



مقاله پژوهشی

اثر محلول پاشی برگ کلات آهن بر برخی صفات فیزیولوژیکی زعفران (*Crocus sativus* L.) در کرمانشاه

الناز زمانی^۱، هومن سالاری^{۲*} و مختار قبادی^۳

تاریخ دریافت: ۲۴ آذر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۵ آبان ۱۴۰۰

زمانی، ا.، سالاری، ه. و قبادی، م. ۱۴۰۰. اثر محلول پاشی برگ کلات آهن بر برخی صفات فیزیولوژیکی زعفران (*Crocus sativus* L.) در کرمانشاه. زراعت و فناوری زعفران، ۹(۴): ۳۴۳-۳۵۶.

چکیده

در این پژوهش اثر محلول پاشی برگ کلات آهن بر محتوای نسبی آب برگ، مقدار نشت الکترولیت‌ها، میزان کلروفیل، مقدار کاروتنوئید، مقدار قندهای محلول و میزان پرولین برگ در زعفران بررسی شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی در سال‌های زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ انجام و صفات در سال دوم آزمایش بررسی شدند. فاکتورهای آزمایش عبارتند از زمان محلول پاشی شامل سه سطح اوائل رشد رویشی (پس از گلدهی و در آبان ماه)، اواسط رشد رویشی (دی ماه) و آخر رشد رویشی (اسفندماه) و غلظت محلول آهن شامل هفت سطح، صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ قسمت در میلیون بودند. نتایج نشان داد که زمان‌های محلول پاشی برای میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل کل و نشت الکترولیت تفاوت معنی‌داری ایجاد نکردند. این فاکتور برای مقدار کاروتنوئید معنی‌دار ($p \leq 0.05$) شد و اثر بسیار معنی‌داری بر سایر صفات گذاشت ($p \leq 0.01$). اثر غلظت محلول آهن و اثر متقابل زمان محلول پاشی در غلظت محلول برای تمامی صفات بررسی شده بجز نشت الکترولیت بسیار معنی‌دار شدند ($p \leq 0.01$). غلظت آهن و اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی بر نشت الکترولیت در سطح ۵ درصد اثر گذاشتند ($p \leq 0.05$). بر اساس نتایج بدست آمده محلول پاشی با غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون مؤثرتر از سایر غلظت‌ها بود. این غلظت محلول پاشی برای صفات کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئید در اواسط رشد رویشی و میزان قند محلول در آخر رشد رویشی به ترتیب موجب افزایش ۴/۴۵، ۴/۴۲، ۶/۶۳ و ۵/۶۳ درصد در مقایسه با شاهد گردید. محلول پاشی در اواسط رشد رویشی نسبت به سایر زمان‌های مورد بررسی تأثیر بیشتری بر صفات مطالعه شده داشته است.

کلمات کلیدی: رشد رویشی، کاروتنوئید، کلروفیل، محلول پاشی برگ

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

(*)- نویسنده مسئول: hsalari@yahoo.com

مقدمه

زعفران گیاهی تک لپه‌ای از خانواده زنبقیان و با نام علمی *Crocus sativus* L است. این گیاه به خاطر نیاز آبی کم، اشتغال‌زایی بالا، درآمدزایی مناسب، ارزآوری خوب برای ایران، تحمل شرایط سخت زیستی در برابر سرما، بیماری‌ها و آفات و نیز خواص دارویی و غذایی شایان از دیرباز یک محصول با ارزش بوده است. رشد زعفران با شروع بارندگی‌های پاییزه آغاز و با اتمام بارندگی بهار خاتمه می‌یابد. کشت این گیاه به- عنوان مهم‌ترین ادویه جهان رو به گسترش است (Saeedi Rad & Mokhtarian, 2013).

عناصر کم مصرف، برای رشد گیاهان ضروری هستند و در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارند. کمبود آن‌ها می‌تواند باعث عدم توازن عناصر غذایی در گیاه شده و کاهش راندمان مصرف آب و در نهایت، کاهش کیفیت و کمیت محصول را در پی داشته باشد (Gohari et al., 2010). آهن یکی از عناصر کم مصرف است. این عنصر، فلزی فعال است که در بسیاری از فرآیندهای گیاهی از قبیل فتوسنتز، تنفس، آسیمیلایون نیتروژن، بیوسنتز تنظیم‌کننده‌های رشد (اتیلن، اسیدجیرلیک و اسید جاسمونیک)، تولید و پاکسازی انواع اکسیژن فعال و حفاظت اسمزی دخالت دارد (Hansch & Mendel, 2009). امروزه کمبود آهن در حدود ۳۰ درصد از خاک‌های قابل کشت جهان گزارش شده است. اولین آثار کمبود آهن بر ساختار و عملکرد کلروپلاست دیده می‌شود. بنابراین در شرایط کمبود آهن، کاهش محتوای آهن در برگ و کاهش محسوس مقدار کلروفیل در برگ قابل مشاهده است (Gogor Cena et al., 2004). محلول‌پاشی برگ‌ی یکی از روش‌های سریع جهت برطرف کردن نیاز گیاهان به کود است. به‌علاوه،

این شیوه منجر به صرفه جویی در مقدار کود مصرفی نیز می‌گردد (Safari, 2005). همچنین استفاده از فرم‌های کلاته که نتیجه واکنش نمک‌های فلزی با کمپلکس‌های مصنوعی و طبیعی هستند، مهم‌ترین راه حفاظت از عنصر آهن در برابر افزایش تثبیت آن در خاک به هنگام افزایش pH می‌باشد (Koksal et al., 1998). با این روش تغذیه، عناصر کم مصرف در زمان کم‌تری در اختیار گیاه قرار داده می‌شود و این عناصر بطور مستقیم در اختیار شاخه، برگ و یا میوه قرار می‌گیرند (Kangarshahi, 2003). پژوهش‌ها نشان داده‌اند اگر چه وجود آهن در خاک برای رشد طبیعی گیاهان بسیار ضروری است، اما افزایش مقدار این عنصر می‌تواند به ایجاد اکسیژن فعال و در نتیجه استرس اکسیداتیو منجر شود. افزایش رادیکال‌های آزاد سمی و تنش اکسیداتیو عاملی برای بازدارندگی رشد و ایجاد علائم مسمومیت خواهد بود (Suh et al., 2002)، لذا تعیین میزان مطلوب آهن در کوددهی از اهمیت بسیاری برخوردار است. چوهورا و همکاران (Chohura et al., 2007) گزارش کردند که کود کلات آهن به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد را نسبت به دیگر کودهای آهن افزایش داده است. بزرگی و همکاران (Bozorgi et al., 2012)، با بررسی تغذیه برگ‌ی آهن بر روی زعفران و محلول‌پاشی برگ‌ی در سه مرحله (ابتدای رشد رویشی، یک هفته قبل از گلدهی و دو هفته پس از گلدهی) در شمال ایران نشان دادند که محلول‌پاشی محلول آهن اختلاف معنی‌داری با عدم کاربرد آن داشت. خوش‌گفتارمنش و همکاران (Khoshgophtarmanesh et al., 2012) توصیه کردند که فرم کلات شده عناصر کم مصرف از کارایی بالاتری نسبت به ترکیبات مرسوم دیگر برخوردار می‌باشد، آن‌ها معتقدند می‌توان کمبود آهن را با مصرف مستقیم آهن کلات شده در ناحیه ریشه یا محلول‌پاشی آن به شاخ و برگ گیاه جبران کرد. آزمایش

عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، آهن به‌عنوان اولین ریز مغذی جهت بررسی در مزارع زعفران کرمانشاه مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد و صفات در سال دوم آزمایش بررسی شدند. مزرعه در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی واقع شده است. منطقه کرمانشاه دارای آب و هوای سرد معتدل می‌باشد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۱۹ متر و میزان متوسط بارندگی ۴۵۰ میلیمتر است. ارزیابی مقدار برخی عناصر و ویژگی‌های خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است. زعفران مورد استفاده اکوتیپ زاوه بود که از شهرستان تربت حیدریه تهیه گردید.

اودلی و انیماشان (Odeley & Animashaun, 2007)، نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (با غلظت سه میلی‌گرم در لیتر) در سویا باعث افزایش عملکرد، کیفیت، مقاومت به آفات و بیماری گردید، به طوری که محلول‌پاشی در شروع گل‌دهی به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد شد. بطور کلی، اثر مفید محلول‌پاشی انواع عناصر غذایی کم مصرف در بسیاری از موارد اعم از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به اثبات رسیده است، بنابراین از محلول‌پاشی به عنوان یک روش کارا که عناصر غذایی را به طور مستقیم در اختیار برگ‌ها و دیگر اندام‌های گیاه قرار می‌دهد، نام برده می‌شود.

گزارش‌های بسیار محدود و متفاوت درباره اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف در زعفران و نبود پژوهشی درباره اثر این عناصر برای مزارع این گیاه در منطقه کرمانشاه، ضرورت تحقیق در این باره را تبیین می‌نماید. با توجه به اهمیت آهن در تغذیه، متابولیسم، رشد گیاهان و کارایی بالای محلول‌پاشی در تأمین

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش
Table1- Physical and chemical properties of soil used in the experiment

کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	منگنز Mn (mg.kg ⁻¹)	آهن Fe (mg.kg ⁻¹)	روی Zn (mg.kg ⁻¹)	مس Cu (mg.kg ⁻¹)	بافت خاک Soil texture
1.25	5.8	520	4.6	3.9	1.4	1.34	لومی رسی Loamy clay

آبیاری بلافاصله پس از کشت (۲۰ مهرماه) انجام شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به بارندگی و براساس نیاز گیاه صورت گرفت. عملیات سله شکنی نیز در طی فصل رشد انجام گردید. در این آزمایش از کاربرد علف‌کش اجتناب شد و علف‌های هرز که غالباً، علف هفت بند و سلمه تره بودند به صورت دستی وجین شدند. عامل اول آزمایش زمان محلول‌پاشی برگ‌ی بود که در سه سطح اواقل رشد رویشی (پس از گلدهی و در آبان ماه)، اواسط

در این تحقیق، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد استفاده قرار گرفت. واحد آزمایش کرت و ابعاد آن ۵۰ سانتی‌متر در ۱۰۰ سانتی‌متر و بین هر دو کرت ۱۰۰ سانتی‌متر فضای خالی در نظر گرفته شد. هر کرت شامل ۵ ردیف و فاصله ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بنه‌ها در هر ردیف ۷ سانتی‌متر بود، به نحوی که روی هر ردیف ۷ بنه کشت شد و در هر کرت ۳۵ بنه قرار گرفت. بنه‌ها قبل از کشت وزن شدند و از بنه‌هایی با وزن ۸ - ۵ گرم استفاده شد. اولین

اکسل انجام و تجزیه‌های آماری توسط نرم افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین صفات مورد بررسی از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ: تجزیه واریانس داده‌ها نشان

داد زمان محلول پاشی، غلظت محلول و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر این صفت اثر بسیار معنی‌داری دارند ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد (شکل ۱) اگرچه محلول پاشی آهن تغییرات زیادی برای محتوای نسبی آب برگ ایجاد نکرده است اما این عمل در غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون و در اوائل رشد رویشی موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با سایر تیمارها گردید و محتوای آب نسبی برگ را به ۴۲/۲۶ درصد رساند. این میزان آب نسبی برگ ۲۸/۶۱ درصد افزایش را نسبت به شاهد نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات موجود، تاکنون درباره اثر محلول پاشی آهن بر محتوای نسبی آب برگ در زعفران گزارشی ارائه نشده است. برای لوبیای قرمز، سعیدی ابواسحق و همکاران (Saecidi Aboueshaghi et al., 2014) گزارش کردند که محلول پاشی با آهن، محتوای نسبی آب برگ را ۴/۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است که تا حدودی با نتایج آزمایش حاضر درباره زعفران شباهت دارد. محتوای نسبی آب برگ بالاتر نتیجه تنظیم اسمزی بیشتر و یا کشش کمتر بافت دیواره سلولی است (Shamsi, 2010). بر اساس نتایج بدست آمده، به نظر می‌رسد محلول پاشی آهن می‌تواند به تنظیم اسمزی در زعفران و در نتیجه بهبود احتمالی صفات اقتصادی گیاه در تنش‌هایی مانند خشکی و شوری که تنش اسمزی جزئی از آن‌هاست، مؤثر باشد. این استنتاج نیازمند تحقیقی مستقل می‌باشد.

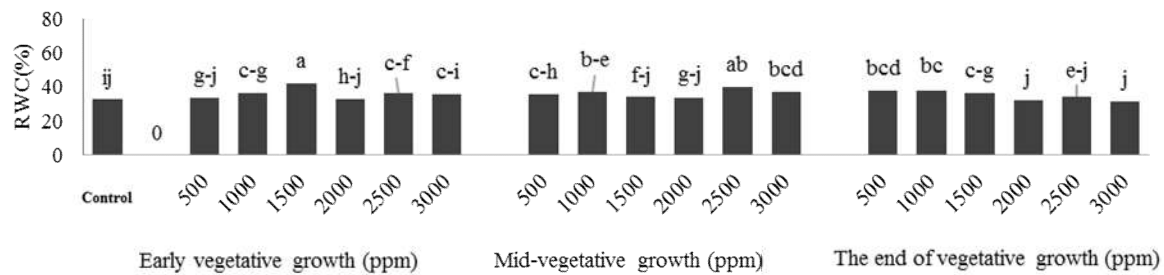
رشد رویشی (دی‌ماه) و آخر رشد رویشی^۱ (اسفندماه) اعمال گردید. عامل دوم آزمایش شامل هفت سطح، صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ قسمت در میلیون غلظت آهن بود. محلول آهن با استفاده از کلات آهن ۶٪ (کیا سبز آشیان کوشا-ایران) تهیه شد. محلول پاشی توسط محلول پاش دستی انجام گرفت و به طور متوسط صد میلی لیتر محلول برای هر کرت استفاده شد. نمونه برداری در ۲۰ فروردین ۱۳۹۴ برای گیاهان دو ساله انجام گرفت و صفات طبق پروتکل‌های پیشنهادی بررسی شدند. صفات مورد مطالعه شامل محتوای نسبی آب برگ (بررسی بر اساس مالکی و همکاران (Maleki et al., 2011)، مقدار نشت الکترولیت (بررسی بر اساس شی و همکاران (Shi et al., 2006)، میزان کلروفیل برگ (بررسی بر اساس سارتوری و گروبلار (Sartory & Grobellaar, 1984)، مقدار کاروتنوئید (بررسی بر اساس لیچنتال و ولبورن (Lichtenthaler & Wellburn, 1983)، میزان قندهای محلول برگ (بررسی بر اساس هایرون و همکاران (Hiron & Wright, 1993) و میزان پرولین برگ (بررسی بر اساس باتس و همکاران (Bates et al., 1973) بودند. با توجه به اینکه در این آزمایش عامل صفر (شاهد) وجود داشت لذا عامل دیگر یعنی زمان مصرف در این سطح متغیر نبود (ایجاد کرت‌های غیرواقعی یا موهوم)، بنابراین جدول تجزیه واریانس با کمی تغییر ارائه شد. به این ترتیب برای اثرات اصلی طبق روال معمول محاسبات انجام گرفت، اما برای اثر متقابل که در آن کرت غیرواقعی (سطح صفر) وجود داشت، سطح صفر از جدول دو طرفه حذف شد. با توجه به اینکه تفاوت میان تیمارهای سطح صفر، صرفاً ناشی از خطای آزمایشی است بنابراین درجه آزادی و مجموع مربعات آن‌ها در خطای آزمایشی ادغام شد (Jain & Srivastava, 2007). ثبت اطلاعات در فضای نرم افزار

۱ در این زمان رشد رویشی تقریباً متوقف می‌شود و گیاه وارد مرحله برگشت مواد به بنه می‌گردد

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک
Table 2- Analysis of variance (mean squares) for physiological traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	معمول آب اشباع WSD (%)	نشت الکترولیت Electrolyte Leakage (%)	کلروفیل a Chlorophyll a (µg.ml ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (µg.ml ⁻¹)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (µg.ml ⁻¹)	کاروتنوئید محلول Soluble carotenoid (mg.ml ⁻¹)	قند محلول Soluble sugar (mg.g ⁻¹)	پروлін Proline (µm.g ⁻¹)
زمان محلول پاشی Foliar application time (F)	2	17.575**	26.961**	49.445 ^{ns}	0.031 ^{ns}	1.259**	4.669 ^{ns}	1.638*	0.339**	487.386**
غلظت محلول آهن Concentration (C)	6	26.298**	24.626**	87.174*	102.639**	9.499**	171.981**	14.173**	0.259**	331.256**
زمان محلول پاشی × غلظت محلول آهن F × C	10	22.345**	22.034**	74.586*	22.559**	2.370**	38.578**	3.216**	0.149**	251.816**
خطا Error	44	3.565	3.787	30.784	3.184	0.227	4.712	0.403	0.010	37.073
ضرب تغییرات C.V. (%)		5.12	2.89	8.28	8.31	9.35	8.23	9.79	11.15	18.25

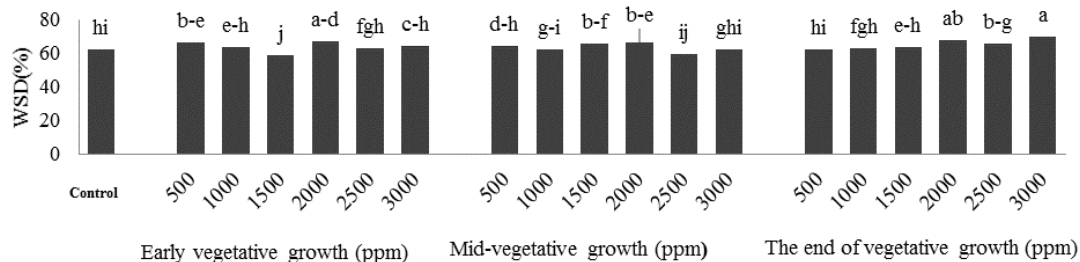
ns, * and ** represent non-significant, significant at 5% and 1% level, respectively.
ns, * and ** represent non-significant, significant at 5% and 1% level, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول‌پاشی بر محتوای آب نسبی برگ
Figure 1- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on RWC.

قسمت در میلیون و در آخر رشد رویشی بیشترین اثر را بر این صفت گذاشته (۶۹/۶۲ درصد) بنحوی که این تیمار موجب ۱۲/۳۰ درصد افزایش کمبود آب اشباع نسبت به شاهد شده است. تاکنون گزارشی از میزان کمبود آب اشباع تحت تیمار محلول‌پاشی آهن در زعفران ارائه نگردیده است.

کمبود آب اشباع: تجزیه داده‌ها حاکی از بسیار معنی‌دار بودن اثر زمان محلول‌پاشی، اثر غلظت محلول و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر کمبود آب اشباع می‌باشد ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت کمبود آب اشباع برگ نشان داد (شکل ۲) روند خاصی در تغییرات این صفت بر اثر محلول‌پاشی آهن مشاهده نمی‌گردد. محلول‌پاشی در غلظت ۳۰۰۰



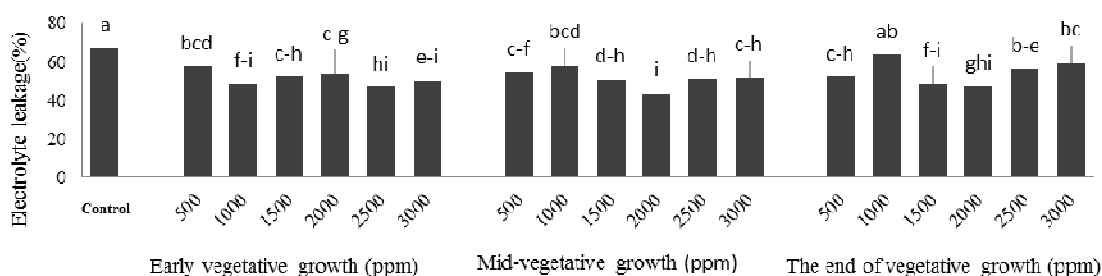
شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول‌پاشی بر کمبود آب اشباع
Figure 2- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on WSD.

۱۰۰۰ قسمت در میلیون و در آخر رشد رویشی که رفتاری هم چون شاهد دارد. نشت الکترولیت برگ نشان دهنده صدمات غشایی سلول می‌باشد که از اکسیداسیون لیپیدهای غشایی در حضور رادیکال‌های آزاد حاصل می‌شود (Jiang & Huang, 2001)، بر این اساس، تعادل بین رادیکال‌های آزاد تولیدی و دفاع در برابر این رادیکال‌های آزاد، تعیین کننده بقای سیستم گیاهی می‌باشد. زاگو و اتیزا (Zago & Oteiza, 2001) اظهار

نشت الکترولیت: غلظت محلول آهن و همچنین اثر متقابل غلظت و زمان محلول‌پاشی بر مقدار نشت الکترولیت اثر معنی‌دار داشت ($p \leq 0.05$)، اما زمان محلول‌پاشی بر این صفت اثر معنی‌داری نگذاشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (شکل ۳) غلظت‌های مختلف اعمال شده آهن در تمامی زمان‌های محلول‌پاشی مورد بررسی موجب کاهش مقدار نشت الکترولیت در مقایسه با شاهد گردیده است بجز غلظت

افزایش تولید آنزیم‌های حذف کننده‌ی رادیکال‌های آزاد باعث گردید گیاه درصد نشت کمتری داشته باشد. همخوانی مشاهدات برای این صفت و محتوای نسبی آب برگ شایان توجه است.

داشتند عنصر آهن از طریق افزایش سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان در تعدیل رادیکال‌های آزاد و اثرات تخریبی آنها در سیستم‌های غشایی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. لذا به نظر می‌رسد محلول پاشی آهن با افزایش تحمل گیاه از طریق

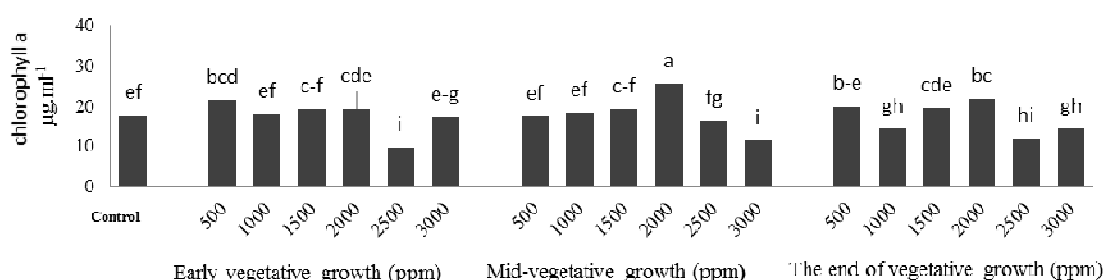


شکل ۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول پاشی بر نشت الکترولیت

Figure 3- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on electrolyte leakage.

است، همچنین آنزیم کپروپورفیرینوژن اکسیداز که یک پروتئین آهن‌دار است اکسید شدن منیزیم-پروتوپورفیرین را به پروتوکلروفیلید کاتالیز می‌کند (Hirai et al., 2007). با توجه به اینکه عنصر آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد اما وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل‌سازی در گیاه می‌گردد (Malakooti & Tehrani, 2000). افزایش مقدار کلروفیل مشاهده شده در این آزمایش احتمالاً به دلیل تأثیر کلات آهن بر پیش سازهای سنتز کلروفیل است. نتایج پیوندی و همکاران (Peivandi et al., 2011) نشان داد کاربرد خاکی کلات آهن در غلظت کم (۳/۵ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش در غلظت کلروفیل a در گیاه علفی مرزه می‌شود. چاترجی و همکاران (Chatterjee et al., 2006) بیان کردند که کاهش میزان آهن، با کاهش میزان کلروفیل، عملکرد لوبیا سبز را به طور معنی‌داری کاهش داد. این گزارش‌ها کم و بیش با نتایج آزمایش حاضر همخوان است.

مقدار کلروفیل a: غلظت محلول آهن و اثر متقابل غلظت و زمان محلول پاشی بر این صفت اثر بسیار معنی‌داری گذاشت ($p \leq 0.01$). زمان محلول پاشی برای این صفت بی‌اثر بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت مقدار کلروفیل a در شکل ۴ نشان داده شد. تغییرات مقدار کلروفیل a از الگوی خاصی پیروی نکرد اما بصورت معنی‌داری برای غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون در هر سه زمان محلول پاشی بیشترین اثر را گذاشت. بالاترین مقدار افزایش برای این غلظت مربوط به اواسط رشد رویشی بود که موجب ۴۵/۴۰ درصد افزایش مقدار کلروفیل a نسبت به شاهد گردید. ماده مشترک برای ساخت کلروفیل و هم (Hem)، اسید دلتا-آمینولولینیک است که میزان تشکیل آن به وسیله آهن کنترل می‌شود. به کار رفتن آهن و یا منیزیم با عنوان اتم مرکزی در درون تتراپیرول، به ترتیب به تشکیل کوآنزیم‌های هم و منیزیم پوروتوپورفیرین منجر می‌شود. ثابت شده است که وجود آهن برای تشکیل پروتوکلروفیلید لازم

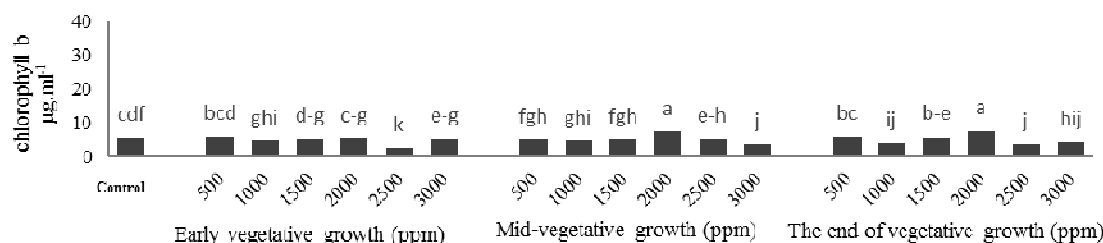


شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول‌پاشی بر کلروفیل a

Figure 4- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on chlorophyll a.

مقدار کلروفیل b می‌تواند ناشی از نقش عملکردی آهن در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوستز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان، مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد (Zayed et al., 2011). نتایج تحقیق فتحی امیر خیز و همکاران (Fathi Amir Khiz et al., 2015)، نشان داد که در شرایط مطلوب رطوبتی (بدون تنش) محلول‌پاشی برگ‌های آهن در گل‌رنگ، سبب افزایش مقدار کلروفیل a و b شده است و بیشترین مقدار کلروفیل a و b در اثر محلول‌پاشی کلات آهن ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمده است. مشاهدات آزمایش ما با توجه به دانسته‌های فوق توجیه پذیر است.

مقدار کلروفیل b: تجزیه واریانس نشان داد زمان محلول‌پاشی، غلظت محلول آهن و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار کلروفیل b اثر بسیار معنی‌داری دارند ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت کلروفیل b نشان داد (شکل ۵) محلول‌پاشی در سطح ۲۰۰۰ قسمت در میلیون در آخر رشد رویشی و اواسط رشد رویشی بیشترین اثر را بر این صفت داشته است (به ترتیب ۷/۴۷ میکروگرم بر میلی لیتر معادل ۳۸/۵۸ درصد افزایش نسبت به شاهد و ۷/۲۷ میکروگرم بر میلی لیتر معادل ۳۴/۸۷ درصد افزایش نسبت به شاهد). سایر تیمارها نیز در مقدار کلروفیل b تغییراتی ایجاد کرده اند اما این تغییرات از الگوی مشخصی پیروی نمی‌کند. به نظر می‌رسد که افزایش



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول‌پاشی بر کلروفیل b

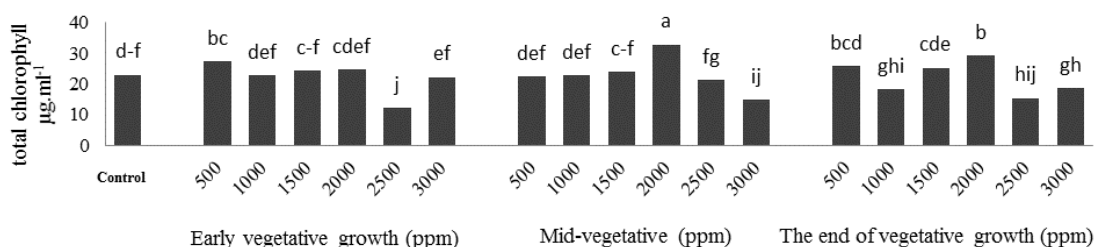
Figure 5- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on chlorophyll b.

معنی‌دار شدند. زمان محلول‌پاشی بر صفت کلروفیل کل اثرگذار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برای صفت کلروفیل کل نشان داد (شکل ۶) محلول‌پاشی در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در

مقدار کلروفیل کل: غلظت محلول آهن در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) و اثر متقابل زمان محلول‌پاشی در غلظت محلول در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) برای این صفت

میلیون و در اواسط رشد رویشی بیشترین اثر افزایشی را داشته و مقدار آن را به ۳۲/۸۹ میکروگرم بر میلی لیتر رسانده که معادل ۴۲/۴۴ درصد افزایش نسبت به شاهد است. مطالعه بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2010) بر روی آفتابگردان پیشتر نشان داده است با محلول پاشی آهن و روی میزان کلروفیل کل برگ به طور قابل توجهی افزایش می یابد. در تحلیل مشاهدات برای مقدار کلروفیل کل شاید بتوان به تحلیل‌های پیشتر اشاره شده برای مقدار کلروفیل a و مقدار کلروفیل b بسنده کرد. با این حال، گزارش ملکوتی و طهرانی (Malakooti

۲۰۰۰) حاکمی از آن است که کمبود آهن به سازوکار تولید کلروفیل آسیب می‌رساند، چون مقدار کلروفیل گیاهان به در دسترس بودن مداوم آهن بستگی دارد و این امر می تواند به عنوان یک عامل کمکی برای فعال کردن آنزیم نیترات ردوکتاز به کار رود و همچنین گزارش کمرکی و گلوی، (Kamraki & Galavi, 2012) که بیان می‌نماید آهن، بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا است و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز می باشد، می‌تواند مشاهدات ما را توجیه کند.



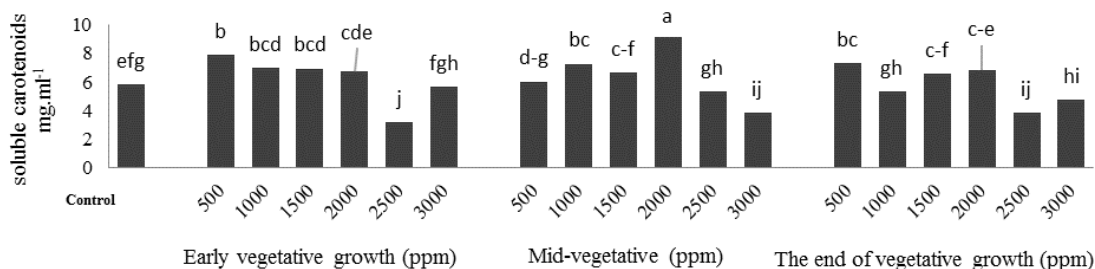
شکل ۶- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول پاشی بر کلروفیل کل
Figure 6- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on total chlorophyll.

غشای کلروپلاست یافت می‌شوند و وظیفه آنها جمع آوری انرژی و حفاظت نوری است. کاروتنوئیدها از راه برگشت با رادیکال‌های اکسیژن و تشکیل زانتوفیل مانع تخریب کلروفیل‌ها می‌شوند (Amal & Aly, 2008). از طرفی آهن نیز عنصری ضروری برای رشد و نمو گیاهان است و در سنتز کلروفیل، تیلاکوئیدها و نمو کلروپلاست‌ها دخالت دارد (Curie & Briat, 2003)، بنابراین کمبود مقدار آهن در گیاه می‌تواند علاوه بر کاهش سنتز کلروپلاست با کاهش محسوس کاروتنوئید همراه شود. چرا که این رنگدانه‌ها در غشای کلروپلاست جای دارند. افزایش غلظت کاروتنوئیدها پس از محلول پاشی با کلات آهن می‌تواند تا حدودی خسارت ناشی از رادیکال‌های آزاد را کاهش دهد و در نتیجه بدین طریق موجب حفظ و پایداری کلروفیل

مقدار کاروتنوئیدهای محلول: تجزیه داده‌ها حاکمی از معنی‌دار بودن زمان محلول پاشی ($p \leq 0.05$) و بسیار معنی دار بودن غلظت محلول آهن و اثر متقابل زمان محلول پاشی در غلظت محلول آهن بر مقدار کاروتنوئید می‌باشد ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت مقدار کاروتنوئید نشان داد (شکل ۷) این صفت نیز بر اساس الگوی مشخصی از تیمارها پیروی نمی‌کند اما باز هم در تیمار ۲۰۰۰ قسمت در میلیون و در اواسط رشد رویشی اثر افزایشی معنی‌دار برای این صفت دیده شد. در این تیمار مقدار کاروتنوئیدهای محلول به ۹/۱۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر رسید که نشان دهنده افزایش ۶۳/۶۲ درصدی نسبت به شاهد است. کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های نارنجی و زرد هستند که محلول در چربی‌اند و در

این تحقیق، افزایش غلظت کاروتنوئید از طریق مصرف برگ‌کلات آهن می‌تواند توسط مفاهیمی که بیان شد توجیه شود.

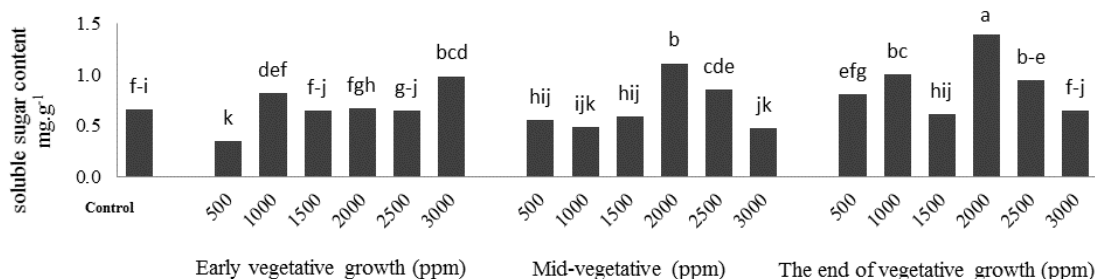
شود که برای رشد و نمو گیاه و نیز احتمالاً برای تولید اقتصادی آن حائز اهمیت است (Fathi Amir Khiz et al., 2015). در



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول‌پاشی بر مقدار کاروتنوئیدهای محلول.
Figure 7- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on the amount of soluble carotenoids.

مقصد و عدم نیاز به کربوهیدرات‌های محلول یا بالا بودن قدرت برگ در تولید این ترکیبات و یا نیاز به کربوهیدرات‌های محلول در تنظیم اسمزی برگ است (Ehdaei et al., 2006). افزایش محتوای قند ممکن است ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش رشد، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و همچنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول می‌شود، باشد (Ehdaei et al., 2006). این افزایش در غلظت قندهای محلول می‌تواند یک پاسخ نسبت به تغییرات میزان محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب برگ‌ها ارزیابی شود (Mohsenzadeh et al., 2006). در آزمایش سعیدی ابواسحق و همکاران (Saeidi Aboueshaghi et al., 2014)، مشخص شد که تیمارهای محلول‌پاشی با آهن، بیشترین تأثیر را بر تولید قندهای محلول در لوبیا داشتند. تحلیل رفتار میزان قند محلول در اثر محلول‌پاشی آهن با توجه به عدم وجود الگوی مشخص در پژوهش حاضر به مطالعات بیشتر نیاز دارد.

میزان قند محلول: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد زمان محلول‌پاشی، غلظت محلول آهن و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور بر میزان قند محلول اثر بسیار معنی‌داری داشته‌اند ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت میزان قند محلول نشان می‌دهد (شکل ۸) برخی تیمارها باعث کاهش میزان قند محلول گردیده‌اند، مانند محلول‌پاشی در غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون و در اوائل رشد رویشی که موجب کاهش میزان قند محلول به میزان ۵۸/۸۲ درصد نسبت به شاهد شده و مقدار آن را به ۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ کاهش داده است. همچنین برخی تیمارها باعث افزایش این ویژگی گردیده‌اند مثل محلول‌پاشی در غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون و در آخر رشد رویشی که میزان قند محلول را به ۱/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ رسانده است. این میزان معادل ۶۳/۵۲ درصد افزایش نسبت به شاهد است. مواد فتوسنتزی پس از تولید در برگ به طرف مقصدهای مواد فتوسنتزی انتقال می‌یابند، بنابراین تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ، معرف عدم انتقال آن‌ها به این مقصدها به واسطه پایین بودن ظرفیت

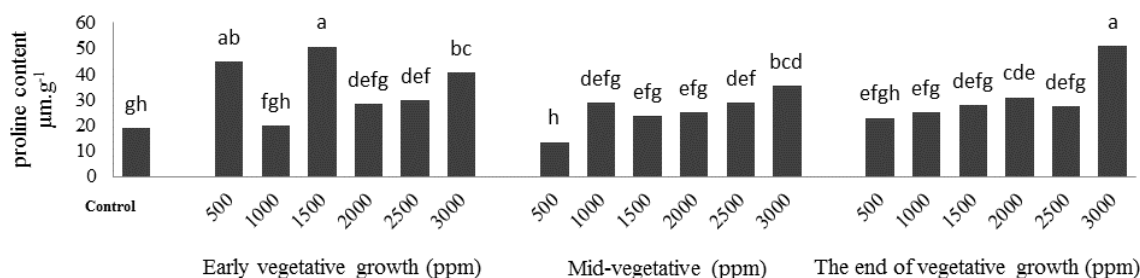


شکل ۸- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول پاشی بر میزان قند محلول

Figure 8- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on soluble sugar content.

یون‌های مسموم کننده جذب شده از محیط را در واکوئل‌ها ذخیره کرده و محیط سیتوپلاسم را برای انجام فعالیت‌های زیستی از راه تنظیم اسمزی درون سلولی آماده می‌سازند. علاوه بر این، پرولین نقش مهمی را به عنوان کلاته کننده فلز، مولکول دفاعی آنتی اکسیدان، مولکول پیام رسان در طول تنش ایفا می‌کند (Hayat et al., 2012). در تنش‌های گوناگون، تجمع پرولین در گیاه پاسخی در برابر القا تنش می‌باشد و تولید بالای این اسید آمینه می‌تواند سبب تحمل گیاه در مقابل تنش شود (Theriappan et al., 2011). شاید بتوان نتیجه‌گیری کرد محلول پاشی آهن برای زعفران در کرمانشاه بتواند از طریق افزایش پرولین به تحمل گیاه در برابر تنش‌های خشکی و شوری کمک نماید.

میزان پرولین: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد زمان محلول پاشی، غلظت محلول آهن و همچنین اثر متقابل آن‌ها، بر میزان پرولین در برگ اثر بسیار معنی‌داری گذاشته‌اند ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای این صفت در شکل ۹ نشان داده شده است. محلول پاشی با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون و در آخر رشد رویشی میزان پرولین در برگ را به میزان ۵۰/۹۰ میکرومول بر گرم و در سطح ۱۵۰۰ قسمت در میلیون در اوائل رشد رویشی میزان پرولین در برگ را به میزان ۵۰/۶۸ میکرومول بر گرم افزایش داد. این افزایش‌ها به ترتیب معادل ۱۷۱/۳۲ درصد (۲/۷۱ برابری) و ۱۷۰/۱۴ درصد (۲/۷۰ برابری) افزایش نسبت به شاهد است. برخی از اسیدهای آمینه به ویژه پرولین آزاد، غلظت سیتوپلاسم را بالا می‌برند و از طرف دیگر،



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح غلظت محلول آهن و زمان‌های محلول پاشی بر میزان پرولین

Figure 9- Mean comparison of interaction effect of the iron concentration levels and foliar application time on proline content.

نتیجه گیری

براساس نتایجی که در این گزارش مشاهده می‌شود، می‌توان بطور کلی گفت که محلول‌پاشی کلات آهن با غلظت ۲۰۰۰ قسمت در میلیون برای صفات مقدار کلروفیل a، مقدار کلروفیل b، مقدار کلروفیل کل، میزان کارتنوئید و میزان قند محلول نسبت به سایر غلظت‌ها اثر گذارتر بوده است. همچنین محلول پاشی در اواسط رشد رویشی نسبت به سایر زمان‌های محلول پاشی مورد بررسی، تأثیر بیشتری بر این صفات داشته است. غلظت های مورد مطالعه نشان داد غلظت‌های پایین‌تر و بالاتر محلول‌پاشی آهن ممکن است نتواند بر روی صفات مورد بررسی و در زمان‌های مختلف رشد رویشی تأثیر زیادی بگذارد. در یک تفسیر کلی می‌توان گفت برای نخستین بار صفات فیزیولوژیکی عمدتاً مرتبط با تنش‌های غیر زنده بویژه خشکی و شوری و

منابع

ارتباط آن با محلول‌پاشی آهن در شرایط غیر تنش برای زعفران در این مقاله مورد توجه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج آزمایش، حاکی از نقش قابل ملاحظه محلول‌پاشی کلات آهن در زعفران برای صفات مورد بررسی است و احتمالاً نشان می‌دهد علاوه بر نقش این تیمارها در صفات اقتصادی زعفران - برخی تیمارهای مورد بررسی توانسته‌اند موجب افزایش مقدار عملکرد گل برای گیاهان دو ساله تا میزان ۴/۴۱ برابر در مقایسه با شاهد گردند. همچنین عملکرد بنه را تا میزان ۱/۵ برابر برای گیاهان دو ساله در مقایسه با شاهد افزوده اند که در مقاله دیگری به تفصیل گزارش خواهد شد (در حال انتشار)- محلول‌پاشی آهن می‌تواند در ایجاد تحمل به تنش‌های غیر زنده در زعفران مورد توجه قرار گیرد که البته اثبات آن نیازمند پژوهشی مستقل است.

- Amal, A.M., and Aly, A.A. 2008. Alteration of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants growth under seawater salt stress. American Eurasian Journal of Science Research 3: 139-146.
- Babaeian, M., Heidari, M., and Ghanbari, A. 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (4) 377-391. (In Persian with English Summary).
- Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determine of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-208.
- Bozorgi, H.R., Bidarigh, S. Bakhshi, D., Samak Mohammadi, B., Azarpour, E., and Moraditochae, M. 2012. Effects of marine brown alga extract (*Ascophyllum nodosum*) under foliar spraying of methanol and iron

- fertilizers on flower tube length of saffron (*Crocus sativus* L.) in north of Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4 (20): 1512-1518.
- Chatterjee, C., Gopal, R., and Dub, B.K. 2006. Physiological and biochemical responses of French bean to excess cobalt. Journal of Plant Nutrition 29: 127-136.
- Chohura, P., Kolota, E., and Komosa, A. 2007. The effect of different sources of iron on nutritional value of greenhouse tomato fruit grown in peat substrate. Vegetable Crops Research Bull 67: 55-61.
- Crowley, D.E., Wang, Y.C. Reid, C.P.P., and Szaniszlo, P.J. 1991. Mechanisms of iron acquisition from siderophores by microorganisms and plants. p. 213-232. In: Chen, Y. and Y. Hadar (Eds.), Iron Nutrition and Interactions in Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Curie, C., and Briat, J.F. 2003. Iron transport and

- signaling in plants. Annual Review of Plant Biology 54: 183-206.
- Ehdaei, B., Alloush, G.A., Madore M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotype variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Postanthesis changes in internode water soluble carbohydrates. Crop Science 46: 2093-2103.
- Fathi Amir Khiz, K., Amini Dehaghi, M., and Heshmati, S. 2015. Effect of iron chelate on chlorophyll content, quantum efficiency of photocycles and some biochemical traits in safflower under dehydrated conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 46 (1): 137-145. (In Persian with English Summary).
- Gogor Cena, Y., Abadía, J., and Abadía, A. 2004. A new technique for screening iron-efficient genotypes in peach rootstocks elicitation of root ferric chelate reductase by manipulation of external iron concentrations. Journal of Plant Nutrition 27: 1701-1715.
- Gohari, F., Bohrani, A., and Bagheri, A. 2010. The effects of macro and micro fertilizers on the water use efficiency in canola. National Conference on Water Management and Drought Stress Management in Agriculture. Azad University of Arsanjan Branch, Arsanjan, Iran. 23-14 February 2011. (In Persian).
- Hansch, R., and Mendel, R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Current Opinion in Plant Biology 12: 259-266.
- Hayat, SH., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Shafi Wani, A., Pichtel, J., and Aqil Ahmad, A. 2012. Role of proline under changing environments. Plant and Behavior 7 (11): 1456-1466.
- Hirai, M., Higuchi, K., Sasaki, K., Suzuki, H., Maruyama, T., Yoshiba, T., and Tadano, T. 2007. Contribution of iron associated with high molecular weight substances to the maintenance of the SPAD value of young leaves of barley under iron deficient conditions. Plant and Soil Science 53: 612-620.
- Hiron, R.W.P., and Wright, S.T.S. 1993. The abscisic acid in the response of plant to stress. Journal of Experimental Botany 24: 269-781
- Jain, R.C., and Srivastava, R. 2007. Factorial experiments-some variations. I.A.S.A.I. Library Avenue, New Delhi-110012. p. 389-392.
- Jiang, Y., and Huang, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.
- Kamraki, H., and Galavi, M. 2012. Evaluation of micronutrient spraying of iron, boron and zinc on quantitative and qualitative characteristics of safflower. Journal of Agroecology 4 (3): 201-206. (In Persian with English Summary).
- Kangarshahi, S. 2003. The effects of micronutrients on and track performance and yield components of corn. Master's Thesis, University of Tehran. (In Persian with English Summary).
- Khoshgoharmanesh, A., Razizadeh, E., Eshghizadeh, H., Sharifi, H., Savaghebi, G., Afyooni, D., and Adayon Nejad, M. 2012. Comparison of spring wheat varieties in response to iron fertilization in a calcareous soil Journal of Water and Soil Science 55: 99-107. (In Persian with English Summary).
- Koksal, A.L., Dumanoglu, H., Tuna Gunes, N., and Aktas, M. 1998. The effect of different amino acid chelate foliar fertilizers on yield, fruit quality, shoot growth and Fe, Zn, Cu, Mn content of leaves in Williams pear cultivar (*Pyrus communis* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23: 651-658.
- Lichtenthaler, H., and Wellburn, A.R., 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and chlorophyll b leaf extracts in different solvents. Biochemical Society

- Transactions 603: 591-592.
- Malakooti, M.J., and Tehrani, M.M. 2000. The role of micronutrients in increasing yield and improving quality of agricultural products. Tarbiat Modarres University Press. 299p. (In Persian).
- Maleki, M., Ebrahimzade, H., Gholami, M., and Niknam, V. 2011. The effect of drought stress and exogenous abscisic acid on growth, protein content and antioxidative enzyme activity in Saffron (*Crocus sativus* L.). African Journal of Biotechnology 10 (45): 9068-9075.
- Mohsenzadeh, S., Malboobi, M.A., Razavi, K., and Farrahi Aschtiani, S. 2006. Physiological and molecular responses of (*Aeluropus lagopoides*) to water deficit. Environmental and Experimental Botany 56: 322-374.
- Odeley, F., and Animashaun, M.O. 2007. Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield (*Glycine max* L.) in south west Nigeria. Australian Journal of Crop Science 41: 1842-1850.
- Peivandi, M., Jamkani, Z., and Mirza, M. 2011. Effect of iron nano-chelate with iron chelate on growth and antioxidant enzymes activity of *Satureja hortensis*. Journal of New Cellular and Molecular Biotechnology 2 (5): 25-32. (In Persian with English Summary).
- Saeedi Rad, M., and Mokhtarian, A. 2013. Scientific and practical principles of planting and harvesting of saffron. Sarva Publications, Tehran. p. 1-112. (In Persian with English Summary).
- Saeidi Aboueshaghi, R., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Baluchi, H. 2014. Effect of irrigation intervals and foliar application of iron and zinc on some physiological and morphological characteristics of red bean (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Plant Process and Function 3 (7): 27-42. (In Persian with English Summary).
- Safari, H. 2005. Effect of method and amount of optimum use of micronutrient fertilizers containing iron and zinc on quantitative and qualitative yield and rapeseed oil percent. Proceedings of the Scientific and Applied Seminar of Iranian Vegetable Oil Industry. Tehran, p. 356-350. (In Persian).
- Sartory, D.P., and Grobbelaar, J.U. 1984. Extractio.n of chlorophyll a from fresh water phytoplant on for spectrophotometric analysis. Tlydoobiologia 144: 177-187.
- Shamsi, K. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences 8: 1051- 1060.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., and Qian, Q. 2006. Effect of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedling of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation 48: 127-135.
- Suh, H., Kim, C.H., Lee, J., and Jung, J. 2002. Photodynamic effect of iron on photosystem II function in pea plants. Photochemistry and Photobiology 75: 513-518.
- Theriappan, P., Gupta, A.K., and Dhasarathan, P. 2011. Accumulation of proline under salinity and heavy metal stress in cauliflower seedlings. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 15 (2): 251-255.
- Zago, M.P., and Oteiza, P.I. 2001. The antioxidant properties of zinc: Interactions with iron and antioxidants. Free Radical Biology and Medicine 31: 266-274.
- Zayed, B.A., Salem, A.K.M., and El-Sharkawy, H.M. 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oryza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences 7: 179-184.

Effects of Foliar Application of Iron Chelated on some Physiological Traits of Saffron (*Crocus sativus* L) in Kermanshah

Elnaz Zamani¹, Hooman Salari^{2*} and Mokhtar Ghobadi³

Submitted: 15 December 2017

Accepted: 6 November 2021

Zamani, E., Salari, H., Ghobadi, M. 2022. Effects of Foliar Application of Iron Chelated on some Physiological Traits of Saffron (*Crocus sativus* L) in Kermanshah, 9(4):343-356.

Abstract

We studied the effects of foliar application of iron chelate on relative leaf water content, electrolyte leakage, leaf chlorophyll content, carotenoid content, leaf soluble sugars content, and proline for saffron in Kermanshah in Iran. A two-year trial (2013–2015) was conducted as a factorial experiment based on a complete randomized design (CRD) in triplicates at the research farm of Razi University, Iran. The study traits were measured in the second year of the experiment. The foliar iron chelated was applied at the three considered times namely, early vegetative (November), mid-vegetative (January), and the end of vegetative growth (March). The seven concentrations of iron chelate were considered, i.e., zero (control), 500, 1000, 1500, 2000, 2500, and 3000 mg.kg⁻¹. The results showed that chlorophyll a, total chlorophyll, and electrolyte leakage were not influenced by the time of foliar application. However, carotenoids have been affected significantly by the time, ($p \leq 0.05$) and the other traits were affected very significantly ($p \leq 0.01$). The concentration of the iron solution and the interaction between two factors affected highly significant ($p \leq 0.01$) all the traits, apart from the electrolyte leakage, which was significantly influenced ($p \leq 0.05$). The foliar application of the iron chelate with the concentration of 2000 mg.kg⁻¹ leads to an increase for chlorophyll a, total chlorophyll, and carotenoids compared with control for 45.4%, 42.4%, and 63.6% at the mid-vegetative, respectively. Soluble sugar content also has been raised for the foliar application at the end of vegetative growth for 2000 mg.kg⁻¹ for 63.5% compared with control. Generally, it can be claimed that the foliar application of iron chelate at the mid-vegetative was more effective than others.

Keywords: Vegetative growth, Carotenoids, Chlorophyll, Foliar application

1-M.Sc. student of plant breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University

2-Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University

3-Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Razi University

(*- Corresponding author Email: hsalari@yahoo.com)

DOI:10.22048/JSAT.2021.109636.1275