تاثیر دراز مدت استفاده از نانوذرات مگنتیت بر خصوصیات رشدی گیاه گندم در خاک‌های آهکی

محبوبه جلالی[۱]، محمد هادی غفاریان مقرب[۲]
۱- دکتری رشته خاکشناسی، گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران

چکیده

هدف این مطالعه، بررسی تاثیر نانوذرات مگنتیت بر گندم و تاثیر دراز مدت این نانوذرات در نسل دوم گیاه بود. بطور خلاصه، گیاهان در نسل اول با ۲۰۰ ppm نانوذرات مگنتیت و ۴۵۰ ppm کلات آهن (EDTA) تیمار شدند و سپس بذور آنها دوباره در نسل دوم کاشته شدند. بذور حاصله از نسل اول، دوباره با نانوذرات و کلات آهن تیمار شدند و نتایج دو نسل مقایسه شد. در نسل اول، تیمار نانوذرات باعث افزایش کلروفیل، فریتین، آهن و وزن هزار دانه و کاهش میزان مالون دی آلدئید (MDA) و فعالیت آنزیم کاتالاز شد. تکرار محلول‌پاشی با نانوذرات در نسل دوم باعث کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل و افزایش MDA نسبت به سایر تیمارها شد. اما اثر سوئی در پارامترهای رشدی در گیاهانی که در دو نسل با کلات تیمار شدند مشاهده نشد. بواسطه تاثیر منفی نانوذرات در نسل دوم، احتیاط بیشتری در کاربرد این نانوذرات برای سال‌های بعد پیشنهاد می‌شود.

واژه های کلیدی: خاک‌های آهکی، کلات آهن، گندم، نانوذرات مگنتیت

مقدمه

آهن یک عنصر ضروری برای فرآیندهای متابولیک گیاه است که برای سنتز DNA، فتوسنتز و تنفس ضروری بوده و نقش کلیدی در واکنش‌های سوخت و سازی دارد. آهن به طور مستقیم در بیوسنتز کلروفیل شرکت داشته و برای سنتز پروتوپورفرین که پیش ماده سنتز کلروفیل است ضروری می‌باشد. حدود ۶۰ درصد محتوی آهن برگ، در کلروپلاست می باشد. از این رو کمبود این عنصر به طور مستقیم بر میزان کلروفیل تاثیر دارد که نهایتا منجر به بروز کلروز می‌شود (Dat et al., 2000). کلروز برگ ناشی از کمبود آهن یک نابسامانی تغذیه‌ای گسترده در گیاهان است که می‌تواند نتایج خطیر و جدی برای محصولات کشاورزی به سبب کاهش در عملکرد محصول و خسارت به کمیت و کیفیت میوه داشته باشد. یکی از راه‌های رفع این معضل، استفاده از ترکیبات کلات کننده آهن است که به دلیل گرانی برای محصولات خاص استفاده می‌شود. یکی از جدیدترین ابداعات بشری که امید تازه‌ای در توسعه کشاورزی ایجاد کرده، نانوفناوری است. نانوفناوری عبارت است از دستکاری دقیق و کنترل شده ساختار اتمی یا مولکولی مواد در مقیاس نانومتر به منظور تهیه ریزذراتی با خصوصیات نوظهور و کاربردهای خاص (Mingyu et al., 2008).

نانوذرات اکسید آهن (مگنتیت) دارای ابعاد مناسب، می‌توانند بدون نیاز به یونش به صورت مولکولی جذب و در گیاه انتقال یابند. این نانوذرات فاقد عوارض سمی در غلظت‌های اندک برای جانوران بوده و با بکارگیری در رهایش هدفمند دارو، تصویربرداری مغناطیسی، گرما درمانی و ... یکی از پرکاربردترین نانوذرات بشمار می‌روند (Mahmoudi et al., 2010). تحقیقات نشان داده که نانوذرات نه تنها می‌توانند توسط گیاهان جذب شوند بلکه می‌توانند هنگام وارد شدن به گیاه در درون بافت‌های گیاه منتقل شوند و وارد اندام‌های خوراکی گیاهان شوند (Miralles et al., 2012). احتمال انتقال نانوذرات به قسمت‌های خوراکی گیاهان و از آن طریق تاثیر بر انسان‌ها و جانوران یکی از مهمترین نگرانی‌های پیش روی بشر است. مطالعات زیادی تاثیر مثبت نانوذرات را در گیاهان اثبات کرده‌اند و تاثیر دراز مدت این نانوذرات یکی از موضوعات مهمی است که باید بدان

پرداخته شود. لذا هدف از این مطالعه بررسی تاثیر دراز مدت نانوذرات اکسید آهن بر خصوصیات رشدی گیاه گندم در خاک آهکی است. در تمام موارد نتایج با نتایج حاصل از کلات آهن مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی کارایی نانوذرات مگنتیت بر رفع کلروز آهن گندم در خاک‌های آهکی، مقایسه آن با کلات آهن و بررسی اثر این نانو مواد بر نسل بعدی گیاه، ۲ کشت گلخانه‌ای مجزا انجام شد. در ابتدا به منظور محلول‌پاشی برگی گیاهان با نانوذرات اکسید آهن، این مواد با درجه خلوص ۹۹/۹۹٪، میانگین اندازه ۱۵-۱۰ نانومتر و سطح ویژه ۸۱/۹۸ $m^2 g^{-1}$ تهیه شد. به منظور پراکندگی کامل نانوذرات مگنتیت، محلول حاوی این نانوذرات در تمام دو کشت گلخانه‌ای، قبل از هر بار محلول‌پاشی برگی با همزن اولتراسونیک (100 W, 40 KHz) به مدت نیم ساعت همزده شد. کلات آهن استفاده شده در این تحقیق، Fe-EDTA، از مواد تولیدی شرکت مرک بود.

این آزمایش در گلخانه با دمای حداقل ۲۰°C و حداکثر ۳۲°C، رطوبت نسبی ۶۰٪ و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ۲۰۰ppm نانوذرات اکسید آهن، ۴۵۰ ppm کلات آهن و آب مقطر به عنوان کنترل بود. (برای انتخاب غظت مناسب برای محلول‌پاشی هر یک از تیمارها پیش آزمایشی انجام شد که داده ها نشان داده نشده است). در ابتدا بذور گندم توسط هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی شدند و سپس ۳ مرتبه بوسیله آب مقطر شستشو داده شدند. سپس بذور در گلدان‌های پلاستیکی که حاوی خاک آهکی بودند کاشته شدند و آبیاری گلدان‌ها هر روز به طور منظم انجام گرفت. در ابتدا برای اطمینان از جذب نانوذرات توسط گیاه، شدت سیگنال مغناطیسی در اندام‌های مختلف گیاه با دستگاه مغناطیس سنج نمونه مرتعش اندازه گیری شد. محلول‌پاشی‌ها در پنج مرحله رشدی گیاه شامل چهاربرگی، ساقه دهی، سنبله رفتن، گلدهی و شیری شدن دانه‌ها انجام شد. به منظور دستیابی به بالاترین میزان جذب در هر مرحله، محلول‌پاشی در چهار روز پشت سر هم در صبح زود و بگونه‌ای انجام گرفت که سطح برگ کاملا با محلول خیسانده شده و محلول‌ها از سطح برگ چکه کند. سپس در تمام ۳ مرحله از محلول‌پاشی، گیاهان یک هفته بعد از آخرین محلول‌پاشی برداشت شدند. بلافاصله قسمت‌های مختلف گیاه از هم جدا شدند و در داخل تانک نیتروژن با دمای ۱۹۲°C- قرار داده شدند.

آزمایش دوم: هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر دراز مدت محلول‌پاشی گیاهان با نانوذرات اکسید آهن و کلات آهن در نسل اول، بر نسل بعدی گیاهان بود. با مشخص شدن اثر نانوذرات مگنتیت بر گیاهان مذکور، این آزمایش به منظور بررسی تاثیر این مواد بر گیاهان نسل بعدی انجام شد. این آزمایش در گلخانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تمام شرایط محیطی و آزمایشی همانند آزمایش اول بود. در این مرحله، گیاهان به ۷ گروه به شرح ذیل تقسیم شدند:

گیاهان رشد کرده از دانه‌هایی که پدر و مادر آنها در نسل اول هیچگونه تیماری ندیدند و در این مرحله نیز هیچ‌گونه تیماری بر آنها اعمال نشده است که از این پس در نتایج به صورت UT-0 نمایش داده می‌شوند.

- گیاهان رشد کرده از دانه‌هایی که پدر و مادر آنها در نسل اول هیچ‌گونه تیماری ندیدند ولی در این مرحله با ۲۰۰ ppm نانوذرات اکسید آهن محلول‌پاشی شدند که از این پس در نتایج به صورت UT-200 INPs نمایش داده می‌شوند.
- گیاهان رشد کرده از دانه‌هایی که پدر و مادر آنها در نسل اول هیچ‌گونه تیماری ندیدند ولی در این مرحله با Fe-EDTA ۴۵۰ ppm محلول‌پاشی شدند که از این پس در نتایج به صورت UT-450 ICh نمایش داده می‌شوند.
- گیاهانی که در نسل دوم با۲۰۰ ppm نانوذرات محلول‌پاشی شده‌اند و همچنین پدر و مادر آنها هم در نسل اول با همین میزان از نانوذرات اکسید آهن تیمار شده‌اند که از این پس در نتایج به صورت T-200 INPs نمایش داده می‌شوند.
- گیاهانی که در نسل دوم با ۴۵۰ کلات آهن محلول‌پاشی شده‌اند و همچنین پدر و مادر آنها هم در نسل اول با همین میزان از کلات آهن تیمار شده‌اند که از این پس در نتایج به صورت T-450 ICh نمایش داده می‌شوند.
- گیاهانی که پدر و مادر آنها با نانوذرات اکسید آهن تیمار شده‌اند ولی خودشان در نسل دوم محلول‌پاشی نشده‌اند که از این پس در نتایج به صورت T-0 INPs نمایش داده می‌شوند.

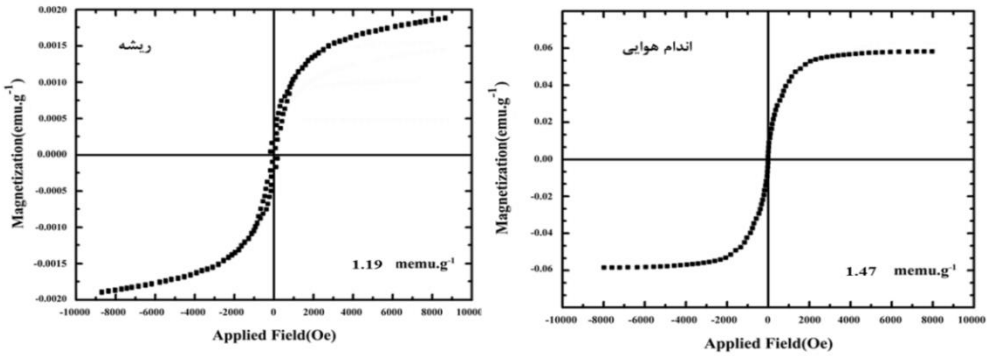
- گیاهانی که پدر و مادر آنها با کلات آهن تیمار شده‌اند ولی خودشان در نسل دوم محلول‌پاشی نشده‌اند که از این پس در نتایج به صورت T-0 ICh نمایش داده می‌شوند.

آنالیزهای مورد نظر با استفاده از روش‌های زیر انجام گرفت. کلروفیل (Arnon, 1949)، آهن کل (Erdemoglu 2006,Basgel and)، پروتئین (Bradford, 1976)، فعالیت کاتالاز، پراکسیداز و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا (Ghanati et al., 2005)، فلاونوئید (Krizek et al,. 1998) و فریتین (Rajabbeigi et al., 2013).

در نهایت، تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی سیگنال‌های مغناطیسی اندازه‌گیری شده از ریشه و اندام هوایی گیاه گندم محلول‌پاشی شده با نانوذرات اکسید آهن نشان داد که چون یون آهن فاقد خواص مغناطیسی است؛ بنابراین در تیمار حاوی کلات آهن، سیگنال مغناطیسی در گیاه مشاهده نشد (داده ها نشان داده نشده است). این در حالی بود که در بافت‌های مختلف گندم محلول‌پاشی شده با نانوذرات در این آزمایش، سیگنال‌های مغناطیسی با شدت متفاوت دیده شد. نتایج نشان داد که سیگنال مغناطیسی قوی ($۱/۴۷ memu\ g^{-1}$) توسط دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه مرتعش از اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شده است. همچنین وجود سیگنال مغناطیسی $memu\ g^{-1}$ ۱/۱۹ در ریشه بیانگر حضور نانوذرات و انتقال آنها از اندام‌های هوایی به این قسمت بود(شکل ۱).



شکل ۱- سیگنال‌های مغناطیسی اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه مرتعش در تیمار حاوی نانوذرات مگنتیت در اندام هوایی و ریشه گندم

تاکنون تحقیقات اندکی جذب، انتقال و تجمع نانوذرات را در گیاه مورد ارزیابی قرار داده است. علی‌رغم وجود روش‌های متعدد بکار رفته در شناسایی نانوذرات در گیاهان، هنوز روش استانداردی برای ارزیابی جذب، انتقال و تجمع نانوذرات در گونه‌های مختلف گیاهان برگزیده نشده است (Lin et al., 2009). در این پژوهش، برای ارزیابی جذب و انتقال نانوذرات توسط گیاه، از روش غیر مستقیم ارزیابی سیگنال مغناطیسی در بافت‌های گیاهی استفاده شد. نتایج سیگنال مغناطیسی نشان داد که نانوذرات مگنتیت دارای میانگین قطر ۱۵-۱۰ نانومتر، می‌توانند توسط برگ‌ها جذب و به ریشه گندم منتقل شوند. حفرات درون دیواره سلولی، دارای ابعادی بین ۵ تا ۲۰ نانومتر هستند و از لحاظ تئوری، نانوذرات دارای ابعاد کمتر از ۲۰ نانومتر می‌توانند از دیواره سلولی عبور کنند. با این وجود، نتایج تحقیقات لی و همکاران نشان داد که ماش و گندم قادر به جذب نانوذراتی با قطر در حدود ۵۶ نانومتر نیز می‌باشند (Lee et al., 2012). فرض شده است که نانوذرات اکسید آهن می‌توانند نفوذپذیری دیواره سلولی گیاه را افزایش دهند و حفراتی را در دیواره بوجود آورده و سپس از طریق این حفرات به دیواره نفوذ

کنند (Miralles et al., 2012).

نتایج نشان داد که کاربرد نانوذرات مگنتیت در نسل اول باعث بهبود رشد گیاه شد. گیاهان تیمار شده با نانوذرات مگنتیت در نسل اول افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل، فریتین دانه، آهن کل دانه و وزن هزار دانه و کاهش معنی‌داری در میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به گیاهان تیمار شده با کلات آهن و گیاهان گروه کنترل نشان دادند (جدول ۱). تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین دانه و فعالیت آنزیم پراکسیداز و فلاونوئید در بین تیمارهای مختلف وجود ندارد.

جدول ۱- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشدی گندم در نسل اول به روش LSD. داده‌ها نمایان‌گر میانگین ± انحراف معیار ۳ آزمایش مستقل هر کدام حداقل با ۳ نمونه می‌باشند. در هر ستون حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در حد $p \leq 0.05$ می باشند.

	کلروفیل (mg g^{-1} FW)	پروتئین دانه (mg g^{-1} FW)	فریتین (ng g^{-1} FW)	آهن کل دانه (mg kg^{-1} DW)	وزن هزار دانه (g)
کنترل	۰/۵۹±۰/۰۹^{c}	۲۲/۱۷±۲/۵^{a}	۲۹۷/۲۵±۱۸/۷۳^{c}	۳۰۵/۵۲±۳۲/۶^{c}	۱۹/۳۶±۲/۸۸^{c}
کلات آهن	۱/۳۱±۰/۱۱^{b}	۲۰/۴۳±۳/۲^{a}	۴۱۱/۵۱±۳۱/۱۶^{b}	۴۸۸/۹۹±۴۱/۳۱^{b}	۴۱/۳۲±۹/۲۱^{b}
نانوذرات مگنتیت	۱/۶۰±۰/۰۴^{a}	۲۴/۱۳±۳/۶^{a}	۵۰۲/۴۴±۴۰/۱۲^{a}	۵۹۲/۱۹±۳۷/۵۶^{a}	۵۰/۴۶±۵/۱۴^{a}
	کاتالاز (ΔAbs 240 mg^{-1} pr)	پراکسیداز (ΔAbs 470 mg^{-1} pr)	فلاونوئید (µmol g^{-1} FW)	MDA (µmol g^{-1} FW)	
کنترل	۴۳/۱۶±۵/۳۲^{a}	۲۷/۲۱±۳/۵۵^{a}	۴۲۱/۲۴±۳۲/۱^{a}	۱/۴۱±۰/۲۲^{a}	
کلات آهن	۳۱/۱۲±۴/۴۲^{b}	۳۰/۴۶±۶/۰۲^{a}	۴۴۰/۵۳±۴۱/۴^{a}	۱/۰۸±۰/۳۶^{b}	
نانوذرات مگنتیت	۲۵/۲۸±۱/۹^{c}	۲۹/۷۲±۵/۲۴^{a}	۴۳۷/۳۴±۲۵/۶^{a}	۰/۷۹±۰/۰۹^{c}	

تکرار محلول‌پاشی گیاهان با نانوذرات اکسید آهن در نسل دوم باعث افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز، میزان فلاونوئید و همچنین افزایش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۲). تفاوت معنی-داری در میزان پروتئین دانه در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشدی گندم در نسل دوم به روش LSD. داده‌ها نمایان‌گر میانگین ± انحراف معیار ۳ آزمایش مستقل هر کدام حداقل با ۳ نمونه می‌باشند. در هر ستون حروف مختلف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در حد $p \leq 0.05$ می باشند.

	UT-0	UT-200 INPs	UT-450 ICh	T-0 INPs	T-0 ICh	T-200 INPs	T-450 ICh
کلروفیل(mg g^{-1} FW)	۰/۶۷±۰/۰۵^{e}	۱/۵۳±۰/۳^{a}	۱/۳۸±۰/۰۹^{b}	۰/۸۵±۰/۰۱^{d}	۱/۰۶±۰/۰۴^{c}	۰/۸۱±۰/۰۸^{d}	۱/۴۰±۰/۰۱^{b}
پروتئین (mg g^{-1} FW)	۱۹/۸۱±۲/۱۱^{a}	۲۱/۰۳±۳/۴۱^{a}	۲۳/۶۱±۱/۹۹^{a}	۲۳/۴۷±۰/۹۱^{a}	۱۹/۸۶±۴/۱۰^{a}	۲۲/۶۵±۱/۰۷^{a}	۲۰/۱۱±۱/۸۴^{a}
فریتین (ng g^{-1} FW)	۲۴۳/۳±۲۰/۱^{d}	۵۴۲/۴۵±۴۲/۷^{a}	۴۲۵/۲±۲۲/۳^{b}	۲۶۵/۱۷±۱۶/۳^{d}	۲۵۸/۳۳±۱۶/۷^{d}	۳۰۸/۹۳±۱۱/۵^{c}	۴۵۱/۴±۳۱/۳۵^{b}
آهن کل (mg kg^{-1} DW)	۲۰۷/۸۲±۱۵/۶^{f}	۵۷۳/۵۱±۴۵/۳^{b}	۴۹۸/۷±۲۸/۷^{c}	۳۱۸/۷±۲۷/۴^{e}	۲۳۶/۲±۲۸/۵^{e}	۳۹۵/۵±۳۱/۶^{d}	۶۵۵/۵۳±۴۵/۱^{a}
کاتالاز (ΔAbs 240 mg^{-1} pr)	۳۸/۱۶±۴/۲^{b}	۲۳/۲۲±۵/۷^{d}	۳۰/۱۵±۳/۱۲^{c}	۳۱/۷۳±۷/۲^{c}	۳۵/۹۱±۲/۷^{b}	۴۴/۱۲±۳/۷^{a}	۲۵/۷۰±۳/۸^{d}
وزن هزار دانه (g)	۲۰/۷۸±۸/۵۱^{d}	۵۳/۱۲±۳/۶۷^{a}	۴۷/۲۱±۷/۲۴^{b}	۲۷/۵۰±۸/۷۲^{c}	۲۲/۰۹±۷/۱۳^{d}	۲۳/۱۵±۴/۵۷^{d}	۴۹/۸۰±۹/۱۳^{b}
پراکسیداز(ΔAbs 240 mg^{-1} pr)	۲۵/۲۲±۶/۱۸^{b}	۲۲/۱۴±۴/۲۳^{b}	۲۶/۲۸±۷/۲^{b}	۲۴/۸۷±۴/۶۲^{b}	۲۵/۱۴±۶/۴۱^{b}	۳۶/۱۵±۹/۳۲^{a}	۲۴/۶۶±۴/۹۳^{b}
فلاونوئید (µmol g^{-1} FW)	۵۱۵/۷۶±۲۱/۵^{a}	۴۶۶/۳۲±۲۲/۱^{b}	۴۵۱/۸۶±۲۹/۷^{b}	۴۹۵/۸۶±۱۸/۴^{b}	۴۷۶/۴۲±۳۱/۳^{b}	۵۳۴/۲۲±۴۰/۵^{a}	۴۰۷/۲۴±۲۶/۴^{c}
MDA (µmol g^{-1} FW)	۱/۳۶±۰/۱۱^{b}	۰/۷۸±۰/۰۲^{d}	۱/۰۸±۰/۰۹^{c}	۱/۱۸±۰/۳۳^{c}	۰/۹۹±۰/۰۵^{c}	۱/۵۶±۰/۵۴^{a}	۰/۷۳±۰/۰۶^{d}

فرض می‌شود که برهم کنش نانوذرات با ترکیبات سلولی باعث شکل‌گیری ROS ها و خسارت اکسیداتیو می‌شود. افزایش تولید ROSها در سلول گیاهانی که در دو نسل متوالی با نانوذرات مگنتیت تیمار شده‌اند نیز می‌تواند به افزایش غلظت این

نانوذرات نسبت داده شود. این امر نشان دهنده این موضوع است که القای تنش اکسیداتیو سلولی به دلیل تجمع آهن رخ می-دهد. در واقع، مطالعات قبلی نشان داد که نانوذرات فلزی می‌توانند از طریق واکنش فنتون یا اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی باعث تولید ROS ها شوند (Hu et al., 2009).

بیشترین میزان کلروفیل در گیاهانی مشاهده شد که تنها در یک نسل با نانوذرات مگنتیت محلول‌پاشی شده‌اند و کمترین میزان آن نیز در گیاهان گروه کنترل که هیچگونه تیمار آهنی ندیده‌اند مشاهده شد. همچنین محلول‌پاشی گیاهان با نانوذرات مگنتیت تنها در نسل اول باعث افزایش معنی‌دار میزان فریتین و وزن هزار دانه در گیاه نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۲). بیشترین غلظت آهن کل در گیاهانی مشاهده شد که در دو نسل متوالی به کلات آهن محلول‌پاشی شده‌اند. همچنین تکرار محلول‌پاشی گیاهان در دو نسل متوالی با نانوذرات مگنتیت باعث افزایش معنی‌دار میزان کاتالاز نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۲).

یک‌بار محلول‌پاشی گیاهان با نانوذرات مگنتیت و تکرار محلول‌پاشی کلات آهن در دو نسل نیز باعث افزایش معنی‌دار میزان پروتئین دانه، فریتین و آهن دانه و وزن هزار دانه نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۲). تکرار محلولپاشی گیاهان با نانوذرات اکسید آهن در دونسل باعث افزایش معنی‌دار فلاونوئید و فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۲).

بر اساس نتایج به دست آمده، گیاهانی که در نسل اول توسط نانوذرات مگنتیت محلول‌پاشی شده‌اند و بذور حاصل از آنها نیز در نسل بعدی باز محلول‌پاشی شده است، رشد نسبی ضعیف‌تری نسبت به گیاهانی که نسل اول آنها تیمار نشده‌اند یا توسط کلات آهن محلول‌پاشی شده‌اند نشان دادند. Elfeky و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که کاربرد برگی نانوذرات مگنتیت باعث افزایش میزان کلروفیل، میزان اسانس گیاه، آهن کل، بیومس و ارتفاع گیاه ریحان شد. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که کاربرد برگی این نانوذرات اثر بخشی بیشتری روی گیاه نسبت به کاربرد خاکی آنها دارد.

نتایج فوق، ضرورت مطالعه اثر نانوذرات را در چندین نسل به منظور بررسی اثر آنها بر محیط زیست و سلامتی انسان نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که بقایای نانوذرات در دانه گیاه، از تقسیم سلولی، گسترش طول محور جنینی یا دیگر فرایندهای میانی جلوگیری می‌کند (Takahashi et al., 2011) هنگامی که بذور نسل اول کاشته می‌شوند و گیاهان دوباره با تیمارهای نانوذرات آهن و کلات آهن محلول‌پاشی شدند (T-450 ICh and T-200 INPs)، نتایج کاملا با نتایج حاصله از نسل اول متفاوت بود. همان‌طور که نتایج نشان داد، کاربرد نانوذرات در نسل بعدی بر رشد و توسعه گیاه در مقایسه با تیمار T-450 ICh اثر منفی دارد؛ بطوری‌که باعث کاهش کلروفیل و پروتئین می‌شود.

سمیت نانوذرات در گیاهان بخوبی ثابت شده است، اما مکانیسم این سمیت هنوز بخوبی مشخص نشده است. بر این اساس نیاز است که مطالعات بیشتری در مورد اثر دراز مدت نانوذرات و اینکه چطور تاثیرات دراز مدت آنها ممکن است از تاثیر کوتاه مدت آنها متفاوت باشد انجام گیرد. همچنین مطالعه گونه‌بندی (speciation) آهن در گیاه، پس از ورود نانوذرات به گیاه موضوع مهمی است که نیاز به مطالعه بیشتر دارد.

منابع

Arnon DI .1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24: 1-15.

Basgel S., Erdemoglu S. 2006. Determination of mineral and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in Turkey. Science of The Total Environment, 359: 82-89.

Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

Dat J., Vandenabeele S., Vranova E., Van Montagu M., Inze, D., Van Breusegem F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular, Life Sciences, 57: 779–795.

Elfeky SA., Mohammed M.A., Khater M.S., Osman Y.A., Elsherbini E. 2013. Effect of magnetite Nano-Fertilizer on Growth and yield of Ocimum basilicum L. International Journal of Indigenous Medicinal Plants, 46: 2051-4263.

Ghanati F., Morita A., Yokota H. 2005. Effects of aluminum on the growth of tea plant and activation of antioxidant system. Plant and Soil, 276: 133-141.
Hu X., Cook S., Wang P., Hwang, H.M. 2009. In vitro evaluation of cytotoxicity of engineered metal oxide nanoparticles. Science of the Total Environment, 407: 3070-2.
Krizek D.T., Britz S.J., Mirecki R.M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation and growth on Cv. New red fire lettuce. Plant Physiology, 103: 1-7.
Lee W.M., Kwak J.I., An Y.J. 2012. Effect of silver nanoparticles in crop plants Phaseolus radiatus and Sorghum bicolor: Media effect on phytotoxicity. Chemosphere, 86: 491-499.
Lin S., Reppert J., Hu Q., Hudson J.S., Reid M.L., Ratnikova T.A., Rao A.M., Luo H., Ke P.C. 2009. Uptake, translocaEon, and transmission of carbon nanomaterials in rice plants, Small, 5: 1128-1132.
Mahmoudi M., Simchi A., Imani M., Shokrgozar M. A., Milani A.S., Hafeli U. O., Stroeve P. 2010. A new approach for the in vitro identification of the cytotoxicity of superparamagnetic iron oxide nanoparticles. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 75: 300- 309.
Miralles P., Church T.L., Harris A.T. 2012. Toxicity, uptake, and translocation of engineered nanomaterials in vascular plants. Environmental Science & Technology, 46: 9224–9239.
Mingyu, S., Liu, J., Yin, S., Linglan, M., and Hong, F. 2008. Effects of nanoanatase on the photosynthetic improvement of chloroplast damaged by linolenic acid. Biological Trace Element Research, 124 (2): 173-83
Rajabbeigi E., Ghanati F., Abdolmaleki P., Payez A. 2013. Antioxidant capacity of parsley cells (Petroselinum crispum L.) in relation to iron-induced ferritin levels and static magnetic field. Electromagn. Biology and Medicine. 32: 430-441.
Takahashi F., Mizoguchi T., Yoshida R., Fe-Chimura K., Shinozaki K.F. 2011. Calmodulin-dependent activation of MAP kinase for ROS homeostasis in Arabidopsis. Molecular Cell, 41: 649-60.

Long lasting effect of magnetite nanoparticles on growth parameters of wheat in calcareous soils

M. Jalali[a*], M. H. Ghafariyan moghareb[b]

[a*] Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran
[b] Agricultural and Natural Resource Research Center of Zanjan Province, Iran.

Abstract

The objective of the present study was to investigate whether and how the treatment of wheat plants with iron nanoparticles (INPs) through their lifecycle would affect the development of the second generation and the quality of their seeds. Similar investigation was conducted with iron chelate (ICh) in form of EDTA. In brief, the wheat plants were treated with or without 200 ppm of INPs and 450 ppm ICh and their seeds were planted in order to obtain the second generation. The latter was again treated with or without of INPs and ICh and the results of two generations was compared to gather. In the first generation, INPs treatments improved wheat chlorophyll, seed ferritin, iron and 1000 grain weight and lowered the rate of malondialdehyde content (MDA) and catalase activity. However, the second progeny of INPs treated plants showed less chlorophyll but higher amount of MDA, compared to other treatments. In comparison, no adverse effects on growth parameters were observed in the plants which were treated with ICh for two subsequent generations. Due to the adverse effects of INPs in the second generation, more caution in its application for consecutive years is recommended.

Keywords: Calcareous soil, Iron chelate, magnetite nanoparticles, wheat