بررسی اثرات نانوکود آهن بر رشد برگ، مقدار کربوهیدرات و آنتی‌اکسیدان‌های پریوش *Catharanthus roseus*

مهری عسکری*، محمد رضا امیر جانی و طاهره صابری

گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اراک

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۲۴)

چکیده:

نانومواد به عنوان یکی از مهم‌ترین ابتکارات علم جدید در نظر گرفته می‌شوند. نانوذرات خیلی واکنش‌پذیر هستند. این خاصیت به میزان زیادی به اندازه (۱ تا ۱۰۰ نانومتر)، سطح بزرگ و محلولیت بالای آن‌ها وابسته است. در بین همه ریزمغذی‌ها، آهن بیشترین مقدار را در گیاهان دارد. آهن بخش کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا است و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز است. در این مطالعه، نانو اکسیدآهن در ۶ سطح مختلف (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و محیط غذایی هوگلند کامل (محتوی کلات آهن) به عنوان شاهد به مدت ۷۰ روز به گیاه پریوش داده شد. نتایج نشان می‌دهد نانوذرات اکسیدآهن باعث افزایش معنی‌دار تمامی پارامترهای رشد برگ و مقدار کربوهیدرات برگ در مقایسه با گیاهان کنترل شده است ولی هیچ اثری بر مقدار پرولین و مقدار آنتی اکسیدان‌ها و تراکم روزنه برگ نداشته است. بیشترین مقدار پارامترهای رشد برگ در سطح ۳۰µl نانوذرات اکسیدآهن بدست آمد و کمترین مقدار این پارامترها در سطح ۰µl نانوذرات اکسیدآهن بدست آمد. بیشترین مقدار پرولین و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در سطح صفر µl آهن سنجش گردید، از این جهت غلظت صفر µl آهن برای گیاه تنش محسوب می‌شود. بنابراین استفاده از کود نانوذرات اکسیدآهن به دلیل کاهش اثرات مضری که کودهای شیمیایی در محیط دارند پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پارامترهای رشد، پریوش، نانوذرات اکسیدآهن

مقدمه:

پریوش یا پروانش *Catharanthus roseus* با نام انگلیسی Periwinkel or Vinca یکی از گیاهان زینتی و دارویی مهم مناطق معتدل و گرمسیری، متعلق به خانواده خرزهره، حاوی ۱۳۰ نوع آلکالوئید ایندولی ترپنوئیدی (TIAs) alkaloids indole Terpenoid از جمله آجمالیسین، سرپنتین، وین‌بلاستین و وین‌کریستین در برگ است (Aslam *et al*., 2010; Jaleel *et al*., 2006). گیاه پریوش به PH خاک بسیار حساس بوده و در PH های بالاتر از ۶/۳ کمبود شدید ریزمغذی‌ها مثل آهن را نشان می‌دهد (Thomas *et al*., 2012).

انتخاب گیاه مناسب با تحمل بالا در خاک‌های قلیایی یکی از راه‌های کاهش کلروز برگی ناشی از کمبود آهن است. راه‌های دیگر شامل اسیدی کردن خاک (Whiting *et al*., 2011)، افزودن سولفات‌آهن II به خاک که سبب اسیدی‌شدن خاک شده و حلالیت آهن را افزایش می‌دهد، استفاده از کلات‌آهن (مثل کمپلکس آهن- اتیلن‌دی‌آمین‌تتراستات Fe-EDTA) می‌باشد. استفاده

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: m-askary@araku.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

گسترده از کودهای عمومی به خاک، سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد و تغییرات ناخواسته‌ای در اکوسیستم ایجاد می‌کند. در بین تمامی روش‌های استفاده شده، کلات‌آهن مصنوعی کارآمدتر است ولی اغلب این کلات‌ها هزینه زیادی دارند و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیستند، بنابراین احتیاج است که این کلات‌ها را با منابع ارزان که از نظر اقتصادی مهم باشند جایگزین شوند (Mazaherinia *et al*., 2010; Ranjbar and shams 2009). در ضمن افزودن آهن در فرم‌های غیرکلات به خاک‌ها مخصوصاً در خاک‌های آهکی تاثیر زیادی در فراهم آوردن آهن برای گیاه و میکروارگانیسم‌های خاک ندارد. چرا که آهن به سرعت هیدراته شده و به صورت هیدروکسیدهای آهن رسوب می‌کند و قابل استفاده نیست (Banaei *et al*., 2005).

انجمن رویال انگلستان، فناوری نانو را تحت عنوان طراحی، توصیف، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم‌هایی که دارای شکل و اندازه‌ای در مقیاس نانو (۱ تا ۱۰۰نانومتر) هستند، تعریف نموده است. در چنین مقیاسی قوانین طبیعی حاکم بر پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی صدق نمی‌کنند (Chinnamuthu and murugesa Boopathi, 2009). یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو، استفاده از نانوکودها (Nano-fertilizer) برای تغذیه گیاهان می‌باشد. با استفاده از نانوذرات (nanoparticles)، ذراتی که در سه بعد در مقیاس نانو یعنی کوچکتر از ۱۰۰nm باشند، می‌توان کودهای کنترل‌شده یا کودهایی با تأخیر در انتشار تولید کرد. نانوذرات به علت سطوح ویژه و بیشتر، چگالی بیشتر، نواحی واکنشی زیاد بر سطوح ذره از واکنش‌پذیری زیادی برخوردار هستند. این ویژگی‌ها، جذب کودها و آفت‌کش‌هایی که در مقیاس نانو تولید شده را آسان می‌سازد (Wiswanathan, 2009). نانوکودها آسان جذب گیاهان می‌شوند و از کودهای شیمیایی کارآمدتر هستند، دوست محیط زیست هستند، آلودگی ندارند، شوری خاک را افزایش نمی‌دهند و کیفیت خاک را افزایش می‌دهند (Mazaherinia *et al*., 2010; Ranjbar and shams 2009). استفاده از نانوذرات اکسیدآهن در افزایش غلظت آهن در گیاهان کارآمدتر از کودهای معمولی است. علت این امر، خصوصیات ذرات نانو، یعنی حلالیت بیشتر و سطح تماس بیشتر ذرات نانو با ریشه گیاهان است (Ranjbar and Shams, 2009).

یکی از مشکلات عمده‌ی خاک‌های قلیایی که بخش عمده‌ای از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران را تشکیل می‌دهد، کمبود آهن قابل استفاده گیاه به دلیل pH بالای این خاک‌ها می‌باشد (Ksouri *et al*., 2007; Whiting *et al*., 2011). با افزایش یک واحد pH، حلالیت آهن ۱۰۰۰ برابر کاهش می‌یابد. در این خاک‌ها، کودهای معدنی مشکل کمبود آهن خاک را حل نمی‌کنند (Mazaherinia *et al*., 2010). از طرفی با توجه به نوظهور بودن فناوری نانو و روند رو به رشد تحقیقات در زمینه نانو کودها، گزارش‌های کمی درباره اثر این نانو کودها در افزایش کمی و کیفی رشد گیاهان موجود می‌باشد. این تحقیق اثرات نانو اکسیدآهن بر رشد برگ و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه پریوش که گیاهی دارویی و بسیار حساس به pH خاک و کمبود آهن می‌باشد، را به منظور جایگزینی نانوکود آهن به جای کودهای معمول جهت رفع مشکل کمبود آهن پریوش کشت شده در خاک‌های ایران بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها:

کاشت بذر و نگهداری گیاه: گیاهک‌های ۳ روزه حاصل از جوانه‌زنی بذرهای ضدعفونی شده پریوش به ۲۱ گلدان محتوی خاک و پرلیت (۱:۱) منتقل شدند. خاک استفاده شده، لومی–رسی با pH=۷/۶، میزان نیتروژن ۰/۰۳٪، میزان فسفر قابل‌جذب ppm ۴، میزان پتاسیم قابل‌جذب ppm ۱۰۰ و ریزمغذی‌های قابل‌دسترس آهن ppm ۷/۶، روی ppm ۱، مس ppm ۰/۲ و منگنز ppm ۰/۶ اندازه‌گیری شد. پس از پوشاندن روی دانه‌رست‌ها توسط خاک همان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

گلدان، آبیاری با ml ۱۰۰ محلول هوگلند کامل (محتوی کلات‌آهن برای گلدان‌های شاهد) و یا ml ۱۰۰ محلول هوگلند فاقد کلات‌آهن و محتوی سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرومولار) (Adamski *et al*., 2012; Dokhe *et al*., 2013) انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه در درجه حرارت ۲۵°C در روز و ۲۰°C در شب و دوره نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی قرار گرفتند. آبیاری هر هفته تا ۷۰ روز به میزان ۱۰۰ml محلول هوگلند کامل (شاهد) یا محلول هوگلند فاقد کلات‌آهن و محتوی سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن صورت گرفت. در صورت نیاز در طول هفته ۵۰ml از همان محلول‌ها به هر گلدان به طور یکسان افزوده گردید. صفر نانو در واقع هیچ آهنی (نه نانو و نه کلات‌آهن) در کل دوره ۷۰ روز دریافت نکرده است.

تهیه و نحوه اعمال تیمار نانوذرات اکسیدآهن: نانوذرات اکسیدآهن (Fe_2O_3) که رنگ آن قرمز مایل به قهوه‌ای است، از شرکت پیشگامان نانو مواد مشهد تهیه شد. سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن طبق روش (Prasad *et al*., 2012). آماده شدند.

شاخص های مورد بررسی: از ابتدای کشت گیاهان، هر نه روز یکبار (روزهای ۱۸، ۲۷، ۳۶، ۴۵، ۵۴، ۶۳ و ۷۰)، سطح و تعداد برگ برای سه گیاه از هر تیمار اندازه‌گیری شد. در روز برداشت (روز ۷۰) وزن تر و خشک برگ سه گیاه از هر تیمار نیز اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پرولین از روش (Bates *et al*., 1973)، مقدار کربوهیدرات کل از روش فنل‌سولفوریک‌اسید (Dubois *et al*, 1956)، مقدار کمی آنتی‌اکسیدانت‌های کل I% با آزمون مهار رادیکال آزاد ۱ و ۱دی‌فنیل-۲-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) توسط عصاره آنزیمی و IC_{50} به روش Abe و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز SOD به روش (Giannopolitis and Ries, 1977)، کاتالاز CAT به روش (Cakmak and Marschner, 1992) و گایاکول‌پراکسیداز (GPOX) به روش (Polle *et al* , 1994) انجام شد. تراکم روزنه‌ها در دو سطح زیرین (abaxial) و زبرین (adaxial) اپیدرم برگ در مساحت mm^2 ۱شمارش گردید. همچنین اندازه گشودگی دهانه روزنه (برحسب میکرومتر) به وسیله گراتی‌کیول اندازه‌گیری گردید (Noori, 2002). کل آزمایشات در سه تکرار و در طرح کاملا تصادفی انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS16 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج:

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که کاربرد نانوذرات اکسیدآهن بر تمامی شاخص‌های مورد بررسی گیاهان ۷۰ روزه به استثنای تعداد برگ و تراکم روزنه اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۱ و ۲). با افزایش میزان نانوذرات اکسید آهن سطح برگ گیاهان تحت تیمار نسبت به شاهد (هوگلند کامل محتوی کلات‌آهن) در همه دوره‌های مورد بررسی افزایش یافت. بیشترین میزان سطح برگ ($۱۳Cm^2$) متعلق به گیاهان پریوش ۷۰ روزه تحت تیمار غلظت µl ۳۰ نانوذرات اکسیدآهن با ۳۰/۵۲٪ افزایش نسبت به شاهد و کمترین میزان سطح برگ ($۸/۵۷Cm^2$) در گیاهان پریوش تحت غلظت صفر µl نانوذرات اکسیدآهن با ۱۳/۹۵٪ کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد. در گیاهان پریوش ۷۰ روزه به ترتیب افزایش ۹/۴۳، ۱۲/۱۵، ۱۸/۳۷ و ۲۹/۵۱ درصدی سطح برگ در غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰ و µl ۴۰ نانوذرات اکسیدآهن نسبت به شاهد مشاهده شد. سطح برگ در گیاهان ۳۶ روزه (وسط دوره رشد) تحت غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و µl ۴۰ نانوذرات اکسیدآهن به ترتیب افزایش ۲۶/۴۱، ۳۱/۶۰، ۳۳/۸۷، ۵۳/۹۷ و ۵۲/۵۱ درصدی را نسبت به شاهد نشان دادند. شکل ۱ روند تغییرات سطح برگ گیاهان پریوش تحت تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن (صفر، ۵، ۱۰، ۲۰،۳۰ و ۴۰µl) نسبت به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

جدول۱- آنالیز واریانس اثر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و هوگلند کامل (محتوی کلات‌آهن) به عنوان شاهد بر شاخص‌های رشد برگ، تراکم و دهانه روزنه در اپیدرم فوقانی(ad) و تحتانی(ab) برگ گیاه پریوش ۷۰ روزه. مقایسه برای هر شاخص جداگانه انجام شده است.

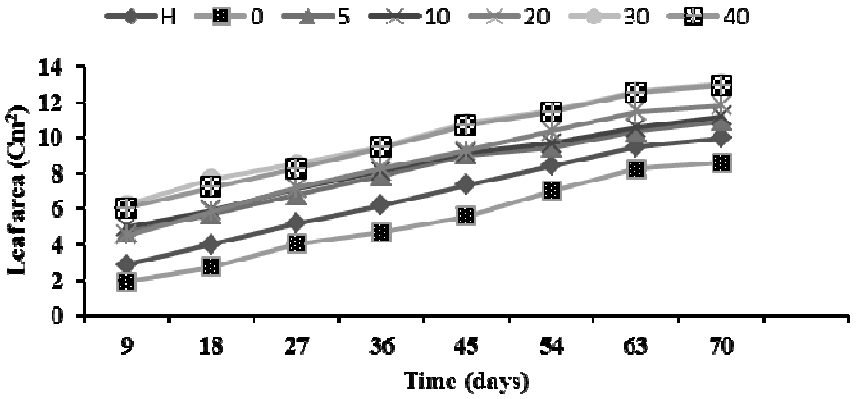
منبع تغییر	تعداد برگ	سطح برگ Cm^2	وزن برگ		دهانه روزنه		تراکم روزنه	
			تر	خشک	(ad)	(ab)	(ad)	(ab)
نانوآهن	۰/۴۹^{ns}	۴۷/۱۲**	۳۱/۹۸**	۵۰/۹۲**	۳/۰۲*	۱۸/۷۱**	۰/۲۷^{ns}	۰/۰۹^{ns}

^{ns}: معنی‌دار نیست *: معنی‌دار در سطح ۵٪ **: معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول۲- آنالیز واریانس اثر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و هوگلند کامل (محتوی کلات‌آهن) به عنوان شاهد بر میزان پرولین، کربوهیدرات، IC50، درصد مهار رادیکال آزاد I% و فعالیت سوپراکسیددیسموتاز SOD، گایاکول‌پراکسیداز GPX و کاتالاز CAT پریوش ۷۰ روزه. مقایسه برای هر شاخص جداگانه انجام شده است.

منبع تغییر	پرولین	کربوهیدرات	IC50	I%	SOD	GPX	Catalase
نانوآهن	۶/۲۲*	۹۱/۷۶**	۵/۴۹*	۱۱/۶۵*	۶/۲۰*	۸/۳۴*	۱۲/۰۱**

^{ns}: معنی‌دار نیست *: معنی‌دار در سطح ۵٪ **: معنی‌دار در سطح ۱٪



شکل۱- تاثیر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و محیط غذایی هوگلند کامل H به عنوان شاهد (محتوی کلات آهن Fe-EDTA بدون نانوذرات اکسیدآهن) بر سطح برگ گیاهان پریوش ۹ تا ۷۰ روزه نسبت به زمان. هر منحنی نشان‌دهنده تغییرات سطح برگ در یک غلظت خاص نانوذرات اکسید آهن یا هوگلند می‌باشد.

گیاهان شاهد و طی دوره‌های مختلف رشدی (۹، ۱۸، ۲۷، ۳۶، ۴۵، ۵۴، ۶۳ و ۷۰ روزه) را نشان می‌دهد. سطح برگ در تمامی دوره‌های رشد در تمامی غلظت‌های نانوذرات و کلات‌آهن سیر صعودی دارد. بیشترین میزان سطح برگ در تمامی دوره‌ها به‌ترتیب مربوط به گیاهانی است که تحت تیمار غلظت ۳۰µl نانوذرات اکسید آهن قرار گرفته‌اند. در تمامی دوره‌های رشدی مورد بررسی کمترین مقدار سطح برگ مربوط به غلظت صفر µl نانوذرات اکسیدآهن می‌باشد که هیچگونه ریزمغذی آهنی دریافت نکرده است. در تمامی دوره‌های رشدی، میزان سطح برگ گیاهان شاهد از تمامی تیمارهایی که نانوذرات اکسیدآهن دریافت کرده‌اند کمتر است. یعنی حتی غلظت ۵ µl

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

نانوذرات اکسیدآهن از شاهد که کلات‌آهن دریافت نموده رشد بیشتری در تمام دوره مورد بررسی نشان داده است. بین غلظت ۳۰ µl و ۴۰ µl نانوذرات اکسیدآهن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

وزن تر و خشک برگ با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدآهن (از ۵ تا ۳۰µl) افزایش معنی‌داری را نسبت به گیاهان شاهد نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین وزن تر و خشک برگ در غلظت ۳۰ µl نانوذرات اکسیدآهن مشاهده گردید. بین وزن تر و خشک برگ گیاهان تحت تیمار ۳۰ و ۴۰µl نانوذرات اکسیدآهن تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. وزن تر برگ گیاهان تحت تیمار غلظت‌های ۲۰ و ۳۰µl نانو اکسیدآهن به ترتیب ۴۸/۶۴٪ و ۱۰۸/۱۱٪ افزایش و وزن خشک برگ ۸۰٪ و ۱۳۷/۱۴٪ افزایش را نسبت به گیاهان شاهد نشان دادند. کاهش وزن تر و خشک برگ گیاهان صفر µl به ترتیب ۳۷/۸۳٪ و ۳۱/۴۲٪ نسبت به گیاهان شاهد محاسبه شده است. گشودگی دهانه روزنه هم در اپیدرم فوقانی و هم در اپیدرم تحتانی گیاهانی که هیچ گونه ریزمغذی آهنی دریافت نکرده‌اند (صفر µl) نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌داری یافته است، به طوری‌که این کاهش در اپیدرم فوقانی ۲۱/۵۵ درصد و در اپیدرم تحتانی ۲۰/۲۹ درصد محاسبه شده است. اما گیاهان تحت غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن تغییر معنی‌داری در گشودگی دهانه روزنه نسبت به گیاهان شاهد نشان نمی‌دهند (جدول ۳ و شکل ۲).

در برگ گیاهان تحت غلظت ۰µl آهن افزایش معنی‌دار ۵/۳ برابری، در میزان پرولین نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد. بین میزان پرولین برگ گیاهان تحت سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن نسبت به گیاهان شاهد تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدآهن (از ۵ تا ۳۰ µl) میزان کربوهیدرات گیاه افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان کربوهیدرات (۱۹۳۵ µg/ml وزن تر برگ) در گیاهان تحت غلظت ۳۰µl نانوذرات اکسیدآهن و کمترین میزان کربوهیدرات (۱۴۵۲/۶ µg/ml وزن تر برگ) در گیاهانی که هیچ آهنی دریافت نکرده‌اند ۰µl مشاهده شد. در این گیاهان، مقدار کربوهیدرات برگ تنها ۰/۹۳ مقدار کربوهیدرات برگ گیاه شاهد است. در گیاهان تحت غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰µl نانوذرات اکسیدآهن به ترتیب افزایش ۱/۰۸، ۱/۱۱، ۱/۱۸، ۱/۲۵ و ۱/۱۹ برابری کربوهیدرات نسبت به شاهد (۱۵۴۶ µg/ml وزن تر برگ) مشاهده شد (شکل۳).

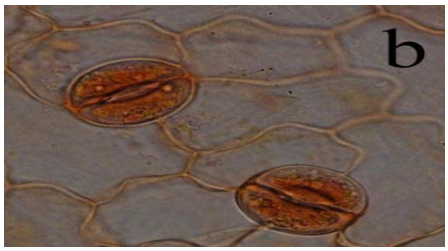
بیشترین میزان توانایی مهار رادیکال آزاد DPPH در گیاهانی که هیچ آهنی دریافت نکرده‌اند (غلظت صفر µl) با ۶۰٪ افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد. در بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از آزمون DPPH میزان IC_{50} (غلظتی از عصاره که ۵۰٪ رادیکال‌های DPPH را مهار و تخریب می‌کند) هم مورد بررسی واقع شد. مقایسه میانگین‌های اثر نانوذرات اکسیدآهن بر میزان IC_{50} بیانگر این است که کمترین میزان IC_{50} (۱۲/۳۴ mg/ml) در گیاهانی که هیچ نوع ریزمغذی آهنی دریافت نکرده‌اند (غلظت صفر µl) با کاهش ۳۱/۱۱ درصدی نسبت به شاهد وجود دارد. اما در گیاهانی که تحت غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن قرار گرفته‌اند هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در میزان I% و IC_{50} نسبت به گیاهان شاهد مشاهده نشد (جدول ۲). بیشترین میزان فعالیت SOD (۱۲/۵۴ unit mg^{-1} protein)، فعالیت GPOX (۹/۶۸ µmol mg^{-1} protein min^{-1}) و فعالیت CAT (۳/۰۶ µmol mg^{-1} protein min^{-1}) در گیاهانی که نانوذرات اکسیدآهن دریافت نکرده‌اند مشاهده شد. در گیاهانی که هیچ نوع ریزمغذی آهن دریافت نکرده‌اند (صفر µl) فعالیت سوپراکسیددیسموتازSOD، گایاکول‌پراکسیداز GPOX و کاتالاز CAT نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب افزایش ۳۵/۶۳، ۵۱٪ و ۴۲/۳۲ درصدی یافتند، اما در گیاهان تحت غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن تغییر معنی‌داری در فعالیت این.

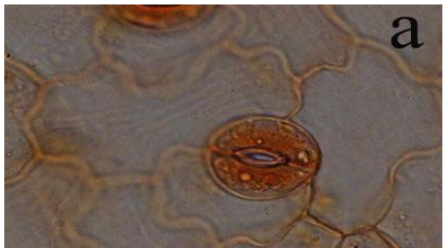
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

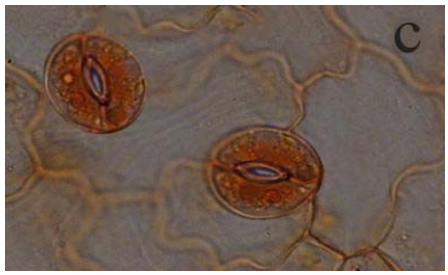
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

جدول۳- مقایسه میانگین‌های تاثیر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و محیط هوگلند کامل (محتوی کلات‌آهن) به عنوان شاهد بر وزن تر برگ LFW و وزن خشک برگ LDW (گرم)، گشودگی دهانه روزنه SO (µm) در اپیدرم فوقانی ab و تحتانی ad برگ، توانایی مهار رادیکال آزاد I% و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل IC_{50} (mg/ml) گیاهان پریوش ۷۰ روزه. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها مطابق آزمون دانکن است. هر عدد جدول میانگین ۳ تکرار ± SE است. مقایسه برای هر ردیف جداگانه انجام شده است.

شاخص	شاهد	غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن (میکرولیتر)					
		۰	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
LFW	۰/۳۷^{c}±۰/۰۵	۰/۲۳^{d}±۰/۰۲	۰/۴۶^{bc}±۰/۰۴	۰/۵۵^{b}±۰/۰۱	۰/۵۶^{b}±۰/۰۲	۰/۷۷^{a}±۰/۰۶	۰/۷۲^{a}±۰/۰۴
LDW	۰/۰۳۵^{d}±۰/۰۰۱	۰/۰۲۴^{e}±۰/۰۰۲	۰/۰۵۱^{c}±۰/۰۰۵	۰/۰۶۳^{b}±۰/۰۰۱	۰/۰۶۵^{b}±۰/۰۰۲	۰/۰۸۳^{a}±۰/۰۰۴	۰/۰۸۱^{a}±۰/۰۰۱
SO (ab)	۱۰/۱۶^{a}±۰/۵۴	۷/۹۷^{b}±۰/۲۳	۱۰/۳۹^{a}±۰/۶۲	۱۰/۲۴^{a}±۰/۶۴	۱۰/۳۵^{a}±۰/۴۶	۱۰/۳۸^{a}±۰/۶۸	۱۰/۵۷^{a}±۰/۲۸
SO (ab)	۱۱/۸۶^{a}±۰/۲۸	۹/۲۳^{b}±۰/۱۰	۱۱/۷۸^{a}±۰/۳۰	۱۱/۵۸^{a}±۰/۱۶	۱۲/۰۰^{a}±۰/۲۱	۱۱/۹۱^{a}±۰/۳۱	۱۲/۰۸^{a}±۰/۱۱
I%	۶/۵۶^{b}±۰/۲۹	۱۰/۱۵^{a}±۰/۱۹	۶/۷۳^{b}±۰/۳۲	۶/۶۶^{b}±۰/۱۴	۶/۷۷^{b}±۰/۲۴	۶/۶۹^{b}±۰/۳۹	۶/۸۱^{b}±۰/۴۳
IC_{50}	۱۶/۱۸^{a}±۰/۷۵	۱۲/۳۴^{b}±۰/۸۰	۱۶/۹۱^{a}±۰/۹۲	۱۶/۴۲^{a}±۰/۶۱	۱۶/۷۱^{a}±۰/۳۵	۱۶/۵۲^{a}±۰/۲۹	۱۶/۸۰^{a}±۰/۸۳







شکل۲- تغییرات میزان گشودگی دهانه روزنه (ob: 100) در اپیدرم فوقانی در گیاه پریوش ۷۰ روزه. a) میزان گشودگی دهانه روزنه گیاه شاهد (هوگلند کامل محتوی کلات‌آهن)، b) میزان گشودگی دهانه روزنه گیاه تحت غلظت µl ۰ نانوذرات اکسیدآهن و c) میزان گشودگی دهانه روزنه گیاه تحت غلظت µl ۳۰ نانوذرات اکسیدآهن.

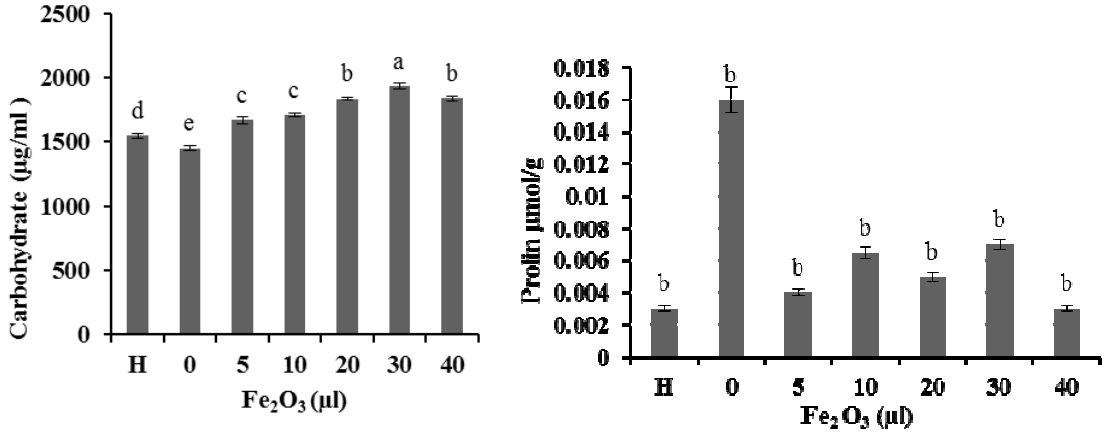
آنزیم‌ها نسبت به گیاهان شاهد مشاهده نشده است (شکل۴)

بحث:

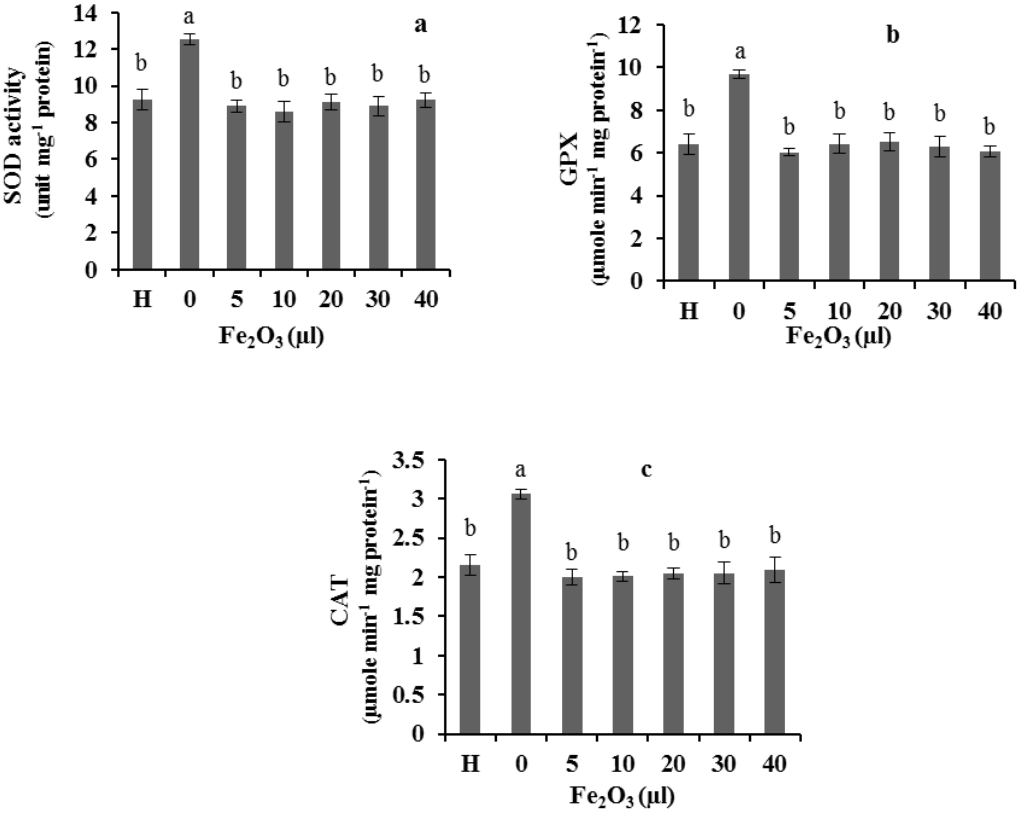
در این تحقیق کاربرد نانوذرات اکسیدآهن تغییرات معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی گیاه پریوش ایجاد کرد. با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدآهن از ۵ تا µl۴۰ افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد برگ مشاهده گردید. بیشترین میزان افزایش متعلق به گیاهان تحت تیمار غلظت µl۳۰ نانواکسید آهن بود. نتایج مشابه توسط محققین مختلف گزارش شده است. در مطالعه‌ای که گیاه ریحان µl۳۰ نانواکسید آهن بود. نتایج مشابه توسط محققین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]



شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و محیط غذایی هوگلند H کامل به عنوان شاهد (محتوی کلات آهن Fe-EDTA بدون نانوذرات اکسیدآهن) بر میزان پرولین و کربوهیدرات گیاه پریوش ۷۰ روزه. خطوط نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن براساس آزمون دانکن (سطح ۰/۰۱) می‌باشد.



شکل ۴- تاثیر سطوح مختلف نانوذرات اکسیدآهن (۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میکرولیتر) و محیط غذایی هوگلند H کامل به عنوان شاهد (محتوی کلات‌آهن بدون نانوذرات اکسیدآهن) بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های گیاه پریوش ۷۰ روزه. a) سوپراکسید دیسموتاز، b) گایاکول‌پراکسیداز و c) کاتالاز. خطوط نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) و حروف غیرمشابه نشان‌دهنده معنی‌دار بودن براساس آزمون دانکن می‌باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

مختلف گزارش شده است. در مطالعه‌ای که گیاه ریحان *Ocimum basilicum* در معرض غلظت‌های مختلفی از کود کلات‌آهن (۱/۵، ۴/۵ و ۷/۵ $Kg.ha^{-1}$) و نانوکود کلات‌آهن (۱، ۳ و ۵ $Kg.ha^{-1}$) قرار گرفت، بررسی‌ها نشان داد که پارامترهای رشد گیاه در معرض کلات‌آهن ۷/۵$Kg.ha^{-1}$ و نانوکود آهن ۱ $Kg.ha^{-1}$، نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته است. بیشترین میانگین وزن تر و خشک برگ‌ها در تیمار نانوکود کلات-آهن مشاهده شد. نتایج فوق نشان داد که جایگزینی کود آهن تهیه شده با فناوری نانو در مقایسه با کودهای آهن رایج در غلظت مناسب یا کمتر نسبت به کود آهن می‌تواند سبب افزایش رشد گیاه ریحان شود (Peyvandi *et al*., 2011b). بررسی اثرات نانو اکسیدآهن (Fe_2O_3) بر روی شاخص‌های رشد گیاه بادام زمینی، افزایش تمامی شاخص‌های رشد در اثر کاربرد نانوکسید آهن را نشان دادند (Xiu-mei *et al.*, 2005). در مطالعه‌ی اثر نانوکود آهن بر گیاه برنج، نتایج نشان داد که نانو آهن بر تمامی شاخص‌های رشدی گیاه به استثنای وزن هزار دانه اثر مثبت معنی‌داری داشته است (Baghaie *et al*., 2011). همچنین سطح برگ در گیاه اسفناج *Spinacia oleracea* در اثر به‌کارگیری کود نانوآهن نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (Moghadam *et al.*, 2012). اسپری نانوآهن بر روی برگ‌های گیاه چغندرقند سبب افزایش وزن، طول و عرض برگ در تمامی مراحل رشد گیاه شد (Mazlomi-Mamyandi *et al.*, 2012a,b). خواص فیزیکی ثابت و پایدار نانوذرات به اندازه‌ی آن‌ها (۱nm تا ۱۰۰ nm)، سطح بزرگ و محلولیت بالای آن‌ها وابسته است (Krystofova *et al.*, 2013; Sheykhbaglou *et al*., 2010). مواد نانو مخصوصا نانوذرات می‌توانند به مولکول‌های فعال بیولوژیکی مختلف متصل شوند که این اتصال می‌تواند به‌طور مستقیم به مکان‌های خاص درون بیومولکول‌ها شامل پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک و ساختارهای زیرسلولی صورت بگیرد و بدین طریق نانوذرات از غشاهای سلولی عبور می‌کنند (Krystofova *et al*., 2013). بنابراین ترکیبات نانوآهن به علت کوچک بودن و حلالیت بالا سریعتر توسط گیاهان جذب می‌شوند و کمبود مواد غذایی و نیازهای گیاهان را رفع می‌کنند. بنابراین در کاربرد این مواد معمولا افزایش رشد گیاه رخ می‌دهد (Mohamadipoor *et al*., 2013). بررسی نتایج مطالعه حاضر همچنین نشان داد که با افزایش غلظت نانوآهن از ۵ تا ۳۰µl میزان جذب آهن توسط گیاه تا ۷۰٪ افزایش نسبت به شاهد صفر µl پیدا کرد و بیشترین میزان جذب آهن در غلظت µl ۳۰ نانوآهن مشاهده شد (صابری، ۱۳۹۲). استفاده از کودهای نانو منجر به افزایش کارایی عناصر، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و کاهش دفعات کوددهی می‌شود (Mohamadipoor *et al*., 2013). محققین مطرح نمودند که کود نانوآهن به خاطر ثبات بالای آن و آزادسازی تدریجی آهن در یک محدوده وسیع pH (۳ تا ۱۱) می‌تواند به عنوان یک منبع غنی و قابل اعتماد از آهن دو ظرفیتی برای گیاه در نظر گرفته شود (Moghadam *et al*., 2012).

در این تحقیق، در گیاهانی که هیچ نوع ریزمغذی آهنی (صفر µl) دریافت نکردند کاهش معنی‌دار میزان پارامترهای رشد از جمله سطح برگ، وزن تر و خشک برگ مشاهده شد. کمبود آهن یک تنش غیرزیستی محسوب می‌شود که بسیاری از گیاهان را در مناطق جهان تحت تاثیر قرار می‌دهد. این تنش اغلب در گیاهانی که در خاک‌های قلیایی و یا آهکی رشد می‌کنند، مشاهده می‌شود (Fernandez *et al.*, 2008). کمبود آهن باعث می‌شود که کلروفیل در مقادیر کافی تولید نشود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش تولید فتوسنتتات‌های مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه مثل کاهش رشد برگ می‌شود (Mohamadipoor *et al*., 2013) .

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که گشودگی دهانه روزنه در هر دو سطح برگ گیاهان پریوش که آهن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

دریافت نکرده‌اند (صفر µl) نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌داری یافت. اما گیاهان تحت غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن تغییر معنی‌داری در گشودگی دهانه روزنه نسبت به گیاهان شاهد نشان ندادند. یعنی تنها غلظت صفر µl آهن برای گیاه پریوش تنش بوده است و سایر غلظت‌های نانوآهن برای گیاه تنش نبوده است. در مطالعه گیاه هلو (*Prunus persica*) تحت کمبود آهن نیز گشودگی دهانه روزنه‌ها نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌داری یافت (Fernandez *et al.*, 2008). براساس گزارش Shimshi (۱۹۶۷) کمبود آهن القا شده در گیاه بادام‌زمینی سبب کاهش قابل‌توجه میزان گشودگی روزنه‌های برگ شد ولی تراکم روزنه تغییری نیافت. در کمبود آهن علاوه بر کاهش کلروفیل، میزان نفوذپذیری برگ نیز کاهش می‌یابد که این موارد سبب ایجاد کلروز در برگ می‌شود. کلروز ناشی از کمبود آهن، نوعی تنش غیرزیستی برای گیاه محسوب می‌شود و سبب کاهش میزان گشودگی روزنه‌ها می‌شود. ولی مطالعات نشان داده که کاهش نفوذپذیری برگ در تراکم روزنه اثری ندارد، به‌طوری‌که برگ‌های کلروزه معمولا تراکم روزنه‌ای یکسانی نسبت به برگ‌های شاهد دارند (Eichert *et al.*, 2009; Shimshi, 1967). در هنگام مواجه با اغلب تنش‌ها، در گیاهان با ترشح ترکیباتی مانند هورمون آبسیزیک‌اسید، کاهش گشودگی دهانه روزنه‌ها رخ می‌دهد. آبسیزیک‌اسید با اثر بر روی پمپ H^+-ATPase پلاسمالمی تبادلات H^+/K^+ را تضعیف می‌کند و باعث کاهش فعالیت آنزیم فسفوانول‌پیروات می‌شود و در نتیجه باعث کاهش فشار تورگور سلول‌های نگهبان روزنه، کاهش گشودگی دهانه روزنه و در نهایت بسته شدن دهانه روزنه‌ها می‌گردد (Zhang *et al.*, 2001).

نتایج مطالعه حاضر افزایش معنی‌دار (۴ برابری) میزان پرولین گیاهان تحت غلظت صفر µl نانو اکسیدآهن را نسبت به گیاهان شاهد نشان داد. در مطالعه‌ی اثر کمبود آهن بر روی گیاه نارنج *Citrus aurantium*، نتایج افزایش معنی‌دار میزان پرولین گیاه را در اثر کمبود آهن نشان داد (Fisichella *et al.*, 1998). در اکثر گیاهان میزان پرولین در تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌یابد (Tan *et al.*, 2008). بنابراین کمبود آهن به عنوان یک تنش عمل کرده و سبب افزایش محتوای پرولین در گیاه شده است (Fisichella *et al.*, 1998). در این مطالعه میزان پرولین در گیاهان تحت غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسیدآهن تغییر معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد نداشت، از آنجا که گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو، انواع آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی مثل پرولین را تولید می‌کنند (Kosova *et al.*, 2011)، بنابراین هیچ یک از سطوح نانو اکسیدآهن که در این مطالعه استفاده شده برای پریوش تنش نبوده است.

نتایج بررسی حاضر نشان داد که با افزایش غلظت نانواکسید آهن (از ۵ تا ۳۰ µl) میزان کربوهیدرات گیاه نیز افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان کربوهیدرات در غلظت ۳۰ µl نانواکسید آهن و کمترین میزان در گیاهانی که هیچ نوع آهنی دریافت نکردند مشاهده شد. در بررسی محتوای قندی گیاه چغندرقند در معرض کمبود آهن نیز کاهش ۴/۶ برابری مقدار سوکروز مشاهده شد (Lo pez-Millan *et al.*, 2001). در مطالعه گیاه انگور *Vitis labruscan* در معرض کمبود آهن، کاهش محتوای کربوهیدرات کل گزارش شد. کاهش محتوای کربوهیدرات در این گیاه می‌تواند به کاهش میزان نشاسته و سوکروز برگردد. در شرایط کمبود آهن دیده شده که میزان سنتز نشاسته و سوکروز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. کاهش در میزان این ترکیبات می‌تواند به علت کاهش محتوای کلروفیل و به دنبال آن کاهش میزان فتوسنتز باشد. همچنین نتایج بررسی میزان کربوهیدرات کل در گیاه انگور تحت غلظت‌های مختلف آهن (۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ µM) نشان داد که با افزایش غلظت آهن، مقدار کربوهیدرات افزایش معنی‌داری یافت (Chen *et al.*, 2004). مطالعات مختلف نشان داده که کمبود آهن سبب برهم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

خوردن تعادل غذایی و تغییر میزان عناصر موجود در گیاه می‌شود و اختلال در رشد گیاه را ایجاد می‌کند (Pestana *et al*., 2004; 2005) این اثرات در نهایت سبب تخلیه کربوهیدرات و ذخایر آهن و ایجاد تنش برای گیاه می‌شوند (Alvarez-Fernandez *et al.* 2006). محتوای کربوهیدرات در گیاه چغندرقند ۸۰ روزه که تحت تیمار اسپری غلظت‌های مختلف نانوآهن (۱، ۲، و g/l ۳) قرار گرفتند، نشان داد که میزان کربوهیدرات در غلظت‌های ۱ و g/l ۲ نانوآهن افزایش یافت ولی در غلظت g/l ۳ کاهش معنی‌داری را نشان داد (Mazlomi-Mamyandi *et al.*, 2012a). محققین مطرح نمودند که مقادیر بالا و سمی آهن با افزایش تنفس نوری و متابولیسم گیاه برای مقابله با تولید رادیکال‌های آزاد همراه است که همین علت کاهش قندها در هنگام تنش سمیت آهن است (Kampfenkel and Montagu 1995). بنابراین هیچ یک از سطوح نانواکسیدآهن استفاده شده در این تحقیق در حد سمیت نبوده است زیرا در هیچ یک از سطوح نانو اکسیدآهن مورد استفاده، مقدار کربوهیدرات‌های گیاه پریوش کاهش را نشان نمی‌دهد.

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان توانایی مهار رادیکال آزاد I% و کمترین میزان IC_{50}، غلظتی از عصاره که ۵۰٪ رادیکال‌های DPPH را مهار و تخریب کند، مربوط به گیاهانی است که هیچ آهنی (غلظت صفر µl) دریافت نکرده‌اند. این نشان‌دهنده‌ی این است که گیاهانی که هیچ آهنی (کلات‌آهن یا نانوآهن) دریافت نکرده‌اند (غلظت صفر µl) تحت شرایط تنشی قرار گرفته‌اند. بررسی فعالیت تخریب رادیکال‌های آزاد در گیاه توت‌فرنگی در معرض کمبود آهن نیز کاهش معنی‌دار میزان IC_{50} را نسبت به شاهد نشان داد. کاهش در میزان IC_{50} نشان‌دهنده‌ی افزایش مقدار و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در این گیاه می‌باشد (Pestana *et al.*, 2010). به طور کلی میزان تولید گونه‌های فعال و واکنش‌گر اکسیژن ROS تحت شرایط نامساعد محیطی و تنش‌های مختلف افزایش می‌یابد. ROS ها با تخریب نوکلئیک اسیدها، اکسیداسیون پروتئین‌ها و پراکسیداسیون لیپیدها، روی بسیاری از جنبه‌های عملکردی سلول‌ها اثر می‌گذارند (Foyer and Noctor, 2005).

گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی، سازوکارهای متعدد دفاعی دارند. تولید انواع مختلف متابولیت‌های ثانویه ابزاری جهت غلبه به تنش، تحمل تنش و سازش به شرایط تنشی محیط و بنابراین بقاء گیاه در برابر تنش است (Vasconsuelo and Boland 2007). متابولیت‌های ثانویه مثل انواع آنتی‌اکسیدانت‌ها نقش اصلی را در سازش گیاهان به تغییرات محیطی و تنش‌ها فراهم می‌کنند. سیستم دفاعی گیاهان در برابر ROS ها تولید انواع آنتی‌اکسیدانت‌ها می‌باشد (Liu, *et al*., 2006; Kosova *et al*., 2011). در این مطالعه بیشترین مقدار فعالیت سه آنزیم آنتی‌اکسیدانت یعنی سوپراکسید دیسموتاز، گایاکول پراکسیداز و کاتالاز در گیاهان پریوشی که هیچ آهنی دریافت نکردند (غلظت صفر) مشاهده شد و مقدار فعالیت هر سه آنزیم فوق در گیاهانی که تحت غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن قرار گرفتند کمتر از غلظت صفر اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف کود کلات-آهن (۱/۵، ۴/۵ و ۷/۵$Kg.ha^{-1}$) و نانوکود کلات-آهن (۱، ۳ و ۵ $Kg.ha^{-1}$) بر ریحان *Ocimum basilicum* نیز کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و پراکسیداز را در گیاهانی که تحت تیمار نانوکود آهن قرار گرفتند در مقایسه با شاهد نشان داد (Peyvandi *et al*., 2011 b). در همین سطوح کلات آهن و نانوکود آهن، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نسبت به شاهد در گیاه *Satureja hortensis* گزارش شده است که با افزایش غلظت کود آهن و نانوآهن از میزان فعالیت آنزیم‌ها کاسته شده است (Peyvandi *et al*., 2011 a). محققین معتقدند که ترکیبات نانوآهن به علت کوچک بودن و حلالیت بالا سریعتر توسط گیاهان جذب می‌شوند و کمبودهای مواد غذایی و نیازهای گیاهان را برطرف می‌کنند. بنابراین با کاربرد این مواد شرایط بهینه برای رشد گیاه ایجاد می‌شود و از ایجاد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

هرگونه شرایط تنشی در گیاه جلوگیری می‌شود (Mohamadipoor *et al*., 2013). در این مطالعه، گیاهانی که تحت غلظت‌های مختلف نانواکسید آهن قرار گرفتند تغییر معنی‌داری در میزان I%، IC_{50} و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های سوپراکسید دیسموتاز، گایاکول پراکسیداز و کاتالاز نسبت به گیاهان شاهد نشان ندادند. با توجه به اینکه هم کمبود و هم تجمع و انباشت زیاد آهن (سمیت آهن) با بالا رفتن واکنش‌های فنتون همراه است که منجر به تولید مقادیر بالایی از رادیکال سمی هیدروکسیل و دیگر اشکال گونه‌های واکنشگر اکسیژن ROS آزاد می‌شود، یعنی غلظت‌های سمی آهن نیز مانند کمبود آن در گیاهان تنش اکسیداتیو ایجاد می‌کند (Adamski *et al*., 2012; Walker and Connolly, 2008). بنابراین هیچ یک از غلظت‌های مورداستفاده نانوآهن در این تحقیق برای پریوش سمی نیست.

نتیجه‌گیری کلی:

این نتایج نشان می‌دهد که کود آهن تهیه شده با فناوری نانو حتی در غلظت‌های کم (۵µl) هم می‌تواند سبب افزایش رشد گیاه پریوش شود و هیچ یک از غلظت‌های نانو اکسیدآهن استفاده شده در این تحقیق (۵ تا ۴۰ میکرولیتر) برای گیاه پریوش سمی نیست.

منابع:

صابری، ط. (۱۳۹۲) مطالعه تاثیر نانو ذرات اکسیدآهن بر رشد و فیزیولوژی گیاه پریوش *Catharanthus roseus* . پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

Abe, N., Murata, T. and Hirota, A. (1998) Novel 1, 1-diphenyl-2-picryhy- drazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry 62: 61-662.

Adamski, J. M., Danieloski, R., Deuner, S., Braga, E. J. B., De Castro, L. A. S. and Peters, J. A. (2012) Responses to excess iron in sweet potato: impacts on growth, enzyme activities, mineral concentrations, and anatomy. Acta Physiologiae Plantarum 34: 1827-1836.

Alvarez-Fernandez, A., Abadia, J., Abadia, A. (2006) Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. In: Iron nutrition in plants and rizospheric microorganisms. Developments in plant and soil sciences. (eds. Barton, L. L. and Abadia, J.) Pp. 437-448. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Aslam, J., Haque Khan, S. and Siddiqui, ZH.(2010) *Catharanthusroseus* (L.) G. Don. An important drug: its applications and production, Pharmacie Globale, India. 4: 1-16.

Baghaie, N., Keshavarz, N., Nazaran, M. H. (2011) 1th National Conference on new topics in agriculture, 8-10 November, University of Saveh, Iran, Saveh.

Banaei, M. H, Moameni, A, Baybordi, M. and Malakouti, M. I (2005) The Soils of Iran, new achievements in perception. Managements and use. Sana publication, Tehran. Iran.

Bates, L. S., Waldron, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studied. Plant and Soil 39: 205-207.

Cakmak, I. and Marschner, H. (1992); Manesium deficiency and high light inensity enhance activities of superoxide dismutase, ascrobate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. Plant Physiology, USA. 98:1222-1227.

Chen, L., Smith, B. R. and Cheng, L. (2004) Co_2 assimilation, photosynthetic enzymes and carbohydrates of 'Concord Grap Leaves in response to Iron Supply. American Society for Horticulture Science 129: 738-744.

Chinnamuthu, C. R. and Murugesa Boopathi, P. (2009) Nanotechnology and Agroecosystem. Madras Agricultural journal 96: 17-31.

Dokhe, S. A., Mahajan. P., Kamble, R. and Khanna, A. (2013) Effect of nanoparticles suspension on the growth of mung (*Vigna radiata*) seedlings by foliar spray method. Nanotechnology Development 3: 1-5.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetria method for determination of sugars and related substances. Analytical chemistry 28: 350-356.

Eichert, T., Peguero-Pina, J. J., Gil-Pelegrin, E. and Fernandez, V. (2009) Effects of Fe-chlorosis on the stomatal behaviour and water relations of field-grown peach leaves. The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI. paper 1335 (XVI International Plant Nutrition Colloquium, Sacramento.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Applied Sciences 7: 36-40.

Mazlomi-Mamyandi, M., Pirzad, A. and Zardoshti, M. R. (2012a) Allocation ratio of photosynthate to different parts of sugar beet plant affected by nano-iron foliar application at varying growth stages. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences 2: 121-130.

Mazlomi-Mamyandi, M., Pirzad, A. and Zardoshti, M. R. (2012b) Effect of Nano-iron spraying at varying growth stage of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) on the size of different plant parts. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4: 740-745.

Moghadam, A., Vattani, H. Baghaei, N. and Keshavarz, N. (2012) Effect of different levels of fertilizer nano_iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.): Varamin 88 and Viroflay. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4: 4813-4818.

Mohamadipoor, R., Sedaghathoor, S. Mahboub-Khomami, A. (2013) Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathyphyllum illusion*. European Journal of Experimental Biology 3: 232-240.

Noori, M. (2002) Characterization of the iranian species of Shophorea and Ammodendron (Leguminosea: Sophorea). PhD thesis, University of London and Royal Botanic Gurden, Kew, UK.

Pestana, M., Gama, F., Saavedra, T., Correia P. J., Dandlen, S. and Miguel, M. G. (2010) Evaluation of Fe deficiency on strawberry fruit quality. Acta Horticulturae 868: 423-8.

Pestana, M., Beja, P., Correia, P. J., de Varennes, A. and Faria, E. A. (2005) Relationships between floral nutrients and fruit quality in orange trees grown in a calcareous soil. Tree Physiology 24:761-7.

Pestana, M., de Varennes, A., Goss, M. J., Abadía, J., Faria, E. A. (2004) Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. Plant and Soil 259:287-95.

Peyvandi, M., Mirza, M., Kamali Jamakani, Z. (2011a) The effect of nano Fe chelate and Fe chelate on the growth and activity of some antioxidant. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 2: 25-32.

Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M. (2011b) Comparison of nano Fe chelate with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of Ocimum basilicum. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 1: 89-98.

Fernandez, V., Eichert, T., Del Rio, V., Lopez-Casado, G., Heredia-Guerrero, J. A., Abadía, A., Heredia, A. and Abadia, J. (2008) Leaf structural changes associated with iron deficiency chlorosis in field-grown pear and peach: physiological implications. Plant and Soil 311: 161–172.

Fisichella, G., Santoro, A., Benintende, P. G., Longo, A. and Ruscica, S. (1998) Effects of single and associated deficiencies on free proline content in citrus leaves. Tecnica Agricola 51: 3-8.

Foyer, C. H. and Noctor, G. (2005) Redox homeostis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. Plant Cell 17: 1866-1875.

Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. (1977) Superoxide dismutases: I. occurrence in higher plants. Plant Physiology 59: 309-314.

Jaleel, C. A, Gopi, R., Alagu Lakshmanan, G. M. and Panneerselvam, R. (2006) Triadimefon induced changes in the antioxidant metabolism and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, Plant Science. 171: 271–276.

Kampfenkel, K. and Van Montagu, M. and Inze, D. (1995) Extraction and determination of ascorbate and dehydroascorbate from plant tissue.Analytical Biochemistry 225:165-7.

Kosovaa, K., Vitamvasa, P., Prasila, I. T. and Renautb, J. (2011) Plant proteome changes under abiotic stress — contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. Proteomics 74: 1301–1322.

Krystofova, O., Sochor, J., Zitka, O., Babula, P., Kudrle, V., Adam, V. and Kizek, R. (2013) Effect of Magnetic Nanoparticles on Tobacco BY-2 Cell Suspension Culture. International Journal of Environmental Research and Public Health 10: 47-71.

Ksouri, R., Debez, A., Mahmoudi, H., Ouerghi, Z., Gharsalli, M. and Lachaa, M. (2007) Genotypic variability withinTunisian grapevine varieties (*Vitis vinifera* L.) facing bicarbonate-induced iron deficiency. Plant Physiology and Biochemistry 45: 315-322.

Liu, N., Peng, C., Lin, Z., Lin, G., Zhang, L. and Pan, X. (2006) Changes in photosystem ii activity and leaf reflectance features of several subtropical woody plants under simulated SO_2 treatment. Journal of Integrative Plant Biology 48: 1274–1286.

Lopez-Millan, A. F., Morales, F., Abadia, A. and Abadia, J. (2001) Changes induced by Fe deficiency and Fe resupply in the organic acid metabolism of sugar beet (*Beta* v*ulgaris*) leaves. Physiologia Plantarum 112: 31–38.

Mazaherinia, S., Astaraei, A. R., Fotovat, A. and Monshi, A. (2010) Nano Iron Oxide particles

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]

production of Vinca. The university of Georgia cooperative extension service. 1-30. Available on line in: http://www.caes.uga.edu/applications/publications/files/pdf/B%201219_3. Accessed 29 February.

Vasconsuelo, A. and Boland, R. (2007) Molecular aspects of the early stages of elictition of secondary metabolites in plants. Plant Science 172: 861-875.

Walker, E. and Connolly, E. (2008) Time to pump iron: iron –deficiency-signaling mechanisms of higher plants. plant biology11:530-535

Whiting, D., Card, A. Wilson, C., and Reeder, J. (2011) Soil pH. Colorado Master Gardener notes.222:1-4.retrieved from http: //www.cmg.colostate.edu/gardennotes/222.pdf.

Wiswanathan, B. (2009) Nanomaterials. Alpha science international limited. London. 250pP

Xiu-Mei, L. Fu-Dao, Z., Zhao-Bin, F., Shu-qing, Z., Xu-sheng, H., Ru-Fang, W. and Yu-Jun, W. (2005) Effects of nano-ferric oxide on the growth and nutrients absorption of peanut. Plant nutrition and Fertilizer Science 11: 551-555.

Zhang, X., Zhang, L., Dong, F., Gao, J., Galbraith, D. W., Song, C. P. (2001) Hydrogen peroxide is involved in abscisic acid-induced stomatal closure in *Vicia faba*. Plant Physiology 126: 1438-1448.

Polle, A., Otter, T. and Seifert, F. (1994). Apoplastic peroxidases and lignification in needles of norway spruce (Piceaabies L.). Plant Physiology, 106, USA: 53-56.

Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Rajareddy, k., Sreeprasad, T. S., Sajanla, P. R. and Pradeep, T. (2012) Effect of nano scalezink oxid particle on the germination growth and yield of peanut. journal of plant Nutrition.35:905-927

Ranjbar, M. and shams G.A. 2009. Using of nanotechnology. Journal Environment Green 3: 29-34. Brumbarova, T.and Bauer, P. (2005) Iron-mediated control of the basic helix-loop-helix protein FER, a regulator of iron uptake in tomato. Plant Physiology 137: 1018–1026.

Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbakhsh-Shishevan, M. Seyed-Sharifi, R. (2010) Effects of Nano-Iron Oxide Particles on Agronomic Traits of Soybean. Notulae Scientia Biologicae 2: 112-113.

Shimshi, D. (1967) Leaf chlorosis and stomatal aperture. New Phytologist 66: 455-461.

Tan, J., Zhao, H., Hoang, J., Han, Y., Li, H. and Zhao, W. (2008) Effects of exogenous nitric oxide on photosynthesis, antioxidant capacity and proline accumulation in wheat Seedlings subjected to osmotic stress. Agricultural Sciences 4: 307-313.

Thomas, P., Woodward, J., Stegelin, F., and Pennisi, B. (2012) A guide for commercial

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.10.3]