Archive of SID.ir

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 3, Autumn 2021 (701-710)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.286694.1694

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۰ (ص ۷۱۰-۷۰۱)

اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی تیتانیوم به دو فرم نانو و غیر نانو بر خصوصیات رشدی و عملکردی گل محمدی (*Rosa* × *damascena* Mill.)

یحیی سلاح‌ورزی[1*] و مریم کمالی[2]
۱ و ۲. استادیار و دانش آموخته دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۵)

چکیده

خشکی از عوامل مهم محدودکننده تولیدات باغی است و این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت بیشتری برخوردار است. با توجه به اهمیت نانوتکنولوژی در بهبود روش‌های موجود در گیاهان باغی این آزمایش روی گل محمدی (*Rosa× damascena Mill*) به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و درسه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو رژیم آبیاری (هر سه روز (شاهد)، و شش روز) و پنج سطح تیتانیوم (۰ (شاهد، عدم استفاده از تیتانیوم)، ۱۵ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم، ۳۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم، ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم، ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم) بود. نتایج نشان اگرچه افزایش دور آبیاری منجر به کاهش سطح برگ و قطر گل شد، تیتانیوم در تمام سطوح استفاده شده روی صفات وابسته به درشتی گل مثل قطر گل، قطر دمگل و طول دمگل اثر داشت. به طوریکه تعداد گل با کاربرد ۱۵ و ۳۰ پی‌پی‌ام دی اکسید تیتانیوم ٤۰/۸ و ٥٤/۹ درصد و با کاربرد ۱۵ و ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم ۸٤ و ٦۹ درصد افزایش یافت. در تیمار ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم و دور آبیاری ۳ روز یکبار مقدار پرولین ۰/۲۰ میکرومول بر گرم و در همین تیمار تیتانیوم و دور آبیاری ٦ روز یکبار برابر ۰/۵۰ میکرومول بر گرم بود. به طور کلی کاربرد دی‌اکسیدتیتانیوم و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم منجر به بهبود صفات رشدی و قطر گل شد. همچنین در بین سطوح استفاده شده غلظت ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم تأثیر بیشتری بر قطر گل، تعداد گل، محتوای آب نسبی و شاخص سبزینگی برگ داشت.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تعداد گل، خشکی، محتوای نسبی رطوبت.

Effect of irrigation cycle and foliar application of titanium in both forms of nanosized and bulk on growth traits and yield of *Rosa* × *damascena Mill.*

Yahya Selahvarzi[1*] and Maryam Kamali[2]
1, 2. Assistant Professor and Ph.D. Graduated, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Aug. 15, 2019- Accepted: Nov. 16, 2019)

ABSTRACT

Drought is one of the major factors limiting horticultural products and this is more important in arid and semi-arid regions. Due to the importance of nanotechnology in improving the methods available in horticulture, this experiment was performed on Rosa × damascena Mill as factorial experiment based on the completely randomized design with three replications at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in the growing season of 2018. The treatments consisted of 2 irrigation regimes (3 days and 6 days) and 5 levels of titanium (0 (control), 15 and 30 ppm titanium dioxide, 15 and 30 ppm nano-titanium dioxide). The results showed that with increasing the irrigation interval, decreased leaf area and flower diameter. Titanium was affected on flower diameter, peduncle diameter and length of peduncle at all levels. Number of flowers increased by 15 and 30 ppm titanium dioxide 40.8 and 54.9%, respectively, and with 15 and 30 ppm nano-titanium dioxide 84 and 69%. In treatment of 30 ppm nano-titanium dioxide and irrigation interval 3 days, the amount of proline was 0.20 and in the same treatment of titanium and irrigation interval 6 days, was equal to 0.50 µmol/g. In general, the use of titanium dioxide and nano titanium dioxide resulted in improved growth traits and flower diameter. Also, among the used levels, 15 ppm nano-titanium dioxide had a greater effect on flower diameter, flower number, relative water content, and spade.

Keywords: Drought, number of flowers, proline, relative water content, spad.

* Corresponding author E-mail: selahvarzi@um.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

گل‌محمدی با نام علمی *Rosa damascena* Mill از تیره *Rosaceae* و متعلق به جنس Rosa است. گل محمدی دارای تنوع ژنتیکی بالایی در ایران بوده و از جنبه‌های زینتی، دارویی و صادراتی دارای اهمیت می‌باشد (Mozaffarian, 2005). ایران یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده گل‌محمدی به شمار می‌آید. گل‌محمدی در اغلب نقاط ایران دیده می‌شود، ولیکن به‌منظور تهیه گلاب در وسعت زیاد از باغ‌های کاشان، کرمان، فارس و تبریز کشت می‌شود (Ghahraman, 1996).

تنش‌های گوناگون محیطی از مهم‌ترین علل ایجاد مشکلات متعدد در تولیدات کشاورزی می‌باشند و تنش خشکی یکی از این تنش‌ها است (Noori *et al.*, 2012). تحقیقات بر روی کشت گیاهان دارویی در شرایط دارای تنش نظیر خشکی بسیار محدود است. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از کشور ایران را مناطق با محدودیت منابع آبی تشکیل می‌دهد اهمیت تحقیق در این زمینه بیشتر احساس می‌شود (Khorasani nejad *et al.*, 2015). گزارش شده است در گیاه دارویی گل محمدی تنش خشکی سبب کاهش شادابی، تعداد برگچه و مساحت برگ می‌شود (Tabaei Aghdaei & Babae, 2001). در آویشن تحت تنش خشکی و آبیاری در دوره ۱۰ روزه، ارتفاع، وزن خشک و تر گیاه در مقایسه با دوره ی کمتر آبیاری کاهش داشت (Aziz *et al.*, 2008). با افزایش سطح خشکی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد و طول شاخه جانبی، عملکرد پیکره رویشی و عملکرد اسانس گیاه دارویی بادرشبو کاهش یافت (Hassani, 2006). با عنایت به وسعت اراضی تحت تنش خشکی در ایران و با در نظر گرفتن روند رو به رشد جمعیت جهان همراه با کاهش و تخریب منابع آب‌وخاک، تحقیق در خصوص افزایش مقاومت گیاهان به شرایط نامساعد محیطی دارای اهمیت است.

از طرفی ورود علم نانوتکنولوژی به عرصه کشاورزی در سطح جهان، پدیده‌ای نوظهور است. علم نانو منجر به توسعه و بهبود کاربردهای ارزان نانوتکنولوژی برای پیشبرد رشد گیاهان شده است. از نانو ذرات و نانو کپسول‌ها می‌توان به‌عنوان ابزاری مفید برای توزیع آفتکش‌ها و کودها در شکل کنترل‌شده با مکان هدف مشخص به‌منظور کاهش خسارت‌های زیست‌محیطی استفاده کرد (Nair *et al.*, 2010). تیتانیوم دهمین عنصر معمول در پوسته زمین است. اما جذب آن از محیط توسط گیاهان به‌سختی صورت می‌گیرد. زیرا تیتانیوم در اسیدیته بین ۸-۴ یعنی محدوده‌ای که در آن گیاهان به‌خوبی رشد می‌کنند محلول نیست (Cravajal *et al.*, 1994). اصلی‌ترین منابع تیتانیوم در محیط سنگ‌های لمینت (Ilmenite) یا روتایل (Rutile) (دی‌اکسید تیتانیوم) هستند. Tesuge & Konishi (1996) اظهار داشتند که تیتانیوم ممکن است در شکل اکسید تیتانیوم در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گره‌های لگوم‌ها مشارکت داشته باشد. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که افزودن تیتانات پتاسیم به محلول غذایی، رشد یونجه را بهبود بخشید. در آزمایشی با محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد نیتروژن نشان داده شد که در تیمار شاهد تمام برگ‌های پیر اسفناج تحت شرایط کمبود نیتروژن زرد شدند، اما وقتی از نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم استفاده شد، این اتفاق نیافتاد. این امر نشان می‌دهد نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم سبب تثبیت نیتروژن در برگ‌های اسفناج شدند (Yang *et al.*, 2007). نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم می‌توانند مقاومت بذرها را به تنش بالابرده و نفوذ آب و اکسیژن موردنیاز برای جوانه‌زنی سریع را تقویت کنند (Khote *et al.*, 2012). پژوهشگران با بررسی اثر نانو ذرات آناتاز دی‌اکسید تیتانیوم در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، بر جوانه‌زنی بذر گیاه جعفری در شرایط کشت درون شیشه‌ای به این نتیجه رسیدند که افزایش غلظت نانو ذرات تأثیر مثبت معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، شاخص بنیه بذر و محتوی کلروفیل گیاه جعفری دارند (Kamali *et al.*, 2018).

در حال حاضر گزارشی از بررسی اثرات تنش خشکی همراه با کاربرد دی‌اکسید تیتانیوم در تحمل به تنش خشکی گیاه گل محمدی وجود ندارد. این در حالی است

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

که بهبود رشد رویشی و افزایش تولید و عملکرد اسانس این گیاه با کاربرد روش‌های مختلف و با صرف هزینه‌های پایین و بازدهی بالا، موردتوجه قرارگرفته است. بنابراین در این تحقیق اثرات دی‌اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو بر رشد و توسعه صفات مورفولوژیکی و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه گل محمدی تحت تنش خشکی موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش

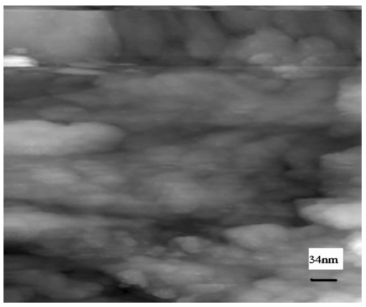
آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در گلخانه‌های علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان ۱۳۹۷ اجرا شد. عامل اول رژیم آبیاری در دو سطح (هر سه روز (شاهد)، و شش روز) و عامل دوم تیتانیوم در پنج سطح (۰ (شاهد، عدم استفاده از تیتانیوم)، ۱۵ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم، ۳۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم، ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم، ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم) بود. متوسط دمای روزانه و شبانه در گلخانه به ترتیب برابر با ۲ ± ۲۵ و ۲ ± ۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی بین ۷۰-۶۰ درصد تنظیم شد. به منظور اعمال تیمارها از نهال دو ساله گل محمدی (*Rosa damascena*) استفاده شد. بستر کشت حاوی ۷۰ درصد خاک + ۳۰ درصد ماسه بود. در جدول ۱ نتایج آنالیز بافت بستر کشت مورد آزمایش آمده است.

پس از آماده سازی بستر کشت نهال‌های دوساله گل محمدی با اندازه‌های یکسان در ۲ نقطه به‌طور مستقیم در گلدان‌های ۶ کیلوگرمی با قطر دهانه ۴۰ سانتی متر کشت شد و پس از استقرار کامل، رژیم‌های متفاوت آبیاری اعمال شد. میزان آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی خاک استفاده شده معادل ۳۰۰ سی‌سی در نظر گرفته شد که به فواصل هر سه روز یکبار و هر شش روز یکبار اعمال گردید. تیمارهای دی‌اکسیدتیتانیوم به صورت محلول‌پاشی برگی در غلظت‌های ذکر شده در ۵ نوبت با فواصل هفت روز (دو نوبت قبل از آغاز تنش خشکی و سه نوبت بعد شروع تیمار تنش خشکی) اعمال شد. نانو دی‌اکسیدتیتانیوم استفاده شده از شرکت Evonik Degussa GmbH آلمان تهیه شد. سطح ویژه نانو ذرات تیتانیوم ۵۰ m^2/g، متوسط اندازه ذرات نانو تیتانیوم nm ۲۱ و با خلوص ۹۹/۵ درصد بود. اندازه و توپوگرافی نانو ذرات تیتانیوم با میکروسکوپ تونلی روبشی (STM: Scanning tunneling microscope) مدل STM-SS2 در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد تعیین شد (شکل ۱ و ۲).

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

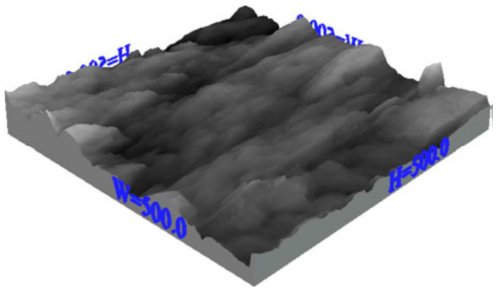
Table 1. Some physical and chemical traits of the soil used in the experiment.

Soil Texture	Available potassium (mg/kg)	Titanium (mg/kg)	Phosphorus (mg/kg)	Total nitrogen (%)	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH
Loamy	190	1.9	28	15	5.5	7.1



شکل ۱. تصویر نانو ذرات تیتانیوم گرفته شده با میکروسکوپ STM

Figure. 1 Image of nanosized TiO_2 by STM



شکل ۲. تصویر توپوگرافی نانو ذرات تیتانیوم گرفته شده با میکروسکوپ STM

Figure. 2 Topographic image of nanosized TiO_2 by STM

1. Scanning tunneling microscope

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دی‌اکسیدتیتانیوم غیر نانو از شرکت AppliChem GmbH آلمان با خلوص ۹۹ درصد تهیه شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک

در انتهای آزمایش یعنی پس از اعمال دو رژیم آبیاری و محلول‌پاشی برگی صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شد. به این منظور ارتفاع گیاه با خط کش و سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (Model Li-Cor– 1300, USA) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تعداد گل به صورت پیوسته شمارش شد. قطر گل، قطر دمگل و طول دمگل با کولیس دیجیتال ثبت شد. سپس ریشه و اندام هوایی گیاه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به آون منتقل شدند وزن خشک کل گیاه با ترازوی دیجیتال مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نسبت ریشه به اندام هوایی از تقسیم وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی گیاه به‌دست آمد.

اندازه‌گیری صفات فیزیوشیمیایی

شاخص سبزینگی برگ (اسپد) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) مدل spad 502 در سه قسمت از سه برگ مشابه، تازه و سالم شامل ابتدا، وسط و انتهای بوته اندازه‌گیری و میانگین آن برای بوته مورد نظر ثبت شد (Oneill, 2006). محتوای رطوبت نسبی (Relative Water Content) آب برگ در برگ‌های کاملاً توسعه یافته بعد از مشاهده علایم تنش مطابق با رابطه زیر محاسبه شد (Omae *et al.*, 2007).

$$\text{محتوای رطوبت نسبی (٪)} = \frac{\text{(وزن تر برگ-وزن خشک برگ)}}{\text{(وزن آماس برگ-وزن خشک برگ)}} \times ۱۰۰$$

میزان پرولین طبق روش Bates *et al.* (1973) با استفاده از دستگاه اسپکترفتومتر (Jenway Model 6305) و در طول موج ۵۲۰ نانومتر مورد محاسبه قرار گرفت. برای اندازه‌گیری قند کل ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره تغلیظ شده با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان جذب نور هر یک از نمونه‌ها پس از سرد شدن در طول‌موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Sadasivam & Manickam, 1992). آنالیز آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از نرم افزار MSTAT-C صورت گرفت و برای رسم نمودارها از برنامه EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر رژیم های آبیاری، دی‌اکسیدتیتانیوم و اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و دی‌اکسیدتیتانیوم بر وزن خشک کل، نسبت ریشه به اندام هوایی و ارتفاع گیاه معنی‌دار نشد. اثر رژیم های آبیاری، دی‌اکسیدتیتانیوم بر سطح برگ بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در ارتباط با صفات وابسته به گل اندازه‌گیری شده، استفاده از دو رژیم آبیاری منجر به ایجاد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد شد و اثر دی اکسید تیتانیوم بر وزن خشک گل، قطر گل، قطر دمگل، طول دمگل و تعداد گل اثر معنی‌دار داشت. به این ترتیب با افزایش دور آبیاری از ۳ روز به ۶ روز سطح برگ بوته، قطر گل و قطر دمگل به ترتیب ۱۵، ۱۲/۴ و ۱۰/۹۸ درصد کاهش داشت. همچنین در آبیاری هر ۳ روز یکبار به طور میانگین ۳۷ گل در هر بوته مشاهده شد که پس از افزایش فاصله آبیاری به ۶ روز این تعداد به ۳۳ گل در هر بوته کاهش یافت. از طرفی با محلول‌پاشی تیتانیوم سطح برگ بوته زیاد شد. ضمن اینکه تیتانیوم در تمام سطوح استفاده شده روی صفات وابسته به درشتی گل مثل قطر گل، قطر دمگل و طول دمگل اثر داشت (جدول ۴).

بیشترین وزن خشک کل (۳۹/۳۸ گرم)، سطح برگ (۳۴۰۵ سانتی‌متر مربع در هر بوته)، قطر گل (۲۹/۴ میلی‌متر)، قطر دمگل (۴۱/۴ میلی‌متر) و طول دمگل (۵۰/۷ میلی‌متر) در تیمار ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم مشاهده شد. همچنین کاربرد تمام تیمارهای تیتانیوم منجر به افزایش تعداد گل شد. به طوریکه تعداد گل با کاربرد ۱۵ و ۳۰ پی‌پی‌ام دی اکسید تیتانیوم ۴۰/۸ و ۵۴/۹ درصد و با کاربرد ۱۵ و ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم ۸۴ و ۶۹ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و دی اکسید و نانو دی اکسید تیتانیوم بر برخی صفات گل محمدی.

Table 2. Results of irrigation regimes and dioxide and nano titanium dioxide on some traits of *Rosa damascene*.

Source of variation	d.f.	Mean of squares							
		Total dry weight	Root/ Shoot	Leaf area	Plant height	Flower diameter	Pedicle diameter	Pedicle length	Number of flowers
Irrigation regimes (A)	1	0.067^{ns}	0.025^{ns}	1809580.8**	2.241^{ns}	74.26**	128.96**	9.07**	112.13**
Nanosized and bulk titanium dioxide (B)	4	19.052^{ns}	0.018^{ns}	519124.67**	102.24^{ns}	101.95**	101.95**	167.63^{ns}	87.38**
A× B	4	9.166^{ns}	0.001^{ns}	38284.07^{ns}	13.06^{ns}	5.87^{ns}	5.87^{ns}	5.38^{ns}	2.38^{ns}
Error	20	37.68	0.021	71688.85	62.18	8.52	8.52	9.97	2.43
CV (%)		19.27	43.89	8.94	13.70	12.32	8.18	7.46	8.80

**، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively.

همان‌طورکه از نتایج پیداست اولین نشانه‌های کمبود آب، با کاهش تورژسانس و به دنبال آن کاهش رشد و توسعه سلول، بویژه سلول‌های ساقه و برگ‌ها بروز می‌کند. طبیعی است که با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان در اندازه کوچکتر برگ یعنی کاهش سطح برگ گیاه مشاهده کرد. از طرفی در شرایط کم‌آبی، جذب عناصر غذایی کاهش می‌یابد که روی رشد و توسعه برگ‌ها اثر دارد (Khorasani nejad *et al*., 2015). همان‌طورکه در نتایج آمده کاربرد تیتانیوم چه به صورت ذرات نانو و چه غیر نانو منجر به افزایش سطح برگ شد، هرچند تیمار ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم نتایج بهتری داشت. منطبق با نتایج فوق در گیاه اطلسی گزارش شده است در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم مقدار سطح برگ ۴۲۹/۵ سانتی‌متر مربع بود که نسبت به شاهد ۸۰ درصد افزایش داشت. ضمن اینکه بیشترین سطح برگ در تیمار ۱۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم مشاهده شد. نتایج در گیاه اطلسی نشان داد محلول‌پاشی برگی اطلسی با تیتانیوم در تمام غلظت‌های استفاده شده در شرایط عدم تنش، تعداد گل را افزایش داد. ضمن اینکه اطلسی‌های تیمار شده با ۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم نسبت به سایر گیاهان پر گل‌تر بودند (Kamali *et al*., 2018). در این تحقیق سه صفت قطر گل، قطر دمگل و طول دمگل به عنوان معیاری از اندازه و درشتی گل در نظر گرفته شد که با افزایش دور آبیاری از ۳ روز به ۶ روز مقدار آن‌ها کاهش یافت. این در حالی است که سطوح دی‌اکسیدتیتانیوم و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم اثر مثبتی بر درشتی گل‌های محمدی داشت. اگرچه Haghighi & Daneshmand (2012) گزارش نمودند تاکنون اثر تیتانیوم بر رشد زایشی گیاه بررسی نشده است، Kamali *et al*. (2018) گزارش کردند گل‌های تیمار شده با ۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم طول جام گل بیشتر و گل‌های تیمارشده با ۱۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم و ۱۵ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم قطر گل بیشتری داشتند. اگرچه در این آزمایش تیمارهای تیتانیوم تأثیر مثبتی بر تعداد و اندازه گل داشت، اما در گوجه‌فرنگی تیتانیوم بر زمان ظهور اولین گل و ورود گیاه به فاز زایشی اثری نداشت (Qi *et al*., 2013). ضمن اینکه تعداد گل را در غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد و در غلظت ۲ میلی گرم بر لیتر نانوتیتانیوم بر تعداد گل بی اثر بود. اگر تعداد گل را به عنوان یکی از اجزاء اصلی عملکرد گیاه در نظر بگیریم منطبق با نتایج فوق Choi & Chao (2005)، گزارش کردند اکسید تیتانیوم از طریق افزایش فتوسنتز باعث افزایش عملکرد شده است. افزایش میزان محصول لوبیا چشم بلبلی تحت تیمار ۱۲۵ پی‌پی‌ام در هکتار تیتانیوم توسط Owolade *et al*. (2008) گزارش شده است. این محققین دلیل افزایش محصول لوبیا چشم بلبلی را نقش تیتانیوم در فعالیت نوری فتوسنتز دانستند. در مطالعه دیگری

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اعمال تیتانیوم در محلول غذایی از طریق کاهش اثرات سمی عناصر دیگر، باعث افزایش رشد شد (Haghighi & Daneshmand, 2012). همچنین گزارش شده است تیتانیوم موجب افزایش فعالیت آهن در کلروپلاست برگ شده و در نهایت جذب مواد غذایی را بالا برده (Al caraz *et al*., 2004) و این امر موجب افزایش وزن خشک گیاه می گردد (Yang & Hong, 2006).

صفات فیزیوشیمیایی

تجزیه واریانس صفات فیزیوشیمیایی گل محمدی نشان داد رژیم‌های آبیاری و اثر متقابل آبیاری و دی‌اکسیدتیتانیوم بر عدد اسپد بی‌تأثیر بود. اثر آبیاری و دی‌اکسیدتیتانیوم بر محتوای رطوبت نسبی، محتوای پرولین برگی و کربوهیدرات کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل آبیاری و دی‌اکسیدتیتانیوم بر محتوای پرولین و کربوهیدارت کل برگ گیاه گل محمدی معنی دار ($p\leq$ ۰/۰۱) بود (جدول۳). محلول‌پاشی با دی‌اکسیدتیتانیوم هم به صورت نانو و هم غیر نانو منجر به افزایش عدد اسپد شد. در شرایط عدم محلول‌پاشی عدد اسپد ۳۳ بود و با محلول‌پاشی ۱۵ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم و ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم عدد اسپد به ترتیب به ۳۷ و ۴۲ رسید (جدول ۴). محتوای رطوبت نسبی برگ یکی از بهترین شاخص‌ها درتشخیص تعادل بین آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق است، لذا به عنوان شاخصی مهم در انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی در نظر گرفته می‌شود. محتوای رطوبت نسبی برگ بالاتر به این معناست که در شرایط تنش خشکی برگ قادر است آب بیشتری را حفظ و ریشه نیز می‌تواند آب بیش‌تری را جذب کند (Blum & Ebercon, 1981). افزایش دور آبیاری از ۳ به ۶ روز محتوای نسبی آب برگ را کاهش و میزان پرولین و کربوهیدرات کل موجود در برگ گیاه گل محمدی را افزایش داد. منطبق با نتایج فوق تجمع پرولین طی تنش خشکی در پژوهش Wang *et al*. (2009) گزارش شده است. پرولین از جمله موادی است که در پاسخ به تنش خشکی غلظت آن در سلول افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث حرکت آب سلول‌های برگ و افزایش فشار تورگر می‌شود (Mahajan & Tuteja, 2005). انباشت پرولین در شرایط تنش ممکن است به علت فعال سازی آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین، کاهش اکسیداسیون و تبدیل آن به گلوتامات و کاهش استفاده از پرولین در سنتز پروتئین‌ها باشد (Maggio *et al*., 2002). از طرفی در گیاهانی که در معرض تنش‌های گوناگون قرارگرفته‌اند کربوهیدرات موردنیاز برای حیات افزایش یافته و ذخیره می‌گردد (Chylinski *et al*., 2007). محتوای نسبی آب برگ در شرایط عدم محلول‌پاشی ۴۸/۸ درصد بود و با محلول‌پاشی برگی با ۱۵ و ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم به ترتیب به ۷۱/۳ و ۶۲/۵ درصد رسید. مقدار پرولین در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی با تیتانیوم) ۰/۳۵ میکرومول بر گرم وزن تر بود و پس از محلول‌پاشی با ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم به ۰/۷۱ میکرومول بر گرم وزن تر افزایش یافت. میزان کربوهیدرات کل در شرایط عدم محلول‌پاشی برگی با تیتانیوم ۰/۲۵ میلی گرم بر گرم وزن تر بود و در تیمار ۱۵ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدتیتانیوم و ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم به ترتیب به ۰/۳۶ و ۰/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تر افزایش یافت. بررسی اثر متقابل دو رژیم آبیاری ۳ و ۶ روز و تیمارهای تیتانیوم محلول‌پاشی شده بر محتوای پرولین نشان داد در تیمار ۳۰ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم و دور آبیاری ۳ روز یکبار مقدار پرولین ۰/۵۴ و در همین تیمار تیتانیوم و دور آبیاری ۶ روز یکبار برابر ۰/۸۸ میکرومول بر گرم وزن تر بود (شکل ۳). همچنین در تیمار ۱۵ پی‌پی‌ام نانو دی‌اکسیدتیتانیوم مقدار کربوهیدرات کل در دو رژیم آبیاری ۳ و ۶ روز به ترتیب برابر ۰/۳۵ و ۰/۶۱ میلی گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل ۴). نتایج فوق مبنی بر افزایش عدد اسپد به عنوان شاخصی از مقدار کلروفیل در برگ گیاه، تحت تأثیر محلول‌پاشی برگی تیتانیوم با گزارش Alcaraz & Cravajal (1998) مبنی بر تأثیر مثبت تیتانیوم و مطالعات Rasouli *et al*. (2018) روی گیاه بادمجان مبنی بر تأثیر مثبت نانوذرات تیتانیوم بر افزایش کلروفیل منطبق است. گزارش شده است تیتانیوم با افزایش مقدار کلروفیل (Cramer *et al*.,

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

1987) و به دنبال آن افزایش فتوسنتز، خصوصاً از طریق افزایش انتقال الکترون از فتوسیستم ۲ به ۱ (Ram *et al.*, 1983)، افزایش فعالیت نوری فتوسنتز (Owolade *et al.*, 2008) و همچنین تأثیر در جذب عناصر مؤثر در تولید کلروفیل و فتوسنتز مثل آهن (Cramer *et al.*, 1987)، منیزیم (Cramer *et al.*, 1987) و نیتروژن (Cramer *et al.*, 1987) می‌تواند روی رشد رویشی گیاه مؤثر باشد. مطالعات Martinez *et al.* (1993) روی گیاه فلفل نشان داد اعمال تیمار تیتانیوم در افزایش کلروفیل و به دنبال آن افزایش قند و در نتیجه بهبود کیفیت فلفل مؤثر است.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و دی اکسید و نانو دی اکسید تیتانیوم بر برخی صفات گل محمدی.

Table 3. Results of irrigation regimes and dioxide and nano titanium dioxide on some traits of *Rosa damascene*.

Source of variation	d.f.	Mean of squares			
		Spad index	Relative humidity content	Proline	Total carbohydrates
Irrigation regimes (A)	1	8.74^{ns}	956.54**	0.22**	0.111**
Nanosized and bulk titanium dioxide (B)	4	71.85**	407.83**	0.12**	0.073**
A× B	4	5.29^{ns}	23.50^{ns}	0.13**	0.072**
Error	20	9.92	34.10	0.025	0.013
CV (%)		8.30	9.75	9.45	8.54

**، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively.

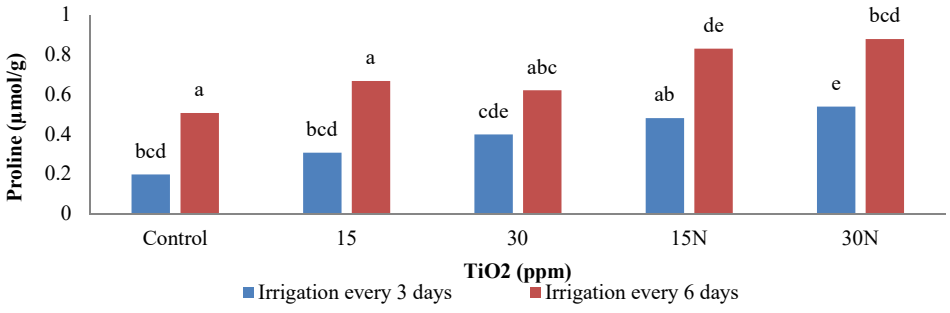
جدول۴. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری و دی اکسید تیتانیوم نانو و غیر نانو بر صفات مورفولوژیک و فیزیوشیمیایی گل محمدی.

Table 4. Mean comparison effects of irrigation regimes and nanosized and bulk titanium dioxide on morphological and physiochemical traits of *Rosa damascene*.

	Treatment	leaf area (cm^2)	Flower diameter (mm)	Pedicle diameter (mm)	Pedicle length (mm)	Number of flowers	Spad	Relative water content (%)	Proline (µmol/gfw)	Total carbohydrate (mg/gfw)
Irrigation regimes (day)	3	3242.13^{a}	25.28^{a}	37.78^{a}	-	19.667^{a}	-	65.56^{a}	0.456^{b}	0.340^{b}
	6	2750.93^{b}	22.13^{b}	33.63^{b}	-	15.800^{b}	-	54.26^{b}	0.628^{a}	0.461^{a}
Titanium dioxide (ppm)	0	2588.25^{c}	18.16^{c}	30.16^{c}	36.15^{c}	11.833^{d}	33.15^{c}	48.83^{c}	0.351^{c}	0.255^{c}
	15(bulk)	2922.58^{b}	22.05^{b}	34.05^{b}	41.83^{b}	16.667^{c}	37.08^{b}	56.60^{b}	0.486^{bc}	0.357^{bc}
	30(bulk)	2989.16^{b}	23.86^{b}	35.86^{b}	40.86^{b}	18.333^{bc}	37.86^{b}	60.23^{b}	0.509^{bc}	0.374^{bc}
	15 Nanosized	3405.66^{a}	29.43^{a}	41.43^{a}	50.76^{a}	21.833^{a}	42.76^{a}	71.36^{a}	0.655^{ab}	0.482^{ab}
	30 Nanosized	3077.00^{b}	25.01^{b}	37.01^{b}	41.90^{b}	20.000^{ab}	38.90^{b}	62.53^{b}	0.708^{a}	0.536^{a}
LSD		322.5	3.51	3.51	3.80	1.87	3.79	7.03	0.19	0.13

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly at 5% probability level.

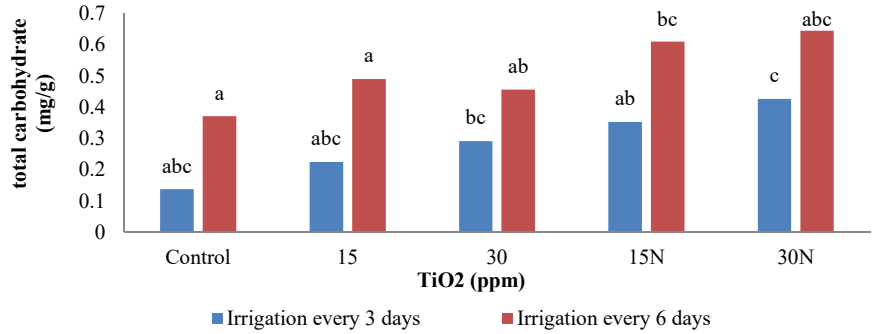


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم های آبیاری و دی‌اکسیدتیتانیوم و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم بر محتوای پرولین برگ گل محمدی.

Figure 3. Mean comparison interaction effect of irrigation regimes and titanium dioxide and nano-titanium dioxide on proline leaf content of *Rosa damascene*.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم های آبیاری و دی‌اکسیدتیتانیوم و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم بر کربوهیدرات کل برگ گل محمدی.

Figure 4. Mean comparison interaction effect of irrigation regimes and titanium dioxide and nano-titanium dioxide on total carbohydrate leaf content of *Rosa damascene.*

در مطالعه‌ای Zheng *et al.* (2005)، افزایش جوانه زنی، وزن خشک گیاه، تشکیل کلروفیل، فعالیت آنزیم روبیسکو و سرعت فتوسنتز را در اسفناج در اثر تیمار با دی‌اکسیدتیتانیوم نانو مشاهده نمودند. مطالعات Rasouli *et al.* (2018) بر گیاه بادمجان نشان داد اثر متقابل سطوح مختلف محلول‌پاشی نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم و تنش کم‌آبیاری معنی‌دار بود. به طوریکه بیشترین میزان پرولین با ۵۰ / ۱۱ درصد افزایش در مقایسه با شاهد در گیاه تیمار شده با تنش کم‌آبی همراه با محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذره دی‌اکسیدتیتانیوم مشاهده شد. منطبق با نتایج فوق گزارش شده است با اعمال تنش کم‌آبیاری به همراه محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسیدتیتانیوم تأثیر افزایشی در میزان پرولین داشته است (Rasouli *et al.*, 2018). مطالعات در گیاه لوبیا نشان داد کاربرد نانوذره دی‌اکسیدتیتانیوم در غلظت ۰/۰۱ درصد منجر به افزایش قندهای محلول شد (Abdel latef *et al.*, 2017). گزارش شده است احتمالاً نانو ذره تیتاینوم با افزایش دریافت نور، فتوسنتز و کارایی آن را افزایش داده و پتانسیل تولید کربوهیدرات گیاه را بالا می برد (Rasouli *et al.*, 2018).

نتیجه‌گیری کلی

افزایش دور آبیاری از ۳ روز به ۶ روز روی وزن خشک کل گیاه اثر نداشت، ولی منجر به کاهش سطح برگ، تعداد گل، محتوای نسبی آب برگ و افزایش محتوای پرولین و کربوهیدرات شد. این در حالی است که کاربرد دی‌اکسیدتیتانیوم و نانو دی‌اکسیدتیتانیوم منجر به افزایش مقدار پرولین و کربوهیدرات کل در شرایط تنش شد. دی‌اکسیدتیتانیوم در هر دو فرم استفاده شده (نانو و غیر نانو) در درشت تر شدن اندازه گل و افزایش صفات رویشی گل محمدی اثر داشت، هرچند افزایش متعادل رشد رویشی (افزایش وزن خشک کل) از یک طرف و بالا رفتن درصد تشکیل گل و کارایی فتوسنتز (شاخص کلروفیل- اسپد) از طرف دیگر در همه تیمارهای حاوی تیتانیوم مشاهده شد، در تیمار نانو دی‌اکسیدتیتانیوم به خصوص در سطح ۱۵ پی‌پی‌ام نتایج بهتری مشاهده شد.

سپاسگزاری

از واحد ویژه خدمات تخصصی علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد بابت تأمین هزینه‌های این پژوهش قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdel Latef, A. A., Alhmad, M. F. A. & Abdel fattah K. E. (2017). The possible roles of priming with ZnO nanoparticles in mitigation of salinity stress in lupine (*Lupinus termis*) Plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36, 60-70.
2. Alcaraz, C., Botia, M., Carlos, F. & Fernando, R. (2004). Effect of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on peach (*Prunus persica* L.) fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (9), 949-954.
3. Arazmjo, A., Heidari, M.s & Ghanbari, A. (2010). Effect of water stress and type of fertilizer on yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(2), 100-111. (In Farsi).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

4. Aziz, E. A., Hendawi, S. T., Azza, E. E. D. & Omer, E. A. (2008). Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil and constituents of *Thymus vulgaris* plant. *American-Eurasian Journal Agriculture and Enviromental Sciences*, 4(4), 443-450.
5. Bates, L. S., Waldran, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water studies. *Plant Soil*, 39, 205-208.
6. Blum, A. & Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of ought and heat tolerance in wheat. *Crop Science*, 21, 43-47.
7. Carvajal, M. & Alcaraz, C. F. (1998). Why titanium is a beneficial element for plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21(4), 655-664.
8. Carvajal, M., Martínez-Sánchez, F. & Alcaraz, C. F. (1994). Effect of Ti (IV) on some physiological activity indicators of *Capsicum annuum* L. plants. *Horticulture Science*, 69, 427-432.
9. Chao, S. H. L. & Choi, H. S. (2005). *Method for providing enhanced photosynthesis*. (pp10) Korea Research Institute of Chemical Technology, Korea.
10. Chylinski, K. W., Lukaszewska, A. & Kutnik, K. (2007). Drought response of two bedding plants. *Acta Physiology Plant*, 29, 399-406.
11. Cramer, G. R., Lauchl, J., Lauchl, A. & Epstein, E. (1987). Influx of Na, K and Ca into roots of salt stressed cotton seedlings: Effects of supplemental Ca. *Plant Physiology*, 83, 510-516.
12. Ghahraman, A. (1996). *Iranian Cormophytes* (*systematic herbal*), Academic Publishing Center, Tehran. (In Farsi).
13. Haghighi, M. & Daneshmand, B. (2012). Comparison of titanium and titanium nanoparticles on growth and photosynthesis of tomato in hydroponic system. *Science and Technology of Greenhouse Cultures*, 4(13), 73-79. (In Farsi).
14. Hassani, A. (2006). Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(3), 256-261. (In Farsi).
15. Kamali, M., Shoor, M. & Feizi, H. (2018). Impacts of nanosized and bulk titanium dioxide on flowering and morpho-physiological traits of petunia (*Petunia hybrid*) in salinity stress. *Journal of Horticultural Science,* 3(2), 199-212. (In Farsi).
16. Khorasani nejad, S., Soltanloo, H., Ramezan pour, S., Hadian, J. & Atashi, S. (2015). Effect of drought stress on some morphological characteristics, quantity and essence quality of Lavender. *Journal of Crop Improvement*, 17 (4), 979-988. (In Farsi).
17. Khote, L. R., Sankaran, S., Maja, J., Ehsani, R. & Schuster, E. W. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: *Crop Protection*, 35, 64-70.
18. Konishi, K. & Tsuge, T. (1936). Inorganic constituents of green-manure cops. *Journal Agricultural Chemistry Society*, 12, 916-930.
19. Maggio, A., Miyazaki, S., Veronese, P., Fujita, T., Ibeas, J. I., Damsz, B., Narasimhan, M. L., Hasegawa, P. M., Joly, R. J. & Bressan, R.A. (2002). Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? *Plant Journal*, 31(6), 699-712.
20. Mahajan, S. & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses. *Biochemistry and Biophysics Journal*, 444, 139-158.
21. Martinez-Sanchez, F., Nunez, M., Amoros, A., Gimenez, J. L. & Alcaraz, C. F. (1993). Effect of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annuum* L. fruits. *Journal Plant Nutrition*, 16(5), 975-981.
22. Mozaffarian, V. (2005). *The trees and shrubs of Iran*, Contemporary Culture Publishing House. (In Farsi).
23. Nair, R. S., Varghese, H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y. & Sakthi Kumar, D. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science*, 179, 154-163.
24. Noori, K., Omidi, H., Naghdi badi, H., Torabi, V. & Ftukoan, H. (2012). Effect of water and soil salinity on flower yield, soluble compounds, content of salinity and essential oil content of Shirazi chamomile. *Journal of Water Research in Agriculture*, 26 (4), 367-378. (In Farsi).
25. Omae, H., Kumar, A., Kashiviba, K. & Shono, M. (2007). Assessing drought tolerance of snap bean (*Phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. *Plant Production Science,* 10(1), 28-35.
26. Oneill, P. M., Shanahan, J. F. & Schepers, J. S. (2006). Use chlorophyll florescence assessments to differentiate corn hybrid respond to variable water conditions. *Crop Science*, 46, 681-687
27. Owolade, O. F., Ogunleti, D. O. & Adenekan, M. O. (2008). Titanium dioxide affects diseases, development and yield of edible cowpea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7(5), 2942-2947.
28. Ram, N., Verloo, M. & Cottenie, A. (1983). Response of bean (*Phaseolus vulgaris*) to foliar spray of titanium. *Journal of Plant and Soil*, 73, 285-290.
29. Rasouli, F., Abedini, F. & Zahedi, S. M. (2018). The effect of titanium nano dioxide on physiological particular and chlorophyll fluorescence parameters in eggplant (*Solanum melongena* L.) under water deficit stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 2(4), 37-51. (In Farsi).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

30. Sadasivam, S. & Manickam, A. (1992). *Biochemical Methods for Agricultural Sciences*. Wiley Eastern Ltd., New Delhi, India.
31. Tabaei Aghdaeil, S. R. & Babae, M. (2001). Study of genotypic differences for drought responses at early growth stages in *Rosa damascena* Mill. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Pant Breeding and Genetic Research*, 8(1), 113-125. (In Farsi).
32. Wang, F., Zeng, B., Sun, Z. & Zhu, C. (2009). Relationship between proline and Hg^{+2}-induced oxidative stress in tolerant rice mutant. *Environmental Contamination and Toxicology*, 56 (4), 723-731.
33. Yang, F. & Hong, S. (2006). Influence of nano anatase TiO_2 on the nitrogen metabolism of growing spinach. *Biological Trace Element Research Journal,* 110, 179-190.
34. Yang, F., Liu, C., Gao, F., Su, M., Wu, X., Zheng, L., Hong, F. & Yang, P. (2007). The improvement of spinach growth by nano-anatase TiO_2 treatment is related to nitrogen photoreduction. *Biological Trace Element Research Journal*, 119, 77-88.
35. Zheng, L., Hong, F., Lu, S. & Liu, C. (2005). Effect of nano-TiO_2 on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach. *Biological Trace Element Research Journal*, 105, 83-91.

Archive of SID.ir