



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴  
صفحه‌های ۸۶۶-۸۵۵

# اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز

مهديه امیری نژاد<sup>۱\*</sup>، غلام‌علی اکبری<sup>۲</sup>، امین باقی‌زاده<sup>۳</sup>، ایرج ال‌دادی<sup>۴</sup>، مریم شهبازی<sup>۴</sup> و معصومه نعیمی<sup>۵</sup>

۱. استادیار گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
۲. استاد گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۳. دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
۴. استادیار گروه فیزیولوژی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج، ایران
۵. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۹/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۶/۱۱

### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در گلخانه پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. در این آزمایش، عامل تنش در سه سطح ۷۰ درصد (شاهد)، ۵۰ درصد (ملایم) و ۳۰ درصد (شدید) ظرفیت زراعی و عامل محلول پاشی در چهار سطح آب (شاهد)، آهن، روی و مخلوط آهن و روی با غلظت ۵ در ۱۰۰۰ بودند. محلول پاشی آهن و روی در شرایط تنش خشکی تأثیر معناداری بر برخی صفات داشت، به طوری که بیشترین مقدار پروتئین‌های محلول و پرولین به ترتیب ۴/۱۲ و ۳۶۴/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و بیشترین مقدار قندهای محلول ۵/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ، از کاربرد همزمان این دو عنصر تحت شرایط تنش شدید به دست آمد. همچنین محلول پاشی در شرایط تنش ملایم و شدید به کاهش معنادار مقدار مالون‌دی‌آلدئید به ترتیب ۱۶/۹ و ۰۶/۵ میکرومول بر گرم وزن تر برگ نسبت به تیمار شاهد منجر شد. تنش خشکی و محلول پاشی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داد، به طوری که بیشترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول‌پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز از تیمار تنش شدید و محلول پاشی مخلوط عناصر آهن و روی به ترتیب ۲۸/۵۱، ۲۸۴/۷۵ و ۵۰/۹۹ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد، افزایش چشمگیری داشت. از این رو، محلول پاشی عناصر کم مصرف آهن و روی در مناطق در معرض تنش کم‌آبی، تأثیر مفیدی در افزایش صفات بیوشیمیایی و مقاومت به تنش خشکی در زیره سبز دارد.

**کلیدواژه‌ها:** آهن، تنش خشکی، روی، زیره سبز، صفات بیوشیمیایی، محلول پاشی.

## ۱. مقدمه

اسیدیتة بالا، آهکی بودن و کمبود ماده آلی خاک، مشکل اساسی کشاورزی مناطق مدیترانه‌ای است. به کمبود شدید دو عنصر ریزمغذی روی و آهن در گیاهان زراعی و درختان میوه اشاره شده است [۱۲، ۱۱]. در گندم اثر عناصر کم‌مصرف روی و منگنز بر عملکرد و برخی صفات زراعی معنادار گزارش شده است [۱۴، ۱۵]. محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد دانه و کارایی جذب آب در گیاه زنیان<sup>۴</sup> در شرایط تنش شوری بی‌تأثیر مشاهده شد [۲۲]؛ اما اثر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاه زنیان بر صفات رویشی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و سطح برگ مثبت گزارش شد. محلول‌پاشی جیبرلین و نفتالین موجب افزایش معنادار رنگیزه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات کل، درصد روغن و مقدار تیمول شد [۲۴]. اثر محلول‌پاشی سلنیوم در شرایط تنش کم‌آبی، بر روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کدوی پوست‌کاغذی مثبت بود [۸]. در تحقیقی اثر محلول‌پاشی برخی ویتامین‌ها و آمینواسیدها در رازیانه<sup>۵</sup>، موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد چتر شد و به‌جز فیل‌آلانین، سایر ترکیبات تأثیر معناداری بر مقدار روغن دانه نداشتند [۱۶]. اثر فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز معنادار گزارش شد [۲۹، ۱۷]. مصرف آهن به‌صورت خاکی و برگی در گلرنگ، موجب بهبود مقدار پروتئین‌های محلول برگ، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، کربوهیدرات‌های محلول (گلوکز، زایلوز و مانوز) و محتوای آب نسبی برگ تحت شرایط تنش رطوبتی شد [۴].

در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کاشت گیاهان سازگار به خشکی و راهکارهای افزایش عملکرد در واحد سطح، ضروری

گیاهان دارویی ذخایر ژنتیکی هر کشورند و به‌همراه داروها و مواد مشتق از آنها بخش مهمی از اقتصاد کشورها را به‌خود اختصاص داده‌اند. زیره سبز<sup>۱</sup> از خانواده چتریان<sup>۲</sup> از گیاهان مهم دارویی و صادراتی کشور است [۷]. این گیاه علاوه بر مصارف دارویی و غذایی، در صنایع آرایشی و بهداشتی نیز کاربرد فراوان دارد [۲۰، ۶].

الگوی بارش نامنظم در نواحی مختلف کشور، محصولات مختلف را در معرض شدت‌های مختلف تنش خشکی قرار می‌دهد. بیشتر اوقات دمای زیاد و وضعیت تغذیه‌ای نامناسب، اثرهای تنش خشکی را پیچیده‌تر می‌کند. گیاهی که خوب تغذیه شده و به‌مقدار کافی عناصر کم‌مصرف و پر مصرف را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت [۳۰، ۲]. در این میان دو عنصر آهن و روی از عناصر کم‌مصرف ولی ضروری برای رشد گیاه‌اند که اهمیت اساسی و حیاتی در متابولیسم سلولی و فعالیت آنزیمی در گیاهان دارند [۲۵، ۱۲]. روی در ساخته شدن برخی اسیدهای آمینه، فرایند فتوسنتز و همانندسازی و بیان ژن‌ها شرکت دارد [۱۵، ۱۰]. آهن در ساختار دو گروه عمده پروتئین‌ها به‌عنوان گروه دهنده - گیرنده الکترون در واکنش تنفس، در ساختمان پروتئین‌هایی نظیر لگ‌هموگلوبین<sup>۳</sup> و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و همچنین در فرایندهای وابسته به نور در فتوسنتز تأثیر اساسی دارد [۲۹، ۲۵]. دامنه وسیعی از اختلالات مولکولی را که به آسیب‌های فیزیولوژیکی در گیاهان تحت تنش خشکی منجر می‌شوند، می‌توان ناشی از تولید رادیکال‌های فعال و مخرب اکسیژن دانست که سبب نابودی DNA، پراکسیداسیون چربی‌ها، تخریب پروتئین‌های غشایی و مولکول‌هایی نظیر کلروفیل و آنزیم‌ها در سلول می‌شوند [۹، ۲].

4. *Carum copticum* L. or *Trachyspermum ammi* L. (Apiaceae)  
5. *Foeniculum vulgare* L. (Apiaceae)

1. *Cuminum Cyminum* L.  
2. Apeaceae  
3. Leghemoglobin

## اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز

۱۳۹۱ اجرا شد. به دلیل غیریکنواختی در محیط گلخانه و زیاد بودن گلدان‌ها، طرح پایه به صورت بلوک‌های کامل تصادفی انتخاب شد. در این پژوهش، با توجه به بررسی‌های مقدماتی و زیاد بودن مقاومت نسبی گیاه زیره سبز به کم‌آبی، عامل تنش در سه سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش ملایم) و ۳۰ درصد (تنش شدید) ظرفیت زراعی و عامل محلول پاشی با استفاده از کود محلول کلات آهن و روی در چهار سطح شامل محلول پاشی آهن، روی، مخلوط آهن و روی با غلظت ۵ در ۱۰۰۰ (براساس آزمایش‌های مشابه و توصیه شرکت سازنده برای گیاهان زراعی) و شاهد (آب معمولی) بود [۱۷، ۱۱]. در این تحقیق، از بذر گیاه زیره سبز گونه محلی ماهان کرمان و خاک مزرعه نمونه زیره سبز با مشخصات زیر از همان مکان استفاده شد (جدول ۱).

است. با توجه به خشکسالی و بحران کم‌آبی، فقر غذایی خاک‌های استان به‌ویژه از نظر عناصر کم‌مصرف روی و آهن، و قابلیت‌های استان کرمان در زمینه تولید گیاهان دارویی به‌ویژه زیره سبز، ضرورت این تحقیق احساس می‌شد. هدف پژوهش حاضر، بررسی واکنش‌ها و آستانه تحمل گیاه زیره سبز در شرایط تنش خشکی و امکان افزایش تحمل زیره سبز به تنش خشکی از طریق محلول پاشی عناصر کم‌مصرف است.

## ۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول پاشی عناصر روی و آهن بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در گلخانه پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان در سال

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش شده<sup>۱</sup>

عمق خاک ۰-۳۰ سانتی‌متر	نقطه پژمردگی دائم (%)	ظرفیت مزرعه	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی اسیدیته	کربن شن لای (%)	رس
نتیجه گزارش	۱۰/۰۳	۲۷/۳	۴/۴	۷/۸	۳۳	۱۱
حدود مناسب			۳<	۶/۵-۷/۵	۱	بافت خاک: سیلتی لوم
عمق خاک ۰-۳۰ سانتی‌متر	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن منگنز (mg/kg)	روی مس	رس
نتیجه گزارش	۰/۰۹۰	۲۳/۴۰	۲۷۲	۳/۲	۸/۶	۰/۹
حدود مناسب	۰/۱	۱۵	۳۰۰	۱۱-۱۶	-۱۲	-۱/۲
				۹	۱/۱	۰/۹

این آزمایش در شرایط گلخانه با ۱۴ ساعت دوره نوری<sup>۱</sup> و میانگین حرارت و رطوبت به ترتیب  $5 \pm 30$  درجه سانتی گراد و  $5 \pm 55$  درصد در روز و  $2 \pm 16$  درجه سانتی گراد و  $5 \pm 90$  درصد در شب انجام گرفت [۲۳]. شش بذر پس از آماده سازی و ضدعفونی در گلدان های ۴ کیلوگرمی، با قطر دهانه ۲۰ سانتی متر در عمق ۵ سانتی متر کشت شدند. در هفته سوم تنک کردن بوته ها صورت گرفت و در هر گلدان سه بوته نگهداری شد. از زمان کاشت تا پایان هفته چهارم، گلدان ها به طور مرتب سه روز یکبار آبیاری شدند. ۴۰ روز بعد از جوانه زدن (مرحله دو تا سه برگی گیاه) آبیاری کاهش یافت و تیمارهای تنش اعمال شد. بدین منظور، همه گلدان ها در هر روز سه نوبت و در ساعات به خصوص، با ترازوی مناسب توزین شدند و در صورت نیاز به آبیاری براساس تنش در نظر گرفته شده (با استفاده از ظرفیت خاک زراعی و به روش وزنی)، مقدار آب لازم که پیشتر محاسبه شده بود به گلدان ها اضافه شد [۱، ۳]. محلول پاشی با غلظت ۵ در ۱۰۰۰ عناصر روی و آهن، ۴۰ روز بعد از جوانه زنی (مرحله دو تا سه برگی گیاه) و ۵۰ روز بعد از جوانه زنی (مرحله چهار تا پنج برگی گیاه) به صورت اسپری دست پاش انجام گرفت و برای افزایش جذب از محلول مویان<sup>۲</sup> استفاده شد. به منظور ارزیابی صفات بیوشیمیایی، در ابتدای مرحله گلدهی، نمونه های ۵ گرمی از برگ های سالم هر گیاه برداشت و بلافاصله بعد از قرار دادن در ورقه های آلومینیومی، در نیتروژن مایع منجمد شده و تا زمان اجرای آزمایش های مربوط در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

برای اندازه گیری پرولین از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. مقدار مالون دی آلدئید<sup>۳</sup> براساس روش

هت و پارکر (۱۹۶۹) به عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و محتوای قندهای محلول کل براساس روش دوبویس و همکاران (۱۹۵۶) تعیین شد [۴]. مقدار پروتئین محلول کل براساس روش برادفورد (۱۹۷۶) اندازه گیری شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از محاسبه کاهش جذب پراکسید هیدروژن در ۲۴۰ نانومتر و با روش دهنیدیس و همکاران (۱۹۸۱) انجام گرفت [۱۷]. فعالیت آنزیم به صورت واحد آنزیمی برحسب مقدار پروتئین کل (میلی گرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره (به دست آمده از روش برادفورد) در ۱ دقیقه محاسبه شد. یک واحد آنزیمی کاتالاز مقدار آنزیمی است که ۱ میلی مول آب اکسیژنه را در ۱ دقیقه تجزیه می کند. سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از گایاکول و اندازه گیری مقدار جذب تراگایاکول تشکیل شده در نتیجه فعالیت پراکسیداز، در طول موج ۴۷۰ نانومتر<sup>۴</sup> انجام گرفت [۴]. برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از روش جیانوپولیتیس و رایس (۱۹۷۷) استفاده شد [۱۷]. همه داده ها پس از اطمینان از یکنواختی، با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹) تجزیه واریانس شدند و میانگین داده ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار

#### پروتئین های محلول برگ

سطوح مختلف تیمارهای تنش و محلول پاشی عناصر آهن و روی و اثر متقابل بین آنها بر مقدار پروتئین های محلول برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲).

1 . PPFD: 400 mol m-2s-1

2. Hydro-Max Surfactant

3 . MDA

4 . Spectrophotometer Cary 50-Varian, Switzerland

اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز

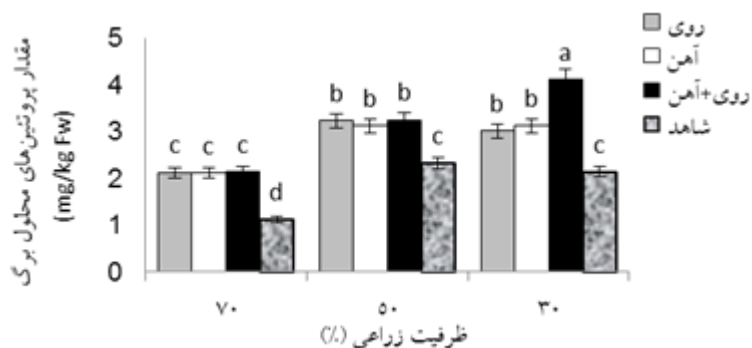
جدول ۲. تجزیه واریانس برخی صفات بیوشیمیایی زیره سبز تحت تاثیر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی

میانگین مربعات								منابع تغییرات
سوپراکسیددیسموتاز	گایاکول پراکسیداز	کاتالاز	مالون دی آلدئید	قندهای محلول	پرولین	پروتئین کل	درجه آزادی	
۱/۳۱۵۳۴	۲۱/۱۶	۳۶۱/۸	۷۶۱/۵	۷۲۵/۰	۷۸۹/۰	۳۱۲/۰	۲	بلوک
۲/۱۷۱۲۶۷۳۵**	۸/۸۸۹*	۴/۱۸۵۴۴*	۱۲/۳۴**	۳۲/۲۵**	۲۳/۶۲**	۱۲/۱۸**	۲	تنش خشکی
۱/۹۲۱۶۵۰۸**	۹/۴۱۲*	۴/۲۱۱۸۳**	۸۰/۶۶**	۲۵/۴۱**	۳۸/۴۱**	۲۳/۲۶*	۳	محلول پاشی
۱/۲۹۵۲۸۹۸**	۳/۱۱۷*	۷/۸۱۹۸**	۸۹/۵۹**	۲۷/۲۰**	۸۷/۴۲**	۲۲/۲۲**	۶	تنش × محلول پاشی
۰/۴۶۷۱۵	۳۳/۵	۸۷/۶۱	۵۵/۲	۷۲۵/۰	۷۸۹/۰	۳۱۲/۰	۲۴	خطای آزمایشی
۹/۱۹	۲/۱۷	۱/۲۲	۸/۱۸	۱/۲۱	۱/۲۰	۹/۱۸	-	ضریب تغییرات (%)

ns و \*، \*\*، \*\*\*: به ترتیب اختلاف معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، و نبود اختلاف معنادار.

محلول برگ گلرنگ ۶۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین عدم محلول پاشی، محتوای پروتئین کل را در شرایط تنش رطوبتی در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی کاهش داد [۸، ۴]. به نظر می رسد کاهش محتوای پروتئین کل تحت شرایط تنش کم آبی به دلیل واکنش پروتئین با رادیکال های آزاد، افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده پروتئین و کاهش سنتز پروتئین است [۲۲].

بیشترین پروتئین محلول برگ از تیمار تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول پاشی توأم آهن و روی به مقدار ۱۲/۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ و کمترین آن از تیمار تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم محلول پاشی به مقدار ۱۲/۱ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ به دست آمد (شکل ۱). در آزمایشی درباره کاربرد خاکی و برگی کلات آهن در شرایط تنش رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، پروتئین



شکل ۱. تأثیرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار پروتئین های محلول برگ

افزایش فتوسنتز و تحریک رشد، به افزایش محتوای پروتئین‌های محلول برگ منجر شد.

### ۲.۳. تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر مقدار پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص کرد که تنش خشکی اثر معناداری در سطح آماری ۱ درصد بر مقدار تجمع پرولین برگ زیره سبز داشت (جدول ۲). اثر متقابل محلول‌پاشی و تنش خشکی نیز بر مقدار تجمع پرولین در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (شکل ۲). با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار اسید آمینه پرولین افزایش یافت و محلول‌پاشی عناصر روی و آهن نیز به افزایش معنادار اسید آمینه مذکور در مقایسه با شاهد منجر شد، به طوری که بیشترین مقدار پرولین برگ از تیمار تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی توأم آهن و روی به مقدار ۵۲/۳۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، و کمترین مقدار آن از تیمار تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم محلول‌پاشی به مقدار ۱۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به‌دست آمد (شکل ۲).

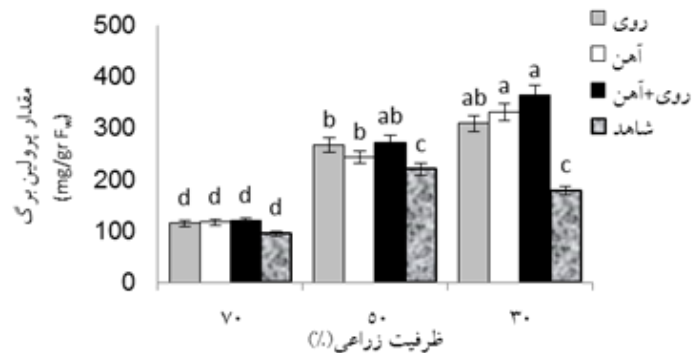
تأثیر کاربرد خاکی و برگ‌گی عنصر آهن بر افزایش مقدار اسید آمینه پرولین در برگ گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی مثبت و معنادار گزارش شد [۴]. در شرایط تنش خشکی، تجمع پرولین، به ایجاد تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاه کمک می‌کند [۲۹]. تجمع پرولین در بافت گیاهان تنش دیده، به علت افزایش سنتز آن به وسیله پرولین-۵-کربوکسیلاز سنتتاز و کاهش تجزیه آنزیم پرولین‌اکسیداز است [۱۳]. آهن و روی به عنوان کوفاکتور، تأثیر مهمی در فعالیت آنزیم‌های برگ به‌ویژه در شرایط تنش دارند، به طوری که بر فعالیت آنزیم‌های یادشده به‌شدت اثر می‌گذارند [۱۰].

محلول‌پاشی عناصر آهن و روی، تأثیر مثبت و فزاینده‌ای بر صفت مذکور داشت و بیشترین مقدار پروتئین‌های محلول برگ از کاربرد همزمان این دو عنصر به‌دست آمد (جدول ۲). تغییر محتوای پروتئین‌های برگ در نتیجه تنش خشکی بسیار حائز اهمیت است. دهیدرین‌ها پروتئین‌هایی‌اند که در پاسخ به تنش خشکی سنتز می‌شوند و با افزایش تنظیم اسمزی، سلول‌ها را از پس‌آیدگی اضافی در طی تنش محافظت می‌کنند. محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و مس، علاوه بر افزایش شاخص‌های کمی، سبب افزایش درصد مواد جامد محلول، اسید اسکوربیک و مقدار پروتئین در پیاز شد [۱۱، ۲۲]. همچنین کاربرد خاکی و برگ‌گی عنصر آهن، تأثیر مثبتی بر افزایش مقدار پروتئین‌های محلول برگ گلرنگ در سطوح مختلف تنش خشکی داشت [۶].

روی در ساختار اسیدهای آمینه هیستیدین، گلوتامین، آسپاراژین و تربیتوفان شرکت داشته و در بیان ژن‌های سنتزکننده پروتئین تأثیر مستقیم دارد [۱۵، ۱۰]. آهن نیز در سنتز دو گروه اصلی پروتئین‌ها به‌عنوان دهنده و گیرنده الکترون در واکنش تنفس، در ساختار پروتئین‌هایی نظیر لگ‌هموگلوبین<sup>۱</sup> و همچنین در فرایندهای وابسته به نور در فتوسنتز تأثیر اساسی دارد. آهن برای ساخت پروتئین نیز ضروری است؛ به طوری که تعداد ریبوزوم سلول‌های برگ با کمبود این عنصر کاهش می‌یابد [۲]. ترکیب عناصر روی و آهن با افزایش سنتز پروتئین‌های محلول و افزایش فتوسنتز در تغییر و تبدیل کربن فتوسنتزی مؤثر است [۲۹]، [۲۵]. در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر آهن و روی در شرایط تنش خشکی، از طریق

1. Leghemoglobin

اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز

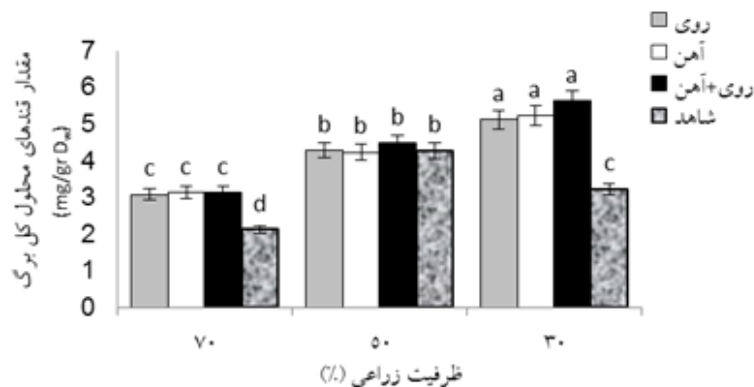


شکل ۲. تأثیرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار پرولین برگ

آهن در خاک در شرایط آبیاری مطلوب تأثیر مثبتی بر افزایش قندهای محلول (گلوکز، زایلوز و مانوز) داشت [۴]. به طور کلی، در شرایط تنش خشکی با وجود کاهش نرخ آسیمیلاسیون کربن، محتوای قند افزایش می‌یابد. تیمار عناصر غذایی در چغندر قند، سبب تجمع قندهای محلول مانیتول و سوربیتول در شرایط تنش خشکی تا ۸۰ درصد شد [۲۸]. همچنین در ذرت، تنش خشکی و تیمار کمبود عنصر آهن، به کاهش شدید مقدار قندهای محلول انجامید [۲۹]. تجمع قندهای محلول می‌تواند به حفظ تورژسانس در بافت‌های تنش دیده به واسطه تنظیم اسمزی کمک کند و عناصر ریزمغذی با شرکت در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن به افزایش قندهای محلول در گیاه در شرایط تنش کمک می‌کنند [۱۹].

### ۳.۳. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار قندهای محلول کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش نشان داد که تنش خشکی اثر معناداری در سطح ۱ درصد بر مقدار قندهای محلول برگ زیره سبز داشت و اثر متقابل محلول پاشی و تنش خشکی نیز بر مقدار قندهای محلول در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). بیشترین قندهای محلول برگ از تیمار تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول پاشی آهن و روی به مقدار ۶۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ و کمترین آن از تیمار تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و عدم محلول پاشی به مقدار ۱۲/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ به دست آمد (شکل ۳). افزایش مقدار قندهای محلول برگ تحت شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف مشاهده شد و مصرف کلات

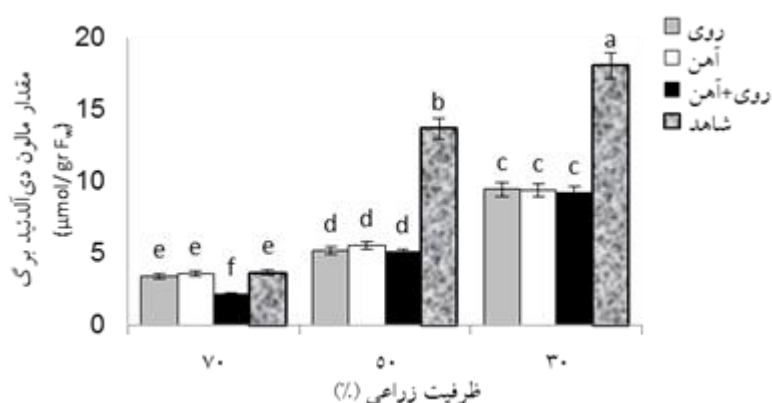


شکل ۳. تأثیرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار قندهای محلول کل

### ۴.۳. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار مالون دی آلدئید برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی و محلول پاشی عناصر آهن و روی اثر معناداری در سطح ۱ درصد بر مقدار مالون دی آلدئید داشت. همچنین تأثیرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی نیز بر میزان صفت مذکور در سطح آماری ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). با افزایش سطح تنش خشکی مقدار مالون دی آلدئید افزایش یافت، ولی تیمار محلول پاشی سبب کاهش معنادار صفت

مذکور شد. نتایج اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی نشان داد که بیشترین مالون دی آلدئید از تیمار تنش ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون محلول پاشی آهن و روی به مقدار ۰۴/۱۸ میکرومول بر گرم وزن تر برگ و کمترین آن از تیمار تنش ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول پاشی آهن و روی به مقدار ۲/۱۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ به دست آمد (شکل ۴).



شکل ۴. تأثیرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار مالون دی آلدئید برگ

محلول پاشی آهن و روی در شرایط تنش های ملایم و شدید به ترتیب سبب کاهش ۴۹ و ۶۳ درصدی مقدار مالون دی آلدئید برگ زیره سبز شد. افزایش مقدار مالون دی آلدئید در برگ گیاه تحت شرایط تنش خشکی و کمبود عنصر روی در ذرت نیز مشاهده شد [۱۷]. مقدار مالون دی آلدئید در تیمار کمبود آهن افزایش می یابد که افزایش تأثیرات تنش اکسیداتیو را در پی دارد [۲۹]. همچنین، سطوح مختلف محلول پاشی و کاربرد خاکی کلات آهن در شرایط تنش رطوبتی، موجب کاهش ۲۴ درصدی مالون دی آلدئید در گلرنگ شد و توانست تأثیرات تنش رطوبتی را جبران کند [۴].

مالون دی آلدئید محصول تجزیه هیدروپراکسیدهای اسیدهای چرب غیراشباع است و اغلب نوعی نشانگر زیستی برای پراکسیداسیون لیپیدهای غشا که در اثر تنش اکسیداتیو پدید می آید، محسوب می شود [۴، ۱۹]. محتوای افزایش یافته مالون دی آلدئید ممکن است به علت تخریب غشا در نتیجه تنش اکسیداتیو القاشده به وسیله انواع اکسیژن فعال باشد. به نظر می رسد عناصر آهن و روی با فعال کردن ترکیبات آنتی اکسیدان و حفظ اسیدهای چرب غیراشباع از تأثیر منفی رادیکال های آزاد می کاهند [۱۷]. تیمار محلول پاشی آهن و روی سبب کاهش مقدار مالون دی آلدئید در شرایط تنش خشکی شد.

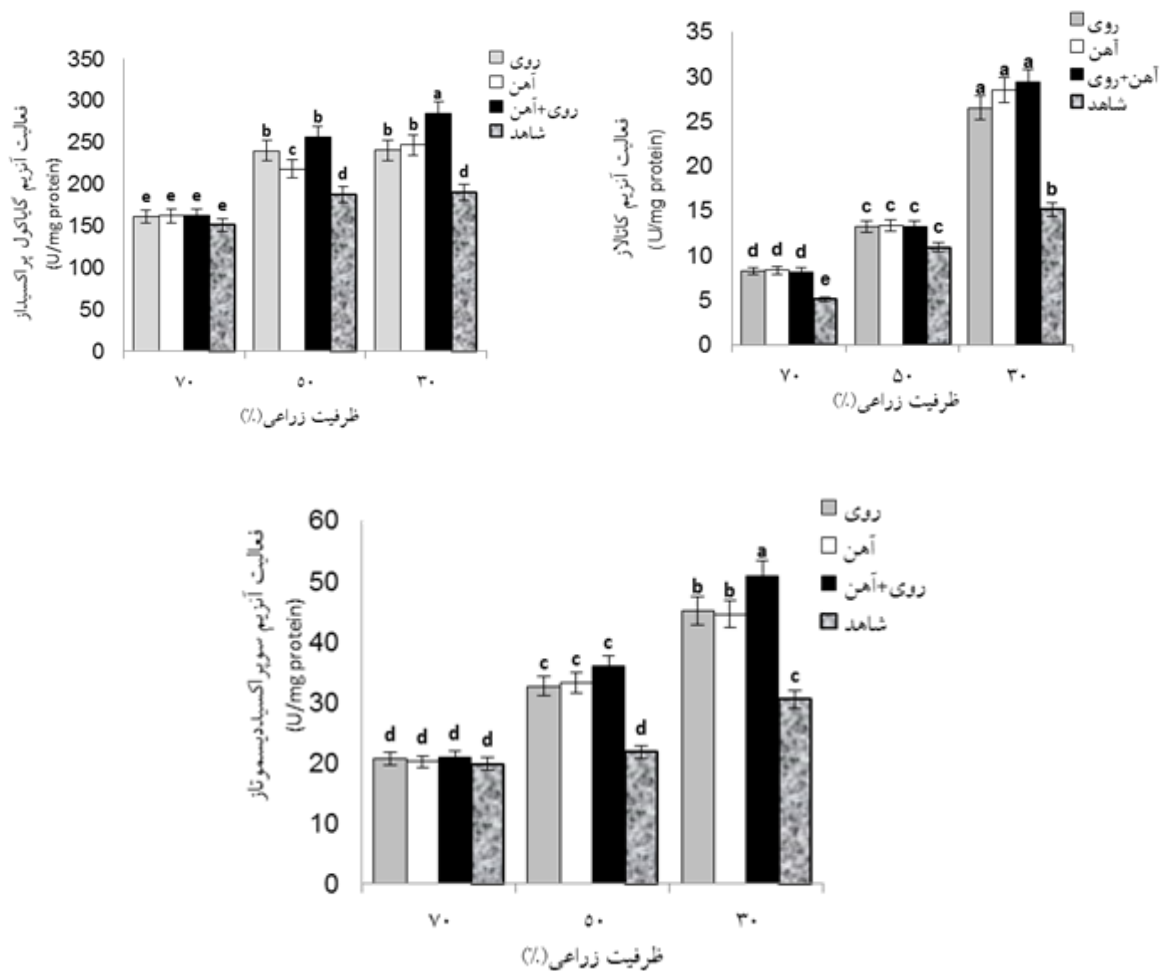


اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی زیره سبز

۵۱/۲۸، ۷۵/۲۸۴ و ۹۹/۵۰ براساس تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد. این نتایج تفاوت بسیار معناداری با عدم محلول پاشی در شرایط بدون تنش نشان داد، در حالی که کمترین مقدار آن از تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون محلول پاشی آهن و روی به ترتیب ۱۲/۵، ۹۱/۱۵۰ و ۸۲/۱۹ براساس تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه به دست آمد (شکل ۱).

### ۵.۳. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی بر شدت فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان برگ

در پژوهش حاضر، تنش کم آبی فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان را افزایش داد و محلول پاشی عناصر روی و آهن موجب افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز<sup>۱</sup>، گایاکول پراکسیداز<sup>۲</sup> و سوپراکسید دیسموتاز<sup>۳</sup> شد (شکل ۵). بیشترین فعالیت آنزیم های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از تیمار تنش شدید و همراه با محلول پاشی توأم آهن و روی به ترتیب



شکل ۵. تأثیرات متقابل تنش خشکی و محلول پاشی بر فعالیت برخی آنزیم های آنتی اکسیدان گیاه زیره سبز (الف) کاتالاز، (ب) گایاکول پراکسیداز، (ج) سوپراکسید دیسموتاز

1. Catalase (CAT)
2. Gayacol peroxidase (GOX)
3. Super oxid dismutase (SOD)

خشکی در گیاه زیره سبز می‌شود. با توجه به خشکسالی و بحران کم‌آبی در استان کرمان، فقر غذایی خاک‌های استان به‌ویژه از نظر عناصر کم‌مصرف روی و آهن، قابلیت‌های استان کرمان در زمینه تولید گیاهان دارویی به‌ویژه زیره سبز در شرایط تنش خشکی، اجرای این آزمایش در چندین سال و با غلظت‌های مختلف عناصر کم‌مصرف در شرایط مختلف تنش خشکی و در شرایط مزرعه نیز توصیه می‌شود.

### منابع

۱. پازوکی ع ر، رضایی ح، حبیبی د و پاک‌نژاد ف (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی، محلول‌پاشی آسکوربات و جیبرلین بر روی برخی صفات مورفولوژیکی، محتوی نسبی آب برگ و پایداری غشای سیتوپلاسمی گیاه آویشن (*Thymus vulgaris L.*). زراعت و اصلاح نباتات. ۸(۱): 13-1.
۲. رشنو م ح، طهماسبی سروستانی ز، حیدری شریف‌آباد ح، مدرس‌ثانوی س ع م و توکل افشاری ر (۱۳۹۲) اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی دوگونه یونج G یکساله. تولید گیاهان زراعی. ۶(۱): 148-125.
۳. صفی‌خانی ف ا، حیدری شریف‌آباد ح، سیادت س ع ا، شریفی‌شورآبادی ا، سیدنژاد س م و عباس‌زاده ب (۱۳۸۶) تأثیر تنش خشکی بر درصد و عملکرد اسانس و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavcia L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳(۱): 99-86.
۴. فتحی‌امیرخیز ک، امینی دهقی م، مدرس‌ثانوی س ع م و حشمتی س (۱۳۹۰) اثر کاربرد خاکی و برگی عنصر آهن (Fe) بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی گلرنگ

آنزیم کاتالاز از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و هنگامی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که مقدار ماده پراکسید هیدروژن در محیط زیاد باشد. کاتالاز سلول‌ها را از تأثیرات پراکسید هیدروژن محافظت می‌کند. در شرایط عادی حضور کاتالاز در سلول‌ها، می‌تواند تأثیر مهمی در افزایش مقاومت به تنش اکسیداتیو داشته باشد. مشخص شده که آنزیم کاتالاز، پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند [۲۶]، [۲۱]. تولید گونه‌های فعال اکسیژن از مهم‌ترین عوامل آسیب‌رسان به سیستم فتوسنتزی در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی است. یکی از راه‌های مقابله گیاهان به‌منظور کاهش آثار مخرب گونه‌های اکسیژن فعال، تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است که در این میان کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز از مهم‌ترین آنزیم‌های زداینده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌آیند [۲۶]، [۱۷]. با افزایش تنش خشکی پس از ۲۴ ساعت، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه افزایش می‌یابد. افزایش فعالیت این آنزیم در تیمار تنش به دلیل تأثیر مهم این آنزیم در مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده در اثر تنش خشکی است. بنابراین سوپراکسید دیسموتاز یکی از اجزای مهم سازوکار دفاعی گیاه در نظر گرفته می‌شود [۲۱]. عنصر روی در بیان ژن‌های سنتزکننده پروتئین‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مؤثر است و کوفاکتور افزایش فعالیت این آنزیم‌ها نیز محسوب می‌شود [۱۵، ۱۰].

### نتیجه‌گیری

براساس نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد محلول‌پاشی آهن و روی از راه تخفیف آثار مخرب تنش و حفاظت گیاه در برابر رادیکال‌های اکسیژن فعال، با افزایش محتوای اسید آمینه پرولین، پروتئین‌ها و قندهای محلول و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، سبب افزایش تحمل به

- oxygen specious. *New Phytologist*. 146: 185-205.
12. Cakmak I, Kalayci M, Ekiz H, Brauni J, Kilinc Y and Yilmaz A (1999) Zn deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO – science for stability project. *Field Crop Research*. 60: 175-188.
13. Chaves MM, Pereira JS, Maroco JP, Rodrigues ML, Riccardo CPP, Osorio ML, Carvalho T, Faria T and Pinheiro C (2002) How plants cope with water stress in the field Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*. 89: 907-916.
14. Dewal GS and Pareek RG (2004) Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agronomy*. 49: 160-162.
15. Grewal HS and Williams R (2000) Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. *Plant Nutrition*. 23: 942-962.
16. Hendawy SF and Ezz El-Din AA (2010) Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. *Ozean Journal of Applied Sciences*. 3(1): 113-123.
17. Hong W and Ji-Yan J (2007) Effects of zinc deficiency and drought stress on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea mays L.*). *Agricultural Science in China*. 6(8): 988-995.
18. Jangir RP and Singh R (1996) Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum L.*). *Indian Journal Agronomy*. 41: 140-143.
19. Lascano HR, Antonicelli GE, Luna CM, Melchiorre MN, Gomez LD, Racca RW, Trippi VS and Casano LM (2005) Antioxidant system response of different wheat cultivars under drought: field and *in vitro* studies. *Austrian Journal Plant Physiology*. 28: 1095-1102.
20. *Caethamus tinctorius L.* تحت دو رژیم رطوبتی. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۳): 509-518.
۵. مصطفوی راد م، طهماسبی لریستانی زا و محمودی ر (۱۳۸۷) اثر عناصر کم مصرف روی و منگنز بر عملکرد و برخی صفات زراعی سه رقم گندم. زراعت و باغبانی. ۸۰: 1-8.
۶. میرشکاری ب (۱۳۸۳) اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اسانس دانه زیره سبز (*Cuminum cyminum L.*) در شرایط آب و هوایی تبریز. علوم کشاورزی. ۱۰(۲): 145-157.
۷. نبی زاده م ر، کافی م و راشد محصل م ح (۱۳۸۲) اثرات شوری بر رشد، عملکرد، تجمع املاح و درصد اسانس زیره سبز. پژوهش های زراعی ایران. ۱۱(۱): 53-60.
۸. نعیمی م، اکبری غ غ، شیرانی راد اح، حسن لوط و اکبری غ غ (۱۳۹۱) اثر کاربرد ژئولیت و محلول پاشی سلنیوم در شرایط تنش کم آبی بر روابط آبی و آنزیم های آنتی اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی. به زراعی کشاورزی. ۱۴(۱): 67-81.
۹. همراهی س، حبیبی د، مدنی ح و مشهدی اکبریوجار م (۱۳۸۷) اثر سایکوسل و عناصر ریز مغذی بر میزان آنزیم های آنتی اکسیدان به عنوان شاخص های مقاومت به تنش خشکی در کلزا. یافته های نوین کشاورزی. ۲(۳): 316-329.
10. Bagci SA, Ekiz H, Yilmaz A and Cakmak I (2007) Effects of zinc deficiency and water stress on grain yield of field-grown Wheat cultivars in central Anatolia. *Agronomy and Crop Science*. 193: 198-206.
11. Cakmak I (2000) Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive

20. Li R and Jiang Z (2004) Chemical composition of the essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.) from China. Department of Food Science and Environment. Tianjin. 19 (4): 311-313.
21. Nayyar H and Gupta D (2006) Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany. 58: 106-113.
22. Ramezani M, Seghatoleslami M, Mousavi G and Sayyari-Zahan MH (2013) Effect of salinity and foliar application of iron and zinc on yield and water use efficiency of ajowan (*Carum copticum*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 7: 421-426.
23. Rebey IB, Jabri-Karoui I, Hamrouni-Sellami I, Bourgou S, Limam F and Marzouk B (2012) Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crop and Products. 36: 238-245.
24. Rohamare Y, Nikam TD and Dhumal KN (2013) Effect of foliar application of plant growth regulators on growth, yield and essential oil components of ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). International Journal of Seed Spices. 3(2): 34-41.
25. Ruiz JM, Baghour M and Romers L (2000) Efficiency of the different genotypes of tomato in relation to foliar content of Fe and the response of some bioindicators. Plant Nutrition. 23: 1777-1786.
26. Sairam RK and Saxena GC (2000) Oxidative stress and antioxidant in wheat genotype: Possible mechanism of water stress tolerance. Agronomy and Crop Sciences. 184: 55-61.
27. Shaw B, Thomas TH and Cooke DT (2002) Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. Plant Growth Regulation. 37: 77-83.
28. 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* L.). Plant Physiology. 164: 536-543.
29. Trunctunk R and Trunkturk M (2006) Effects of different phosphorous levels on the yield and quality components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Agriculture Biological Science. 2(6): 336-340.
30. Yeritsyan N and Economakis C (2002) Effect of nutrient solution's iron concentration on growth and essential oil content of oregano plants growth in solution culture. Acta Horticulture. 576: 277-283.