۲۳	۳۷/۱۲	۳/٥٥	۳۸۲/۲۱
ضریب تغییرات(٪)		٥/۷۲	۲۰/٦	۱٥/۳٤	۳/٥٤	۱٦/۸۲

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

ns,* and ** Nonsignificant and Significant at 5% and 1%

ارتفاع گیاه: بررسی نتایج مقایسه میانگین ارتفاع گیاه نشان داد که این صفت در بین تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. تیمارهای ۳، ٤، ٥ و ۷ بیشترین ارتفاع را داشته که با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. همچنین بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار ٦ (۲۳/۷۳ سانتیمتر) و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار کنترل (۱٦/۲٦ سانتیمتر) می باشد (نمودار۱).

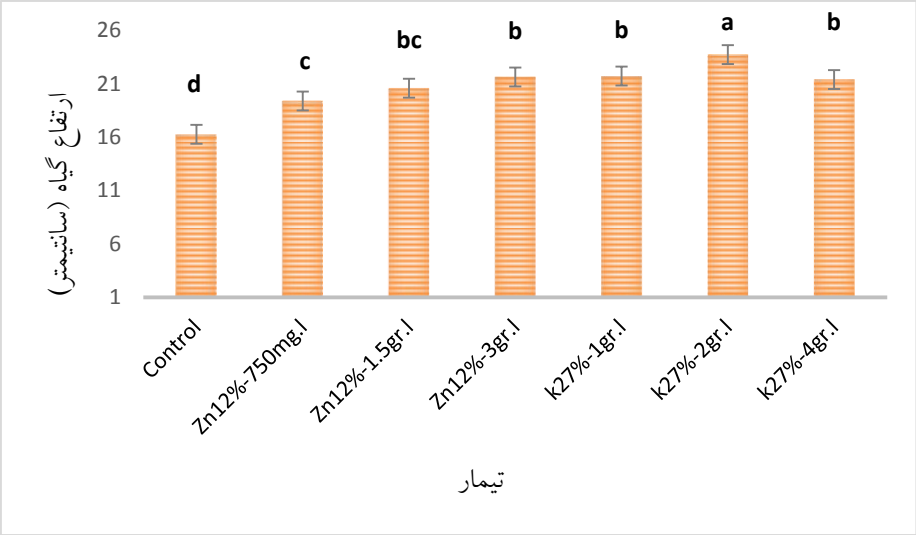
وزن‌تر اندام هوایی: بررسی نتایج مقایسه میانگین وزن‌تر اندام هوایی نشان داد که این صفت در بین تیمارهای آزمایشی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار ٤ (۳۰/۸٦ گرم) و کمترین وزن‌تر اندام هوایی مربوط به تیمار ۷ (۵/۷٦ گرم) می‌باشد (نمودار۲).

وزن‌تر ریشه: بررسی 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 تیمار ۷ (۱/۷۲ گرم) می‌باشد (نمودار ۳).

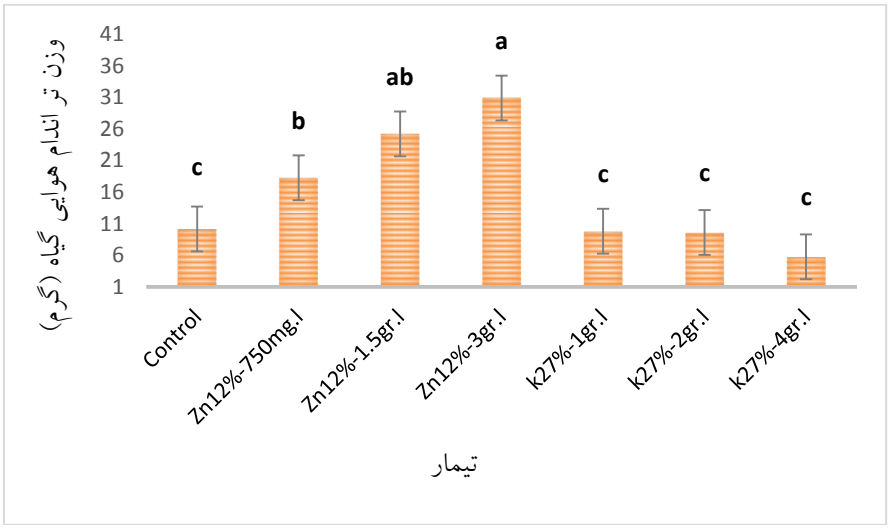
وزن خشک اندام هوایی: بررسی نتایج مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی نشان داد که این صفت در بین تیمارهای آزمایشی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد، به این ترتیب که تیمار ٤ (۵/۳۲ گرم) نسبت به تیمارهای دیگر دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی می‌باشد و کمترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار ۷ (۲/۳۹ گرم) می‌باشد (نمودار ٤).

وزن خشک ریشه: بررسی نتایج مقایسه میانگین وزن خشک ریشه نشان داد که این صفت 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 ۵ (۱/۳٤ گرم) می باشد (نمودار ۵).



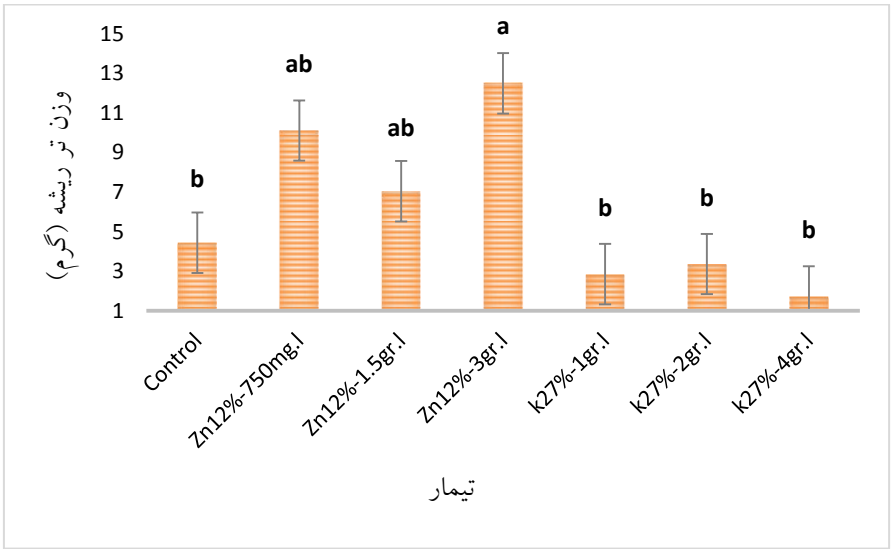
نمودار ۱- تغییرات ارتفاع گیاه

Figure 1- Plant height changes



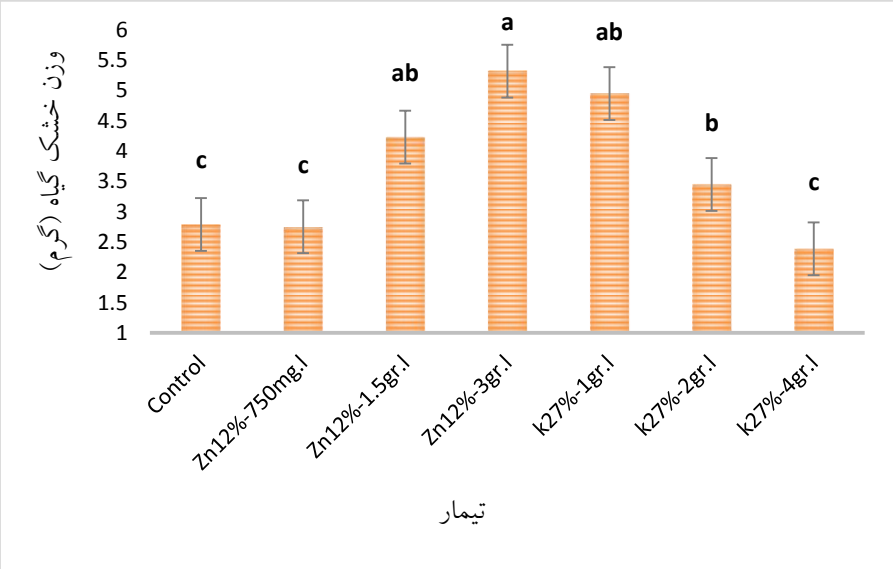
نمودار ۲- تغییرات وزن تر اندام هوایی

Figure 2- Changes in fresh weight of aerial parts



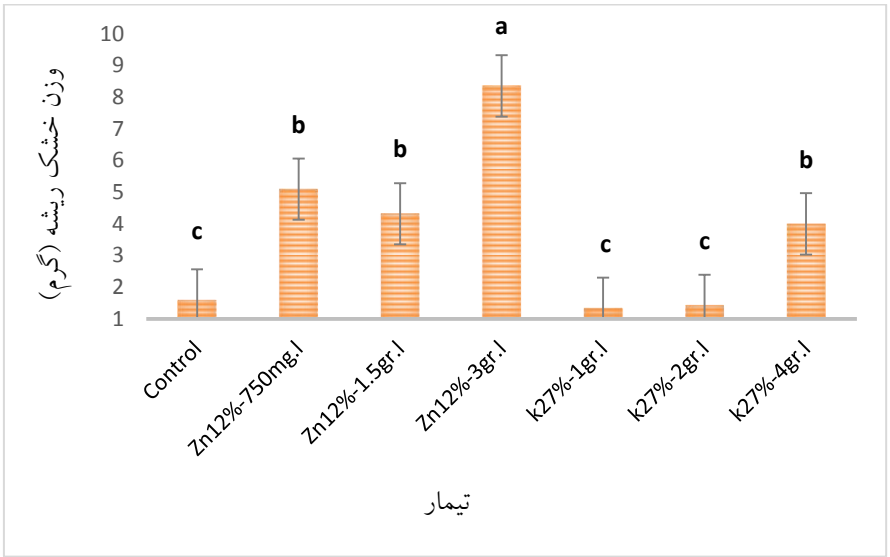
نمودار ۳- تغییرات وزن تر ریشه

Figure 3- Root fresh weight changes



نمودار ٤- تغییرات وزن خشک اندام هوایی

Figure 4- Changes in shoot dry weight



نمودار ٥- تغییرات وزن خشک ریشه

Figure 5- Root dry weight changes

همبستگی بین صفات مورد ارزیابی: بررسی همبستگی صفات مورد مطالعه (جدول٤) نشان داد که اغلب صفات در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشند.

در این بررسی مشخص شد که صفت ارتفاع با وزن‌تر اندام هوایی، وزن‌تر اندام هوایی با وزن‌تر ریشه، وزن‌تر ریشه با وزن خشک ریشه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪و بیشترین میزان همبستگی مربوط به صفات وزن‌تر

اندام هوایی گیاه با وزن تر ریشه به میزان ۰/۹۵۸ در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

جدول ٤- جدول همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

Table 4- 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**	۰/۲٦۳**	۰/۲۷۰**	۱	
وزن خشک ریشه	۰/۱۸۲*	۰/۰۵۹ ns	۰/۲۳٤**	۰/۰۳٤ ns	۱

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

ns,* and ** Nonsignificant and Significant at 5% and 1%

نتایج حاکی از آن است که استفاده از نانوکود کلات روی و نانوکود کلات پتاسیم دارای اثر مثبت و معنی‌داری در اکثریت صفات مورد بررسی نسبت به شاهد بوده است. 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. بیشترین ارتفاع گیاه نیز مربوط به تیمار ٦ (نانو کود کلات پتاسیم ۲۷٪ به مقدار ۲ گرم در لیتر) بوده است. نقش پتاسیم در بزرگ و طویل شدن سلول‌ها به عنوان بخشی از فرایند رشد سلولی و دیگر فرایندهایی که به وسیله عمل تورژسانس تنظیم می‌شود، با غلظت پتاسیم در واکوئل‌ها ارتباط دارد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). پتاسیم با وجود اینکه در ساختمان بافتها شرکت ندارد، نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیک از جمله فتوسنتز، انتقال شیره پرورده به مخازن گیاه، حفظ تورژسانس، هدایت روزنهای، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیمی، توسعه سلولی و خنثی‌سازی یونهای دارای بار منفی غیرقابل انتشار و قطبی نمودن غشا ایفا می‌کند (Wang *et al.*, 2013). پتاسیم تحمل گیاه را نسبت به تنشهای محیطی افزایش می‌دهد. پتاسیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه دارد. مصرف پتاسیم به‌طور مستقیم باعث کاهش تعرق، افزایش جذب آب یا به‌وجود آوردن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به تنش می‌شود (سالاردینی، ۱۳٦٦). مقیمی پور و همکاران (۱۳۹٤) در بررسی اثر محلول پاشی نانو کلات روی و سولفات روی بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی ریحان به این نتایج رسیدند که اثر محلول‌پاشی کودها بر تمامی صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. پژوهش‌های مشابهی جهت بررسی نانوکود کلات روی و پتاسیم بر خصوصیات مورفولوژیک گیاهان انجام شده است که نتایج آنها مبنی بر اثرات مطلوب این نانوکودها بر خصوصیات گیاهان می‌باشد. در پژوهشی که جلالی نسب (۱۳۹۷) به منظور بررسی اثر مصرف اوره و کود پتاسیم از نوع نانوکلات پتاسیم بصورت محلول‌پاشی بر برنج عنبربو رقم نجفی انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که اثر متقابل نانو کلات پتاسیم و نیتروژن در ۱ و ۲ در هزار نانوکلات پتاسیم و ۲۰ لیتر نیتروژن بود که بیشترین عملکرد را داشته است. بر اساس

گزارش Said-Al Ahl و همکاران در سال 2009 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 و اثر متقابل کود و شوری بر شاخص‌های رشدی اندام هوایی و ریشه گیاه نخود انجام دادند، به این نتیجه دست یافتند که کاربرد کود کلات روی بویژه به شکل نانو باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری بر شاخص‌های رشد و افزایش معنی‌دار آنها نسبت به شاهد شده است. خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) در مورد علل افزایش ماده خشک در حضور ریزمغذیها به مواردی از جمله بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز و کاهش تجمع سدیم در بافتهای گیاهی و همچنین افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی اشاره کردند. نتایج پژوهش وافی و افشاری (۱۳۹۳)، 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. این افزایش را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که جذب روی در غلظت پایین نانو روی صورت گرفته است. 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). کمبود روی می‌تواند باعث عدم توازن عناصر غذایی در گیاه شده و کاهش راندمان مصرف آب و در نهایت کاهش کیفیت و کمیت محصول را در پی داشته باشد (جمالی و همکاران، ۱۳۹۰). تاثیر پتاسیم در رشد به این دلیل قطعیت دارد که این عنصر در ساخت هیدروکربن و پروتئین نقش موثری دارد و در قسمت عمده فعالیت‌های سلول، سهمی به عهده این عنصر است (سالاردینی، ۱۳٦٦). در آزمایش Jabeen & Ahmad (2011) نیز با محلول‌پاشی عناصر پتاسیم، آهن و بور ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و غلظت آهن در اندام هوایی آفتابگردان افزایش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش جهت بررسی مناسب‌ترین مقدار مصرف و نوع نانو کود کلات روی و پتاسیم برای افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه جعفری (*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 همچنین نانوکود کلات پتاسیم ۲۷٪ در صفت ارتفاع بیشترین اثر را داشته و اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بطور کلی در این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که بهترین نوع نانوکود جهت بهبود خصوصیات مورفولوژیکی گیاه جعفری (*T. erecta*)، استفاده از نانو کود کلات روی ۱۲٪ به

مقدار ۳ گرم در لیتر می باشد.

منابع

۱) اعظمی بشیر، ع. ۱۳۷٦. گذری بر مسائل و مشکلات صادرات گل و گیاهان زینتی ایران. خلاصه مقالات اولین کنگرهٔ باغبانی. کرج. ص ٦ .

۲) جلالی نسب، ع.، علوی فاضل، م. و دادنیا، م. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی کودهای نیتروژنه بر عملکرد و کارایی برنج عنبر بو رقم نجفی. نهمین همایش سراسری محیط زیست انرژی و منابع طبیعی پایدار. تهران.

۳) جمالی، ج.، انتشاری، ش. و حسینی، س.، م. ۱۳۹۰. بررسی تعدیل اثر تنش خشکی با کاربرد عناصر پتاسیم و روی در ذرت. *اکوفیزیولوژی و فیتوشیمی گیاهان دارویی و معطر. ۳(۳)*: ۲۲۲-۲۱٦.

٤) جوادی، ح.، ثقهٔالاسلامی، م.، موسوی، غ. و موسوی, ا. ۱٤۰۱. تأثیر محلول‌پاشی کودهای نانو و معمولی اکسیدروی و سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن دانه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی. تحقیقات آب و خاک ایران.

۵) خلیلی محله، ج. و رشدی، م. ۱۳۸۷. اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی ۷۰٤ در خوی. نهال و بذر. ۲٤(۲): ۲۹۳-۲۸۱.

٦) رستمی، ق.، مقدم، م.، قاسمی پیربلوطی، ع. و تهرانی فر، علی. ۱۳۹۹. اثر سولفات و نانو ذرات آهن و روی بر زیست توده، مقدار و ترکیبات روغن های اسانسی نعناع فلفلی تحت تنش شوری. *مجله پژوهشهای گیاهی (علمی)*. ۳۳(۳): ۵۱۵-۵۰۵.

۷) ساعدی، ف.، سیروس مهر، ع. و جوادی, ت. ۱۳۹۹. اثر کود نانوپتاسیم بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی نعنافلفلی (*Mentha piperita L.*)در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهشهای گیاهی (علمی). ۳۳(۱): ٤۵-۳۵.

۸) سالاردینی، علی اکبر. ۱۳٦٦. حاصلخیزی خاک. دانشگاه تهران.

۹) شکری، س.، هوشمند، ع.، گلابی، م.، عالم زاده اصاری، ن. و استرو، د. ۱٤۰۱. بررسی اثر نانو ذرات سیلیکا بر عملکرد خیار (*Cucumis sativus L.*) در منطقه اهواز. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۳۲(۱): ۲۹۲-۲۷۹ .

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

۱۱) کمالی، م.، خرازی، س. م.، سلاح‌ورزی، ی. و تهرانی‌فر، ع. ۱۳۹۱. اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و برخی صفات مورفولوژیک گل تکمه‌ای (*Gomphrena globosa L.*) در شرایط تنش‌شوری. نشریه علوم باغبانی. ۲٦(۱): ۱۱۲-۱۰٤.

۱۲) مقیمی پور، ز.، محمودی سورستانی، م.، عالم زاده انصاری، ن. و رمضانی، ز. ۱۳۹٤. بررسی اثر محلول پاشی نانو کلات روی و سولفات روی بر خصوصیات مرفولوژیکی گیاه دارویی ریحان مقدس. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). ۳۸(۳): ۵۳-٤۱.

۱۳) ملکوتی م. ج.، همایی م. ۱۳۸۳. حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ((مشکلات و راه‌حل‌ها)). دانشگاه تربیت مدرس. دفتر نشر آثار علمی.

۱٤) نوری، م.، فرزانه، س.، سید شریفی، ر. و شهریاری، ع. ۱٤۰۱. ارزیابی عملکرد کمّی و کیفی خرفه (*Portulaca oleracea L.*) تحت تاثیر ورمی‌کمپوست، کودهای شمیایی و نانو در شرایط اقلیمی مختلف. دانش کشاورزی وتولید پایدار. ۳۲(۲): ٦٤-٤۷ .

۱۵) وافی، ن. و افشاری، ح. 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.

۱٦) 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.

17) Chinnamuthu, C. 2009. Nanothecnology and agroecosystem, Madras Agriculture Journal, 96: 17-31.
18) Frary, A., Gol, D., Kels, D., Okmen, B., Pinar, H., O Sigva, H., A., Yemenicioglu, and S., Doganlar. 2010. Salt tolerance in Solanum pennellii: antioxidant response and related QTL. BMC Plant Biol., 10: 58.
19) Jabeen, N.S., & Ahmad, R. 2011. Foliar application of potassium nitrate affects the growth and nitrate reductase activity in sunflower and safflower leaves under salinity. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-napoca, 39, 172-178.
20) 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.
21) Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. Inter. J. Molec. Sci. 14(4): 7370-7390.