Arshive of SID

نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶ ص. ۳۵۹- ۳۴۵

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 5, No. 4, Winter 2018, P. 345-359

اثر محلول‌پاشی نانو کودهای مختلف بر برخی صفات فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus* L.)

مجید رستمی [۱*]، معصومه ملکی [۲] و علیرضا عفتی [۳]

تاریخ دریافت: ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۵ **تاریخ پذیرش:** ۳ آذر ۱۳۹۵

رستمی، م.، ملکی، م.، و عفتی، ع.ر. ۱۳۹۶. اثر محلول‌پاشی نانو کودهای مختلف بر برخی صفات فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۵(۴): ۳۵۹-۳۴۵.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر نانو کودهای مختلف بر برخی صفات فیزیولوژیک زعفران، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در دانشگاه ملایر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل نانو کودهای تک عنصره‌ی آهن، منگنز، بُر، پتاسیم، روی و شاهد بودند که با غلظت دو در هزار و به‌صورت محلول‌پاشی جهت بهبود وضعیت تغذیه گیاه مورداستفاده قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که اثر محلول‌پاشی نانو کودها روی میزان محتوای نسبی آب، قند احیاکننده و قندهای غیر احیاکننده معنی‌دار بود. نانو کودهای مختلف از نظر کلروفیل a و کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند با این‌وجود بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۵۳ $mg.g^{-1}$ Fw) در تیمار نانو کود آهن و کمترین میزان آن (۰/۹۳ $mg.g^{-1}$ Fw) در تیمار نانو کود منگنز مشاهده شد. تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل b و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نداشتند. علاوه بر این تأثیر نانو کودهای مختلف بر میزان پروتئین و فنل معنی‌دار بود. بیشترین میزان پروتئین (۱/۵۶ $mg.g^{-1}$ Fw) در تیمارهای نانو کود پتاسیم و بُر با ۱۲ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد و کمترین میزان پروتئین برگ (۱/۳۶ $mg.g^{-1}$ Fw) در تیمار نانو کود آهن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد سه درصد کاهش نشان داد. بیشترین میزان فنل (۰/۲۷ $mg.g^{-1}$ Dw) با ۱۰/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار نانو کود منگنز مشاهده شد و فقط اختلاف این تیمار با شاهد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که کاربرد کلیه نانو کودهای موردمطالعه با غلظت یکسان از لحاظ علمی قابل توصیه نیست.

کلمات کلیدی: آنزیم، تغذیه گیاه، قند، کلروفیل.

۱- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ملایر
۲- استادیار فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشگاه ملایر
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، فیزیولوژی گیاهی، گروه زیست شناسی، دانشگاه ملایر
(*-ایمیل نویسنده مسئول: majidrostami7@yahoo.com)

DOI: 10.22048/jsat.2017.54127.1160

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدمه

افزایش جمعیت در کشورهای مختلف دنیا از یک‌سو و عدم امکان افزایش سطح زیر کشت از سوی دیگر باعث شده که افزایش عملکرد در واحد سطح به‌عنوان اصلی‌ترین گزینه فراروی کشاورزان موردتوجه قرار گیرد. در چند دهه گذشته استفاده از کودهای شیمیایی با بهبود وضع تغذیه گیاهی تا حدودی این مشکل را کاهش داده‌اند ولی با این وجود به دلیل اثرات مخرب کودهای شیمیایی بر محیط‌زیست و سلامت انسان، مدت‌ها است که استفاده از آن‌ها مورد نکوهش قرار گرفته است. در راستای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی راه‌کارهایی ارائه شده است که از جمله مهم‌ترین آن‌ها تغییر منابع کودی و تغییر روش کود دهی می‌باشد (Rostami & Ahmadi, 2014).

عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. در نانو کودها که به‌عنوان جایگزین کودها مرسوم هستند عناصر غذایی به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند و در نتیجه از بروز پدیده مردابی شدن آب‌های ساکن و هم‌چنین آلودگی آب آشامیدنی جلوگیری به عمل خواهد آمد (Zhu et al., 2008). در حقیقت با بهره‌وری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانو کودها، فرصت‌های جدیدی به‌منظور افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط‌زیست، پیش روی انسان قرار گرفته است. فرآورده‌های نانو شامل مخلوطی از ذره‌های با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که می‌توانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه خود را تغییر دهند (Mukhopadhyay, 2014).

زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) گیاهی علفی از خانواده زنبقیان است و مناطقی که دارای زمستان‌های ملایم و دارای تابستان‌های گرم و خشک باشند برای کشت آن مناسب هستند (Sepaskhah & Kamgar, 2009). ویژگی‌های خاص این گیاه هم‌چون عدم خواب تابستانه و عدم نیاز به آبیاری در طول فصل گرم، عدم نیاز به کاشت مجدد و امکان بهره‌برداری از مزرعه برای چندین سال و همچنین ارزش اقتصادی محصول باعث شده که کاشت زعفران در بسیاری از مناطق کشور مورد توجه قرار گیرد (Rostami & Mohammadi, 2013). گیاهان مختلف برای رشد و نمو مطلوب نیاز به مقدار متعادلی از عناصر غذایی خاک دارند و در شرایطی که میزان عناصر معدنی خاک کمتر از حد مورد نیاز گیاه باشد لازم است که از طریق کاربرد ترکیبات شیمیایی این کمبود جبران شود.

زعفران ریشه نسبتاً کم حجمی دارد که در بخش محدودی از خاک گسترش می‌یابد به همین دلیل کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی در خاک می‌تواند باعث اتلاف منابع کودی و کاهش کارایی مصرف کود و همچنین افزایش آلودگی محیط‌زیست شود. علاوه بر این از آنجا که قسمت عمده رشد این گیاه در فصل پاییز و زمستان است بنابراین کاهش شدت تعرق باعث می‌شود که میزان جذب و انتقال آب و عناصر غذایی محلول در آن کاهش یابد که این شرایط نیز به نوبه خود باعث کاهش غلظت عناصر غذایی در برگ‌های گیاه می‌شود (Akrami et al., 2014) به همین دلیل به نظر می‌رسد لزوم استفاده از عناصر غذایی و بهبود تغذیه معدنی به‌صورت محلول‌پاشی در این گیاه بیش از سایر گیاهان باشد. محلول‌پاشی عناصری همچون بر، مس، منیزیم، منگنز و روی در مقایسه با کاربرد آن‌ها در خاک مناسب‌تر است زیرا در روش محلول‌پاشی سرعت رفع کمبود بیشتر است و از تثبیت و تجمع عناصر در خاک و همچنین بروز اثرات سمیت جلوگیری می‌شود. گزارش شده که محلول‌پاشی کودهای کامل به‌ویژه در پایان فصل

www.SID.ir

Arshive of SID

زمستان بسیار سودمند است زیرا جذب این مواد توسط برگ‌ها و تجمع آن‌ها در بنه‌ها باعث افزایش تعداد گل و عملکرد در سال بعد می‌شود (Amirghasemi, 2001). محلول‌پاشی عناصر غذایی ضمن کاهش هزینه‌های تولید باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست و همچنین افزایش کارایی مصرف عنصر شیمیایی مورد استفاده می‌شود. با این وجود اثرات مثبت محلول‌پاشی در همه بخش‌های این گیاه به یک میزان نیست. در آزمایشی مزرعه‌ای غلظت، زمان و دفعات مناسب محلول‌پاشی بر رشد رویشی و تولید بنه‌های دختری زعفران با استفاده از محلول غذایی کامل مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به‌دست آمده نشان داد که تعداد و وزن‌تر و خشک بنه‌های دختری و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ و بنه زعفران، تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت و همچنین دفعات و زمان‌های مختلف محلول‌پاشی قرار نگرفت. بر اساس نتایج این آزمایش محلول-پاشی نمی‌تواند سبب بهبود خصوصیات رشدی بنه دختری زعفران شود (Khorasani et al., 2013). پتاسیم پس از نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مؤثر در رشد و نمو گیاهان است که ضمن تأثیر در فرایندهای فیزیولوژیک مختلف باعث بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می‌شود. پتاسیم عمده-ترین کاتیون سیتوپلاسم است و نقش فعالی در تنظیم پتانسیل اسمزی و فعالیت روزنه‌ها و همچنین آنزیم‌ها دارد. هرچند اثرات مثبت کاربرد پتاسیم به اثبات رسیده است با این‌حال گزارش شده است که زعفران از نظر نیاز به پتاسیم گیاهی کم‌توقع می-باشد و مصرف بیش از میزان نیاز گیاه حتی باعث کاهش عملکرد گیاه در مقایسه با شرایط عدم مصرف می‌شود (Zabihi & Feizi, 2014). منگنز از طریق اثرگذاری بر انتقال عناصر ضروری همچون آهن و منیزیم به کلروپلاست رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Marschner, 2011). آهن نقش اساسی در متابولیسم کلروفیل دارد و به عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فعالیت‌های سلولی از قبیل فتوسنتز، تنفس و تمایز سلولی شرکت دارد و کمبود آن می‌تواند کارایی اندامک‌های فتوسنتزی را به میزان زیادی کاهش دهد (Bybordy & Mamedov, 2010). میزان کلروفیل و تجمع متابولیت‌ها در اندام‌های هوایی تحت تأثیر عنصر روی افزایش می‌یابد. تغییر در میزان کلروفیل می‌تواند ناشی از تأثیر عنصر روی بر فرایندهایی باشد که منجر به سنتز کلروفیل می‌شوند (Arif et al., 2012). روی همچنین نقش مهمی در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها و عملکرد آن‌ها به‌عنوان کوفاکتور دارد (Grotz & Guerinot, 2006). عنصر بُر نقش اساسی در فرایندهای حیاتی گیاه مانند تقسیم سلولی، تشکیل جوانه گل و برگ، تشکیل دیواره سلول، رشد ریشه و انتقال مواد بین سلول‌ها دارد. از آنجا که قابلیت تحرک بُر در گیاه نسبتاً کم است بنابراین غلظت این عنصر در بخش‌های پایینی گیاه بیشتر است (Moeinian et al., 2011). با توجه به روند افزایشی کاشت زعفران در استان‌های غربی کشور و همچنین مطالعات محدودی که در زمینه تغذیه برگی زعفران انجام شده است، این پژوهش باهدف بررسی اثر محلول‌پاشی نانو کودها بر روی برخی صفات فیزیولوژیک و ویژگی‌های بیوشیمیایی زعفران در شهرستان ملایر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ملایر (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه، ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ و متوسط بارندگی ۳۰۰ میلی‌متر) در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد نانو کودهای تک عنصره‌ی آهن (کلات آهن ۱۲ درصد)، منگنز (کلات منگنز ۲۵ درصد)، بُر (کلات بُر ۱۸ درصد)، پتاسیم (کلات پتاسیم ۲۳ درصد)، روی (کلات روی ۲۰ درصد) و شاهد (عدم استفاده از نانو کود) بودند که بر اساس

www.SID.ir

Arshive of SID

توصیه شرکت تولیدکننده با غلظت دو در هزار در یک مزرعه ۵ ساله مورد محلول‌پاشی قرار گرفتند. خلاصه نتایج مربوط به آزمایش خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. در این مزرعه بنه‌هایی با میانگین وزن هشت گرم به‌صورت خطی و با تراکم ۵۰ بنه در مترمربع کشت شدند. اولین آبیاری مزرعه در نیمه اول مهرماه صورت گرفت. در طول دوره آزمایش علف‌های هرز کرت‌های آزمایشی به‌صورت دستی وجین شدند و به‌منظور مطالعه دقیق‌تر اثرات تیمارها هیچ نوع کود شیمیایی و دامی استفاده نشد. با پایان گل‌دهی اعمال تیمارها از ۱۲ آذرماه آغاز شد. برای اعمال تیمارهای مختلف از نانو کودهای تأییدشده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب استفاده شد و محلول‌پاشی در سه نوبت با فاصله یک هفته تکرار شد. سه هفته پس از آخرین مرحله‌ی محلول‌پاشی برداشت نمونه‌ها صورت گرفته و صفات مورد نظر به شرح زیر موردسنجش قرار گرفت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Selected physical and chemical properties of soil

بافت خاک	آهن	روی	منگنز	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	شاخص واکنش	هدایت الکتریکی
	Fe	Zn	Mn	K	P	N	OC	pH	EC
Soil texture	mg.kg^{-1}					٪			(dS.m^{-1})
لومی سیلتی Silt loam	3.4	0.9	8.1	241	5.8	0.16	0.51	7.9	1.73

سنجش محتوای کلروفیل a و b با استفاده از روش لیختن تالر و ولبورم (Lichtenthaler & Wellburm, 1983) انجام شد. محتوای نسبی آب برگ[1] (RWC)، با استفاده از بافت برگ‌های توسعه‌یافته و به روش قسیم و همکاران (Qasim et al, 2003) تعیین شد. برای سنجش قندهای احیاکننده از روش نلسون (Nelson, 1944) استفاده شد و برای سنجش قندهای غیر احیاکننده ابتدا میزان کل قندها با استفاده از روش فنل اسید سولفوریک (Dubois et al, 1956) مشخص شد و با محاسبه تفاوت بین قند کل و قند احیاکننده میزان قندهای غیر احیاکننده محاسبه شد. فنل با استفاده از روش مک‌دونالد و همکاران (McDonald et al., 2001) سنجیده شد. به‌منظور سنجش میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانت برگ زعفران، ابتدا بافر استخراج تهیه شد، سپس استخراج آنزیم با استفاده از این بافر از نمونه‌های برگی انجام گرفت و برای سنجش آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز استفاده گردید (Gogorcena, 1995). برای سنجش میزان پروتئین موجود در عصاره‌های پروتئین استخراج شده از روش (Bradford, 1976) استفاده شد.

بعد از انجام آزمایش، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، اثر تیمارهای آزمایشی بر محتوای نسبی آب برگ زعفران در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. هرچند همه تیمارهای آزمایشی اثر افزایشی نسبت به شاهد داشتند. با این وجود محلول‌پاشی نانو کود بُر و پتاسیم بیشترین تأثیر مثبت بر روی محتوای نسبی آب برگ داشته و باعث افزایش هفت درصدی محتوای نسبی آب نسبت به شاهد شد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای نانو کود بُر، منگنز و پتاسیم

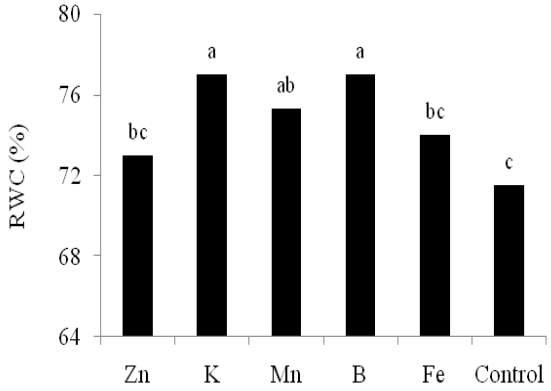
1- Relative Water Content

www.SID.ir

Arshive of SID

وجود نداشت و از بین تیمارهای کودی کمترین تأثیر را نانو کود روی داشت که باعث افزایش دو درصدی نسبت به شاهد شد (شکل ۱). افزایش محتوای نسبی برگ در اثر کاربرد پتاسیم در دو رقم کلزا (Fanaei et al., 2009) و زیتون (Benlloch-Gonzalez et al., 2008) قبلاً گزارش شده است. پژوهش‌های انجام شده درباره‌ی تأثیر روی بر روابط آبی گیاه نسبت به بقیه عناصر کمتر است. تأثیر روی بر روابط آبی ممکن است به‌صورت غیرمستقیم و با تأثیر بر ویژگی‌های دیگر گیاه مانند پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها باشد (Tavallali et al., 2009). با توجه به این‌که در این آزمایش تا زمان سنجش محتوی نسبی آب برگ فقط یک نوبت آبیاری صورت گرفته بود به نظر می‌رسد که کاربرد نانو کودهای مختلف از طریق تنظیم روابط آبی گیاه باعث بهبود محتوی نسبی آب در مقایسه با تیمار شاهد شدند. این تأثیر می‌تواند به‌صورت مستقیم از طریق تغییر پتانسیل برگ و یا فعالیت روزنه‌ها و یا به‌صورت غیرمستقیم از طریق تنظیم فرایندهای بیوشیمیایی باشد. گزارش‌شده است که نانو کودها می‌توانند از طریق افزایش میزان قندها در سلول‌های گیاهی به فرآیند تنظیم اسمزی کمک کنند (Khodary, 2004).

بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد بر میزان رنگیزه‌کلرفیل a معنی‌دار بود (شکل ۲) ولی تأثیر تیمارها بر میزان کاروتنوئیدها و کلرفیل b معنی‌دار نبود (جدول ۲).



شکل ۱- اثر نانو کودهای مختلف بر محتوای نسبی آب برگ زعفران

Figure 1- Effect of different nano-fertilizers on relative water content of saffron leaves.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک زعفران در تیمارهای مختلف

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for physiological traits at different treatments

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئیدها Carotenoids	کلروفیل کل Total Chlorophyll	قند غیرقابل احیا Non reducing sugar
تکرار (Replication)	2	0.0044	0.0026	0.036	0.0162	0.0078
تیمار (Treatment)	5	0.0878*	0.0188 ns	0.0807ns	0.2119*	0.1056*
خطا (Error)	10	0.0239	0.0097	0.0660	0.0572	0.0104
ضریب تغییرات (CV%)		18.9	15.8	17.8	21.3	16.4

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

* and ns are significant at the 0.05 levels of probability and no significant, respectively.

www.SID.ir

Arshive of SID

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک زعفران در تیمارهای مختلف

Table 2 (Continued)- Analysis of variance (mean squares) for physiological traits at different treatments

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	قندهای احیاکننده Reducing sugar	کاتالاز Catalase	پروکسیداز Proxidase	پروتئین Protein	فن ول Phenol	محتوی آب نسبی RWC
تکرار (Replication)	2	0.0004	0.0099	0.00019	0.0108	0.0007	0.044
تیمار (Treatment)	5	0.0518*	0.003ns	0.00015 ns	0.0557*	0.0708*	14.62*
خطا (Error)	10	0.0043	0.001	0.0001	0.0062	0.0064	1.21
ضریب تغییرات (CV%)		18.8	14.6	8.72	5.41	13.4	9.2

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

* and ns are significant at the 0.05 levels of probability and no significant, respectively.

هیچ یک از تیمارها نسبت به شاهد تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a نداشتند و فقط اختلاف بین نانو کود آهن و نانو کود منگنز از نظر میزان کلروفیل a معنی‌دار بود. بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار نانو کود آهن مشاهده شد به صورتی‌که در این تیمار میزان کلروفیل a در مقایسه با تیمار شاهد حدود ۱۵ درصد افزایش یافت. به‌جز نانو کود آهن که باعث افزایش میزان کلروفیل a شده سایر تیمارها باعث کاهش میزان این رنگیزه در مقایسه با شاهد شدند.

پژوهشگران گزارش کردند که در گیاهان سبز، اغلب میان سطح آهن و مقدار کلروفیل همبستگی مناسبی وجود دارد و گیاهانی که به‌خوبی از آهن برخوردارند دارای کلروفیل بیش‌تری هستند (Shafea et al., 2011). علاوه بر این گزارش شده است که در بین تیمارهای محلول‌پاشی شده بر روی گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمارهای آزمایشی آهن و منگنز بوده و کمترین میزان کلروفیل a در محلول‌پاشی روی بوده است (Babaeian et al., 2009).

شاید یکی از دلایل افزایش کلروفیل a در تیمار آزمایشی نانو کود آهن این بوده است که آهن به عنوان یکی از عناصر ضروری برای گیاهان نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان و سنتز کلروفیل، تیلاکوئیدها و نمو کلروپلاست دارد (Curie & Briat, 2003). فتحی امیرخیز و همکاران (Fathi Amirkhiz et al., 2015) با انجام آزمایشی بر روی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گزارش کردند که بیشترین میزان کلروفیل برگ در شرایط محلول‌پاشی آهن با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شده و استفاده از غلظت‌های بیشتر آهن باعث کاهش نسبی میزان کلروفیل شد.

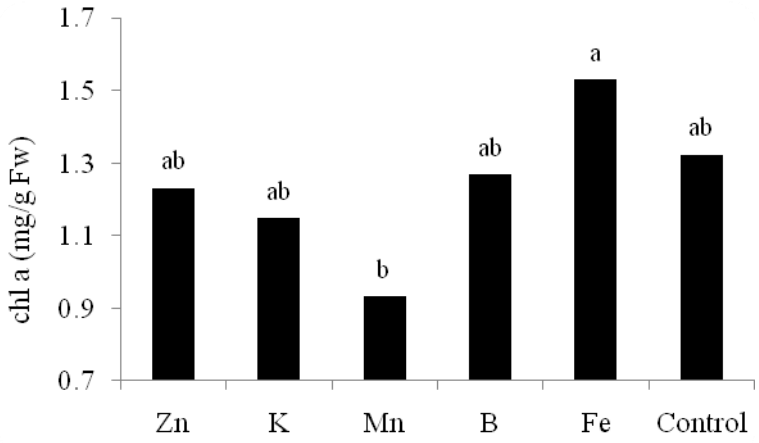
کاهش میزان کلروفیل a در اثر کاربرد برخی از نانو کودها را می‌توان به غلظت مورد استفاده از این ترکیبات نسبت داد زیرا فاصله بین آستانه کمبود و مرز سمیت این ترکیبات بسیار اندک است. به نظر می‌رسد از لحاظ تأثیر بر روی فرایند ساخت کلروفیل به‌جز نانو کود آهن غلظت مصرفی برای سایر نانو کودها بیشتر از حد مطلوب برای زعفران بوده است.

زارع ده آبادی و همکاران (Zare DehAbadi et al., 2007) با ارزیابی اثر محلول‌پاشی غلظت‌های صفر، پنج، ۱۰،۲۰، ۴۰ میکرومولار عنصر روی در گیاه نعناع (*Mentha spicata* L.) گزارش کردند که میزان کلروفیل، در غلظت پنج میکرومولار روی افزایش و در سایر غلظت‌های روی نسبت به شاهد، کاهش داشته است.

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف بر میزان کلروفیل کل در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). هیچ‌یک از تیمارهای آزمایشی در مقایسه با شاهد تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل نداشتند و همانند آنچه که در مورد کلروفیل a مشاهده شد، فقط تیمارهای نانو کود آهن و نانو کود منگنز از نظر میزان کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند.

www.SID.ir

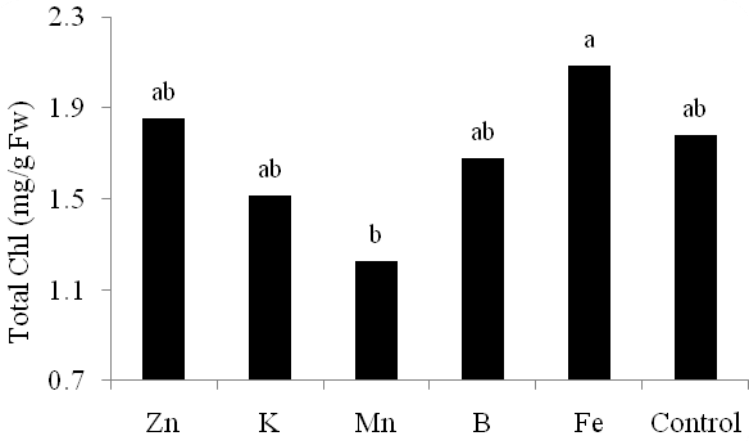
Arshive of SID



شکل ۲- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان کلروفیل a در برگ زعفران

Figure 2- Effect of different nano-fertilizers on Chl a content.

هر چند تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل نداشتند ولی کاربرد نانو کود آهن باعث شد که میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد ۱۷ درصد افزایش یابد. به غیر از تیمار نانو کود آهن و روی در سایر تیمارها میزان کلروفیل کل در مقایسه با شاهد کاهش یافت و کمترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار نانو کود منگنز بود که نسبت به شاهد ۲۷ درصد کاهش یافت (شکل ۳). منگنز جزء ترکیبات ساختمانی کلروفیل بوده که کمبود آن باعث کاهش میزان سنتز کلروفیل می‌شود (Marschner, 2011)؛ بنابراین به نظر می‌رسد غلظت مورد استفاده منگنز در این آزمایش بیش از حد موردنیاز گیاه بوده و به دلیل اثرات سمیت باعث کاهش میزان کلروفیل کل شده است. پیوندی و همکاران (Peivandi et al., 2011) بیان کردند به کارگیری نانو کلات آهن در گیاه مرزه (*Ocimum basilicum*) باعث افزایش کلروفیل کل می‌شود. با توجه به اینکه عنصر آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد اما وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل‌سازی در گیاه می‌گردد و وضعیت کلروفیل گیاه می‌تواند در میزان فتوسنتز تأثیر گذار باشد.



شکل ۳- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان کلروفیل کل در برگ زعفران

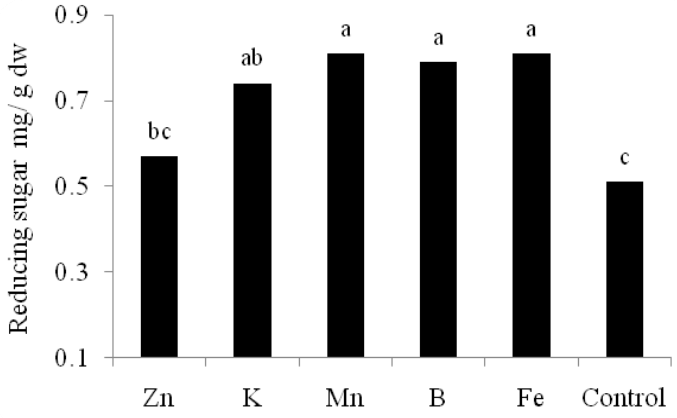
Figure 3- Effect of different nano-fertilizers on total Chl of saffron **leaf.**

www.SID.ir

Arshive of SID

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان قندهای احیاکننده برگ زعفران در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). هرچند همه تیمارهای آزمایشی اثر افزایشی نسبت به شاهد داشتند، با این وجود محلول‌پاشی نانو کود آهن بیشترین تأثیر مثبت را بر میزان قندهای احیاکننده داشته و باعث افزایش ۳۸ درصدی نسبت به شاهد شد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای نانو کود آهن و منگنز وجود نداشت. از بین تیمارهای کودی کم‌ترین تأثیر را نانو کود روی داشت و هرچند اختلاف این تیمار با شاهد معنی‌دار نبود ولی باعث افزایش ۱۴ درصدی میزان قندهای احیاکننده برگ زعفران نسبت به شاهد شد (شکل ۴). غلظت بالای کربوهیدرات‌ها (قندها) باعث کاهش خسارت-های اکسیداتیو و حفظ ساختار پروتئین در طی کمبود آب می-شود. به نظر می‌رسد که برخی از نانو کودها با کاهش تنش اکسیداتیو و حفاظت از غشاهای کلروپلاستی، سلولی و حفاظت از ماکرو مولکول‌هایی، نظیر پروتئین‌ها، موجب افزایش میزان قند-های موجود در گیاهان می‌شوند و قندها علاوه بر نقش‌های اصلی خود، در تنظیم اسمزی نیز به گیاهان کمک می‌کنند (Khodary, 2004).

عناصر آهن و روی نقش مهمی در سنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین دارند. روی با افزایش، مقدار تنظیم کننده‌های رشد، کمک به متابولیسم مواد و تأثیر بر واکنش‌های انتقال الکترون در چرخه کربس، آهن با شرکت در متابولیسم مواد هیدروکربن‌دار، پروتئین و انتقال آن‌ها، همچنین تأثیر بر فرآیندهای زایشی در افزایش عملکرد گیاهان نقش به‌سزایی دارند (Welch, 1995). بر اساس نظر مارشنر (Marschner, 2011) عناصر آهن، روی و منگنز در فرآیند فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها دخالت دارند. در آزمایش بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2009) نیز مشخص شد که تیمار ترکیبی این سه عنصر بیشترین تأثیر را بر تولید کربوهیدرات‌ها در آفتابگردان داشتند.



شکل ٤- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان قندهای احیا کننده

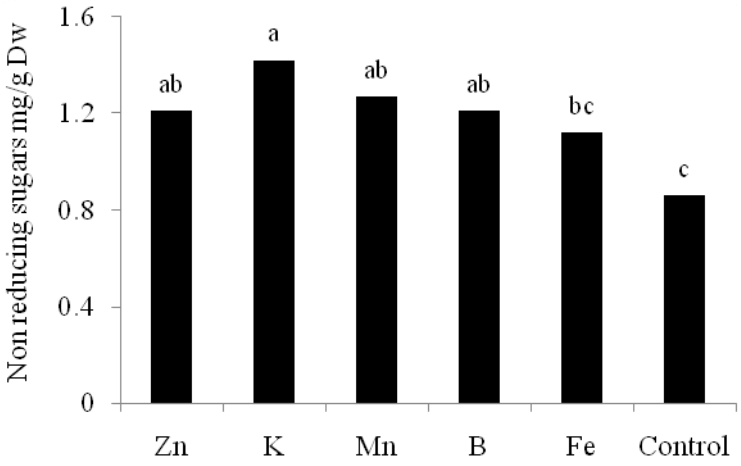
Figure 4- Effect of different nano-fertilizers on reducing sugars.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان قندهای غیر احیاکننده برگ زعفران در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. هرچند همه تیمارهای آزمایشی اثر افزایشی نسبت به شاهد داشتند بااین وجود محلول‌پاشی نانو کود پتاسیم و منگنز بیشترین تأثیر مثبت را بر میزان قندهای غیر احیاکننده داشته و به ترتیب باعث افزایش ۲۹ و ۲۳ درصدی نسبت به شاهد شدند.

www.SID.ir

Arshive of SID

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای نانو کود پتاسیم، منگنز، روی و بر وجود نداشت و از بین تیمارهای کودی کمترین تـأثیر را نـانو کود آهن داشت که باعث افزایش ۹ درصدی نسبت به شاهد شد (شکل ۵). عنصر روی نقش بسـیار مهمـی در سـنتز پـروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشاء در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط بـا سـازگاری گیاهان به تنش‌ها دارد (Marschner, 2011). بیشترین غلظت پتاسیم در بافت‌های جوان توسعه‌یافته و اندام‌های زایشی وجـود دارد که بیانگر اهمیت زیاد این عنصر در متابولیسم و رشد سلول-ها می‌باشد. نقش کلیدی پتاسیم به عنوان تنظیم کننده اسـمزی در آماس سلول و به ویژه در روزنه‌ها شناخته شده است (Athar & Ashraf, 2005).



شکل ۵- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان قندهای غیر احیا کننده

Figure 5- Effect of different nano-fertilizers on non reducing sugar.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان آنزیم کاتالاز برگ زعفران معنی‌دار نبود (شکل ۶). با این‌حال به غیر از کاربرد نانو کود پتاسیم که باعث افـزایش جزئـی فعالیـت کاتالاز شد سایر نانو کودها باعث کاهش فعالیـت ایـن آنـزیم در مقایسه با تیمار شاهد شدند.

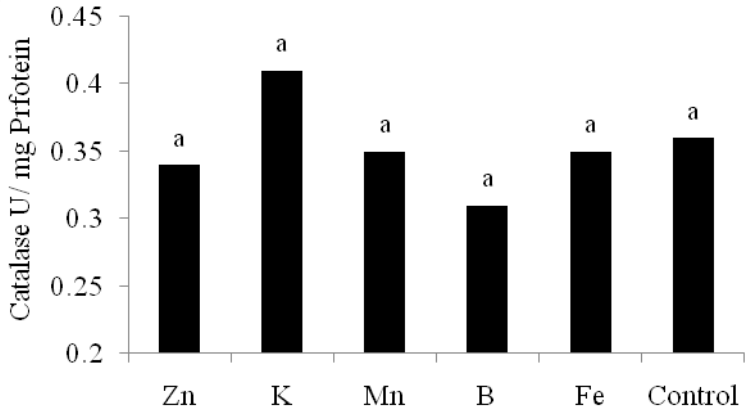
گیاهان برای مقابله با گونه‌هـای فعـال اکسـیژن بسـته بـه ظرفیت ژنتیکی‌شان سیسـتم دفـاع آنتـی اکسـیداتیو را در خـود گسترش می‌دهند (Mittler et al., 2004). آنزیم‌های کاتـالاز، پراکسـیداز و آسـکوربات پراکسـیداز، از مهـم‌تـرین آنـزیم‌هـای خنثی‌کننده‌ی پراکسیدهیدروژن در گیاهان هسـتند، زیـرا آن‌هـا حاوی آهن هستند و فعالیت آن‌ها احتمالاً تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرد (Shigeoka et al., 2002). با محلول‌پاشـی آهـن بر روی گیاه گلرنگ بیشترین میـزان فعالیـت آنـزیم کاتـالاز در شرایط تنش خشکی در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کلات آهـن به دست آمد و مصرف سطوح بیشتر عنصر آهن باعث کاهش در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود (Fathi Amirkhiz et al., 2011).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان آنـزیم پراکسـیداز بـرگ زعفـران معنـی‌دار نبـود. هرچنـد همـه تیمارهای آزمایشی اثر افزایشی نسبت به شاهد داشـتند. بـا ایـن وجود محلول‌پاشی نانو کود روی بیشترین تـأثیر مثبـت بـر روی میـزان فعالیـت آنـزیم پروکسـیداز داشـته اسـت (شـکل ۷). پژوهشـگران دیگـر نیـز بـه نقـش روی در هـدایت روزنـه‌ای و تحریـک فعالیـت آنزیمـی اشـاره کـرده‌انـد (Hajiboland & Amirazad, 2010). عنصر روی، فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها را بر عهده دارد اما یک عنصر غیر متحرک در گیاه محسوب می

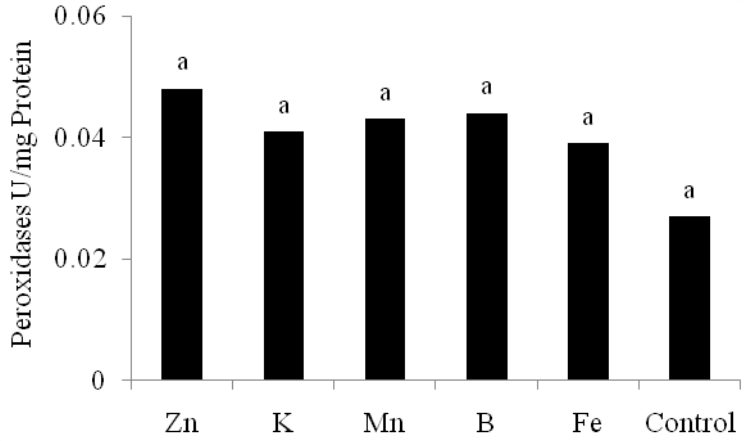
www.SID.ir

Arshive of SID

شود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نقش مهمی را در پاک‌سازی گونه-های اکسیژن فعال ایفا می‌کنند. این آنزیم‌ها توانایی تحمل به تنش در گیاه را افزایش داده و پیری را به تأخیر می‌اندازند (Alscher et al., 2002). گزارش‌شده است که میزان فعالیت ایزوآنزیم‌های پراکسیداز در برگ‌های سویا و آفتابگردان در محلول غذایی فاقد آهن در فرآیند خنثی‌سازی پراکسید هیدروژن کاهش می‌یابد (Ranieri, 2001). عنصر روی به عنوان یک کوفاکتور در فعال کردن چندین آنزیم دخالت می‌کند. این آنزیم‌ها در متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین نقش دارند (Marschner, 2011). گزارش شده است که فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز، در شرایط کمبود آهن کاهش می‌یابد (Sun et al., 2007)، زیرا این آنزیم‌ها دارای آهن پورفیرین هستند و به عنوان گروه‌های پروستتیک، نقش ویژه‌ای را در متابولیسم گیاهی ایفا می‌کنند (Bannister et al., 1987).



شکل ٦- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز
Figure 6- Effect of different nano-fertilizers on Catalase activity.



شکل ۷- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان فعالیت آنزیم پروکسیداز
Figure 7- Effect of different nano-fertilizers on Peroxidase activity.

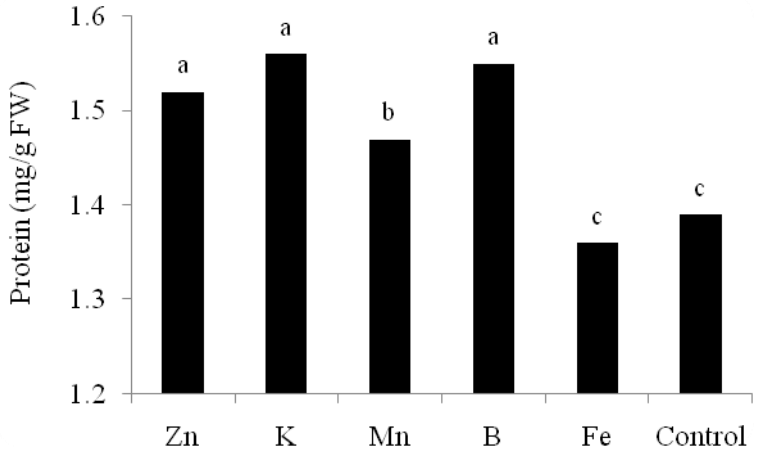
بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری بر میزان سنتز پروتئین در برگ گیاه زعفران داشتند. به جزء تیمار نانو کود آهن در سایر تیمارها میزان پروتئین بیشتر از شاهد بود و اختلاف این تیمارها و شاهد

www.SID.ir

Arshive of SID

معنی‌دار بود. بیشترین میزان پروتئین در شرایط کاربرد نانو کود پتاسیم و بُر مشاهده شد که در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۲ و ۱۱ درصد افزایش نشان داد. بین تیمارهای نانو کود پتاسیم، روی و بُر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کمترین میزان پروتئین در تیمار نانو کود آهن مشاهده شد ولی اختلاف این تیمار و تیمار شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۸).

مرشدی و همکاران (Morshedi et al., 2000) نقش روی و آهن را همانند سایر عناصر ریزمغذی بسیار مهم دانسته و نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی آهن و روی بیشترین تأثیر را در بالا بردن عملکرد دانه، درصد روغن، درصد پروتئین و عملکرد روغن کلزا داشته است. محلول‌پاشی نانو کود آهن روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) باعث کاهش مقدار پروتئین نسبت به شاهد می‌شود (Peivandi et al., 2011). گزارش شده است که به کاربردن نانو کود آهن و کلات آهن‌بر روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) موجب افزایش میزان پروتئین می‌گردد اما با افزایش غلظت کلات آهن و نانو کود کلات آهن میزان پروتئین کاهش می‌یابد (Peivandi et al., 2011).



شکل ۸- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان پروتئین برگ

Figure 8- Effect of different nano-fertilizers on leaf protein content.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری بر میزان سنتز و تجمع فنل در برگ گیاه زعفران داشتند. به غیر از تیمارهای آزمایشی نانو کود آهن و روی در سایر تیمارها میزان فنل بیشتر از شاهد بود، با این‌حال اختلاف این تیمارها (نانو کود آهن و روی) و تیمار شاهد از لحاظ میزان فنل برگ معنی‌دار نبود. بیشترین میزان فنل در شرایط کاربرد نانو کود منگنز و بُر بود که در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۱ و ۹ درصد افزایش نشان داد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای نانو کود منگنز و بُر وجود نداشت. کمترین میزان آن مربوط به نانو کود آهن بود که در مقایسه با تیمار شاهد ۳ درصد کاهش یافت (شکل ۹). ارتباط مثبت بین محتوای فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قبلاً نیز گزارش شده است و از جمله مکانیسم‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد لیپیدی و جلوگیری از تجزیه هیدروپروکسیدها به رادیکال‌های آزاد و نیز توانایی آن‌ها در کلات کردن یون‌های فلزی، بیان‌شده است (Al-Bishri & Nabil Danial, 2013).

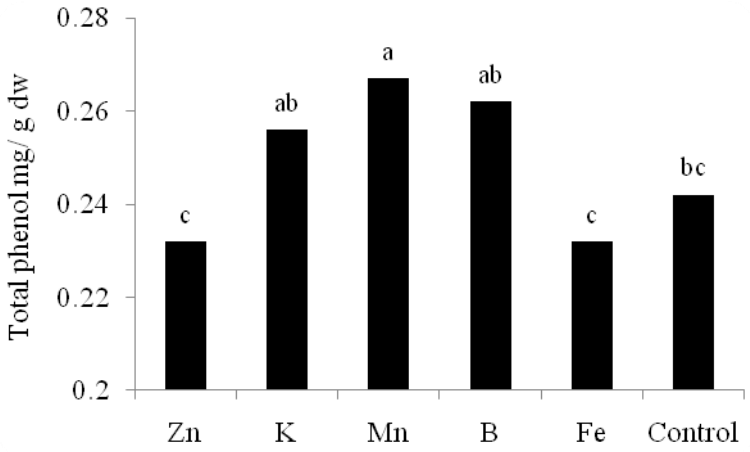
نتیجه‌گیری

کاربرد نانو کودهای مختلف باعث بهبود روابط آبی گیاه زعفران و افزایش محتوی آب نسبی در کلیه تیمارها در مقایسه

www.SID.ir

Arshive of SID

با شاهد شد. علاوه بر این کاربرد همه انواع نانو کودها باعث شد میزان قندهای احیاکننده و قندهای غیر احیاکننده در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یابد.



شکل ۹- اثر نانو کودهای مختلف بر میزان فنل کل

Figure 9- Effect of different nano-fertilizers on total phenol.

هرچند هیچ‌یک از تیمارهای آزمایشی باعث تغییر معنی‌دار کلروفیل a و کلروفیل کل در مقایسه با شاهد نشدند ولی بین تیمار نانو کود آهن و نانو کود منگنز از لحاظ هر دو صفت تفاوت معنی‌داری وجود داشت و بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در تیمار نانو کود آهن مشاهده شد. به غیر از نانو کود آهن سایر تیمارها باعث افزایش معنی‌دار پروتئین برگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند. به نظر می‌رسد که ویژگی‌ها و فرایندهای فیزیولوژیک مختلف در زعفران حساسیت متفاوتی به محلول-پاشی عناصر غذایی دارند و به همین دلیل توصیه می‌شود برای مطالعه بهتر و دقیق‌تر اثرات نانو کودها هر یک از آن‌ها به‌صورت انفرادی و در غلظت‌های متفاوت مورد بررسی قرار گیرند و غلظت بهینه برای آن‌ها مشخص شود.

منابع

Akrami, M.R., Malakouti, M.J., and Keshavarz, P. 2014. Study of flower and stigma yield of saffron as affected by potassium and zinc fertilizers in Khorasan Razavi Province. Journal of Saffron Research 2 (1): 85-96. (In Persian with English Summary).

Al-Bishri, W., and Nabil Danial, E. 2013. Comparative study on the antioxidant, antimicrobial activities and total phenolic content of selected seeds from Saudi Arabia. Journal of Food, Agriculture and Environment 11 (2): 202-207.

Alscher, R.G., Erturk, N., and Heath, L.S. 2002. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. Journal of Experimental Botany 53 (372): 1331-1341.

Amirghasemi, T. 2001. Saffron, Red Gold of Iran. Ayandegan Publication. Tehran. (In Persian).

Arif, M., Asifshehzad, M., Bashir, F., Tasneem, M., Yasin, G., and Iqbal, M. 2012. Boron, zinc and microtone effects on growth, chlorophyll contents and yield attributes in rice (*Oryza*

www.SID.ir

Arshive of SID

sativa L.) cultivars. African Journal of Biotechnology 11 (48): 10851-10858.

Athar, H., and Ashraf, M. 2005. Photosynthesis under drought stress. In M. Pessarakli (eds). Handbook of Photosynthesis. CRC Press, New York. p. 795-810.

Babaeian, M., Haydari, M., and Ghanbari, A. 2009. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (Alster cultivar) under water stress at three stages. Journal of Water and Soil Science 12 (46): 119-129. (In Persian with English Summary).

Bannister, J.V., Bannister, W.H., and Rotills, G. 1987. Aspects of the structure, function and application of superoxide dismutase. CRC Critical Reviews in Biochemistry 22: 110-180.

Benlloch-Gonzalez, M., Arquero, O., Fournier, J.M., Barranco, D., and Benlloch, M. 2008. K^+ starvation inhibits water stress- induced stomatal closure. Journal of Plant Physiology 165: 623-630.

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

Bybordy, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae 2 (1): 94-103.

Curie, C., and Briat, J.F. 2003. Iron transport and signaling in plants. Annual Review of Plant Biology 54: 183-206.

Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, A., Rebers, J.K., and Smith, P.A.F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28 (3): 350-356.

Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., and Ghanbari Bonjar, A. 2009. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. International Journal of Plant Production 3 (2): 41-54.

Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavy, S.A.M., Rezazadeh, A.R., and Heshmati, S. 2011. Effect of iron application on enzymatic activity, grain yield and oil content of safflower under water deficit conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 13 (3): 452-465. (In Persian with English Summary).

Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehaghi, M., and Heshmati, S. 2015. Study the effect of iron chelate on chlorophyll content, photochemical efficiency and some biochemical traits in Safflower under deficit irrigation condition. Iranian Journal of Field Crop Science 46: 137-145. (In Persian with English Summary).

Gogorcena, Y., Iturbe-Ormaetxe, I., Escuredo, P., and Becana, M. 1995. Antioxidant defenses against activated oxygen in pea nodules subjected to water stress. Plant Physiology 108: 753-759.

Grotz, N., and Guerinot, M.L. 2006. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homestasis in plants. Biochemistry and Biophysica Acta 763 (7): 595-608.

Hajiboland, R., and Amirazad, H. 2010. Drought tolerance in Zn-deficient red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata f. rubra) plants. Horticultural Science 37: 88-98.

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5-8.

Khorasani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Hassanzadeh Aval, F. 2013. Effect of concentration, time and frequency of foliar applications on vegetative growth and production of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.) by using a complete nutrient solution. In Second National

www.SID.ir

Arshive of SID

Conference on the Newest Scientific and Research Findings on Saffron. Torbat-e-Heydarieh. Iran, 30 October 2013, p. 40. (In Persian).

Lichtenthaler, H., and Wellburm, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 603: 591-593.

Marschner, H. 2011. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press.

McDonald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M., and Robards, K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry 73:73-84.

Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., and Breusegem, F.V. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. Trends in Plant Science 9: 490-498.

Moeinian, M.R., Zargari, K., and Hasanpour, J. 2011. Effect of boron foliar application on quality characteristic and growth parameters of wheat grain under drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10 (4): 593-599.

Morshedi, A., Malakouti, M.J., and Rezaei, H. 2001. Effect of iron foliar application on yield, quality and quantity characteristic and enrichment of canola grains in Bardisar, Kerman. Journal of soil and water 12: 56-68. (In Persian).

Mukhopadhyay, S.S. 2014. Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. Nanotechnology, Science and Applications 7: 63-71.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. The Journal of Biological Chemistry 153: 375-380.

Peivandi, M., Kamali Jamakani, Z., and Mirza, D. 2011. The Effect of Nano Fe Chelate and Fe Chelate on the Growth and Activity of some Antioxidant in summer savory (*Satureja hortensis*). New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 5: 25-32. (In Persian with English Summary).

Peivandi, M., Parandeh, E., and Mirza, D. 2011. The effect of nano iron chelated with iron chelate on growth parameters and activity of antioxidant enzymes Basil (*Ocimum basilicum*). New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 4: 89-98. (In Persian with English Summary).

Qasim, M., Ashraf, M.M., Jamil, A.M., Rehman, Y.S.U., and Rha, E.S. 2003. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Annals of Applied Biology 142 (3): 307-316.

Ranieri, A., Castagna, A., Baldan, B., and Soldatini, G.F. 2001. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. Journal of Experimental Botany 52 (354): 25-35.

Rostami, M., and Ahmadi, A.R. 2014. Investigation the effect of nitrogen forms and split fertilization on grain yield and nitrogen content of two corn hybrids. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 10: 40-46. (In Persian with English Summary).

Rostami, M., and Mohammadi, H. 2013. Effects of planting date and corm density on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Malayer climatic conditions. Journal of Agroecology 5: 27-38. (In Persian with English Summary).

Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. International Journal of Plant Production 3 (1): 1-16.

Shafea, L. Saffari, M., Emam, Y., and

www.SID.ir

Arshive of SID

Mohammad Nejad, Gh. 2011. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. Seed and Plant Production Journal 27 (2): 235-246. (In Persian).

Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamoi, M., Miyagawa, Y., Takeda, T., Yabuta, Y., and Yoshimura, K. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. Journal of Experimental Botany 53 (372): 1305-1319.

Sun, B., Jing, Y., Chen, K., Song, L., Chen, F., and Zhang, L. 2007. Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays*). Journal of Plant Physiology 164: 536-543.

Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezanian, A., and Vaezpour, M. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. Scientia horticulturae 123 (2): 272-279.

Welch, R.M.1995. Micronutrient Nutrition of Plants. Critical Reviews in Plant Sciences 14: 49-82.

Zabihi, H.R., and Feizi, H. 2014. Saffron response to the rate of two kinds of potassium fertilizers. Saffron Agronomy and Technology 2 (3): 191-198. (In Persian with English Summary).

Zare Dehabadi, S., Asrar, Z., and Mehrabani, M. 2008. Effect of zinc on growth and some physiological and biochemical parameters of spearmint (*Mentha spicata* L.). Iranian Journal of Plant Biology 20 (3): 230-241. (In Persian with English Summary).

Zhu, H., Han, J., Xiao, J.Q., and Jin, Y. 2008. Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring 10: 713-717.

www.SID.ir

Arshive of SID

The Effect of Foliar Application of Chemical Nano-Fertilizers on Physiological Traits of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Majid Rostami[1*], Masoumeh Maleki[2] and Ali Reza Effati[3]

Submitted: 16 May, 2016 **Accepted:** 23 November, 2016

Rostami, M., Maleki, M., and Effati, A.R. 2018. Effect of foliar application of chemical nano-fertilizers on physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.) . Saffron Agronomy & Technology 5(4): 345-359.

Abstract

In order to investigate the effects of different types of nano-fertilizers on some of the physiological characteristics of saffron (i.e. antioxidant enzymes, reducing and non-reducing sugars, photosynthetic pigments, total phenol content and relative water content of leaf) the current experiment was conducted at the Malayer University during the 2014-2015 growing season. The study was performed based on randomized complete block design (RCBD) with six treatments and three replications. The experimental treatments were control and five different types of nano-fertilizers (iron: Fe, boron: B, manganese: Mn, potassium: K and zinc: Zn). The effects of experimental treatments on relative water content, protein and total phenol content, reducing and non-reducing sugars were significant. However, there was no significant effect on chlorophyll b, leaf carotenoids, Catalase and Proxidase activity. Although the difference between nano-fertilizers and control treatment for chlorophyll a and also total chlorophyll was not significant the highest amount of chlorophyll a (1.53 $mg.g^{-1}$ Fw) was measured in the Fe treatment and the lowest amount (0.93 $mg.g^{-1}$ Fw) was observed in the Mn treatment. Based on the results, all of the experimental treatment increased the relative water content of leaf compared with control. The highest amount of total phenol content (0.27 $mg.g^{-1}$ FW) with 10.5% increase compared to control was observed in Mn treatment and just the difference of this treatment with the control treatment was significant. By the application of Zn, Mn, K and B nano-fertilizer leaf protein content was significantly increased when compared with the control treatment whereas the difference between Fe and control was not significant. The highest concentration of leaf protein (1.56 $mg.g^{-1}$ Fw) with 12% increase compared to control treatment was observed in the K and B treatments whereas the lowest concentration of leaf protein (1.36 $mg.g^{-1}$ Fw) with 3% decrease compared to control was related to the Fe treatment. The different response of the studied characteristics to application of various nano-fertilizer showed that different physiological traits did not have a similar sensitivity to all of the mineral nutrients. Therefore, application of entire nano-fertilizers with the same concentration is not scientifically recommendable.

Keywords: Chlorophyll, Enzyme, Plant nutrition, Sugar.

1 - Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Malayer University, Iran
2 - Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Malayer University, Iran
3 - Former MSc. Student of Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Science, Malayer University, Iran
(*- Corresponding Author E-mail: Majidrostami7@yahoo.com)
DOI: 10.22048/jsat.2017.54127.1160

www.SID.ir