Journal of Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.1, Spring and Summer 2020
Research Paper

Effect of nano-particles and sulfate of zinc on growth and quality of petunia (*Petunia Hybrida var Parade*) grown in various moisture conditions

Sakineh Ranjbari [1] ***, Esmaeil Chamani*** [2*] ***, Hassan Maleki Lajayer*** [3] ***, Hamid Adel Mahmood-Abad*** [4] ***, Younes Pourbeyrami-e-Hir*** [5]

1- MS.C graduate, Department of Horticultural Science, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
ranjbari64@gmail.com
2- Corresponding Author and Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of agricultural Science and Natural Resources, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
echamani@yahoo.com
3- Assistant professor, Faculty of agricultural Science (Meshkin-Shahr Campus), University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
malekih135@gmail.com
4- MS.C graduate, Department of Horticultural Science, Islamic Azad University of Miane, Miane, Iran.
hamidadelm64@gmail.com
5- Assistant professor , Department of Horticultural Science, Faculty of agricultural Science and Natural Resources, University of Mohaghegh ardabili, Ardabil, Iran.
younes_ph62@gmail.com

Received Date: 2019/12/31 Accepted Date: 2020/06/09

Abstract

Introduction: Drought stress is one of the major abiotic stresses which adversely affect crop productivity and plant growth. A good nutritional status of the plant could alleviate the adverse effects of drought stress. Zinc dificiency is one one the most predominant mineral dificiency especially in dry and semi-dry regions. Zinc has a critical role in protein metabolism, gene experssion, cell-wall integrity, other micro-nutrient content and carbon metabolism.

Hybrid Petunias are garden standbys developed from several South American Petunia species. These sun and heat-loving annuals or tender perennials were among the first ornamentals to be bred for the bedding plant market in the 1950s. Petunia is cultivated in flower beds and pots and requires full sunlight to produce plants and flowers with bright attractive colors. Petunias are as easy to grow as they are pretty. They require ample sun and grow best in rich soil with good drainage. They bloom best with regular fertilization and will continue to flower all seasons

Material and methods: seedlings grown on media containing 70: 30 garden soil: sand were spraed with diefferent concentrations (0, 5, 25 and 50 MgL^{-1}) of Nanoparticles and zinc- sulfate. Spraying repeated in two weeks interval on plants after drought stress implementation (50 and 100 percent of field capacity). Morphological and physiological traits were evaluated during the growing period and after final harvest.

Results and discussion: results showed that drought stress affected all of the studied traits significantly. Spraying with zinc nanoparticle had significant and positive effects on all morphological and physiological trait except stomatal conductance. Spraying with zinc-sulfate enhanced plant growth, proline accumulation, flower and leaf number. In case of flower number, no significant difference were observed among treatments under drought strss condition, while, under normal condition, plants treated with 25 mg/l of each compound produced 7 more flowers than control.

Conclusions: spraying with zinc nanoparticles was more effective than zinc- sulfate on alleviation of drought stress and consequently on growth and flowering of petunia plants.

Keywords: chlorophyll content, flower diameter, flower number, plant height, foliar spraying.

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، (ص ۱۷۴- ۱۶۳)
مقاله پژوهشی

تاثیر نانو ذرات و سولفات روی بر رشد و کیفیت گیاه اطلسی (*Petunia Hybrida var Parade*) در شرایط رطوبتی مختلف

سکینه رنجبری [۱]، اسماعیل چمنی [۲*]، حسن ملکی لجایر [۳]، حمید عادل محمودآباد [۴]، یونس پوربیرامی هیر [۵]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ، ایران.
ranjbari64@gmail.com
۲- نویسنده مسئول و استاد گروه علوم باغبانی و فضای‌سبز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
echamani@yahoo.com
۳- استادیار گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
Malekih135@gmail.com
۴- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران.
hamidadelm64@gmail.com
۵- استادیار گروه علوم باغبانی و فضای‌سبز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،، اردبیل، ایران.
younes_ph62@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۰**

چکیده

تنش خشکی مهم‌ترین محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است که رشد و تولید آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش به‌سزایی دارد. کمبود "روی"جزء یکی از گسترده‌ترین کمبودهای مواد مغذی در گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. این عنصر نقش اساسی در متابولیسم پروتئین، بیان ژن، سلامتی دیواره زیستی و متابولیسم کربن دارد. به همین منظور، اثر محلول‌پاشی نانوذرات و سولفات روی هرکدام با ۴ سطح (غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در دو سطح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی)، بر برخی صفات تعدادگل، قطرگل، تعداد برگ، وزن ریشه، میزان قند، محتوی پرولین، میزان کلروفیل برگ و هدایت روزنه‌ای و وزن ماده خشک گیاه اطلسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با نانوذرات و سولفات روی اثر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه داشتند. از لحاظ تعداد گل در شرایط تنش تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، ولی در شرایط نرمال گیاهان تیمار شده با غلظت ترکیبی ۲۵ میلی‌گرم از هر دو ماده حدود ۷ عدد گل بیشتری نسبت به شاهد داشتند. همچنین محلول‌پاشی با نانوذرات در مقایسه با سولفات روی در رفع اثرات تنش خشکی و در نتیجه، در رشد و گلدهی گیاه اطلسی موثرتر بود. لذا به نظر می‌رسد، تغذیه با کودهای روی می‌تواند در رفع تنش‌های اسمزی و بهبود رشد و کارآیی گیاه اطلسی در شرایط تنش شوری مفید باشد.

کلمات کلیدی: وزن ماده خشک، تعدادگل، قطرگل، شاخص کلروفیل، محلول‌پاشی.

مقدمه

گیاه اطلسی با نام علمی *Petunia hybrida* از تیره سولاناسه و ازگل‌های مهم تابستانه در فضای‌سبز به شمار می‌آید. این جنس تقریباً ۳۰ گونه گیاهی را در برمی‌گیرد. گونه هیبریدا دارای رقم‌های یک‌ساله و دائمی بوده و منشأ آن آرژانتین، برزیل و اروگوئه است (Farooq et al., 2009). این گونه از طریق اصلاح گونه‌های موجود در آفریقای جنوبی حاصل شده‌اند که نیازمند آب و هوای گرم و نور خورشید کافی است. این گیاه معمولا در گلدان‌های آویزان و یا در بستر کشت درفضای سبز کشت می شود. نیازمند خاک غنی است و اگر به خوبی و منظم با انواع کودها تغذیه شود، به مدت طولانی با گل‌های خود فضای سبز را می‌آراید (Mokadem and Sorur, 2014). از ارقام مهم گیاه اطلسی که به‌طور معمول در فضای‌سبز کشت و کار می‌شود، رقم "پاراد" می باشد، از ویژگی‌های بارز این رقم قدرت گلدهی بالا، گل‌دهی زود هنگام در فصل بهار و حتی ادامه گل‌دهی با کوتاه شدن طول روز می‌باشد. گلبرگ گل‌های این رقم بافتی درخشان و براق و حالتی مومی دارند که به جلوگیری از تبادل آب کمک می‌کند. کشور ما ایران ازجمله اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک جهان است، از طرفی کاهش نزولات آسمانی طی سال‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از منابع آب شرایط را بحرانی کرده است. طبق گزارش‌های بلند مدت هواشناسی، میانگین بارش طی چند سال اخیر کاهش یافته و ایران را برای ملحق شدن به کشورهای خشک جهان مستعد می‌کند (Bahreininejad et al., 2012). علاوه بر این، آب و آبیاری از مقوله‌های مهم در فضای‌سبز است، ازاین‌رو مدیریت عواملی که باعث کاهش مصرف آب می‌شوند، حائز اهمیت است. هرچند پاسخ گیاهان نسبت به تنش کم آبی به‌خوبی شناخته شده است، ولی فهم کارآیی گیاهان در یک شرایط محیطی پیچیده که در آن انواع تنش-ها به‌طور هم‌زمان اتفاق می‌افتد، ناقص است. بهبود تحمل گیاهان نسبت به تنش خشکی خیلی مهم و حیاتی است (Geravandi et al., 2011). تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش به‌سزایی دارد. کمبود روی جزء یکی از گسترده‌ترین کمبودهای مواد مغذی در گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. این عنصر نقش اساسی در متابولیسم پروتئین، بیان ژن، سلامتی دیواره زیستی و متابولیسم کربن دارد. اثرات روی بر فرآیندهای فتوشیمیایی و تثبیت دی اکسیدکربن نیز گزارش شده است (Baybordi, 2005). تحمل به خشکی در کلم‌هایی که با کمبود روی مواجه بودند، مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که محتوی عنصر روی، آسیب به دستگاه فتوسنتزی و عدم تعادل بین تولید و حذف رادیکال‌های آزاد فاکتورهای مهمی هستند که منجر به کاهش رشد در شرایط کمبود روی به‌همراه تنش خشکی در گیاه کلم قرمز می‌شوند (Hajiboland and Amirzad, 2010). در مطالعه دیگر اثر نانو ذرات مس و روی بر تحمل به تنش خشکی گندم مورد ارزیابی قرار گرفت و نشان داد که این ترکیبات با افزایش پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوی آب و هچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان، اثرات منفی تنش خشکی را کاهش می‌دهند (Taran et al., 2017). نتیآتت در مطالعه دیگری اثرات نانوذرات روی بر تحمل به شوری گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L.*) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تیمار با نانوذرات روی باعث بهبود جوانه‌زنی، رشد و همچنین تحمل به تنش این گیاه نسبت به تنش شوری می-شود (درویش زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه‌ها از جمله کشاورزی در حال گسترش می‌باشد. فرآورده‌های نانو شامل مخلوطی از ذره‌های با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که می‌توانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه خود را تغییر دهند (Hajiboland and Amirazad, 2010). عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. به‌دلیل اثرات مضری که

کودهای شیمیایی در محیط زیست و کیفیت غذا ایجاد می‌کنند، لذا مطالعات زیادی در مورد یافتن جایگزین برای آنها در حال انجام است. تبدیل مواد به مقیاس نانو، ویژگی های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و فعالیت های کاتالیزوری آن‌ها را تغییرمی‌دهد. علاوه بر انحلال‌پذیری بیشتر، فعالیت های شیمیایی و قابلیت نفوذ در غشای سلولی در این نانو ذرات پدیدار می گردد. از سوی دیگر اخیراً کاربرد نانو کودها به عنوان راهکاری در جهت کاهش مصرف مواد شیمیایی در سیستم های زراعی مطرح شده است (Dole and Wilkins, 1999). هنچنین فناوری نانو فرصت بسیار مناسبی را برای توسعه‌ی محصولات جدید فراهم می‌کند و باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصولات می‌گردد و میزان سمیت ناشی از کودها و آفات شیمیایی را کاهش می‌دهد. مطالعات زیادی در مورد نقش عنصر روی در رفع تنش‌های غیرزیستی وجود دارد. لذا، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و نانو ذرات روی برخصوصیات رشدی و فیزیولوژی گیاه اطلسی تحت شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از گلخانه‌های اطراف شهرستان نمین واقع در استان اردبیل انجام شد، اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشمیایی در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. در این پژوهش بذر F1 رقم پاراد گل اطلسی تهیه شده از موسسه پاکان بذر مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا بذور اطلسی در نیمه اول فروردین ماه در داخل سینی‌های حاوی کوکوپیت، پیت ماس، پرلایت کشت شدند. پس از اینکه گیاهچه‌ها به مرحله ۸-۶ برگی رسیدند، به داخل گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر منتقل شدند. بستر کاشت مورد استفاده ترکیبی از ۷۰ درصد خاک باغچه و ۳۰ درصد ماسه بود. برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Some chemical and physical properties of the soil used in the experiment

Soil texture	(%) Organic material	PH	salinity(ds/m)	F.C g/ kg
Clay-loam	1.56	7.28	2.07	214

طرح آزمایشی از نوع اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتورهای مورد آزمایش شامل تیمار آبیاری در دو سطح (۵۰ و۱۰۰درصد ظرفیت زراعی) و تیمارهای محلول‌پاشی روی به‌صورت سولفات روی و نانوذرات روی هرکدام در چهار سطح (شاهد، ۵، ۲۵ و۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در نظر گرفته شدند. باتوجه به کلاس بافت خاک، مقدار آب مورد نیاز جهت اعمال ایمار آبیاری محاسبه شد. وزن گلدان پر از خاک و در حالت اشباع و همچنین وزن مقدار آب مورد نیاز برای اشباع کردن گلدان اندازه‌گیری شدند. برای اعمال ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ۲۱۰ و برای اعمال ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ۱۰۵ میلی لیتر آب استفاده شد. اعمال تیمار آبیاری دو هفته بعد از استقرار گیاهان در گلدان اصلی شروع شد. اعمال تیمارهای محلول‌پاشی دو هفته بعد از اعمال تنش خشکی بود. محلول‌های مورد استفاده باتوجه به اندازه گیاه در حجم متناسب تهیه شده و به صورت برگی محلول‌پاشی شد. نانو ذرات روی و سولفات روی مورد استفاده جهت تهیه محلول بعد از توزین مواد در آب حل شده و مورد استفاده قرار گرفت.

شاخص‌هایی از قبیل تعدادگل، قطرگل، تعداد برگ، وزن ریشه، میزان قند، پرولین، شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای و وزن ماده خشک اندازه‌گیری شدند. برای

اندازه‌گیری قطر گل، تعداد چهار گل از هر گیاه به صورت تصادفی انتخاب شده و با استفاده از کولیس دیجیتال قطر آن‌ها در مرحله باز شدن کامل برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری و میانگین آنها به عنوان قطر گل در نظر گرفته شد. هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومترمدل SC_1 ساخت کشور آمریکا در مرحله شروع گلدهی و یکبار اندازه‌گیری شد. برای این منظور سه برگ از گیاه را انتخاب کرده و میزان هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شد (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998). برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته‌ها، بعد از اتمام گلدهی بوته‌ها از ناحیه طوقه قطع شدند و در آون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک هفته نگهداری شدند، سپس وزن آن‌ها توسط ترازو اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از هرگیاه ۶ برگ به صورت تصادفی (دوبرگ از بالا، دو برگ از وسط و دو برگ از پایین گیاه) انتخاب شده و با استفاده از دستگاه کلروفیل متر مدل CCM 200 اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد به دست آمده به عنوان شاخص کلروفیل گیاه مد نظر قرار گرفت. در مراحل اول رشد، تعداد گل با شمارش گل‌ها موجود روی گیاه ثبت می‌شد و همچنین بعد از برداشت، تعداد گل‌های نهایی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

استخراج کربوهیدارت کل از جوانترین برگ‌ها با استفاده از روش فنول سولفوریک اسید صورت گرفت. مقدار ۰/۲ گرم از جوانترین برگ‌ها پودر شده با ۲ میلی‌لیتر بافر سدیم فسفات (pH = ۷) ساییده و با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شدند. از محلول رویی ۱۰ میکرولیتر برداشته و به آن ۹۹۰ میکرو لیترآب مقطر افزوده شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول حاصل، ۰/۵ میلی‌لیتر فنول ۵٪ (محلول آبی) و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک (۹۸٪) اضافه گردید. پس از تثبیت رنگ به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه در دمای ۳۰-۲۷درجه سانتی گراد قرار گرفت و جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 در طول موج ۴۹۰ nm نانومتر اندازه‌گیری شد (Hissao, 1973).

محتوای پرولین آزاد براساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و برحسب میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک برگ گزارش شد. برای این منظور، پس از توزین برگ‌های تر و همگن‌سازی آنها در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفاسالیسیلیک ۳ درصد، نمونه‌ها سانتریفوژ شده و معرف نین هیدرین و اسید استیک خالص به محلول رویی افزوده شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها در حمام آب گرم به مدت یک ساعت، ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و محلول رویی جدا شد و در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Genway 6705 قرائت شد. از تولوئن به عنوان بلانک استفاده شد.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (V. 9.2) صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ و یک درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش آبی به‌طور معنی‌داری($p<0.01$) تمام شاخص‌های مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار داد. محلول‌پاشی با نانوذرات روی نیز روی تمام صفات مورد مطالعه (به‌جز هدایت روزنه‌ای) اثر معنی‌داری ($p<0.01$) را نشان داد. محلول‌پاشی با سولفات روی نیز روی رشد گیاه، میزان پرولین، تعداد گل و تعداد برگ اثرات معنی‌داری ($p<0.01$) از خود نشان داد. اثرمتقابل تنش آبی با نانوذرات روی در تمام صفات (به‌جز هدایت روزنه‌ای) معنی‌دار بود، درحالیکه اثر متقابل بین تنش آبی و سولفات روی و همچنین اثرمتقابل بین سولفات روی و نانوذرات روی فقط تعداد برگ و وزن خشک اندام گیاهی معنی‌دار بود. اثر متقابل بین تنش آبی، نانوذرات روی و سولفات روی نیز از لحاظ وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ

معنی‌دار بود (جدول ۲).

وزن خشک اندام هوایی: همانطور که در جدول (جدول ۳) نشان داده است، تنش آبی بیوماس گیاه را به طور معنی‌داری کاهش داد. تیمار گیاهان با غلظت‌های مختلف نانوذرات روی، رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید، به‌طوریکه همه غلظت‌های مورد استفاده به‌طور معنی‌دار وزن خشک گیاه را نسبت به شاهد افزایش دادند. در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر وزن خشک گیاه دو برابر شاهد بود. محلول‌پاشی با سولفات روی تأثیر معنی‌داری روی رشد و عملکرد بیوماس گیاه اطلسی نداشت. در شرایط تنش آبی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مورد مطالعه از لحاظ وزن خشک اندام هوایی گیاه مشاهده نشد ولی در شرایط بدون تنش بیشترین میزان وزن خشک در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های ۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر از نانوذرات روی مشاهده شد. کمترین رشد در شاهد مشاهده شد (جدول ۴ و ۵). پیشنهاد شده است که رشد کم، یک حالت سازگارکننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است. به طور کلی گیاه تحت تأثیر شاخص‌های نسبت گلوسیدها به ترکیب‌های پروتئین و نسبت C/N و ترشح هورمون فلوریژن وارد مرحله گلدهی می‌شود، که تحت تنش کمبود رطوبت، به‌دلیل کاهش محتوای نیتروژن محلول در ریزوسفر خاک، گیاه به اجبار در شرایط C/N بالا قرار گرفته و الزاماً باعث گلدهی در ارتفاع کم می‌شود، هم‌چنین طول دوره گلدهی در گیاه کوتاه می‌شود. هرچه شدت تنش خشکی بیشتر باشد، رشد اندام هدایی کاهش بیشتری پیدا می‌کند که این کاهش می‌تواند مربوط به افزایش آبسیزیک اسید در اندام هوایی باشد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمار آبیاری، نانوذرات روی و سولفات روی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه اطلسی

Table 2-Analysis of variance of the effect of irrigation treatment zinc nanoparticles and zinc-sulfate on morphological traits of petunia plant.

Treatment	DF	flower Dimeter	Flower NO.	Leaf NO.	Chlorophyll index	Stomatal conductance	Root dry weight	Sugar	Prolin	Aerial parts dry weight
Irrigation(a)	1	409 **	41.6 **	508 **	281 **	193 **	41.2 **	44.06 **	0.133 **	288 **
Error(a)	1	45.4	14.5	50.6	37.7	31.2	14.44	149.1	0.822	38.11
Zinc Nanoparticle (b)	3	218 **	58.5 **	23.81 **	51 **	0/758 ns	52 **	82.57 *	0.40 **	76.87 **
Error(b)	3	5.16	3.51	8.59	4.8	0.69	3.88	6.48	0.107	5.18
Zinc sulfate (c)	3	17 ns	4.40 *	79.1 **	17 ns	2.56 ns	5.79 *	1.88 ns	0.015 *	2.81 ns
a×b	3	3.40 **	19.5 *	116.7 **	36 **	0.785 ns	23.9 **	66.4 *	0.018 *	42.45 **
a×c	3	10 ns	6.17 ns	37.2 *	11.6 ns	3.11 ns	0/591 ns	3.37 ns	0.001 ns	9.06 **
b×c	9	12 ns	13.84 ns	34.3 **	11 ns	1.65 ns	3.56 ns	50 *	0.004 ns	4.18 **
a×b×c	9	2.94 ns	8.91 ns	16.7 **	5.7 ns	2.97 *	4.07 ns	23 ns	0.004 ns	5.02 **
Total error	96	7.06	5.62	10.1	6.9	1.19	2.10	20.8	0.56	1.24
C.V(٪)		3.51	18.36	8.2	12.5	10.57	14.9	19.3	25.26	15.65

ns, (*) and (**) non-significant and significant at p p<0.05 and p<0.01, respectively

روی از عناصری است که یا به‌عنوان یک جزء فلزی آنزیم‌های مختلف و یا به‌عنوان یک کوفاکتور ساختاری یا تنظیمی عمل می‌کند، بنابراین با متابولیسم ساکارید، فتوسنتز و سنتز پروتئین‌ها رابطه دارد (Zhang et al., 2013). گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد کاربرد عنصر روی گیاه، موجب کاهش اثرات منفی تنش و افزایش رشد گیاه شده است. Halder و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی تأثیر عنصر روی را در غلظت‌های صفر، ۱/۵، ۳، ۴/۵ کیلوگرم برهکتار، بر پیازهای گل مریم مورد بررسی قراردادند. آن‌ها عنوان کردن که غلظت ۳ کیلوگرم در هکتار

عنصر روی باعث افزایش وزن‌تر پیاز گل مریم گردید و غلظت ۴/۵ کیلوگرم در هکتار این عنصر باعث کاهش وزن‌تر پیاز گل مریم شد. در پژوهشی)، Luo و همکاران (۲۰۱۰) غلظت‌های مختلف عنصر روی (صفر، ۰/۲۵، ۱،۲،۳، میلی مولار) را بر رشد گیاه *Gatrupha curcas* در شرایط درون شیشه‌ای بررسی و گزارش کردند که با افزایش غلظت عنصر روی تا ۰/۵ میلی مولار میزان بیوماس گیاه افزایش یافت. همچنین بیشترین رشد گیاهچه نیز در سطوح ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌مولار گزارش شد.

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تأثیر تیمار آبیاری، غلظت‌های مختلف نانوذرات و سولفات روی بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه اطلسی

Table 3- Main effects of irrigation treatments and different concentration of nanoparticles and zinc-sulfate on some morphological and physiological petunia plants.

Treatment		flower Dimeter (mm)	Flower NO.	Leaf NO.	Chlorophyll index (SPAD)	Stomatal conductance (mol.m.-2 s-1)	دربوته(g) Root weight (g)	Sugar ((mg/gFW)	Prolin (µmol/gFW)	dry weight (g)
Irrigation	Stressed	73.7 b	19.8 a	36.8 b	19.5 b	9.1 b	9.1 b	29.5 a	۰/ 29 a	28.7 b
	Non stressed	77.3 a	19.5 a	40.8 a	22.5 a	11.5 a	10.3 a	17.7 b	۰/ 23 b	47.6 a
Zinc nanoparticle	0	69.3c	17.9 c	34.7 b	19.3 b	10.3 a	9.2 b	21.26 b	۰/ 21 b	25 b
	5	71.9ab	19.8 ab	40.4 a	22.2 a	10.5 a	9.9 a	23.9 a	۰/ 29 a	42a
	25	73a	21.3 a	39.8 a	21.6 a	10.4 a	9.6 a	24.75 a	۰/ 29 a	42.5 a
	50	71b	19.6 b	40.4 a	21 a	10.1 a	10.2 a	24.5 a	۰/ 25 a	41.8 a
Zinc sulfate	0	70b	19.9 a	38.8 b	21.9 a	10 b	9.2 b	23.9 a	۰/ 26 ab	36 a
	5	72a	19.7 a	40.9 a	21.3 ab	10.4 ab	9.9 ab	23.75 a	۰/ 25 b	38.6 a
	25	71.5ab	19.7 a	37.1 c	20.1 b	10.4 ab	9.6/ab	23.4 a	۰/ 29 a	39.5 a
	50	71.8a	19.2 a	38.5 cb	20.8 ab	10.7 a	10.2 a	26.3 a	۰/ 24 b	37.1 a

ns, (*) and (**) non-significant and significant at p<0.05 and p<0.01, respectively

.

محتوی پرولین برگ: تنش آبی به‌طور معنی‌دار محتوی پرولین برگ را افزایش داد. غلظت‌های مورد استفاده نانوذرات همگی میزان تجمع پرولین را افزایش ولی سولفات روی تأثیری در تجمع پرولین نداشت (جدول ۳). در شرایط کمبود آب تیمار شاهد و گیاهان تیمار شده با غلظت‌های بالای نانو ذرات روی و سولفات روی کمترین میزان پرولین را داشته و گیاهان تیمار شده با غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات بیشترین مقدار پرولین را داشتند. در شرایط بدون تنش رطوبتی نیز شاهد و گیاهانی که با نانوذرات تیمار نشده بودند، کمترین و گیاهان تیمار شده با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات بیشترین مقدار پرولین را در برگ خود داشتند (جدول ۴و ۵). تجمع پرولین یک پاسخ فیزیولوژیک بسیار رایج به دامنه وسیعی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی در گیاهان است (Good and Zaplachiniski, 1994). در پژوهشی که روی بادرنجبویه (*Melisa Officinalis*) نیز به افزایش محتوی پرولین برگ برای اجتناب از تنش کم‌آبی اشاره شده است (Abbas-Zade et al. 2007). به نظر می‌رسد با افزایش فواصل آبیاری و کاهش رطوبت خاک، پتانسیل آب سلول به پایین‌تر از حد آستانه رسیده و با افزایش آنزیم پروتئولاز، سنتز پرولین به منظور افزایش توان جذب آب افزایش یافته می‌یابد. کاهش تورژسانس عامل اولیه تجمع پرولین در تنش خشکی است. اگر چه تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت‌های سبز گیاه در شرایط تنش

می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم نماید، ولی اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و باعث کاهش عملکرد آن می‌شود (Hansch and Mendel, 2009).

میزان قند محلول: میزان قند برگ‌ها در شرایط تنش به‌طور معنی‌دار بیشتر از شرایط نرمال بود. غلظت‌های مختلف نانوذرات تأثیر مثبت و معنی‌دار داشته، ولی غلظت‌های مورد استفاده سولفات روی تأثیری روی میزان قند نداشتند (جدول ۳). بیشترین میزان قند در شرایط تنش خشکی در گیاهان تیمار شده با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات و بدون استفاده از سولفات روی حاصل شد وکمترین مقدار آن در شاهد و گیاهان تیمار شده با غلظت‌های ترکیبی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات و سولفات روی حاصل شد. در شرایط بدون تنش هر ۳ غلظت مورد استفاده نانوذرات تأثیر مثبتی روی میزان قند داشتند (جدول ۴و ۵). افزایش قندها در اثر تنش با تنظیم اسمزی و نگهداری تورژسانس و یا با پایدار کردن غشاها و پروتئین‌ها در ارتباط است. قندها به احتمال قوی جایگزین آب در پیوندهای هیدروژن یا دنباله‌های پلی‌پپتیدی و گروه‌های فسفات فسفولیپیدها می‌شوند و از گسیختگی غشایی ممانعت می‌کنند. در مجموع قندهای محلول طی تنش خشکی (به‌ویژه تنش شدید) می‌تواند به دلیل تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول و تبدیل به قندهای محلول، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی، متوقف شدن رشد و کاهش مصرف قند افزایش یابد (Khalifa et al, 2011). در تحقیقات عابدی بابا عربی و همکاران (۱۳۹۰) و بابائیان و همکاران (۱۳۸۹) نیز میزان کربوهیدرات‌ها در اثر محلول‌پاشی روی افزایش یافت.

تعداد و قطر گل: آبیاری گیاهان با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تأثیری روی تعداد گل نداشت ولی گیاهان آبیاری شده با ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌طور معنی‌داری گل‌های درشت‌تری نسبت به گیاهان تیمار شده با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی داشتند (جدول ۳). نانوذرات روی تعداد گل در بوته و قطر گل را افزایش داد ولی سولفات روی تأثیر معنی‌داری روی این صفات نداشت. از لحاظ تعداد گل در شرایط تنش تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، ولی در شرایط نرمال گیاهان تیمار شده با غلظت ترکیبی ۲۵ میلی‌گرم از هر دو ماده نانوذرات روی و سولفات روی حدود ۷ عدد گل بیشتری نسبت به شاهد داشتند. گیاهان تیمار شده با نانوذرات گل‌های درشتتری (۵-۱۰ میلی‌متر) نسبت به شاهد در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی را داشتند (جدول ۴و ۵). اثر محلول‌پاشی سولفات روی و اسید بوریک بر رشد، عملکرد و ترکیبات شیمیایی گیاهان نیز نشان داده است که محلول‌پاشی برگی سولفات روی به تنهایی در تمام سطوح به‌طور قابل توجهی پارامترهای رشد، ویژگی‌های گل و تعداد سوخک و عملکرد گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد (Khalifa et al, 2011). در گیاهان زینتی، عنصر اساسی گل است. در گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، میزان گلدهی به‌دلیل صرف قابل توجهی از انرژی گیاه جهت مقابله با تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند (Auge et al. 2003). در تحقیقی اثر محلول‌پاشی سولفات روی و اسید بوریک بر رشد، عملکرد و ترکیبات شیمیایی گل زنبق مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داد که محلول‌پاشی برگی سولفات روی به تنهایی در تمام سطوح به‌کار رفته به‌طور قابل توجهی پارامترهای رشد، ویژگی‌های گل و تعداد سوخک و عملکرد گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد (Khalifa et al, 2011).

شاخص کلروفیل: شاخص کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت. استفاده از نانوذرات روی به طور معنی‌دار میزان کلروفیل برگ را افزایش داد ولی سولفات روی تأثیری بر شاخص کلروفیل برگ نداشت (جدول ۳). در شرایط تنش نیز بین ترکیبی از نانوذرات و سولفات روی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ولی در شرایط بدون تنش گیاهان تیمار شده با ۵ و ۲۵

میلی‌گرم در لیتر نانوذرات بیشترین میزان شاخص کلروفیل را از خود نشان دادند (جدول ۴و ۵). در شرایط تنش آبی فاکتورهای لازم جهت سنتز کلروفیل کاهش و تخریب ساختمان آن افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد در شرایط تنش کم‌آبی گیاه در طی روز با بسته نگاه داشتن روزنه‌ها، سعی در حفظ محتوی آب نسبی خود دارد، در این زمان انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و در این وضعیت، الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، باعث تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشاء سلولی از طریق پراکسید شدن چربی‌ها، پروتئین‌ها و کاهش محتوی کلروفیل گیاه می‌گردد. اغلب کاهش غلظت کلروفیل در فعالیت کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی می‌باشد (Dole and Wilkins, 1999)؛ که شرایط بهره برداری بهتر از تشعشع و تولید بیشتر را فراهم کرد. پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی اثر مصرف آهن و روی بر عملکرد گیاه آنسیمون نشان دادند که بیشترین عملکرد اسانس از گیاهانی که با آهن در غلظت ۶ در هزار و عنصرروی در غلظت ۴ در هزار تیمار شده بودند بدست آمد؛ و براساس نتایج این آزمایش محلول‌پاشی روی موجب افزایش عملکرد دانه و میزان کلروفیل و عملکرد اسانس آنیسون شده است. با توجه به اینکه روی در قسمتی از آنزیم کربونیک انیدراز در تمامی بافت‌های فتوسنتزی حضور دارد و برای بیوسنتز کلروفیل مورد نیاز است (عادلی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین فعالیت هیدرولیتیکی اندامک‌های مهم سلولی مانند کلروپلاست، میتوکندری، سیتوپلاسم و فضای آپوپلاستی نیز متکی به حضور روی می‌باشد (Hellubust and Caraigie, 1978).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرمتقابل تأثیر نانوذرات روی و سولفات روی بر صفات مورد مطالعه در گیاه اطلسی در شرایط تنش خشکی

Table 4- Interactive effect of zinc nanoparticles and zinc sulfate on studied traits in petunia plant under drought stress condition.

Treatment	flower Dimeter (mm)	Flower NO.	Leaf NO.	(SPAD)	Root dry weight (g)	Sugar (mg/gFW)	Prolin (µmol/gFW)	Aerial parts dry weight (g)
N_0S_0	68.7^{b}	20.02^{a}	34.7^{b}	32.1^{a}	6.8^{e}	26.8^{bc}	0/24^{bc}	23^{a}
N_0S_5	71^{ab}	21^{a}	36.2^{ab}	35.6^{a}	8.4^{bcde}	31.3^{ab}	0/22^{c}	24^{a}
N_0S_{25}	73^{ab}	19.7 a	35.5^{ab}	34.5^{a}	8.4^{bcde}	28.1b^{c}	0/24^{bc}	31.4^{a}
N_0S_{50}	73.2^{ab}	20.2^{a}	35.5^{ab}	36.6^{a}	10.3^{ab}	30.4^{abc}	0/26^{bc}	40^{a}
N_5S_0	74.34^{a}	21.7^{a}	37.5^{ab}	38.7^{a}	8.4^{bcde}	27.8^{bc}	0/26^{bc}	22.4^{a}
N_5S_5	73.47^{ab}	17.7^{a}	35.7^{ab}	37.4^{a}	10.8^{a}	28.1^{bc}	0/35^{abc}	45.7^{a}
N_5S_{25}	76.44^{a}	19.7^{a}	36.2^{ab}	38.5^{a}	7.7d^{e}	31.8^{ab}	0/37^{ab}	26.7^{a}
N_5S_{50}	75.3^{a}	19^{a}	37.2^{ab}	36.6^{a}	8.9^{abc}	26.7^{bc}	0/26^{bc}	27.7^{a}
$N_{25}S_0$	73.7^{ab}	20.5 ^{a}	37.2^{a}	34.3^{a}	10.1^{ab}	33.8^{ab}	0/4^{a}	37^{a}
$N_{25}S_5$	75.3^{a}	19.5^{a}	38.7^{b}	36.9^{a}	8^{cde}	31.6^{ab}	0/29^{abc}	21^{a}
$N_{25}S_{25}$	74^{ab}	20.2^{a}	34.7^{ab}	38.6^{a}	9.5^{abcd}	26.8^{bc}	0/36^{ab}	25^{a}
$N_{25}S_{50}$	75.9^{a}	19.7^{a}	37^{ab}	38.5^{a}	8.6^{bcde}	29.8^{abc}	0/36^{ab}	26.5^{a}
$N_{50}S_0$	75^{a}	21^{a}	37.5^{a}	39.7^{a}	8.3^{bcde}	36.8^{a}	0/28^{abc}	21^{a}
$N_{50}S_5$	73.2^{ab}	22^{a}	38.7^{a}	37.1^{a}	9.8^{abc}	30.9^{abc}	0/28^{abc}	37^{a}
$N_{50}S_{25}$	72^{ab}	18^{a}	38^{a}	38^{a}	11^{a}	26.4^{bc}	0/35^{abc}	34^{a}
$N_{50}S_{50}$	74.5 ^{a}	16.2 ^{a}	37^{ab}	36^{a}	10.8^{abc}	23.7^{c}	0/2^{c}	23^{a}

*N and S in table represent zinc nano-particle and zinc sulfate respectively, and figures beside them represent their concentrations.

وزن خشک ریشه: آبیاری گیاهان با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌طور معنی‌داری رشد ریشه را کاهش داد (جدول ۳). استفاده از نانوذرات روی در غلظت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر و سولفات روی فقط در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر رشد ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴و ۵). در شرایط تنش بیشترین وزن خشک ریشه در گیاهان تیمار شده با ترکیبی از هر کدام از نانوذرات و سولفات روی در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. در کل هر دو ترکیب تاثیر مثبتی روی رشد ریشه در شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند. گسترش و طویل شدن سلول‌های ریشه، به میزان زیادی تحت تأثیر این هورمون اکسین است. عنصر روی برای سنتز ایندول استیک اسید و برای محافظت از آن در برابر تجزیه اکسیداتیو بوسیله‌ی گونه‌های فعال اکسیژن نیز لازم است (Jamson et al, 2009). ایندول استییک اسید هورمون گیاهی مهمی است که در مناطق مریستمی اندام‌های جوان گیاه سنتز می‌شود. با کاهش میزان روی سطح ایندول اسیداسیتیک نیز کاهش می‌یابد. این هورمون نسبت به گونه‌های فعال اکسیژن بسیار حساس است. گونه های فعال اکسیژن به بخش‌های مهم گیاه مانند کلروفیل، پروتئین‌ها، غشای بیولوژیکی صدمه می‌زنند. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز متکی به روی است و زمانی که غلظت روی کاهش می‌یابد، فعالیت این آنزیم نیز کاهش می‌یابد و با کاهش فعالیت این آنزیم سلول مستعد حمله‌ی گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. به‌صورت کلی می‌توان گفت در مواقع کمبود روی گیاه مستعد پذیرش تنش‌های محیطی مختلف می‌شود (Jamson et al, 2009).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرمتقابل اثر نانوذرات روی و سولفات روی بر صفات مورد مطالعه در گیاه اطلسی در شرایط نرمال

Table 5. Interactive effect of zinc nanoparticles and zinc sulfate on studied traits in petunia plants under normal conditions.

Treatments	flower (mm) Dimeter	Flower NO.	Leaf NO.	chlorophyll (SPAD)	Root D.W (g)	Sugar (mg/gFW))	Proline (µmol/gFW)	Dry Weight (g)
N_0S_0	69.7 d	15.7 c	32 g	35.5 de	6.8 b	11.8 b	0.16 b	22 c
N_0S_5	71.7 d	16.5 bc	34.2 efg	36.6 e	8.4 b	11.5 b	0.17 b	21.4 c
N_0S_{25}	74.6 c	16 c	33.2 fg	36.6 e	8.4 b	14.3 ab	0.24 ab	25 bc
N_0S_{50}	71.2 d	18.2 abc	36 defg	35.1 cde	10.3 b	15.6 ab	0.17 b	21.6 c
N_5S_0	80.5 a	21 ab	41 bcd	39.3 abc	8.4 a	15.7 ab	0.23 ab	49 bc
N_5S_5	79.7 ab	18.7 abc	45.7 ab	40.2 abc	10.8 a	18.4 ab	0.27 ab	54 abc
N_5S_{25}	79.9 ab	18.7 abc	44 abc	39.9 a–d	7.7 a	21.95 a	0.3 a	77.4 a
N_5S_{50}	78.2 ab	17.7 abc	45.5 abc	40.7 a	9.9 a	20.3 a	0.29 a	68.9 a
$N_{25}S_0$	79.4 ab	17.8 abc	44.5 abc	40.4 a–d	10 a	21.1 a	0.24 ab	60.8 ab
$N_{25}S_5$	79.1 ab	18.21 abc	48.5 a	40.7 a	8 a	17.9 ab	0.22 ab	67.2 a
$N_{25}S_{25}$	78.4 ab	23.2 a	35.7 defg	38.6 a–d	9.5 a	15.7 ab	0.27 ab	64 a
$N_{25}S_{50}$	77.2 b	19.5 abc	40.2 bcde	39.5 a–e	8.6 a	21 a	0.16 a	55 abc
$N_{50}S_0$	79.2 ab	12.2 c	40.2 abc	38.6 a–d	8.3 a	17 ab	0.24 ab	68.4 a
$N_{50}S_5$	78.4 ab	17.7 abc	49 a	39.8 a–d	9.8 a	19 a	0.23 ab	51.4 abc
$N_{50}S_{25}$	78.9 ab	17.5 abc	39 cdef	38.9 a–d	11 a	22 a	0.26 ab	49 abc
$N_{50}S_{50}$	79.2 ab	19.2 abc	39 cdef	38 a–d	10.8 a	19 ab	0.23 ab	62 ab

*N and S in table represent zinc nanoparticle and zinc sulfate respectively, and figures beside them represent their concentrations.

هدایت روزنه‌ای: تیمارهای مورد آزمایش (به جز غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از سولفات روی) تأثیری روی هدایت روزنه‌ای از خود نشان ندادند (جدول۳). عوامل محدودکننده فتوسنتزی به دوسته عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای CO_2 می شوند و عوامل غیر روزنه‌ای که فتوسنتز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر فرایندهای بیوشیمای فرآوری کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). کاهش هدایت روزنه‌ای می‌تواند به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش اسمزی باشد، تا از این طریق تلفات آب به حداقل برسد. تنظیم هدررفت آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها ممکن است به عنوان یک مکانیسم مقاومت به خشکی عمل کند، اما باعث افزایش دمای برگ می‌شود. اگر اجتناب از تنش فقط به واسطه بسته شدن روزنه‌ها باشد، به علت افزایش دمای برگ و توقف فتوسنتز نامطلوب خواهد بود. (حیدری و همکاران، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد نانوذرات به‌عنوان روشی اقتصادی و آسان می‌تواند خصوصیات رشدی و زینتی اطلسی را در شرایط طبیعی (بدون تنش) بهبود بخشد و باعث کاهش اثرهای مخرب تنش خشکی بر رشد و نمو گیاه شود. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، در بین تیمارهای نانوذرات روی استفاده شده، غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر قابل توصیه است.

منابع

احمدی، ع.، و بیکر، د.، ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. *مجله علوم کشاورزی ایران* شماره ۳۱، صص ۸۲۵- ۸۱۳.

امیدی، ح.، جعفرزاده چیمه، ل. و رحیم زاده م.، ۱۳۹۱. ارزیابی تنش خشکی بر عملکرد دانه ژنوتیپ های کلزا با استفاده از شاخصهای تحمل به خشکی. *پژوهش و سازندگی* ۲۵: ۵۷-۶۶.

بابائیان، م.، حیدری، م.، و قنبری، الف.، ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان . *مجله علوم زراعی ایران* ۱۲شماره، صصص ۳۹۱-۳۷۷

حیدری، ن.، پوریوسف، م.، و توکلی، الف. ۱۳۹۲. تاثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوی نسبی آب گیاه انیسون. *مجله پژوهش‌های تولیدات گیاهی*. شماره ۲۵، صص ۸۲۸-۹۳۹.

درویش زاده، ف.، نجات زاده، ف.، و ایرانبخش، ع.، ۱۳۹۴. تاثیر نانو ذرات نقره بر تحمل به شوری گیاه ریحان در مراحل جوانه زنی در آزمایشگاه .*تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی*. شماره ۲۰. صص ۴۶-۵۸.

عابدی باباعربی، س.، موحدی دهنوی، م.، یدوی، ع.، و ادهمی، الف.، ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی روی و پتاسیم بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی. *مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، شماره ۴، صص ۹۵-۷۵.

عادلی، س.، خورگامی، ع. و رفیعی، م.، ۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر خصوصیات کمی و کیفی سویا در منطقه خرم آباد. *فصل نامه دانش نوین در کشاورزی پایدار*، شماره ۳، صص ۵۷- ۵۱.

Abbas-Zade, B., Sharifi, A., Abadi, A., Lebaschi, M.H., Naderi, M. and Maghdami, F. 2007. Effect of drought stress on proline, soluble sugars, chlorophyll and relative water content of Melissa officinalis L. *Journal Research Aromatic Plants of Iran* 23: 504-513.

Auge R. M., Stodola, A. J .W., Moore, J. L., Klingeman, W. E. and Duan, X. 2003. Comparative dehydratationtolerance of foliage of several ornamental crops. *Scientia Horticulture* 98:511-516.

Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. 2012 Influence of water stress on morphophysiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. *International Journal of Plant. Production*. 7: 151- 166

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress study. *Plant and Soil*. 39: 205-207.

Baybordi A. 2005. Effect of zinc, iron, manganese and copper onwheat quality under salt stress conditions, *Journal of Water and Soil*, 140:150-170.

Dole J.M. and Wilkins, H. F .1999. Floriculture: Principles and Species. Prentice – Hall,inc. New Jersey.613P.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayash, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 29: 185–212.

Geravandi, M., Farshadfar, E. and Kahrizi, D. 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology*. 58: 69-75.

Good, A. and Zaplachiniski, S. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum*. 90: 9–14.

Hajiboland, R., Amirazad, H. 2010. Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage. *Hortscience*. Vol. 37, 2010, No. 3: 88–98.

Hajiboland. R. and Amirazad, H. 2010. Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage (*Brassica oleracea L.* var. capitata) plants. *Hortscience* 37: 88–98.

Halder, N.K., Ahmad, R., Sharifuzzaman, S.M., Bagam, K.A., Siddiky,M.A. 2007. Effect of boron and zinc fertilization on corm and cormel production Gladiolus in grey terrace soils of Bangladesh. *Journal of Sustainable Crop Productio*n, 25: 85 – 89.

Hansch, R. and Mendel, R. 2009. Physiological function of mineral micronuntrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opininon in Phant Biology*. 12: 259- 266.

Hellubust, J. A. and Caraigie, J. S.1978. Handbook of physiological methods. *Physiological and biochemical methods*. Cambridge University Press.

Hissao, T. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24: 519-570.

Khalifa, R. K. H. M ., Shaaban, S. h. A. and Rawia, A. 2011. Effect of foliar application of zinc sulfate and boric acid on growth, yield and chemical constituents of iris plants. *Journal of Appllied Science* 4: 1943 – 2429.

Luo, Z., He. X., Chen, L., Lin T., Shun, G, and Fang C. 2010. Effects of zinc on growth and antioxidant responses in *Jatropha curcas* seedlings. 2010. International Journal of Agriculture & Biology. *International Journal of Agriculture Biology*, 12: 119–124

Mokadem, H.E., and Sorur. M. 2014. *Effect of Bio and Chemical Fertilizers on Growth and Flowering of Petunia hybrida Plants*. 9(2):67-77.

Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*. 99:127–136.

Taran, N, Storozhenko, V., Svietlova, N., Batsmanova, L., Shvartau, V and Kovalenko, M. 2017. Effect of zinc and copper nanoparticles on drought resistance of wheat seedlings. *Nano Research Letters*. DOI 10.1186/s11671-017-1839-9

Zhang, C. and Huang, Z. 2013. Effects of endogenous abscisic acid, jasmonic acid, polyamines, and polyamine oxidase activity in tomato seedlings under drought stress. *Scientia Horticulture*. 159:172–177.