بررسی سمیت نانوذره اکسید آهن بر جوانه‌زنی و رشد اولیه دو گونه *Agropyron elongatum* و *Agropyron desertorum*

نادیا کمالی[۱]، احمد صادقی‌پور*[۲] و مهشید سوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۳/۳۰

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی سمیت غلظت‌های مختلف (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانواکسید آهن (Fe_3O_4) بر جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه دو گونه *Agropyron desertorum* Fisch. ex Link و *Agropyron elongatum (Host). Beauv* بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار صورت گرفت. نتایج نشان داد، غلظت بالای نانواکسید آهن کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در دو گونه مورد مطالعه را به دنبال دارد، به‌طوریکه غلظت ۴۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر این نانوذره باعث کاهش درصد جوانه‌زنی *A. desertorum* (از ۹۵ به ۷۰ درصد) و *A. elongatum* (از ۸۴ به ۴۵ درصد)، همچنین کاهش رشد گیاهچه *A. desertorum* (از ۸/۰۸ به ۶/۳۲ سانتی متر) و *A. elongatum* (از ۱۱/۶۲ به ۷/۲۷ سانتی متر) شد. *A. elongatum* در خصوصیات مورد مطالعه بیشتر از *A. desertorum* تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذره مورد مطالعه قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: نانواکسید آهن، *Agropyron desertorum*، *Agropyron elongatum*، جوانه‌زنی، گیاهچه.

[۱]- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

[۲]- استادیار دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان.

*: نویسنده مسئول: a.sadeghipour@semnan.ac.ir

[۳]- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مقدمه

تحولات در حوزه فناوری نانو موجب ورود روز افزون این محصولات به بخش های مختلف علمی، تجاری و صنعتی گردیده است (۲۰ و ۱۰). امروزه فناوری نانو به‌طور گسترده در علوم مختلف از جمله بیوتکنولوژی و علوم کشاورزی گسترش یافته است. از کاربردهای نانوفناوری در علوم کشاورزی می‌توان به استفاده از این تکنولوژی در کودها و آفت‌کش‌ها، تبدیل ضایعات کشاورزی و مواد غذایی، حسگرهای شیمیایی، تصفیه آب، پیشگیری از بیماری‌های گیاهی، بسته بندی مواد غذایی، پیش بینی تغیرات آب و هوا، بهبود جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهان اشاره کرد (۲۴، ۱۹ و ۷). نانوذارت اکسید آهن به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصر به فردی از جمله خصوصیات مغناطیسی و واکنش‌پذیری بالا، دارورسانی، سنجش پادتن و گرمادرمانی کاربردهای گسترده‌ای دارند (۵، ۲۵ و ۲۶)، در نتیجه احتمال ورود آنها به محیط‌های آبی و خاکی، همچنین تعاملات این مواد با جلبک‌ها، قارچ‌ها، گیاهان و سایر موجودات اکوسیستم‌ها بسیار زیاد است، از این رو بررسی تاثیر نانوذرات بر موجودات زنده بسیار ضروری است (۱۸). گیاهان به عنوان اولین سطح غذایی اکوسیستم‌های خاکی در میان ارگانیسم‌های زنده از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند، به همین دلیل مطالعه بر تاثیر نانوذرات مختلف در رشد و توسعه گیاهان مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است (۱۴). با توجه به حساسیت بالای مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه در چرخه زندگی گیاهان، مطالعه اثرات عوامل موثر بر این مرحله می تواند تعیین کننده سرنوشت گیاه در طول دوره رشد آن باشد. ذرات اکسید آهن حاصل از فوران آتش‌فشان‌ها، آتش‌سوزی‌ها و فعالیت‌های صنعتی همیشه در طبیعت و در تعامل با اکوسیستم‌های طبیعی وجود داشته‌اند. سمیت این ذرات در محیط‌های مختلف به ویژه محیط‌های آبی و تاثیر منفی آن بر عملکرد موجودات زنده ثابت شده است (۱۵، ۶ و ۲۲).

بررسی‌های محققان حاکی از اثر کم بازدارندگی این نانوذرات بر روی رشد گیاهان می باشد. بیشترین اثر سمی مشاهده شده از این نانوذره، کاهش رشد گیاهچه و ایجاد لکه‌های قهوه‌ای بر روی برگ‌ها می‌باشد (۱۶ و ۱). محققان جذب، انتقال و تجمع نانوذرات Fe_3O_4 را در گیاهان مورد مطالعه قرار دادند و متوجه حرکت این نانوذرات در سلول‌های گیاهی شدند، همچنین مشاهده کردند حضور این نانوذره باعث کاهش محتوی کلروفیل *Chlorella vulgaris* می‌گردد (۸).

جنس Agropyron از گیاهان مرتعی با ارزش بشمار می‌رود، بسیاری از گونه‌های آن در برابر خشکی، سرما، شوری و آفات بسیار مقاوم هستند و در مطالعات مختلف مرتعی مورد مطالعه قرار گرفته است (۱۲، ۲۳ و ۳۰).

مواد و روش ها:

به منظور انجام تحقیق حاضر غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانواکسید آهن مطابق تحقیق ۴ و ۸ انتخاب شدند تا تاثیر غلظت‌های در نظر گرفته شده بر جوانه زنی، رشد ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه *A. desertorum* و *A. elongatum* بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار مورد مطالعه قرار گیرد. بذر دو گونه مورد مطالعه از مراتع شهرستان سمنان تهیه شدند. نانواکسید آهن (Fe_3O_4) ساخت US-NANO آمریکا می‌باشد. خصوصیات نانوذره تهیه شده در جدول ۱ آورده شده است. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانواکسید آهن توسط دستگاه TEM تهیه گردید (شکل ۱).

به‌منظور تهیه محلول نانوذرات اکسید آهن با غلظت‌های انتخاب شده، ابتدا مقدار مشخص پودر نانوذره در یک لیتر آب ریخته شد و برای تهیه سوسپانسیون یکنواخت به مدت ۳۰ دقیقه در هموژنایزر التراسونیک قرار داده شد، قبل از استفاده از محلول از همزن‌های مغناطیسی جهت جلوگیری از تجمع احتمالی ذرات استفاده شد. به منظور بررسی قابلیت حیات بذور از تست تترازولیوم کلراید استفاده شد، بذرهای تهیه شده با محلول هیپوکلریت سدیم به مدت ده دقیقه به طور سطحی ضدعفونی و سپس با آب مقطر سه بار شستشو داده شدند. همچنین به منظور استریل بذرهای مورد مطالعه و جلوگیری از آلودگی‌های قارچی بذرها با قارچ‌کش کربوکسیل تیرام دو در هزار ضدعفونی شدند (۱۳). آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی در ۴ تکرار صورت گرفت. از پتریدیش‌های ۸ سانتی‌متری که توسط اتانول ۷۰ درصد ضد عفونی 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 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 (۱۳). ملاک جوانه‌زنی خروج ۱ تا ۲ میلی متر ریشه‌چه بود (۲۸)، شمارش بذور روزانه صورت گرفت، در آخرین روز جوانه‌زنی در هر پتریدیش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد.

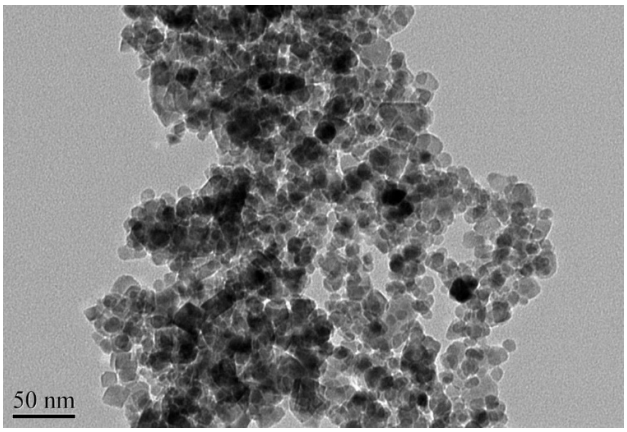
در صد جوانه‌زنی از رابطه (۱) محاسبه شد (۹).

$$Gp = n/N * 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

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.

جدول ۱: مشخصات نانوذرات اکسید آهن

نانوذرات اکسید آهن (Fe_3O_4)	چگالی حجمی نانو اکسید آهن	مورفولوژی ذرات	درصد خلوص	رنگ	متوسط قطر ذرات
	۰/۸۵گرم بر مترمکعب	کروی	۹۹+ درصد	قهوه ای تیره	۱۵-۲۰نانومتر



شکل ۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانوذرات اکسید آهن

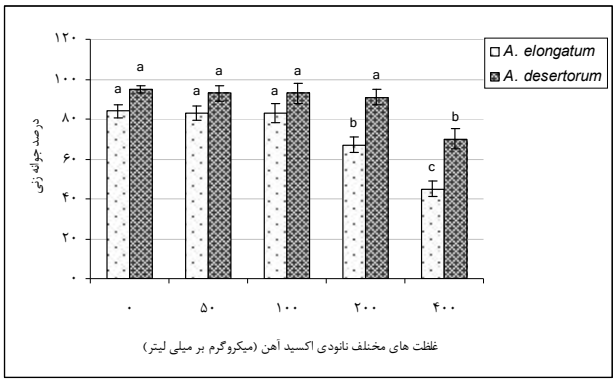
نتایج

بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس تاثیر غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن بر دو گونه *A. desertorum* و *A. elongatum* نشان داد، نانوذره مورد مطالعه بر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و گیاهچه دو گونه مورد مطالعه موثر می‌باشد. در میان دو گونه مورد مطالعه نانوذره اکسید آهن فقط بر رشد ساقه‌چه در گونه *A. elongatum* موثر است (جدول ۲).

نتایج تحقیق نشان داد در گونه *A. elongatum* دو غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی لیتر) نانواکسید آهن کاهش درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب (از ۸۴ به ۶۷ درصد) و (از ۸۴ به ۴۵ درصد) را به‌دنبال دارد، همچنین در گونه *A. desertorum* غلظت ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) باعث کاهش جوانه‌زنی از ۹۵ به ۷۰ درصد می گردد (شکل ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی، رشد ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه گونه های مورد بررسی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن

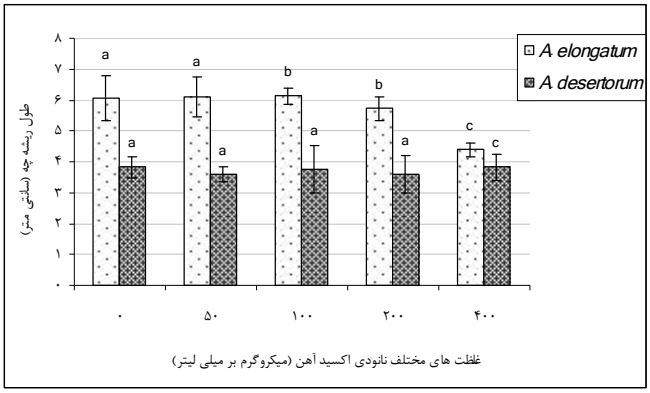
ویژگی مورد بررسی	گونه		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
درصد جوانه‌زنی	*A. elongatum*	بین گروهها	۴۵۵۶/۸	۴	۱۱۳۹/۲	۷۱/۲	**۰
		درون گروهها	۲۴۰	۱۵	۱۶		
		کل	۴۷۵۶/۸	۱۹			
	A. desertorum	بین گروهها	۱۷۲۴/۸	۴	۴۳۱/۲	۲۵/۲۶۶	**۰
		درون گروهها	۲۵۶	۱۵	۱۷/۰۶۷		
		کل	۱۹۸۰/۸	۱۹			
طول ریشه‌چه	*A. elongatum*	بین گروهها	۲۰/۲۶۳	۴	۵/۰۶۶	۲۱/۳۲۹	**۰
		درون گروهها	۳/۵۶۳	۱۵	۰/۲۳۸		
		کل	۲۳/۸۲۵	۱۹			
	A. desertorum	بین گروهها	۱۰/۵۹۷	۴	۲/۶۴۹	۹/۹۲۲	**۰
		درون گروهها	۴/۰۰۵	۱۵	۰/۲۶۷		
		کل	۱۴/۶۰۲	۱۹			
طول گیاهچه	*A. elongatum*	بین گروهها	۵۱/۵۱۲	۴	۱۲/۸۷۸	۳۶/۹۳۵	**۰
		درون گروهها	۵/۲۳۰	۱۵	۰/۳۴۹		
		کل	۵۶/۷۴۲	۱۹			
	A. desertorum	بین گروهها	۹/۰۱۰	۴	۲/۲۵۲	۸/۹۸۶	**۰/۰۰۱
		درون گروهها	۳/۷۶۰	۱۵	۰/۲۵۱		
		کل	۱۲/۷۷	۱۹			
طول ساقه‌چه	*A. elongatum*	بین گروهها	۰/۶۰۳	۴	۰/۱۵۱	۰/۹۳۸	۰/۴۶۹
		درون گروهها	۲/۴۱۳	۱۵	۰/۱۶۱		
		کل	۳/۰۱۶	۱۹			
	A. desertorum	بین گروهها	۰/۲۰۷	۴	۰/۰۵۲	۰/۲۶۹	۰/۸۹۳
		درون گروهها	۲/۸۸۵	۱۵	۰/۱۹۲		
		کل	۳/۰۹۲	۱۹			



شکل ۲: تاثیر غلظت مختلف نانواکسید آهن بر درصد جوانه‌زنی گونه‌های مطالعه شده

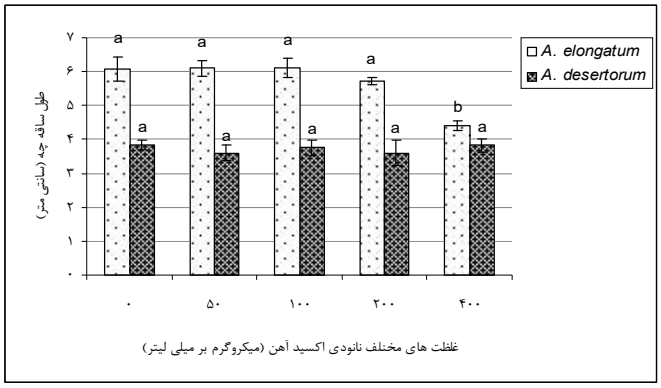
تمام غلظت های مورد مطالعه نانواکسید آهن بر رشد ریشه چه در گونه *A. elongatum* موثر است، غلظت های صفر و ۵۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) و غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانوذره از نظر آماری در یک گروه قرار می‌گیرند. بیشترین کاهش رشد ریشه‌چه در غلظت ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانواکسید آهن از ۵/۵۵ به ۲/۸۸ سانتی‌متر بوده است.

در گونه *A. desertorum* تنها غلظت ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی لیتر) نانواکسید آهن بر رشد ریشه‌چه موثر است که کاهش رشد را از ۴/۲۵ به ۲/۵ سانتی‌متر را به دنبال دارد (شکل ۳).



شکل ۳: تاثیر غلظت مختلف نانواکسید آهن بر رشد ریشه چه گونه‌های مطالعه شده

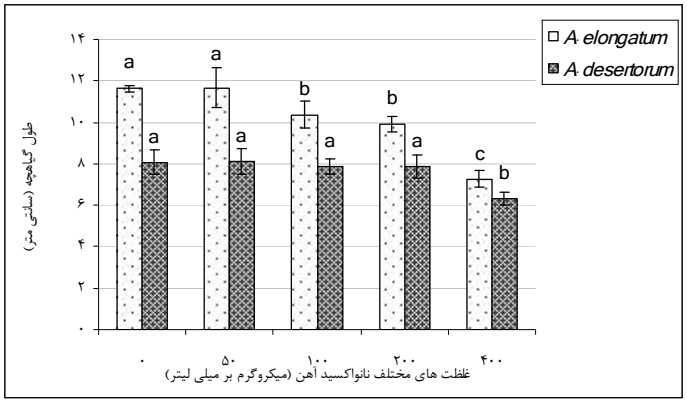
نتایج نشان داد غلظت‌های مورد مطالعه از نانوذره استفاده شده در تحقیق تنها بر رشد ساقه‌چه در گونه *A. elongatum* موثر است، غلظت ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) آن کاهش رشد ساقه‌چه از ۸/۰۸ به ۴/۴ سانتی‌متر را در پی داشته است (شکل ۴).



شکل ۴: تاثیر غلظت مختلف نانواکسید آهن بر رشد ساقه‌چه گونه‌های مطالعه شده

تمام غلظت‌های مورد مطالعه نانواکسید آهن بر رشد گیاهچه در گونه *A. elongatum* موثر است، غلظت‌های صفر و ۵۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) و غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانوذره از نظر آماری در یک گروه قرار می‌گیرند. غلظت های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی لیتر) نانواکسید آهن باعث کاهش رشد گیاهچه می‌گردد. بیشترین کاهش رشد گیاهچه در غلظت ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانواکسید آهن از ۱۱/۶۳ به ۷/۲۸ سانتی‌متر بوده است.

در گونه *A. desertorum* تنها غلظت ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) نانواکسید آهن بر رشد ریشه‌چه موثر است که کاهش رشد گیاهچه را از ۸/۰۷ به ۶/۳۳ سانتی‌متر را به دنبال دارد (شکل ۵).



شکل ۵) تاثیر غلظت مختلف نانواکسید آهن بر رشد گیاهچه گونه‌های مطالعه شده

بحث و نتیجه‌گیری

شناخت تاثیر نانوذرات مختلف بر رشد و توسعه گیاهان که از آن با عنوان سمیت یاد می‌شود، از دغدغه‌های اصلی دانشمندان با توجه به توسعه فناوری نانو در صنعت و علم می‌باشد، در این میان تحقیقات صورت گرفته بر روی تاثیر نانواکسید آهن بر گیاهان بسیار محدود است. ورود نانوذرات اکسید آهن به بافت‌های گیاهی در مطالعات مختلف مشاهده شده، ژو[1] و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تاثیر نانوذرات اکسید آهن بر بافت‌های گیاه کدو، متوجه جذب و انتقال و تجمع این نانوذره در بافت‌های گیاه کدو شدند. نتایج تحقیق انجام شده نیز نشان دهنده تاثیر نانواکسید آهن بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهان می‌باشد. نتایج بیانگر تاثیر منفی نانواکسید آهن بر رشد و توسعه گیاهان مورد مطالعه است، همچنین تاثیر این نانوذره در مراحل مختلف رشد گیاهان متفاوت است و رشد گونه‌های مختلف در حضور این نانوذره یکسان نیست به طوریکه گونه *A. elongatum* بیش از گونه *A. desertorum* تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن قرار می‌گیرد، که نشان‌دهنده آمادگی بیشتر دیواره و غشاء سلولی این گونه برای ورود نانوذرات اکسید آهن به درون آن می‌باشد. در مطالعات گوناگون به رفتار متفاوت این دو گونه در برابر عوامل مختلف اشاره شده است، بنابر این می‌توان از این ویژگی‌های متفاوت جهت پروژه‌های اصلاحی و احیایی و یا مدیریت ریسک آلودگی در مناطق مختلف بهره برد. بعنوان مثال باقری و محمدی (۱۳۸۹) به واکنش متفاوت این دو گونه در مواجهه با مقادیر مختلف پودر درمنه دشتی اشاره داشتند و یا زندی و آذرنیوند (۱۳۹۲) واکنش متفاوت این دو گونه در برابر تنش آبی را گزارش کردند. بیشتر محققان بر این باورند تاثیر سمی قابل ملاحظه‌ای که توسط این نانوذره ایجاد می‌شود ایجاد تنش اکسایشی توسط آن، تاثیر بر فتوسنتز و کاهش سرعت فرایندهای متابولیکی می‌باشد (۱۷). همچنین در مراحل مختلف رشد گیاهان حساسیت متفاوتی در برابر نانوذرات از خود نشان می‌دهند (۱) که تحقیق حاضر مؤید این مطلب است، به عنوان مثال رشد ساقه چه در گیاهان مورد مطالعه کمتر از رشد ریشه چه و گیاهچه تحت تاثیر این نانوذره قرار گرفته است. سمیت نانوذرات اکسید آهن در مطالعات مختلفی ثابت شده است، از جمله برحومی[2] و همکاران (۴) در مطالعه تاثیر نانوذرات اکسید آهن با غلظت های صفر، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) بر گیاه آبی *Lemna gibba* متوجه شدند در غلظت‌های بالای نانوذره کاهش محتوی کلروفیل، کاهش فتوسنتز، کاهش وزن‌تر گیاه (۵۲ تا ۵۹ درصد) و کاهش تعداد ساقه‌های جانبی (۳۲ تا ۴۹ درصد) مشاهده می‌شود، همچنین مشتاق[3] (۲۰۱۱) مهار رشد ریشه‌چه و جوانه‌زنی بذر گیاه خیار را در مجاورت نانوذرات Fe_3O_4 پس از ۶ روز مشاهده کرد. همچنین کاهش رشد ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی این گیاه را در محیط هیدروپونیک با غلظت ۵۰۰ و ۱۵۰۰ (میکروگرم بر

[1] - Zhu
[2]- Barhoumi
[3]- Mushtaq

میلی‌لیتر) مشاهده کرد. تیمار نانوذارت اکسید آهن بر گیاهان ایجاد فشار اکسایشی می‌کند، این فشار اکسایشی بر عمل فتوسنتز تاثیر می‌گذارد و در نهایت کاهش سرعت فرایندهای متابولیک را در گیاهان به دنبال دارد (۱). اورساچاآپریسان[1] و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات سطح کلروفیل در گیاه آفتابگردان در حضور نانوذارت اکسید آهن پرداختند، نتایج نشان داد حضور این نانوذره میزان رنگدانه‌ها را در سلول‌ها کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش ۵۰ درصدی سطح کلروفیل نسبت به شاهد می‌گردد.

برخی مطالعات نتایج مثبت از تاثیر نانواکسید آهن بر گیاهان نشان می‌دهد که با مطالعه حاضر همخوانی ندارد البته بیشتر این مطالعات استفاده از نانواکسید آهن به صورت محلول پاشی را مورد آزمایش قرار داده‌اند، فتحی و زاهدی (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر محلول پاشی اکسید آهن و روی به دو شکل معمول و نانو ذرات بر واکنش دو ژنوتیپ ذرت در شوری‌های متفاوت خاک به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی اکسید آهن به شکل نانوذرات وزن خشک اندام هوایی را به نسبت بیشتری در مقایسه بامحلول پاشی آن به شکل معمول آنها افزایش می‌دهد. همچنین برقی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود بر روی اثر محلول پاشی نانو اکسید آهن بر جذب عناصر غذایی در غده سیب زمینی نتیجه گرفتند، کود نانواکسید آهن در غلظت‌های مختلف (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) بر میزان سدیم، آهن برگ، فسفر غده و عملکرد در هکتار سیب زمینی موثر است.

مطالعات گوناگون صورت گرفته در زمینه تاثیر نانوذرات بر گیاهان، روی ابعاد و دوز نانوذرات، در محیط‌های مختلف، خواص شیمیایی و فیزیکی آن‌ها، نشان می‌دهد آنچه بیش از هر عاملی بر عملکرد گیاهان در معرض نانوذرات موثر است، مکانیسم‌های عبور نانوذرات از غشای سلولی و دیواره‌های سلولی می‌باشد، به طوریکه برخی از نانوذرات به راحتی از دیواره سلولی بذر و ریشه گیاهان عبور کرده و بر عملکرد بذر و از طریق ریشه بر عملکرد گیاه موثر هستند (۱۳و ۲۱).

کاهش جوانه‌زنی، بقاء گیاهان 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 موجودات زنده را به دنبال دارد، از طرفی برخی مقادیر این نانوذره افزایش میزان جوانه‌زنی در گیاهان را به دنبال دارد که می‌تواند به عنوان تیمار افزایش‌دهنده قدرت جوانه‌زنی مد نظر قرار گیرد. در هر حال نانوذرات از طریق استعمال مستقیم، انتشار تصادفی، رسوبات و خاک‌های آلوده و یا مواد اتمسفری به گیاهان رسیده و اثرات مثبت و منفی معنی‌داری را بر روی گیاهان و زنجیره غذایی اعمال می‌کنند که محققان باید حذف آلودگی‌های زیست محیطی آن‌ها و یا جلوگیری از ورود آن‌ها به طبیعت را مد نظر داشته باشند. در هر حال تاثیر غلظت‌های متفاوت این نانوذره بر رشد گیاهان باید مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد و تاثیر آن بر گیاهان علفی و بوته‌ای همچنین درختی و درختچه‌ای مورد بررسی قرار گیرد و بر اساس این مطالعات از نقش مثبت آن در بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه استفاده شود و از ورود غلظت‌های سمی آن به طبیعت جلوگیری شود.

[1]- Ursache-Oprisan

References

1. Aslani, F., S. Bagheri., N.M. Julkapli., A.S. Juraimi., F.S. Golestan Hashemi & A. Baghdadi, 2014. Effects of Engineered Nanomaterials on Plants Growth: An Overview. The Scientific World Journal, Article ID 641759, 28 p.
2. Bagheri, R. & S. Mohammadi, 2011. Allelopathic effects of *Artemisia sieberi* Besser on three important species (*Agropyron desertorum, Agropyron elongatum* and *Atriplex canescens*) in range improvement. Iranian journal of Range and Desert Reseach, 17(4): 538-548.
3. Barghi, A., A. Gholipouri., A. Tobe., S. Jahanbakhsh & S. Jamaati-e somarin, 2014. Survey on the effects of iron nano oxide foliar application on mineral nutrients uptake in potato tuber. Journal of plant eco physiology, 6(1): 1-12.
4. Barhoumi, L, A. Oukarroum., L.T. Ben, L.S. Smiri., H. Abdelmelek & D. Dewez, 2015. Effects of Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles on Photosynthesis and Growth of the Aquatic Plant Lemna gibba. Arch Environ Contam Toxicol., 68(3): 510-520.
5. Besson-Bard, A., A. Gravot., P. Richaud., P. Auroy., C. Duc., F. Gaymard., L. Taconnat., J.P. Renou., A. Pugin & D. Wendehenne, 2009. "Nitric oxide contributes to cadmium toxicity in arabidopsis by promoting cadmium accumulation in roots and by up-regulating genes related to iron uptake," Plant Physiology, 149(3): 1302–1315.
6. Bhatt, I & B.N. Tripathi, 2011. Interaction of engineered nanoparticles with various components of the environment and possible strategies for their risk assessment. Chemosphere 82:308–317.
7. Carmen, U., P. Chithra., Q. Huang., P. Takhistov., S. Liu & J.L. Kokini, 2003. Nanotechnology: a new frontier in food science. Food Technol, 57:24–29.
8. Chen, X., X. Zhu., R. Li., H. Yao., Z. Lu & X. Yang, 2012. Photosynthetic toxicity and oxidative damage induced by nano-Fe_3O_4 on Chlorella vulgaris in aquatic environment. Op J Ecol, 2:21–28.
9. Copland, L.O. & M.B. Mc Donald, 1995. Principals of seed science and Technology. Third edition. Chapman and Hall, New York. 236p.
10. Dunphy, K.A., M.P. Finnegan & J.F. Banfield, 2006. Influence of surface potential on aggregation and transport of Titania nanoparticles. Environ Sci Technol, 40:7688–7693.
11. Fathi, A. & M. Zahedi, 2014. The effect of foliar application of iron and zinc oxide nanoparticles on growth and ionic content of maize genotypes differing in salinity of the soil, Journal of agricultural research in Iran, 12(1): 110-117. (In Persian)
12. Hashemi, M., H. Azarnivand., M.H. Asare., A.A. Jafari & A. Tavili, 2014. Study the effect of water stress on germination and seedling growth of three genotypes of rangeland species *Agropyron podperae*. Journal of Rangeland, 8(3): 212-218. (In Persian)
13. Kamali, N. & A. Sadeghipour, 2015. Effects of different concentrations of nano TiO_2 on germination and early growth of five range plant species. Journal of Rangeland, 9(2): 178-181. (In Persian)
14. Ke, P., J. Lin, C. Reppert, S.A.M. Rao & H. Luo, 2011. Uptake of carbon-based nanoparticles by mammalian cells and plants. In: Sattler KD (ed) Handbook of nanophysics: nanomedicine and nanorobotics, CRC Press, New York, 1–30.
15. Klaine, S.J., P.J.J. Alvarez., G.E. Batley., T.F. Fernandes., R.D. Handy., D.Y. Lyon, S. Mahendra., J. McLaughlin & J.R Lead, 2008. Nanomaterials in the environment: behavior, fate, bioavailability, and effects. Environ. Toxicol. Chem., 27:1825–1851.
16. Liu, W.J., Y.G. Zhu & Y. Hu, 2006. Arsenic sequestration in iron plaque, its accumulation and speciation in mature rice plants (Oryza Sativa L.), Environmental Science and Technology, 40(18): 5730–5736.
17. Ma, Y., L. Kuang & X. He, 2010. Effects of rare earth oxide nanoparticles on root elongation of plants. Chemosphere, 78(3): 273–279.
18. Mushtaq, Y.K, 2011. Effect of nanoscale Fe_3O_4, TiO_2 and carbon particles on cucumber seed germination. J. Environ. Sci. Health, 46:1732–1735.
19. Nair, R., S.H. Varghese., B.G. Nair., T. Maekawa., Y. Yoshida & D.S. Kumar, 2010. Nanoparticulate materials delivery to plants. Plant Sci., 179:154–163.
20. Navarro, E., A. Baun., R. Behra., N. Hartmann., J. Filser., A. Miao., A. Quigg., P.H. Santschi & L. Sigg, 2008. Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi, Ecotoxicology, 17:372–386
21. Nevius, B.A., Y.P. Chen., J.L. Ferry & A.W. Decho, 2012. Surface-functionalization effects on uptake of fluorescent polystyrene nanoparticles by model biofilms. Ecotoxicology, 21(8): 2205–2213,
22. Peralta-Videa, J. R, L. Zhao., M.L. Lopez-Moreno., G. de la Rosa., J. Hong & J.L. Gardea-Torresdey, 2011. Nanomaterials and the environment: a review for the biennium 2008–2010. J. Hazard. Mater, 186:1-15.

23. Shakeri Borojeni, N., H. Bshari & M. Tarkesh, 2014. Identifing grazing indicator species using gradient analysis approach in Semi-Steppe rangelands of Feridan-Isfahan. Iranian Journal of Rangeland, 8 (2): 201-212. (In Persian)
24. Siddiqui, M.H., M.H. Al-Whaibi., M.F. Mutahhar & Y. Al-Khaishany, 2015. Role of Nanoparticles in Plants. Springer International Publishing Switzerland. Chapter 2: 19-35.
25. Singh, N., G.J.S. Jenkins., R. Asadi & S.H. Doak, 2010. Potential toxicity of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPION). Nano Rev., 1:53-58.
26. Stephan, M.K., 2004. Iron oxide dissolution and solubility in the presence of siderophores. Aquatic Sciences, 66(1): 3–18.
27. Ursache-Oprisan, M., E. Focanici., D. Creanga & O. Caltun, 2011. Sunflower chlorophyll levels after magnetic nanoparticle supply. African Journal of Biotechnology, 10(36): 7092-7098.
28. US Environmental Protection Agency. 1996. Ecological Effects Test Guidelines. OPPTS 850.4200. Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test. EPA 712–C–96–154
29. Zandi Esfahan, E. & H. Azarnivand, 2013. Effect of water stress on seed germination of *Agropyron elongatum, Agropyron desertourm* & *Secale montanum.* Desert, 17: 249-253.
30. Zare Chahoki, M.A., M. Abasi & H. Azarnivand, 2016. Evaluating logistic regression model capability to determine spatial distribution map of plant species (Case study: Taleghan Miany rangelands). Iranian Journal of Rangeland, 4: 23-32. (In Persian)
31. Zhu, H., J. Han., L. Lutz., Q.J. Xiao & Y. Jin, 2008. Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring, 10: 713-717.