بررسی اثر غلظت‌های مختلف نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی و رشد اولیه ۵ گونه مرتعی

نادیا کمالی[۱] و احمد صادقی‌پور*[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۳/۰۲

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف (۰، ۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) نانودی اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه ۵ گونه مرتعی *Nitraria schoberi* L.، *Eurotia ceratoides* F. Pall.، *Salsola rigida* Botsch.، *Halothamnus glaucus* (L.) A.J. Scott و *Kochia prostrata* بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار صورت گرفت. نتایج نشان داد، غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم نه‌تنها اثر منفی بر گیاهان نداشت بلکه باعث افزایش میزان جوانه‌زنی دو گونه *E. ceratoides* (از ۲۸ درصد به ۵۱ درصد) و *K. prostrate* (از ۶۸ درصد به ۸۴ درصد) گردیده است. غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اثر منفی بر جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه در سه گونه *N. schoberi* (کاهش درصد جوانه‌زنی از ۳۲ درصد به ۲۰ درصد و رشد ریشه‌چه از ۱۳/۸۵ سانتی‌متر به ۱۰/۶۸ سانتی‌متر)، *E. ceratoides* (کاهش درصد جوانه‌زنی از ۲۸ درصد به۲۰ درصد و رشد ریشه‌چه از ۱۱/۶۳ سانتی‌متر به ۸/۷۸ سانتی‌متر) و *K. prostrate* (کاهش درصد جوانه‌زنی از ۶۸ درصد به ۵۶ درصد و رشد ریشه‌چه از ۱۱/۳ سانتی‌متر به ۸/۸ سانتی‌متر) داشته است. بطورکلی در اکثر گیاهان، غلظت‌های پایین نانودی‌اکسید تیتانیوم تاثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نداشت ولی در غلظت بالا (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با ایجاد سمیت موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد. بنابر این در کاربرد نانوذرات، توجه به میزان مصرفی که هم موثر باشد و هم سمیت ایجاد نکند بسیار حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: نانودی‌اکسید تیتانیوم، *Nitraria schoberi*، *Eurotia ceratoides*، *Salsola rigida*، *Halothamnus glaucus*، *Kochia prostrata*

۱- دانش آموخته دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- استادیار دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان
*: نویسنده مسئول: a.sadeghipour@profs.semnan.ac.ir.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

مقدمه

فناوری نانو بر بهبود عملکرد گیاهان برای جذب مواد غذایی، بهبود جوانه‌زنی، تولید گیاه، دفع آفات و امراض گیاه، ایجاد بستر کاشت گیاه و غیره تاثیر دارد. میزان جذب نانوذرات توسط گیاهان متفاوت بوده و بستگی به نوع گیاه، ترکیب شیمیایی و اندازه این ذرات دارد (۲۲، ۲ و ۸). نخستین مطالعه در مورد اثرات نانوذرات بر روی گیاه مریم گلی صورت گرفت (۱۱)، اثرات ضد و نقیضی از تاثیر نانوذرات مختلف بر روی گیاهان گزارش شده است (۲۱، ۲۳ و ۱۶). به عنوان یک مثال از تاثیر متفاوت نانوذرات می‌توان به تاثیر نانوکربن‌های تک‌جداره و چندجداره اشاره کرد. به‌طوریکه بعد از اعمال تیمار نانوکربن لوله‌ای چندجداره بر بذر گوجه‌فرنگی، جذب آب بیشتر توسط بذر و در نهایت افزایش قدرت و درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (۱۳)، درحالیکه نانوکربن لوله‌ای تک‌جداره عامل‌دار نشده، باعث کاهش قابل ملاحظه مقدار رشد ریشه گوجه‌فرنگی می‌شود (۳).

دی‌اکسید تیتانیوم، یک اکسید معدنی غیر سیلیکاتی طبیعی است که در اشکال مختلف (آناتاز[1]، روتیل[2] و بروکایت[3]) وجود دارد. این نانوذره دارای کاربردهای بسیار گسترده‌ای در علوم مختلف می‌باشد و می‌توان آن را از پرکاربردترین ذرات نانو به شمار آورد که حجم قابل ملاحظه‌ای از آن به طبیعت وارد می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل ویژگی‌های خاص بیولوژیک مورد توجه متخصصان فیزیولوژی گیاهی قرار گرفته است (۲۴و ۱۸، ۲۰). از سوی دیگر، اگرچه نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به‌طور گسترده‌ای در زندگی روزمره مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطالعات در خصوص جذب و انتقال آن‌ها در گیاهان همچنین اثرات مثبت و منفی آن‌ها بر رشد و توسعه گیاهان باید بیشتر مورد توجه واقع شود. نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل اندازه بسیار کوچک خود قادر به تشکیل پیوند کوالان با بیشتر مواد آلی هستند و از طریق این اتصالات قادر به ورود در بسیاری از بافت‌ها و اندام‌ها می‌باشند (۱۰ و ۶). محققین بسیاری بر تاثیر این نانوذره بر رشد و توسعه گیاهان مطالعه داشته‌اند. برخی از آن‌ها این نانوذره را به‌عنوان یک عنصر سودمند در افزایش و تحریک رشد و افزایش محصول‌دهی در گیاهان می‌دانند (۱۲، ۲۹ و ۹)، همچنین برخی از مطالعات موید تاثیرات منفی این نانوذره بر رشد و توسعه گیاهان به‌ویژه در غلظت‌های بالا می‌باشد (۳۰ و ۲۵). مطالعه لی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داده است بین نرخ فتوسنتز و نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در گیاه اسفناج همبستگی زیادی وجود دارد، که می‌تواند به دلیل بهبود جذب نور، انتقال و تبدیل انرژی نوری و یا افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو اکتیواز در حضور این نانوذره باشد (۱۵)، همچنین بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه *Brassica napus* در حضور این نانوذره مشاهده شد (۱۷). نانودی‌اکسید تیتانیوم پس از جذب توسط سلول‌های گیاه ذرت منجر به کاهش شاخص میتوزی و افزایش انحرافات کروموزومی شده است (۲۵). با توجه به تاثیرات متفاوت گزارش شده از این نانوذره ضرورت مطالعه اثر آن بر گیاهان مختلف احساس می‌شود، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی اثر نانودی‌اکسید تیتانیوم بر ۵ گونه مرتعی که در عملیات اصلاحی مراتع دارای اهمیت به‌سزایی هستند، صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های صفر، ۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانودی‌اکسید تیتانیوم (انتخاب غلظت نانوذرات مطابق نتایج آزمایش محققان مختلف از جمله فیضی و همکاران[4] (۲۰۱۲) و صمدی[5] و همکاران (۲۰۱۴) بوده است) بر جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه ۵ گونه مرتعی (*Nitraria schoberi*، *Eurotia ceratoides*، *Salsola rigida*، *Halothamnus glaucus*، *Kochia prostrata*) آزمایشی بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ با ۲۵ بذر تکرار صورت گرفت. بذر گیاهان *Eurotia ceratoides*، *Salsola rigida*،

1- Anatase
2-Rutile
3- Brucite

4- Feizi
5-Samadi

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

Kochia prostrata از ایستگاه تحقیقاتی سیساب واقع در خراسان شمالی تهیه گردید، بذر *Halothamnus glaucus* از ایستگاه کاظم آباد بردسکن تهیه شده و بذر *Nitraria schoberi* از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. نانودی اکسید تیتانیم تهیه شده ساخت US-NANO آمریکا می‌باشد. خصوصیات نانوذره تهیه شده در جدول ۱ آورده شده است. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری پودر دی‌اکسید تیتانیوم توسط دستگاه TEM ساخت شرکت Hitachi ژاپن تهیه گردید (شکل ۱ و ۲). به‌منظور تهیه محلول نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با غلظت ۰، ۱۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ابتدا مقدار مشخص پودر نانودی‌اکسید تیتانیوم در یک لیتر آب ریخته و برای تهیه سوسپانسیون یکنواخت به‌مدت ۳۰ دقیقه در هموژنایزر التراسونیک قرار داده شد، قبل از استفاده از محلول از همزن‌های مغناطیسی جهت جلوگیری از تجمع احتمالی ذرات استفاده شد. به‌منظور بررسی قابلیت حیات بذور از تست تترازولیوم استفاده شد، بذرهای تهیه شده با محلول هیپوکلریت سدیم به‌مدت ده دقیقه به‌طور سطحی ضدعفونی و سپس با آب مقطر سه بار شستشو داده شدند. همچنین به‌منظور استریل بذرهای مورد مطالعه و جلوگیری از آلودگی‌های قارچی بذرها با قارچ‌کش کربوکسیل تیرام دو در هزار ضدعفونی شدند، از پتریدیش‌های ۸ سانتی متری که توسط اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی شده بودند و کاغذ صافی واتمن شماره ۱ استریل به عنوان بستر بذر استفاده شد. بعد از قرار دادن بذرها در پتریدیش‌ها و افزودن محلول تهیه شده، نمونه‌ها در دستگاه ژرمیناتور (دمای ۲ ± ۲۴ و ۲ ± ۱۴ درجه سانتی‌گراد با پریود ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با رطوبت ۷۰ درصد) قرار داده شده و جهت جلوگیری از تبخیر، پتریدیش‌ها با پارافیلم مسدود شدند. ملاک جوانه‌زنی خروج ۱ تا ۲ میلی‌متر ریشه‌چه بود (هاردیگری و ون وکتور[1]، ۲۰۰۰)، شمارش بذور روزانه صورت گرفت، در آخرین روز جوانه‌زنی، از هر پتریدیش ۵ گیاهچه به صورت تصادفی انتخاب شده و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد.

درصد جوانه‌زنی از رابطه (۱) محاسبه شد (کوپلند و همکاران[2] ۱۹۹۵).

$$Gp = n/N * 100$$ رابطه ۱

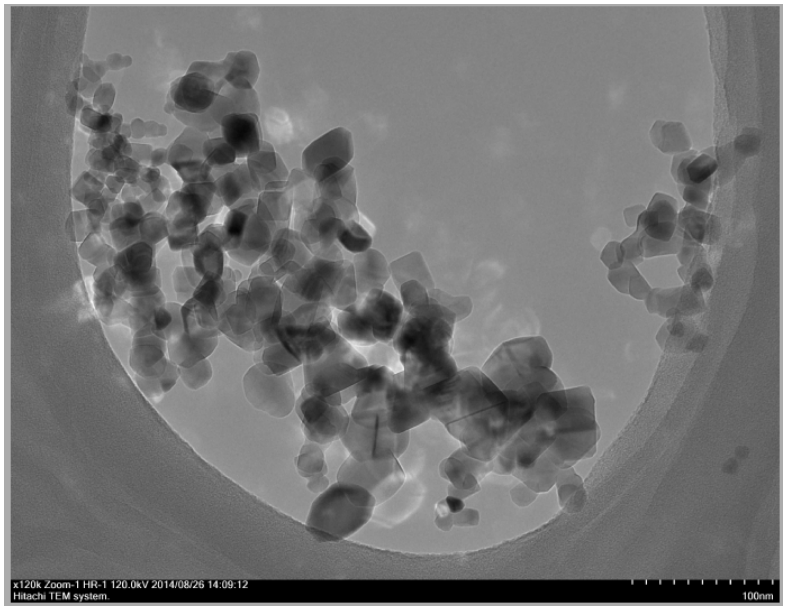
که در این رابطه Gp درصد جوانه‌زنی، n تعداد بذرهای جوانه زده، N تعداد کل بذرهای مورد مطالعه می‌باشد. ساقه‌چه و ریشه‌چه توسط کولیس اندازه‌گیری شد، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

6- Hardegree and Van Vactor
7- Copland

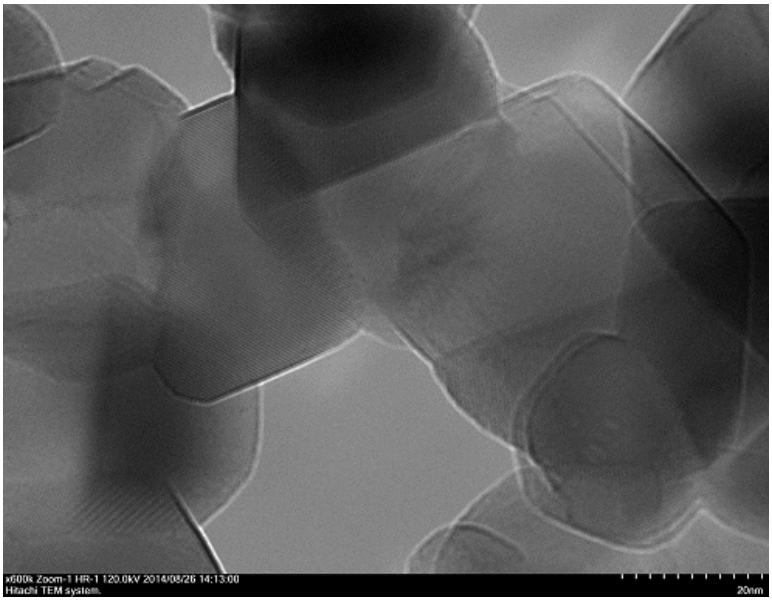
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

جدول ۱- مشخصات نانوذرات دی اکسید تیتانیوم

	اندازه نانوذره	سطح ویژه	درصد خلوص	شکل ظاهری	چگالی ظاهری	چگالی واقعی
نانوذرات دی اکسید تیتانیوم	۲۵-۱۰ نانومتر	۲۴۰-۲۰۰ (متر مربع بر گرم)	۹۹+ درصد	پودر سفید	۰/۲۴ (گرم بر متر مکعب)	۳/۹ (گرم بر متر مکعب)



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم



شکل ۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

نتایج

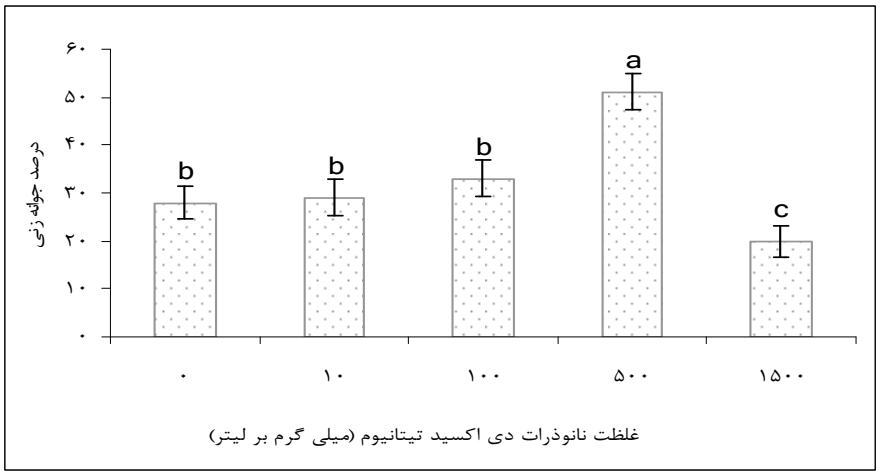
بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی گونه‌های مختلف نشان داد که در بین گونه‌های مورد بررسی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تنها بر درصد جوانه‌زنی گونه *S. rigida* تاثیری نداشته است و بر جوانه‌زنی سایر گونه‌ها موثر است (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد بررسی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم

گونه	میانگین مربعات	درجه آزادی	F
N. schoberi	۱۱۷/۲	۴	۹/۵۵۴**
E. ceratoides	۵۳۰/۸	۴	۴۰/۶۲۲**
S. rigida	۲/۸	۴	۰/۱۲۸
H. glaucus	۳۵۶/۸	۴	۲۳/۰۶۹**
K. prostrata	۴۴۲/۸	۴	۲۶/۷۸۲**

** معنی دار در سطح ۰/۰۱

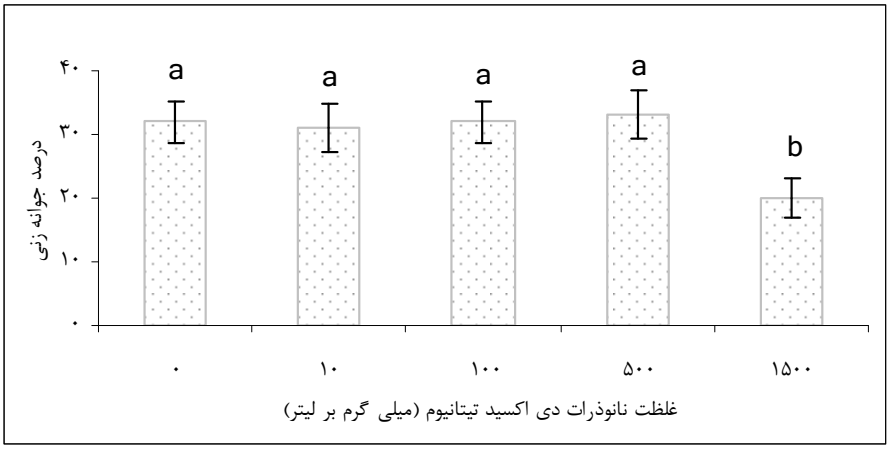
نتایج تحقیق نشان داد غلظت‌های متفاوت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم اثر متفاوت بر جوانه‌زنی گونه‌های مختلف دارد، غلظت ۵۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) این نانوذره باعث افزایش درصد جوانه‌زنی *E. ceratoides* (از ۲۸ درصد به ۵۱ درصد) می‌گردد و غلظت ۱۵۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش جوانه‌زنی این گیاه از ۲۸ درصد به۲۰ درصد می‌گردد (شکل ۳)، در *N. schoberi* تنها غلظت ۱۵۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم بر جوانه‌زنی گیاه موثر است که باعث کاهش درصد جوانه‌زنی از ۳۲ درصد به ۲۰ درصد در گیاه می‌شود (شکل ۴)، در *K. prostrata* غلظت ۱۰۰ و ۵۰۰ (میلی گرم بر لیتر) تاثیر مثبت بر جوانه‌زنی گیاه دارند و غلظت ۱۵۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) این نانوذره کاهش میزان جوانه‌زنی را از ۶۸ درصد به ۵۶ درصد به دنبال دارد (شکل ۵)، در *H. glaucus* تنها غلظت ۵۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) نانوذره بر درصد جوانه‌زنی گیاه موثر است و افزایش جوانه‌زنی را از ۳۲ درصد به ۵۲ درصد به دنبال دارد (شکل ۶).



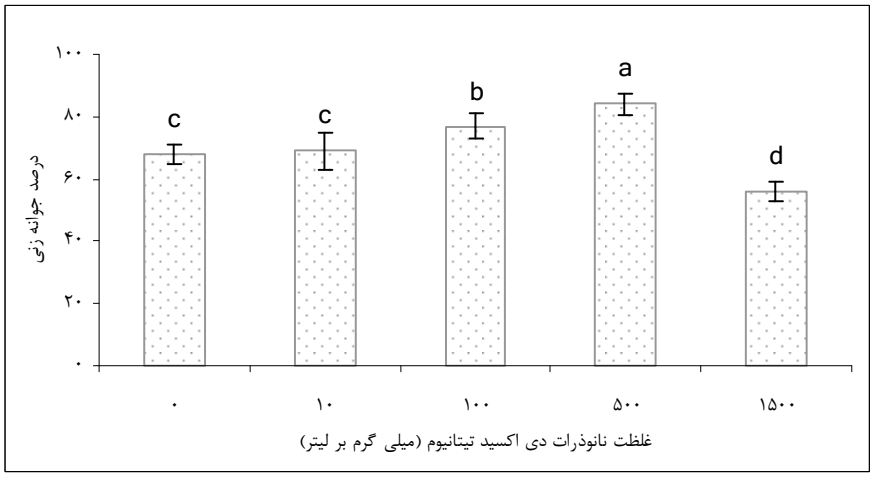
شکل ۳- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر درصد جوانه‌زنی *E. ceratoides*

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

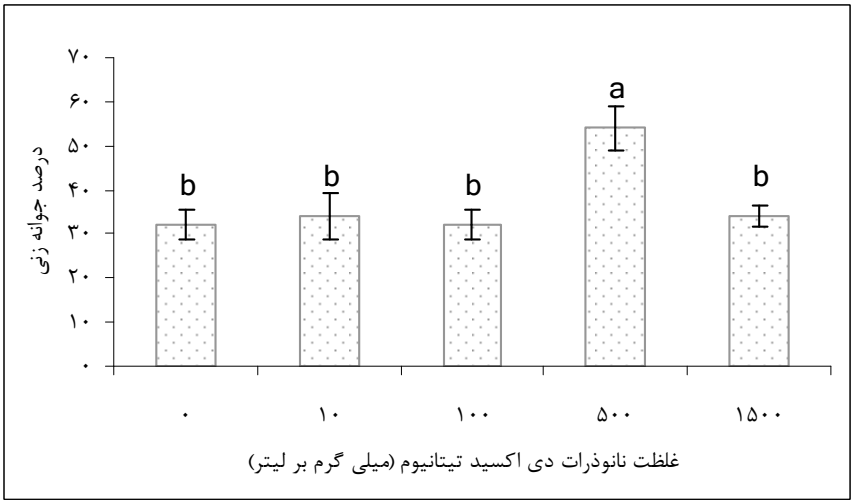
[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]



شکل ۴- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر درصد جوانه‌زنی *N. schoberi*



شکل ۵- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر درصد جوانه‌زنی *K. prostrate*



شکل ۶- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر درصد جوانه‌زنی *H. glaucus*

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

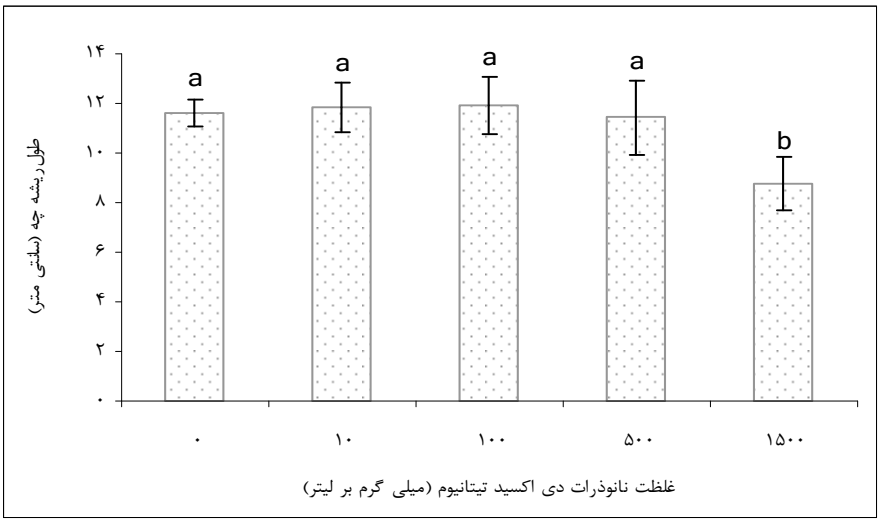
جدول۳- تجزیه واریانس رشد ریشه‌چه گونه‌های مورد بررسی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم

گونه	درجه آزادی	میانگین مربعات ریشه‌چه	میانگین مربعات ساقه‌چه	F ساقه‌چه	F ریشه‌چه
N. schoberi	۴	۹/۳۴۰	۰/۴۸۲	۱/۳۵۴	۹/۷۴۸**
E. ceratoides	۴	۶/۹۸۸	۰/۰۲۲	۰/۱۶۳	۵/۸۰۰**
S. rigida	۴	۰/۰۵۷	۰/۰۳۵	۰/۰۹۸	۰/۰۹۸۷
H. glaucus	۴	۲/۵۹۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۳/۲۹۱
K. prostrata	۴	۵/۲۹۳	۰/۲۵۸	۰/۸۳۳	۶/۵۰۹**

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

نتایج نشان داد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر رشد ریشه‌چه در سه گونه *N. schoberi*، *E. ceratoides* و *K. prostrate* موثر است. در هر سه گونه تنها غلظت ۱۵۰۰ (میلی‌گرم بر لیتر) نانوذره بر رشد ریشه‌چه در گیاه موثر است، در گونه *N. schoberi* رشد ریشه‌چه از ۱۳/۸۵ سانتی‌متر به ۱۰/۶۸ سانتی‌متر، در *E. ceratoides* رشد ریشه‌چه از ۱۱/۶۳ سانتی‌متر به ۸/۷۸ سانتی‌متر و در *K. prostrate* رشد ریشه‌چه از ۱۱/۳ سانتی‌متر به ۸/۸ سانتی‌متر کاهش یافته است (شکل ۷، ۸ و ۹).

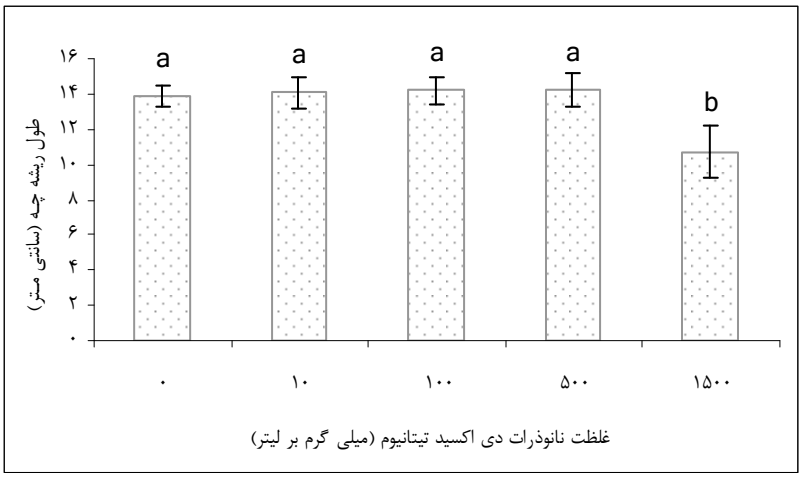
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد غلظت‌های مختلف نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر رشد ساقه‌چه در هیچکدام از گونه‌های مورد بررسی تاثیر ندارد (جدول ۳).



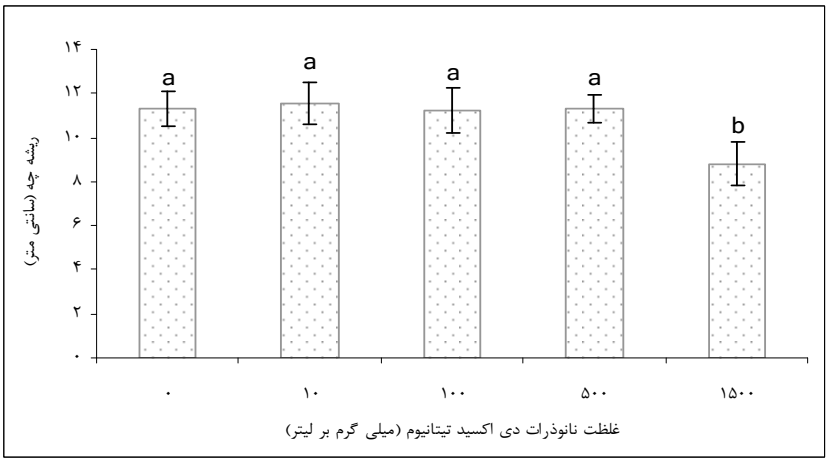
شکل ۷- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر رشد ریشه‌چه *E. ceratoides*

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]



شکل ۸- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر رشد ریشه‌چه *N. schoberi*



شکل ۹- تاثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر رشد ریشه‌چه *K. prostrate*

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه اثر غلظت‌های مختلف نانودی‌اکسید تیتانیوم بر گونه‌های مرتعی مختلف نشان داد که تاثیر غلظت‌های مختلف این نانوذره بر گونه‌های مختلف، همچنین در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است. از بین گونه‌های مورد مطالعه سه گونه *N. schoberi*، *E. ceratoides* و *K. prostrata* بیش از سایر گونه‌ها، تحت تاثیر نانودی‌اکسید تیتانیوم قرار گرفتند، که نشان دهنده قدرت این نانوذره در ورود به بذر و ریشه و ایجاد تغییر در درصد جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه می‌باشد. مقاومت *S. rigida* به نانودی‌اکسید تیتانیوم در مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بیش از سایر گونه‌ها می‌باشد که نشانگر مقاوم بودن گیاه به شرایط محیطی و آلودگی است. نتایج این مطالعه نشان داد افزایش غلظت نانودی‌اکسید تیتانیوم (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش درصد جوانه‌زنی گیاهان می‌شود، این کاهش درصد جوانه‌زنی، بقاء گیاه را در سال‌های آتی دچار مشکل خواهد کرد، کاهش رشد ریشه‌چه نیز با توجه به اهمیت این عضو در جذب مواد غذایی و رشد و حیات گیاه در نهایت در قدرت تولید بذر و بنیه گیاه ایجاد مشکل خواهد کرد، این مسائل موید ضرورت بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات در ورود به طبیعت است زیرا گیاهان اولین سطح زندگی در طبیعت می‌باشند، که نابودی آن‌ها نابودی بسیاری از

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

موجودات زنده را به‌دنبال دارد، از طرفی برخی مقادیر این نانوذره افزایش میزان جوانه‌زنی در گیاهان را به دنبال دارد که می‌تواند به‌عنوان تیمار افزایش‌دهنده قدرت جوانه‌زنی مدنظر قرار گیرد. اگرچه نانودی‌اکسید تیتانیوم، جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه در گیاهان مورد بررسی را تحت تاثیر قرار داد، ولی رشد ساقه‌چه از این نانوذره متاثر نشد. در هر حال نانوذرات از طریق استعمال مستقیم، انتشار تصادفی، رسوبات و خاک‌های آلوده و یا مواد اتمسفری به گیاهان رسیده و اثرات منفی معنی‌داری را بر روی گیاهان و زنجیره غذایی اعمال می‌کنند (۱و ۲۸) که محققان باید حذف آلودگی‌های زیست‌محیطی آن‌ها و یا جلوگیری از ورود آن‌ها به طبیعت را مدنظر داشته باشند و با تعیین استانداردی، حداکثر غلظت مجاز نانوذرات مختلف در طبیعت را تعیین کنند. در بررسی تاثیر نانودی‌اکسید تیتانیوم بر رشد و توسعه گیاهان، توسط محققان مختلف اثرات متفاوتی مشاهده شده است. استفاده از نانودی‌اکسید تیتانیوم افزایش جوانه‌زنی، رشد و توسعه بسیاری از گیاهان را به همراه دارد. به‌عنوان مثال حضور آن موجب تسریع تبدیل نیتروژن معدنی به نیتروژن آلی شده و وزن خشک و تر برنج را بالا می‌برد، یا حضور آن به صورت معمولی و نانو افزایش جوانه‌زنی در گیاهان مختلف را به‌دنبال دارد (۲۴). قرارگیری بذرهای مریم گلی در معرض ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر از نانودی‌اکسید تیتانیوم باعث افزایش شدت و سرعت جوانه‌زنی بذرها شده، درحالیکه غلظت‌های بالاتر تاثیری بر سرعت جوانه‌زنی بذرها نداشته است (۴). افزایش درصد جوانه‌زنی تحت تاثیر نانوذرات در گونه‌های مورد بررسی (مخصوصا ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) موید اثر مثبت این ماده تا غلظت‌های مشخصی است. برخی مطالعات صورت گرفته نشان دهنده کاهش رشد ریشه گیاهان می‌باشد (۱۹ و ۷) که در مطالعه حاضر نیز کاهش رشد ریشه‌چه (غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) احتمالا بدلیل انسداد سلول‌های ریشه با این نتایج همخوانی دارد. اثر سمی ایجاد شده توسط این نانوذره می‌تواند ناشی از انسداد سلول‌ها و رسوب‌گذاری ذرات در محیط سلولی باشد (۱۴). از طرفی اثر سمی نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم می‌تواند ناشی از آزاد شدن یون‌های تیتانیوم در اثر انحلال و ورود آن‌ها به محیط باشد (۲۴و ۱۴).

در مطالعات بسیاری بی‌تاثیر بودن نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر رشد و توسعه گیاهان مشاهده شده، به‌عنوان مثال، سیگر و همکاران[1] (۲۰۰۹) بیان کردند، غلظت‌های (۰، ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم هیچگونه سمیتی برای درخت بید ایجاد نمی‌کند. برخی مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان دهنده کاهش رشد ساقه‌چه در مجاورت این نانوذره می‌باشند (۵ و ۱۳) که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر به‌دلیل تفاوت غلظت و گونه گیاهی تطابق ندارد. در هر حال با توجه به کاربرد فراوان و گسترده نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در صنایع مختلف، ورود این نانوذره به محیط اجتناب‌ناپذیر است از این‌رو تاثیر غلظت‌های متفاوت این نانوذره بر رشد گیاهان باید مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد و تاثیر آن بر فرمهای رویشی مختلف مطالعه گردد و بر اساس این مطالعات از نقش مثبت آن در بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه استفاده شود و از ورود غلظت‌های سمی آن برای گیاهان به طبیعت جلوگیری شود.

[1] . Seeger

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

References

1. Aslani F., Bagheri S., N. M., Julkapli., S. Abdul Juraimi., F. S. G. Hashemi & A. Baghdadi, 2014. Effects of Engineered Nanomaterials on Plants Growth: An Overview. The Scientific World Journal, Article ID 641759, 28 p.
2. Bagheri H., Z. Ayazi., A. Es'haghi & A. Aghakhani, 2012. "Reinforced polydiphenylamine nanocomposite for microextraction in packed syringe of various pesticides," Journal of Chromatography A, 1222, 13–21.
3. Canas J. E., M. Long., R. Nations, L. Vadan, Dai M. Luo & D. Olszyk, 2008. Environmental Toxicology and Chemistry, 27:1922-1931.
4. Castiglione M. R., L. C. Giorgetti Geri & R. Cremonini, 2011. "The effects of nano-TiO2 on seed germination, development and mitosis of root tip cells of Vicia narbonensis L. and Zea mays L," Journal of Nanoparticle Research, 13 (6): 2443–2449.
5. Copland, L.O., & M.B. Donald, 1995. Principals of seed science and Technology. Third edition. Chapman and Hall, New York. 236p.
6. Feizi H., P. R. Moghaddam., N. Shahtahmassebi & A. Fotovat, 2012. "Impact of bulk and nanosized titanium dioxide (TiO2) on wheat seed germination and seedling growth," Biological trace element research, 146, 101-106.
7. Foltête A., J., Masfaraud & E, Bigorgne, 2011. "Environmental impact of sunscreen nanomaterials: ecotoxicity and genotoxicity of altered TiO2 nanocomposites on Vicia faba," Environmental Pollution, 159 (10): 2515–2522.
8. Ghormade V., M.V. Deshpande & K.M. Paknikar, 2011. "Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants," Biotechnology Advances, 29(6): 792–803
9. Hardegree, S.P. & S.S. Van Vactor, 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. Annals of Botany, 85: 379–390.
10. Hasan F., R.M. Parviz., S. Nasser & F. Amir, 2012. "Effects of concentrations of bulk and nanosized titanium dioxide (TiO2) on germination of wheat seed," in Proceedings of the International Congress on Nanoscience & Nanotechnology (ICNN '12), 1–10.
11. Hassan F., A. Shahram., A., Farzin & J.P. Saee., 2013. "Comparative effects of nanosized and bulk titanium dioxide concentrations on medicinal plant salvia officinalis L," Annual Review & Research in Biology, 3 (4): 814–824.
12. Hund-Rinke K. & M. Simon, 2006. "Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO2) on algae and daphnids," Environmental Science and Pollution Research, 13 (4): 225–232.
13. Khodakovskaya M.V., K., DeSilva, A.S. Biris, E. Dervishi, & H. Villagarcia, 2012. "Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells," ACS Nano, 6 (3): 2128–2135.
14. Larue C., J. Laurette, N. Herlin-Boime, H. Khodja, B. Fayard, A.M. Flank, & M. Carriere, 2012. Accumulation, translocation and impact of TiO2 nanoparticles in wheat (Triticum aestivum spp.): influence of diameter and crystal phase. Science of the total environment, 431: 197–208.
15. Lei, Z., Su M.Y., Wu X., Liu C., Qu C.X., Chen L., Huang H., Liu X.Q, & F.S. Hong., 2008. Interactions between manufactured nanomaterials and plants, Biol Trace Elem Res, 121: 69–79.
16. Lombi E., Nowack B., Baun A. & S.P. McGrath, 2012. "Evidence for effects of manufactured nanomaterials on crops is inconclusive," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109 (49): ID E3336.
17. Mahmoodzadeh H. & R. Aghili, 2014. "Effect on germination and early growth characteristics in wheat plants (*Triticumae stivum* L.) Seeds exposed to TiO2 nanoparticles," Journal of Chemical Health Risks, 4 (1): 1–10.
18. Mohammadi R., Maali-Amiri R., & A. Abbasi, 2013. Molecular Mechanisms of Reduced Nerve Toxicity by Titanium Dioxide Nanoparticles in the Phoxim-Exposed Brain of Bombyx mori Biological trace element research1–8.
19. Molina-Barahona L., Vega-Loyo L., & M. Guerrero, 2005. "Ecotoxicological evaluation of diesel-contaminated soil before and after a bioremediation process," Environmental Toxicology, 20 (1): 100–109.
20. Moore, M.N., 2006. Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment?. Environ Int, 32 (8): 967–976.
21. Nadiminti, P. P., Dong Y.D, & C. Sayer, 2013. "Nanostructured liquid crystalline particles as an alternative delivery vehicle for plant agrochemicals," ACS Applied Materials and Interfaces, 5 (5): 1818–1826.
22. Nevius B.A., Chen Y. P., Ferry J. L., & A.W. Decho, 2012. "Surface-functionalization effects on uptake of fluorescent polystyrene nanoparticles by model biofilms," Ecotoxicology, 21 (8): 2205–2213.
23. Paret M. L., Vallad G. E., D. R. Averett, J. B. Jones, & S.M. Olson, 2013. "Photocatalysis: effect of light-activated nanoscale formulations of TiO2 on Xanthomonas perforans and control of bacterial spot of tomato," Phytopathology, 103 (3): 228–236.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]

24. Qi, M., Liu, Y, & T. Li, 2013. Nano-TiO2 Improve the Photosynthesis of Tomato Leaves Biological trace element research, 156: 323-328.
25. Qiu, Z., Yang, Q, & W. Liu, 2013. "Photocatalytic degradation of phytotoxic substances in waste nutrient solution by various immobilized levels of nano-TiO2," Water, Air & Soil Pollution, 224 (3): 1–10.
26. Ruffini Castiglione, M., Giorgetti, L., Geri, C, & R. Cremonini, 2010. The effects of nano TiO2 on seed germination,development and mitosis of root tip cells of Vicia narbonensis L and *Zea mays* L. Journal of Nanoparticle Research. 6: 2443-2449.
27. Samadi, N, Yahyaabadi, S. & Z. Rezayatmand, 2014. Effect of TiO2 and TiO2 Nanoparticle on Germination, Root and Shoot Length and Photosynthetic Pigments of Mentha Piperita, International Journal of Plant & Soil Science, 3(4): 408-418.
28. Seeger, E. M., Baun A., Kästner M. & S. Trapp, 2009. Insignificant acute toxicity of TiO2 nanoparticles to willow trees, Journal of Soils and Sediments 9 (1): 46-53.
29. Stephen, G. W., Li H., Jennifer, H., Da-Ren In-Chul, C., K. & J.T. Yinjie, 2012. "Phytotoxicity of metal oxide nanoparticles is related to both dissolved metals ions and adsorption of particles on seed surfaces," Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology, 3: article 4.
30. Sunada, K., Ding X. G., Utami, M. S., Kawashima, Y., Miyama, Y. & K. Hashimoto, 2008. "Detoxification of phytotoxic compounds by TiO2 photocatalysis in a recycling hydroponic cultivation system of asparagus," Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56 (12): 4819–4824.
31. Zheng, L., Hong, F., Lu, S., & C. Liu, 2005. "Effect of nano-TiO2 on strength of naturally aged seeds and growth of spinach," Biological Trace Element Research, 104 (1): 83–91.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1394.9.2.6.1]