دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره بیست و هشت، ۱۳۹۶

اثر نانو ذرات تیتانیوم و سطوح مختلف آبیاری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و پارامترهای رشدی خرفه

حسین سرتیپ [۱]، علیرضا سیروس مهر [۲]

تاریخ دریافت: ۹٤/۰٤/۲۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹٤/۱۲/۰۹

چکیده

کمبود رطوبت خاک از مهم‌ترین عوامل بازدارنده رشد و نمو گیاه است. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر برخی از صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه خرفه در شرایط سطوح مختلف آبیاری آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم در مرحله ٦-۸ برگی در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر بودند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده داشت و باعث کاهش مقدار کلروفیل کل و افزایش مقادیر قند و پرولین شد. بیشترین مقدار کلروفیل کل به میزان ۳۲/۳٦ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار به میزان ۱۳/٤۲ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه در تیمار آبیاری ٦۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم نیز بر اکثر صفات معنی‌دار بود و باعث افزایش کلروفیل کل، وزن تر و خشک گیاه خرفه شد. بیشترین وزن تر بوته نیز با مقدار ۲۰/٦۱ گرم در تیمار محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم و کمترین وزن تر با مقدار ۱۷/۱٦ گرم در تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) به دست آمد. نتایج نشان داد که کاربرد نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم، کلروفیل a و وزن خشک گیاه خرفه را به طور معنی‌داری افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، عناصر مفید، وزن خشک و کلروفیل

سرتیپ، ح. و ع. ر. سیروس مهر. ۱۳۹٦. اثر نانو ذرات تیتانیوم و سطوح مختلف آبیاری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و پارامترهای رشدی خرفه. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ۹۰-۷۸.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، داتشکده کشاورزی ، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- استادیار گروه زراعت، داتشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران مسئول مکاتبات، پست الکترونیک:Asirousmehr@uoz.ac.ir

مقدمه

تیتانیوم (Ti) به عنوان یک عنصر سودمند باعث افزایش و تحریک رشد می‌شود و می‌تواند جذب برخی از عناصر نظیر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و روی را تحریک نماید (پایس، ۱۹۸۳). اوولاد و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تیتانیوم باعث افزایش میزان محصول لوبیا چشم‌بلبلی شده است. کاربرد تیتانیوم در محلول غذایی و یا محلول‌پاشی روی برگ‌های گیاه باعث افزایش زیست توده و رشد گونه‌های گیاهی مختلف از جمله فلفل و ذرت شده است (کارواجال و الکاراز، ۱۹۹۸). به طور کلی، تیتانیوم در غلظت بیشتر و نانو تیتانیوم به دلیل اندازه کوچک ذرات و امکان نفوذ راحت‌تر به ریشه، می‌توانند بر برخی ویژگی-های رشدی و فتوسنتزی گوجه‌فرنگی مؤثر باشند (حقیقی و دانشمند، ۱۳۹۲). نانو اکسید تیتانیوم با اسپری برگی و تغذیه از طریق ریشه باعث افزایش جذب عناصر غذایی بخصوص نیتروژن شده و به واسطه تسریع فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، سبب افزایش سنتز اسیدهای آمینه، پروتئین و فتوسنتز در گیاه اسفناج می‌گردد (صابر و همکاران، ۱۳۹۲).

فتوسنتز اثرات مستقیمی روی تولید ماده خشک و میزان عملکرد دارد، بنابراین افزایش فتوسنتز با کاربرد تیتانیوم با توجه به نقش آن در اسیملاسیون نیتروژن و فتوسنتز در شرایط تنش خشکی می‌تواند بر عملکرد تأثیرگذار باشد. جابر زاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم باعث افزایش ارتفاع، وزن سنبله و عملکرد دانه گندم در شرایط تنش خشکی شده است. تیتانیوم با افزایش محتوای آمونیوم، افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و همچنین آنزیم‌های درگیر در اسیمیلاسیون آمونیوم باعث افزایش رشد می‌گردد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

تنش کمبود آب یکی از منابع مهم تنش‌های غیر زنده است به طوری که باعث کاهش رشد، نمو و کاهش عملکرد در طول مراحل رویشی، زایشی و رسیدگی محصول می‌گردد (شومیمو و اولارجو، ۲۰۰۷). تنش خشکی می‌تواند باعث ایجاد تنش اکسیداتیو شود (چاوز و اولیویرا، ۲۰۰۴) که این فرایند می‌تواند به کاهش مقدار رنگدانه‌های کلروفیل a و b منجر شود (ایتورب اورماکس و همکاران، ۱۹۹۸) که منتج به کاهش توانایی فتوسنتز می‌شود (اورت، ۲۰۰۱). یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل‌ها، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش خشکی می‌باشد که باعث شده تا پیش سازگلوتامات، بیش‌تر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (رامک و همکاران، ۱۳۸٤). رحیمی و کافی (۱۳۸۹) گزارش کردند کاربرد سیلیسیم تأثیر مثبتی بر تحمل گیاه خرفه به شوری داشته و می‌تواند تولید قابل توجهی در شرایط تنش شوری داشته باشد. تیمار کودی نیتروژنه و همچنین اعمال تنش خشکی و برهم‌کنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری روی ارتفاع، وزن تر و خشک برگ خرفه داشتند (اینانلوفر و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج شهریاری و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که اثر متقابل تنش آبیاری و کود نیتروژن بر کلروفیل برگ و میزان فتوسنتز ذرت معنی‌دار بود و با کاهش میزان مصرف نیتروژن و تنش آبیاری این مقادیر کاهش یافت. حسنی و امید بیگی (۱۳۸۱) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر رشد و مقدار کلروفیل گیاه ریحان داشت و با کاهش مقدار آب خاک، شاخص‌هایی چون ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ‌ها، مقدار کلروفیل a، b و کل کاهش یافت. لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۱۳۸۳) گزارش کردند که تیمارهای آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی روی گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه اعمال شد و مشخص شد که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش پیدا کرد. پریرا و همکاران (۲۰۱۳) طی بررسی تأثیر استعمال سیلیکون در شرایط تنش کمبود آب در گیاه فلفل افزایش سنتز پرولین را گزارش نمودند. لی و همکاران (۲۰۰۷) اثر تنش خشکی و سیلیکون را بر روی گیاه ذرت تحت شرایط گلخانه مورد مطالعه قرار دادند، نتایج آزمایش آنان نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی، تیمار سیلیکون باعث افزایش رشد و عملکرد گردید. همچنین تنش خشکی میزان پرولین در گیاه گشنیز را افزایش داد (علی آبادی فراهانی و همکاران، ۱۳۸٦).

قندهای محلول از اسمولیت‌های سازگاری هستند که در شرایط خشکی تجمع یافته و ممکن است به عنوان عامل اسمزی عمل نمایند (اینگرام و بارتلز، ۱۹۹٦). توزیع مواد هیدروکربنی به طورمستقیم تحت تأثیر تنش‌هایی مانند کمبود آب و به طور غیرمستقیم تحت تأثیر هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند. تجمع ترکیبات آلی مانند هیدرات‌های کربن و آمینواسیدها در سیتوپلاسم نقش مهمی در تنظیم فشار اسمزی گیاهان دارند (فلاجلا و

همکاران، ۱۹۹۵). افزایش پرولین در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از تنش خشکی بر رشد گیاه باشد که پرولین از خسارت بیشتر گیاه جلوگیری می‌کند. بیتس و همکاران (۱۹۷۳) بیان نمودند که در شرایط تنش خشکی غلظت اسید آمینه پرولین افزایش و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. همچنین در شرایطی که گیاه تحت شرایط کمبود آب قرار گیرد غلظت پرولین ممکن است تا ۱۰۰ برابر شرایط طبیعی نیز افزایش یابد. در برخی از گیاهان در مراحل اولیه تنش خشکی چندین اسید آمینه افزایش می‌یابد که با ادامه تنش خشکی فقط اسید آمینه پرولین بیشتر تجمع و ذخیره می‌شود (راجیندر، ۱۹۸۷).

خرفه با نام علمی (*Portulaca oleracea* L.) یکی از گیاهان دارویی، چهار کربنه و یکساله از تیره Portulacaceae می‌باشد (چاهان و جانسون، ۲۰۰۹). این گیاه متحمل به خشکی بوده و به آسانی در خاک‌هایی که ممکن است اسیدی یا شور باشند رشد می‌کند و حتی می‌توان از آب زهکش‌های دیگر مزارع برای آبیاری گیاه استفاده کرد (خان و همکاران، ۲۰۰۶). این گیاه یک منبع عالی برای آنتی اکسیدان‌ها مانند ویتامین‌های A، C، E و بتا کاروتن می‌باشد و توانایی خنثی کردن رادیکالهای آزاد را دارا بوده و پتانسیل جلوگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی، سرطان و بیماری‌های عفونی را دارا می‌باشد (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶). ساقه‌های این گیاه غنی از اسیدهای چرب امگا سه، آلفا توکوفرول، اسکوربیک اسید و گلوتاتیون می‌باشد (صالحی و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به اینکه گیاه دارویی خرفه بومی ایران بوده پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر استفاده از نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم روی برخی از صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه خرفه در شرایط تنش خشکی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال ۱۳۹۳ در گلخانه آموزشی- تحقیقاتی پردیس جدید دانشگاه زابل در خاک شنی لومی اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش از خاک مورد استفاده یک نمونه تهیه و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید (جدول ۱). آزمایش بصورت فاکتوریل با دو فاکتور و سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف آبیاری (٦٠، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و چهار سطح محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم (۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) بود که اعمال تیمار تنش خشکی بصورت وزنی انجام شد (نظامی و همکاران، ۱۳۹۱). بذرهای مورد استفاده گیاه خرفه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. پس از توزین هر کدام از گلدانهای خالی، در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی شن درشت (جهت انجام زهکشی) ریخته شد، سپس جهت سهولت در سبز شدن بذور و تغذیه مناسب گیاه به نسبت ۲:۱ کود دامی پوسیده و خاک مورد نظر مخلوط شدند. پس از آماده‌سازی گلدان‌ها داخل هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر سالم کاشته شد (تاریخ کاشت نیمه اول اردیبهشت ماه بود). پس از سبز شدن بذرها، بوته‌ها در طی چند مرحله تنک گردید و در نهایت ٤ عدد بوته سالم در هر گلدان نگه‌داشته شد. تا مرحله ۸-٦ برگی شدن بوته‌ها گلدان‌ها بصورت مساوی آبیاری می‌شدند و از این مرحله به بعد، تیمارهای آبیاری با توزین روزانه گلدان‌ها و اضافه نمودن آب مصرفی بر اثر تبخیر و تعرق (کاهش وزن هر کدام از گلدان‌های حاوی گیاه) اعمال شد. نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم از شرکت پیشگامان نانو مواد مشهد تهیه شد و محلول‌پاشی این نانو ذرات طی ۳ مرحله بصورت هفتگی بعد از اعمال تیمار تنش خشکی بر روی شاخ و برگ گیاه خرفه انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

هدایت الکتریکی (ds/cm)	PH	کربن (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	سدیم (mg/kg)	رس (درصد)	لای (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
۱/٤٦	۷/٤	۰/٤۷	۰/۰۵	۹/۲	۱۱۵	۳۸/۷	۳۲	۲۷	٤۱	لومی شنی

اندازه‌گیری پرولین و هیدرات‌های کربن محلول

اندازه‌گیری پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) و هیدرات‌کربن محلول به روش کلس و انکل (۲۰۰٤) انجام شد.

اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a، b و کل (a+b):

به منظور اندازه‌گیری غلظت کلروفیل‌های a، b و کل در مرحله شروع گلدهی از جوانترین برگهای کامل توسعه یافته استفاده شد (لیچتنتالر، ۱۹۹٤). جهت محاسبه غلظت کلروفیل‌های a، b و کل (بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) از روابط زیر استفاده شد:

کلروفیل a =۱۲/۲۵A ٦٦۳/۲ – ۲/۷۹A ٦٤٦/۸

کلروفیل b =۲۱/۵A ٦٤٦/۸ – ۵/۱A ٦٦۳/۲

کلروفیل کل =کلروفیل a + کلروفیل b

در این روابط A ٦٦۳/۲ و A ٦٤٦/۸ به ترتیب میزان جذب در طول موجهای ٦٦۳/۲ و ٦٤٦/۸ نانومترمی‌باشد.

اندازه‌گیری طول ساقه، وزن تر و خشک

قبل از برداشت در مرحله گلدهی کامل، طول ساقه ٤ بوته بصورت تصادفی از طوقه تا انتهای بلندترین ساقه اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به عنوان طول ساقه برای هر تیمار لحاظ گردید. این کار با خط کش استاندارد انجام شد. جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک بوته از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده گردید. پس از خارج کردن ٤ بوته از خاک به صورت تصادفی، قسمت ریشه از بخش هوایی جدا شده و مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری پارامتر وزن خشک پس از قرار گرفتن نمونه‌های تر در آون به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد صورت گرفت (دماوندی و همکاران، ۱۳۸۵).

داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

هیدرات‌های کربن محلول

تأثیر سطوح آبیاری بر هیدرات‌کربن معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) بیشترین مقدار هیدرات‌کربن (٦/۲۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) مربوط به آبیاری ٦۰ درصد و کمترین مقدار هیدرات‌کربن (۲/۷٤ میکروگرم در گرم وزن تر) مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. دلیری و همکاران (۱۳۸٦) دلایل عمده افزایش قندهای محلول طی تنش خشکی در گیاه مارتیغال را به تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول، متوقف شدن رشد و سنتز قندهای محلول از مسیرهای غیر فتوسنتزی مرتبط دانستند، همچنین علت زیاد شدن هیدرات‌های کربن محلول در اثر کمبود آب این است که گیاه فشار اسمزی داخلی خود را بالا می‌برد تا بتواند از خاک مواد غذایی و آب جذب کند (فلاجلا و همکاران، ۱۹۹۵).

در مطالعات سندیا و همکاران (۲۰۱۰) که به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه ذرت بود مشاهده گردید که تنش خشکی سبب افزایش میزان قندهای محلول، اگزوپلی ساکارید، اسید آمینه داخلی سلول و پرولین نسبت به گیاه شاهد گردید. افزایش میزان کربوهیدرات و پرولین تحت تنش خشکی در مطالعات آرزمجو و همکاران (۱۳۸۸) در گیاه دارویی بابونه، عباس‌زاده (۱۳۸٦) بر گیاه دارویی بادرنجبویه، اردکانی و همکاران (۱۳۸٦) بر روی گیاه بادرنجبویه و باهرنیک (۱۳۸۸) بر روی گیاه دارویی وایول (*Parthenium argentatum*) گزارش گردیده که با مشاهدات این تحقیق در یک راستا قرار داشت. اثر تیتانیوم و اثر متقابل آن با تنش خشکی بر میزان هیدرات‌کربن محلول برگ معنی‌دار نشد (جدول ۲).

پرولین

با کاهش رطوبت خاک، محتوای پرولین برگ یک روند افزایشی معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان پرولین (۱٦/۸۵ میکرومول بر گرم وزن تر) مربوط به آبیاری ٦۰ درصد و کمترین میزان آن (۷/۳۹ میکرومول بر گرم وزن تر) مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۳). علی آبادی فراهانی و همکاران (۱۳۸٦) افزایش میزان پرولین در گیاه گشنیز تحت تنش خشکی را بدلیل نقش مشخص پرولین در تنظیم فشار اسمزی و جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی ذکر کردند که به همین علت پرولین در گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد. گزارشات متعددی مبنی بر وجود هم‌بستگی مثبت بین تجمع پرولین و سازش به تنش اسمزی در گیاهان ذکر شده است. بیتس و همکاران (۱۹۷۳) گزارش نمودند که پرولین، مؤثرترین ماده تنظیم‌کننده اسمزی در گیاهان تحت تنش شوری و خشکی است. افزایش میزان پرولین در گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی در مطالعات کودسایا و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده شد. همچنین صفی خانی و همکاران (۱۳۸۵) طی تحقیقی بر روی گیاه دارویی بادرشبوی

دریافت که در طی اعمال تیمارهای خشکی ٤٠، ٦٠ و ١٠٠ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین میزان پرولین در تیمار ٤٠ درصد ظرفیت زراعی به دست می‌آید. نتایج مشابهی توسط باشرافت و همکاران (١٣٩٤) روی گیاه همیشه بهار به دست آمد. نتایج تحقیق نشان داد که تیتانیوم بر روی مقدار پرولین معنی‌دار نبود، همچنین اثر متقابل تیتانیوم در تنش خشکی نیز معنی‌دار نشد (جدول ٢).

جدول ٢- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی خرفه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کربوهیدرات	پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	طول ساقه	وزن تر	وزن خشک
سطح آبیاری	٢	٣٨/٢٠**	٢٦٨/٣**	٦٢٣/٨**	٦٩/٢٠**	١٠٨٧**	١٤٧/١**	١٠١/٢**	١/٠٥**
تیتانیوم	٣	٠/٧١^{ns}	٤/٥٦^{ns}	٤٧/١٩**	٩/٢١^{ns}	٩٣/٦٤**	١٤/٧٥*	١٩/٧٨**	٠/٢٦**
سطح آبیاری× تیتانیوم	٦	٠/٢١^{ns}	١/٦٢^{ns}	١٩/٦٣*	٠/٣٧^{ns}	٢٢/٠٠^{ns}	٣/١٣^{ns}	٠/٣٧^{ns}	٠/٠٩*
خطا	٢٤	٠/٥٢	٣/٢٤	٦/٤٨	٦/١٠	١٠/١٤	٣/٣٩	١/٢٢	٠/٠٣
CV%	–	١٦/٤٢	١٤/٨٩	١٩/١	٢٧/٤٥	١٣/٨٦	٨/١٩	٥/٨٤	٩/٩٥

* و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ٥ درصد، ١ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول ٣- مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری بر صفات مختلف

سطح آبیاری (درصد ظرفیت زراعی)	کربوهیدرات (میکرومول بر گرم)	پرولین (میکرومول بر گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)	طول ساقه (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)
١٠٠	٢/٧٤^{c}	٧/٣٩^{c}	٢٠/٦٣^{a}	١١/٧٢^{a}	٣٢/٣٦^{a}	٢٣/٩٢^{a}	٢١/٧^{a}	٢/١١^{a}
٨٠	٤/١٥^{b}	١١/٩٩^{b}	١٣/١٤^{b}	٨/٠٧^{b}	٢١/٢١^{b}	٢١/١٢^{b}	١٩/١١^{b}	١/٦٣^{b}
٦٠	٦/٢٨^{a}	١٦/٨٥^{a}	٦/٢١^{c}	٧/٢^{b}	١٣/٤٢^{c}	١٦/٩٦^{c}	١٥/٩١^{c}	١/٥٧^{b}

– حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد بر اساس **آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥٪**.

جدول ٤- مقایسه میانگین سطوح مختلف محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر روی صفات مختلف

تیتانیوم (میلی‌گرم بر لیتر)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)	طول ساقه (سانتیمتر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)
٠	١٠/٧٣^{b}	١٨/٦٨^{b}	١٨/٩١^{b}	١٧/١٦^{d}	١/٥٦^{c}
١	١٢/٠٩^{b}	٢٠/٥٨^{b}	٢٠/٧٧^{a}	١٨/٣٦^{c}	١/٧٢^{bc}
٢	١٥/٣٩^{a}	٢٤/٦٧^{a}	٢١/٠٣^{a}	١٩/٥١^{b}	١/٨٦^{ab}
٣	١٥/١١^{a}	٢٥/٣٩^{a}	٢١/٩٦^{a}	٢٠/٦١^{a}	١/٩٥^{a}

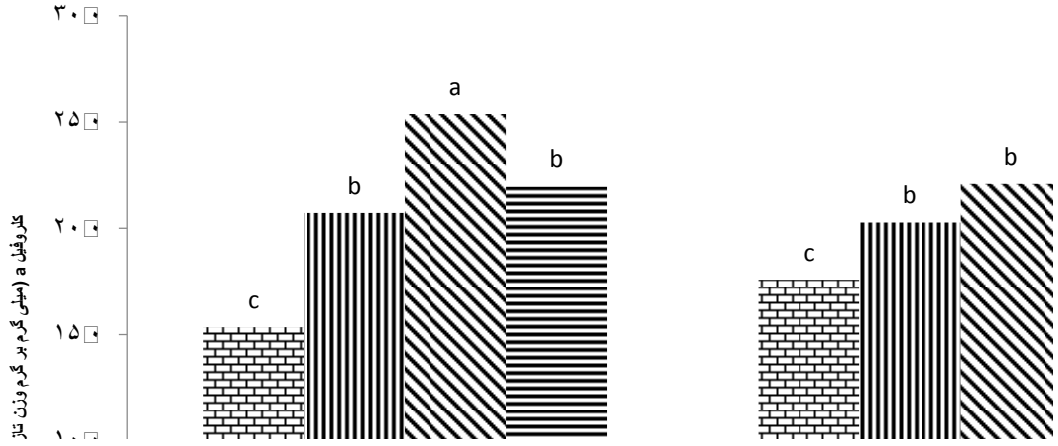
– حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد بر اساس **آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥٪**.

کلروفیل a، b و کل

اثر متقابل سطوح آبیاری در محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر روی کلروفیل a در سطح احتمال ٥ درصد معنی‌دار بود (جدول ٢) و بیشترین مقدار کلروفیل a (٢٥/٣٨ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) مربوط به آبیاری ١٠٠ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ٢ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات و کمترین مقدار آن (١٤/٩ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) از آبیاری ٦٠ درصد ظرفیت زراعی و عدم محلول‌پاشی این نانو ذرات به دست آمد (شکل ١). تأثیر سطوح آبیاری روی میزان کلروفیل b و کل در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار شد (جدول ٢) و باعث کاهش این رنگیزه‌ها شد (جدول ٣). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b (١١/٧٢ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) مربوط به تیمار

آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار (۷/۲۰ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) مربوط به آبیاری ٦۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل (۳۲/۳٦ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار (۱۳/٤۲ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) مربوط به آبیاری ٦۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد (جدول ۳). تنش کم‌آبی باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. در اثر خشکی تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل a و b کاهش یافته و نسبت کلروفیل a به b نیز تغییر می‌کند (میسرا و سریساتوا، ۲۰۰۰). رامک و همکاران (۱۳۸٤) کاهش بیوسنتز کلروفیل در دو گونه اسپرس در شرایط تنش خشکی را رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) بیان کردند که باعث شده تا پیش سازگلوتامات، بیش‌تر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود. همچنین یکی از دلایل این کاهش، افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیلاز است که تحت شرایط تنش خشکی بیان این آنزیم القاء می‌شود (رانجان و همکاران، ۲۰۰۱). کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش آبی که در این تحقیق مشاهده شد توسط زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در ژنوتیپ های نخود در محیط آبکشت گزارش شده است. یکی از فرایندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه فتوسنتز است که شدت آن در کم‌آبی کاهش می‌یابد (قوسنوا و همکاران، ۲۰۰٦). کاهش و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی در مطالعات دیگر مانند خلیل و همکاران (۲۰۱۰) در گیاه ریحان و مانیوانان (۲۰۰۸) در گیاه آفتاب‌گردان گزارش گردیده است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر میزان کلروفیل a و کل معنی‌دار بود و باعث افزایش آن شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل (۲۵/۳۹ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) از محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم و کمترین مقدار (۱۸/٦۸ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) از تیمار عدم محلول‌پاشی با این نانو ذرات به دست آمد (جدول ٤) که با نتایج مرتضی و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه ذرت مطابقت دارد که این محققین دلیل افزایش این رنگیزه‌ها را نسبت به تیمار شاهد تثبیت غشای کلروپلاست و محافظت کلروپلاست از پیری در زمان گلدهی گیاه ذرت توسط نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم عنوان کردند. در واقع این نانو ذرات می‌توانند ساختار کلروفیل و دریافت نور خورشید توسط این رنگیزه‌ها را بهبود بخشند. یانگ و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند از آنجایی که نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم سبب افزایش جذب و متابولیسم نیتروژن می‌شود، بنابراین میزان سنتز کلروفیل در گیاه اسفناج افزایش می‌یابد.



شکل ۱- اثر متقابل سطوح آبیاری و تیتانیوم بر میانگین کلروفیل a در گیاه خرفه

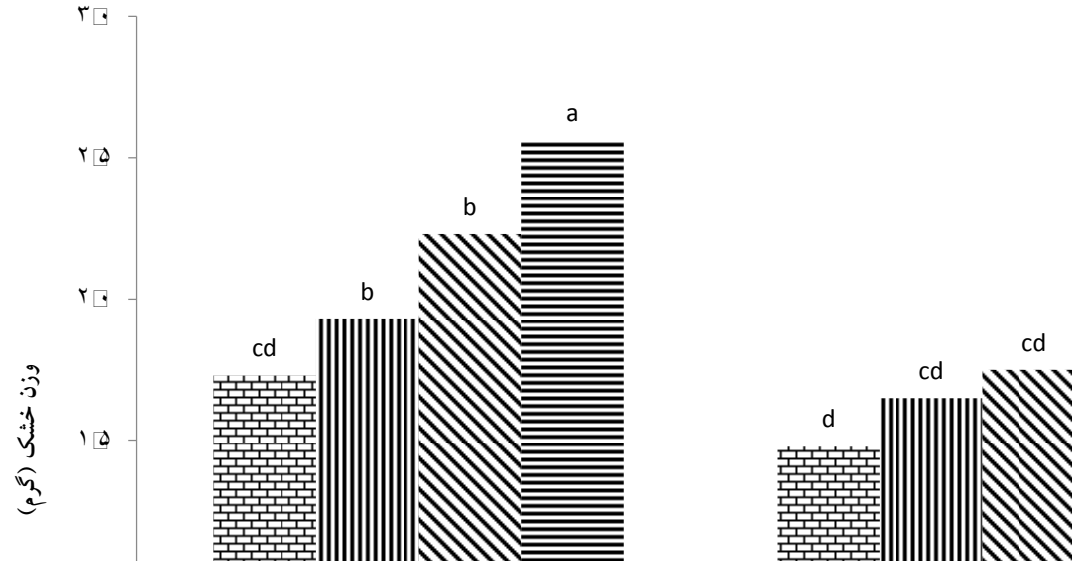
طول ساقه، وزن تر و خشک گیاه خرفه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر طول ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که بین سطوح آبیاری نیز تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین (۲۳/۹۲ سانتی‌متر) و کمترین (۱٦/۹٦ سانتی‌متر) میزان طول ساقه به ترتیب

مربوط به سطوح اول (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و سوم آبیاری (٦۰ درصد ظرفیت زراعی) بود (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج پورموسوی و همکاران (۱۳۸٦) که گزارش کردند با کاهش آب مصرفی ارتفاع بوته‌های سویا کاهش یافت مطابقت دارد. کاهش طول ساقه گیاه در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش تقسیم و گسترش سلولی می‌باشد (اهورانی، ۱۹۷۹). در اثر کمبود آب حجم سلول، تقسیم سلولی، دیواره‌سازی سلول، اندازهٔ کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه به عنوان ملاک‌های کلی رشد اغلب کاهش می‌یابند. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعهٔ سلول به خصوص در ساقه و برگ‌ها است. رشد سلول حساس‌ترین فرآیندی است که بوسیله تنش کم‌آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اثر نانو ذرات تیتانیوم در سطح احتمال ۵ درصد بر روی طول ساقه معنی‌دار شد (جدول ۲) و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول ساقه (۲۱/۹٦ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین طول ساقه (۱۸/۹۱ سانتی‌متر) در عدم محلول‌پاشی این نانو ذرات به دست آمد (جدول ٤). معاونی و همکاران (۲۰۱۱) نیز بیان کردند که ارتفاع بوته گندم در پاسخ به تیمارهای مختلف نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم افزایش یافت. جابر زاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند بیشترین ارتفاع گندم در شرایط تنش خشکی در تیمار با اکسید تیتانیوم به دست آمد. سطوح مختلف آبیاری باعث کاهش معنی‌داری وزن تر بوته در سطح احتمال ۱ درصد شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین سطوح آبیاری نیز تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین (۲۱/۷ گرم) و کمترین (۱۵/۹۱) وزن تر بوته مربوط به سطوح اول و سوم آبیاری بود (جدول ۳). رحیمی و کافی (۱۳۸۹) گزارش کردند با افزایش شوری در وزن تر و خشک گیاه خرفه کاهش معنی‌داری صورت گرفت. در واقع شوری با تأثیر بر روی کاهش فتوسنتز و عناصر سبب کاهش رشد و تولید مواد آلی شده است. پیشنهاد شده است که رشد کم، یک حالت سازگارکننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به سمت مولکول‌های نگهداری کننده در برابر تنش هدایت می‌کند (خالد، ۲۰۰٦). لباسچی و شریفی عاشور آبادی (۱۳۸۳) ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی بر گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد مطالعه کاهش یافت.

نتایج نشان داد که نانو ذرات تیتانیوم اثر معنی‌داری بر وزن تر گیاه خرفه در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر (۲۰/٦۱ گرم در بوته) در محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین وزن تر (۱۷/۱٦ گرم در بوته) در عدم محلول‌پاشی این نانو ذرات به دست آمد (جدول ٤). نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم اثر افزایشی بر سرعت فتوسنتز دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۰٦) و باعث افزایش رشد می‌شود. لذا در این آزمایش، اعمال تیمار تیتانیوم بصورت محلول‌پاشی روی شاخ و برگ باعث تحریک رشد قسمت هوایی گیاه خرفه شد. اوولاد و همکاران (۲۰۰۸) دلیل افزایش میزان محصول لوبیا چشم‌بلبلی توسط تیتانیوم را نقش این عنصر در فعالیت نوری فتوسنتز دانستند. نتایج بررسی نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی در تیتانیوم بر روی وزن خشک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و بیشترین مقدار آن (۲/۵٦ گرم در بوته) مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۳ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات و کمترین مقدار وزن خشک (۱/٤٦ گرم در بوته) از آبیاری ٦۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم محلول‌پاشی این نانو ذرات به دست آمد (شکل ۲). علت کاهش وزن خشک شاخ و برگ را می‌توان کاهش در مقدار کلروفیل برگ در اثر تنش وارد شده به گیاه دانست که با کاهش سنتز مواد لازم برای رشد گیاه همراه است (خالد، ۲۰۰٦). بیشترین ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه خرفه از بر همکنش آبیاری مطلوب (۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) و تیمار کود زیستی و شیمیایی نیتروژنه به دست آمد. کمترین ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه خرفه نیز از برهمکنش تنش شدید آبی (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) و تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود) به دست آمد (اینانلوفر و همکاران، ۱۳۹۲). نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم سبب افزایش جذب و متابولیسم نیتروژن و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز می‌گردد، بنابراین محتوای آمونیوم نیز در گیاه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر این نانو ذرات میزان اسیمیلاسیون آمونیوم و همچنین آنزیم‌های درگیر در آن را افزایش داده و باعث می‌شود آمونیوم سریعاً به نیتروژن آلی مانند پروتئین، اسیدهای آمینه و کلروفیل تبدیل گردد (یانگ و همکاران، ۲۰۰٦)، از طرفی فراهمی آب برای گیاه در این شرایط می‌تواند در سنتز مولکول‌های ذکر شده مؤثر واقع شده و دلیل افزایش بیوماس و وزن خشک گیاه باشد. صابر و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند نانو اکسید تیتانیوم به واسطه تسریع فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، سبب افزایش سنتز اسیدهای آمینه، پروتئین،

کلروفیل و افزایش فتوسنتز می‌گردد. بدین ترتیب رشد اسفناج و وزن خشک و تر آن نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۲- اثر متقابل سطوح آبیاری و تیتانیوم بر میانگین وزن خشک گیاه خرفه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که گیاه خرفه به هنگام مواجه با کمبود آب، مکانیزم تنظیم اسمزی را با افزایش تجمع پرولین و قندهای محلول به کار گرفته و از این طریق شرایط کمبود آب را تحمل می‌کند و کاربرد تیتانیوم بصورت نانو ذرات می‌تواند به عنوان یک عنصر مفید در تحریک فتوسنتز و افزایش رشد در گیاه خرفه مؤثر واقع شود. با توجه به این که واکنش گیاهان به عناصر غذایی در شرایط مزرعه و گلخانه متفاوت می‌باشد بنابراین لازم است در مزرعه نیز گیاهان تحت تیمار تیتانیوم قرار گیرند و بهینه‌سازی در میزان مصرف غلظت این عنصر در گیاهان صورت گیرد.

منابع

اردکانی، م.، ب. عباس زاده، ا. شریفی عاشورآبادی، م. لباسچی و ف. پاک نژاد. ۱۳۸٦. بررسی کمبود آب بر کمیت وکیفیت گیاه بادرنجبویه. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۳، شماره ۲:۲٦۱-۲۵۱.

آرزمجو، آ.، م. حیدری و ا. قنبری. ۱۳۸۸. بررسی تنش خشکی وسه نوع کود بر عملکرد گل، پارامترهای فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در گیاه دارورویی بابونه (*Matricaria chamomilla L.*). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۵، شماره ٤: ٤۹٤-٤۲۸.

اینانلوفر، م.، ح. امیدی و ع. پازکی. ۱۳۹۲. تغییرات مورفولوژیکی، زراعی و محتوی روغن گیاه خرفه (*Portulaca oleracea L.*) تحت تأثیر خشکی، کود زیستی و شیمیایی نیتروژن. فصلنامه گیاهان دارویی. سال دوازدهم، شماره ٤: ۱۸٤- ۱۷۰.

باهرنیک، ز.، م. تیموری و م. میرزا. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر ترکیب و خواص شیمیایی و خواص ضد باکتری اسانس گیاه وایول (*Parthenium argentatum L.*).فصلنامهٔعلمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران،جلد ۲۵، شماره ۲: ۲۰۲- ۱۹۳.

باشرافت، ا.، ب. فاخری و ن. مهدی نژاد. ۱۳۹٤. اثرات تنش خشکی، فسفات بارور ۲ و جاسمونیک اسید بر بیان ژن کارتنوئیدایزومراز ((Crt در گیاه همیشه بهار ((*Calendula officinalis L*. پایان نامه کارشناسی ارشد تولیدات گیاهی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه زابل. ۱٤۳ صفحه.

پورموسوی، س.، م. گلوی، ج. دانشیان، ا. قنبری و ن. بصیرانی. ۱۳۸٦. بررسی تأثیر تنش خشکی و کود دامی بر محتوای رطوبت، میزان پایداری غشاء سلول و محتوای کلروفیل برگ سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ١٤، شماره ٤: ٩-١.

جابرزاده، ا.، پ. معاونی، ح. ر. توحیدی مقدم و ا. مرادی. ۱۳۸۹. بررسی اثر محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر روب برخی خصوصیات زراعی در گندم تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۲، شماره ٤: ۳۰۱-۲۹۵.

حسنی، ع. و ر. امید بیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۲، شماره ۳ : ۵۹-٤۷.

حقیقی، م. و ب. دانشمند.۱۳۹۲. مقایسه اثر تیتانیوم و نانو تیتانیوم بر رشد و تغییرات فتوسنتزی گوجه‌فرنگی در سیستم هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. جلد ۱۳، شماره ٤ : ۷۹-۷۳.

دلیری، ر.، م. شکرپور، ع. اصغری، ع. اسفندیاری و ر. سید شریفی. ۱۳۸۹. ارزیابی اکوتیپ‌های مارتیغال از نظر مقاومت به خشکی در محیط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای.جلد ۱، شماره ۱: ۱۹ -۱۷.

دماوندی، ع.، ن. لطیفی، ع. ر. دشتبان. ۱۳۸۵. ارزیابی آزمایشهای قدرت بذر و کارآیی زراعی آن در سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ١٤، شماره ٥ : ٣٤-٢٣.

رامک، م.، ر. خاوری نژاد، ح. حیدری شریف آباد، م. رفیعی و ک. خادمی. ۱۳۸٤. تأثیر تنش آب بر میزان ماده خشک و رنگیزه های فتوسنتزی در دو گونه اسپرس. فصلنامه پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران جلد ١٤. شماره ۹۱: ۸-۲.

رحیمی، ز. و م. کافی. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیم در تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم برگ و ریشه خرفه (*Portulaca oleracea L.*). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ٢٤، شماره ۲: ٣٧٤- ٣٦٧.

زارع مهرجردی، م.، ع. باقری، ا. بهرامی، ج. نباتی، و ع. معصومی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی، ترکیبات فنلی و ظرفیت مهار رادیکالهای فعال ژنوتیپ‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum* L.) در محیط آبکشت. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. جلد ۱۲، شماره ۳: ۷٦- ۵۹.

شهریاری، ع.، آ. بوته، آ. عبدالرحیم، و گ. صالح. ۱۳۹۳. بررسی پاسخ های فیزیولوژیکی ذرت شیرین در مراحل مختلف رشد نسبت به تنش آبیاری و میزان نیتروژن مصرفی. مجله اکوفیزیولوژی ارسنجان. جلد ٦، شماره ۱۹: ۱۷- ۱.

صابر، س.، ز. قسیمی حق و ش. مصطفوی. ۱۳۹۲. تأثیر مکانیسم نانو اکسید تیتانیوم بر فرایندهای فیزیولوژی گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea*). دومین همایش ملی و توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. ١٦-١.

صفی خانی، ف.، ح. شریف آباد، ع. سیادت، ا. شریفی یاشورآبادی، م. سید نژاد و ب. عباس زاده . ۱۳۸٦. تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavicaL.*). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۳، شماره ۱:۹۹-۸٦.

عباس زاده، ب.، ا. شریفی عاشورآبادی، م. ح. لباسچی، م. نادری و ف. مقدمی. ۱۳۸٦. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis L.*).فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۳، شماره ٤:٥١٣-٥٠٤.

علی آبادی فراهانی، ح.، م. ح. لباسچی، ا. ح. شیرانی راد، س. ع. ولد آبادی، آ. حمیدی و ع. علیزاده سهزابی. ۱۳۸٦. تأثیر قارچ Glomus hoi، سطوح مختلف فسفر و تنش خشکی بر تعدادی از صفات فیزیولوژیکی گشنیز (*Coriandrum sativum L.*). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۳، شماره ۳: ٤١٥- ٤٠٥.

لباسچی، م. و ا. شریفی عاشورآبادی. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی از گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۰، شماره ۳: ۲٤۱-۲٦۹.

نظامی، س.، ح. نعمتی، ح. آرویی و ع. باقری. ۱۳۹۱. واکنش سه گونه جنس نعناع به تنش کم‌آبی تحت شرایط کنترل شده. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲٦، شماره ٤ : ۱۰٦۱- ۱۰۵۳.

Aharoni, N. J., D. Anderson and M. Lieberman. 1979. Production and action of ethylene in senescing leaf discs. J. Plant Physiol. 1979- 64: 805-809.

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

Carvajal, M. and C. F. Alcaraz. 1998. Why titanium is a beneficial element for plants. J. Plant Nutr. 21(4): 655-664.

Chauhan, B. S and D. E. Johnson. 2009. Seed germination ecology of *Portulaca oleracea L*. an important weed of rice and upland crops. J. An. Appl. Biol. 155: 61-69.

Chaves, M. M. and M. M. Oliveira. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. J. Exp. Bot. 55: 2365-2384.

Flagella, Z., D. Pastore, R. G. Campanile and N. D Fonzo. 1995. The quantum yield or photosynthetic Application to precision agriculture and crop physiology. J. of Speci. Public. 170: 224-233.

Gusegnova, I. M., S.Y. Suleymanov and J. A. Aliyev. 2006. Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of Wheat genotypes differently tolerant to water stress. Biochem. 71(2): 173-177.

Ingram, J. and D. Bartels.1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annu. Rev. of Plant Physiol. and Mol. Biol. 47: 337-403.

Iturbe Ormaetxe, I., P. R. Escuredo, C. Arrese- Igor and M. Becana. 1998. Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. Plant Physiol. 116: 173-181.

Keles, Y. and I. Oncel. 2004. Growth and solute composition on two wheat species experiencing. Crop Sci. 40: 470 - 475.

Khalil, S. E., G. Nahed, A. Azizi and L. A. H. Bedour. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. The J. American Sci. 12: 33-43.

Khan, M., A. M. Zaheer Ahmed and A. Hameed. 2006. Effect of sea salt and L- ascorbic acid on the seed germination of halophytes. J. Arid. Environ. 67: 535-540.

Li, Q. F., C. C. Ma and Q. L. Shang. 2007. Effects of silicon on photosynthesis and antioxidative enzymes of maize under drought stress. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 18: 531-536.

Liang, Y. C., Q. R. Shen., Z. G. Shen and T. S. Ma. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barely cultivars. J. Plant Nutr. 19: 173-183.

Lichtenthaler, H. K. 1994. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic. Biol. Membrance. Methods in enzymology. 148: 350 – 382.

Manivannan, P., C. A. Jaleel, C. X. Zhao, R. Somasundaram, M. M. Azooz and R. Panneerselvam. 2008. Variations in growth and pigment compositon of sunflower varieties under early season drought stress. J.Global. Mole. Scie. 3(2): 50-56.

Misra, A. and N. K. Sricastatva. 2000. Influence of water stress on Japanese mint. J. of Her, Spic and Medi. Plan. 7:51-58

Moaveni, P., H. Aliabadi Farahani and K. Maroufi. 2011. Effect of Tio2 nanoparticles spraying on wheat (*Triticum aestivum L.*) under field condition. Advances in environ. Biol. 5(8): 2208-2210.

Morteza, E., M. Moaveni, H. Aliabadi Farahani and M. Kiyani. 2013. Study of photosynthetic pigments changes of maize (*Zea mays L.*) under nano Tio2 spraying at various growth stages. Springer Plus. 2:247. 1-5.

Ort, D. R. 2001. When there is too much light. Plant Physiol. 125: 29-32.

Owolade, O. F., D. O. Ogunleti and M. O. Adenekan. 2008. Titanium dioxide affects diseases, development and yield of edible cowpea. J. Environ. Agric. Food Chem. 7(5): 2942-2947

Pais, I. 1983. The biological importance of titanium. J. Plant Nutr. 6(1): 3-131.

Pereira, T. S., A. K. S. Lobato, D. K. Y. Tan, D. V. Costa, E. B. Uchoa, R. N. Ferreira, E. S. Pereira, F. W. Avila, D. J. Marques and E. M. S. Guedes. 2013. Positive interference of silicon on water relations nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper (*Capsicum annuum*) cultivars under water deficit. J. Aus Crop Scie; paper press.

Qudsaia, B., Y. Noshinil, B. Asghari, Z. Nadia, A. Abida and H. Fayazul. 2013. Effect of Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays L.*) under drought stress. J. Pakistan Boty. 45:13–20.

Rajinder, S. D. 1987. Glutathione status and protein synthesis during drought and subsequent dehydration in Torula rulis. Plant Physi. 83: 816- 819.

Ranjan, R., S. P. Bohra and A. M. Jeet. 2001. Book of plant senescence. Jodhpur, Agrobios New York, Pp. 18-42.

Salehi, M., F. Salehi, K. Poustini and H. Heidari-Sharifabad. 2008. The effect of salinity on the nitrogen fixation in 4 cultivars of *Medicago sativa* L. in the seedling emergence stage. Agric. Biol. Sci, 4: 413-415.

Sandhya, V., Z. A. Shaik, G. Minakshi, R. Gopal, and B. Venkateswarlu. 2010. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus spp*: effect on growth, osmolytes and antioxidant status of maize under drought stress. J. Plant Inter. 6 (1) : 1-14.

Showemimo, F. A and J. D. Olarewaju. 2007. Drought tolerance indices in sweet pepper (*Capsicum annuum L.*). J. Inter. Plant Bree and Gene; 1: 29-33.

Yang, F., F. S. Hong, W. J. You. 2006. Influences of nano-anatase TiO2 on the nitrogen metabolism of growing spinach. Biol Trace Element Res. 110:179–190.

Effect of titanium nano particles and different irrigation levels on photosynthetic pigments, proline, soluble carbohydrates and growth parameters of Purslane

H. Sartip [1] , A. R. sirousmehr[2]

Received: 2015-16-07 Accepted: 2016-02-28

Abstract

Soil moisture deficiency is the most important factors of plant growth and development inhibiting. To evaluate the effect of foliar application of titanium dioxide nano particles on Purslane some physiological and morphological traits under different irrigation levels was done a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. Experimental factors were including of three levels irrigation 60, 80 and 100 percent of field capacity and sprayed titanium dioxide nano particles in the 6-8 leaf stage at four levels 0, 1, 2 and 3 mg. l^{-1}, respectively. The result showed that irrigation levels was significant in all traits in 1 percent level and it cause to reduce the total chlorophyll content and increase the amount of soluble carbohydrates and proline. The maximum amount of total chlorophyll content 32.36 mg. g^{-1} of fresh leaf was obtained in treatment of 100 percent of field capacity and lowest amount it 13.42 mg. g^{-1} of fresh leaf was obtained in treatment of 60 percent of field capacity, respectively. Sprayed of titanium dioxide nano particles was also significant on the most traits and increases the total chlorophyll and fresh and dry weight of Purslane. The maximum amount of the fresh weight of shrub 21.61 g in the 3 mg. l^{-1} sprayed of titanium dioxide nano particles treatment and the minimum fresh weight 17.16 g was obtained control treatment (spraying with distilled water). The results showed the use of nanoparticles of titanium dioxide, increased significantly chlorophyll (a) and dry weight the purslane.

Keywords: drought stress, dry weight, beneficial elements and chlorophyll

1- Graduated Student of Medicinal Plants, Agriculture Faculty, Zabol University, Zabol, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Agriculture Faculty, Zabol University, Zabol, Iran