نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۱، پاییز ۱۳۹۷ / صفحات: ۱۱۹-۱۰۷

اثر کودهای زیستی بیومیک و نانو (آهن، روی، منگنز) بر عملکرد اقتصادی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و غلظت برخی عناصر چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تنش خشکی

عصمت هاشمی[۱]، نفیسه مهدی‌نژاد[۲*]، براتعلی فاخری[۲]، رقیه محمدپور وشوایی[۳]

[۱]دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه فضای سبز و باغبانی، زابل، ایران

[۲]دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، زابل، ایران

[۳]دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی،گروه زراعت، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۹ تاریخ پذیرش:۹۷/۵/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کود نانو (آهن، روی، منگنز)، زیستی بیومیک و تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی کاسبرگ، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و غلظت برخی عناصر در گیاه چای ترش تحت تنش خشکی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۴ به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح تنش خشکی (۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس) به عنوان عامل اصلی و چهار سطح (عدم مصرف کود، نانو آهن، ترکیبات آهنی و نانو زیستی بیومیک) به‌عنوان عامل فرعی بودند. اثرات اصلی تنش خشکی، کود و برهمکنش آن‌ها بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین وزن تر و خشک محلول‌پاشی کود نانو آهن و تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد. تیمار کود نانو آهن و ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس، بیشترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز را شامل شد. کاربرد کود نانو آهن باعث افزایش غلظت عناصر ماکرو و میکرو (آهن، روی،ازت، فسفر وپتاس) در گیاه شد و بیشترین مقدار غلظت عناصر آهن، روی، فسفر وپتاس در برهمکنش کود نانو آهن و تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بدست آمد. به‌طورکلی می‌توان گفت تنش موجب تأثیرات مخرب بر گیاه شده و مصرف نانو آهن موجب افزایش تحمل گیاه به تنش شده و استفاده از گیاه چای ترش برای شرایط تنش مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: چای مکی، ریز مغذی، عملکرد، کمبود آب، محلول‌پاشی

مقدمه

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) از خانواده ختمی (Malvaceae)، گیاهی است یک ساله، روز کوتاه، خودگشن که به سرما و یخبندان حساس است و به دو منظور دارویی و خوراکی کشت و کار می‌شود (Duke, 2006). تنش کمبود آب از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی به‌شمار می‌رود که سبب کاهش رشد و عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی و دارویی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌گردد (Reddy et al., 2004). طیف وسیعی از اختلالات مولکولی که سبب آسیب‌های فیزیولوژیکی در گیاهان تحت تنش خشکی می‌شوند را می‌توان ناشی از تولید رادیکال‌های فعال و مخرب اکسیژن در زمان تنش دانست. فعالیت‌های آنزیمی آنتی اکسیدانت

*نویسنده مسئول: nmahdinezhad@uoz.ac.

در سلول‌های گیاهی غالباً در مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی افزایش یافته و از این طریق گیاهان قادرند از خسارت رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایجاد شده بکاهند. سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز از جمله آنزیم‌های آنتی اکسیدانت هستند که نقش اساسی در متابولیزه کردن ترکیبات فعال اکسیژن و جلوگیری از خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو را به‌عهده دارند (Yegappan et al., 1982).

یکی از اثرات تنش خشکی برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است (Lewis and Macfalane, 1986). با مصرف کافی عناصر غذایی کم مصرف از طریق محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید. محلول‌پاشی روشی جایگزین جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات محیطی آنهاست. با این روش عناصر ریزمغذی در زمان مناسب و کوتاه‌تری توسط گیاه جذب می‌شود. به‌عبارتی عناصر غذایی به‌طور مستقیم در اختیار شاخه، برگ و میوه گیاه قرار می‌گیرند (Kangrshahy, 2003; Bavarani, 2002). تغذیه مناسب در زمان تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در مقابله با تنش‌های مختلف محیطی کمک کند. در این راستا با مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی اولاً عملکرد گیاه افزایش می‌یابد، ثانیاً افزایش غلظت این عناصر در محصولات کشاورزی نقش مهمی در بهبود کیفیت مصرف غذایی دارد. تحقیقات نشان داده است کوددهی برگی یا محلول پاشی می‌تواند دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را برای به‌دست آمدن عملکرد بالا تضمین کند(Malakoti and Tehrani, 2000).

فناوری نانو، کاربردهای بالقوه و تازه‌ای در زمینه علوم کشاورزی ایجاد کرده است. با استفاده از این دانش می‌توان شیوه‌های فعلی مدیریت محصول را بهبود بخشید (Reynold, 2002). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه گرایش‌های مختلف کشاورزی و بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها (Nano Fertilizers) برای تغذیه گیاهان می‌باشد (Rezaei et al., 2009). استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارایی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیّت خاک، به‌حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کودها و کاهش تعداد دفعات کاربرد آن‌ها می‌شود (Naderi and Shahraki, 2011; Liu and Lal, 2015). استفاده از نانو ذرات اکسید آهن در افزایش غلظت آهن در گیاهان کارآمدتر از کودهای معمولی است. علت این امر، خصوصیات ذرات نانو، یعنی حلالیت بیشتر و سطح تماس بیشتر ذرات نانو با اندام‌های گیاهان است (Ranjbar and Shams, 2009; Subramanian et al., 2015). کودهای زیستی (بیولوژیک)، باکتری‌ها یا قارچ‌های مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیت این موجودات می‌باشند که در ناحیه اطراف ریشه (ریزوسفر) و یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحریک می‌کنند (Van ; Wu et al., 2005 Loon, 2007). سودوموناس موجود در کود زیستی با تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و از طریق تثبیت نیتروژن و بهبود در جذب نیتروژن و فسفر منجر به افزایش رشد، نمو و بیوماس گیاه می‌شود، از این طریق با افزایش جذب فسفر و غلظت نیتروژن موجب تحریک رشد اندام‌های هوایی می‌گردد. از این رو تأثیر سودوموناس بر میزان نیتروژن به‌طور غیرمستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه که ناشی از همزیستی باکتریایی است، اعمال می‌شود (Pal et al., 2001). با توجه به لزوم مدیریت تغذیه گیاهی در راستای افزایش و پایداری تولید و اهمیت کود-های زیستی و نانو در کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست و ضرورت کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و بهینه‌سازی مصرف آنها در بوم

نظام‌های زراعی کشور، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات کود نانو، زیستی و تنش کم‌آبی بر عناصر ماکرو و میکرو وفعالیت آنزیم ها در چای ترش تحت تنش کم‌آبی مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کود نانو، زیستی و تنش کم‌آبی بر عناصر ماکرو و میکرو و فعالیت آنزیم ها در چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) تحت تنش کم‌آبی، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های یکبار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. این منطقه از نظر آب و هوا، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. بر اساس طبقه بندی کوپن این منطقه جزء آب و هوای خیلی گرم و خشک محسوب می‌گردد. جهت آگاهی از وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، یک نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر پروفیل خاک تهیه شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

بافت خاک	اسیدیته (pH)	هدایت‌الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن (%)	فسفر کل (mg/kg)	پتاسیم کل (mg/kg)	منگنز (ppm)	مس (ppm)	روی (ppm)	آهن (ppm)
لومی - رسی	۸/۴۳	۱/۴۵	۰/۰۲	۴/۶۰	۱۰۰/۰۰	۵/۶۰	۱/۱۵	۰/۴۶	۱۰/۴۰

به‌منظور تأمین نیاز غذایی چای ترش (۱۳۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵۴- ۳۶ کیلوگرم در هکتار فسفر P_2O_5 و ۱۰۰- ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاس K_2O (Shalaby and Razin, 1989))، از کودهای نانو و نانو زیستی استفاده گردید. در این بررّسی تنش خشکی در چهار سطح ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (به ترتیب ۱۸/۳۵، ۲۲/۲۵، ۲۶/۱۵ و ۳۰/۵ درصد حجمی رطوبت خاک) (Rahbarian et al., 2011) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی با کود نانو آهن، نانو ترکیبی (آهن، روی و منگنز) و نانو زیستی (بیومیک) ساخت شرکت بیوزر به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود زیستی نانو بیومیک (حاوی *ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس و آزوسپرولیوم*) به میزان یک لیتر در هکتار به صورت بذرمال (طبق بروشور) و کود نانو آهن و نانو ترکیبی به صورت محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار (طبق بروشور) استفاده شد. کشت به صورت هیرم‌کاری در ۲۲ فروردین ماه انجام گرفت. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به طول هشت متر با فاصله بین ردیف‌های ۷۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی نیم‌متر و بین کرت‌های اصلی یک متر در نظرگرفته شد. جهت سهولت محلول‌پاشی با توجه به ابعاد کرت‌ها و همچنین افزایش دقت آن از سمپاش تلمبه‌ای دستی برای محلول‌پاشی استفاده شد، محلول‌پاشی‌ها در ساعت چهار و نیم بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند، انجام شد. رطوبت در ظرفیت زراعی ۳۲ و در نقطه پژمردگی ۱۲/۵ درصد حجمی خاک به روش آزمایشگاهی تعیین گردید. اختلاف این دو

(۱۹/۵ درصد) به عنوان رطوبت قابل دسترس گیاه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در طول آزمایش از دستگاه تی‌دی‌آر[1] استفاده گشت. بدین منظور پروب‌های (پروب P_3 سه شاخه‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر) تی‌دی‌آر به صورت عمودی در داخل خاک اشباع شده کار گذاشته شدند. سپس در روزهای متوالی، اندازه‌گیری رطوبت خاک بوسیله دستگاه صورت گرفت و زمان آبیاری بدست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (به‌ترتیب ۱۸/۳۵، ۲۲/۲۵، ۲۶/۱۵ و ۳۰/۰۵ درصد حجمی خاک) به روش نشتی صورت گرفت. مبارزه با علف-های هرز به صورت دستی در طول دوره رشد، سه مرتبه انجام شد.

صفات اندازه‌گیری شده قبل از شروع دروه گلدهی شامل فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، کاتالاز، عنصر آهن، روی، فسفر، پتاسیم و ازت از بافت تازه برگی و بعد از برداشت شامل وزن تر و خشک کاسبرگ بود.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۶۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (PH=7)، ۰/۱۵ میکرولیتر EDTA، ۵۴۹/۸۵ میکرولیتر آب مقطر را در تیوپ ریخته و ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد و بلافاصله در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۲۴۰ نانومتر میزان جذب آن ثبت گردید و پس از سپری شدن زمان یک دقیقه میزان جذب یادداشت گردید. تغییرات جذب به‌دست آمده در زمان یک دقیقه، به ضریب خاموشی مولی این واکنش که برابر ۳۶ مول بر سانتی‌متر است تقسیم شد و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد (Unit=U) در گرم وزن تر بیان شد (Beers and Sizer, 1952).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۳۷/۵ میکرولیتر آسکوربات، ۱۱۱۸/۸۵ میکرولیتر آب در تیوپ ریخته شد و ۱/۵ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد و بلافاصله در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۲۹۰ نانومتر میزان جذب آن یادداشت و پس از سپری شدن مدت زمان یک دقیقه، به ضریب خاموشی مولی این واکنش که برابر ۲/۸ میلی‌مول بر سانتی‌متر است تقسیم و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد در گرم وزن تر بیان شد (Nakano and Asada, 1981).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۸۰۰ میکرولیتر بافر سدیم، ۰/۲ میکرولیتر EDTA، ۵۰ میکرولیتر گایاکول، ۷۹۹/۸ آب به لوله آزمایش اضافه شد و ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه گردید و بلافاصله در دستگاه اسپکتروفتومتر و با طول موج ۴۷۰ نانومتر میزان جذب آن قرائت گردید و پس از سپری شدن یک دقیقه دوباره میزان جذب ثبت گردید. تغییرات جذب به‌دست آمده در زمان یک دقیقه به ضریب خاموشی مولی که برابر ۲۶/۶ میلی مول بر سانتی‌متر است تقسیم و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد در گرم وزن تر بیان شد (Urbanek, 1991).

سنجش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز ۲/۸ میلی لیتر بافر فسفات سدیم (pH=6/8)، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۱۰۰ میکرولیتر پیروگالول اضافه گردید و تغییرات جذب نور در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. تعیین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز بر اساس تولید پوروگالین محاسبه می‌شود که ضریب

1. TDR=Time Domain Reflectometry

خاموشی این تبدیل برابر ۲/۴۷ لیتر بر میلی‌مول بر سانتی‌متر است (Kar and Mishra, 1976; Resende et al., 2002).

سنجش عناصر معدنی برگ: برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی موجود در گیاه ،غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر، عناصر کم‌مصرف (آهن و روی) با استفاده از دستگاه جذب اتمی، نیتروژن توسط دستگاه کجلدال و عنصر پتاسیم با دستگاه فلم فتومتر اندازه‌گیری شدند (Walinga et al., 1989).

داده‌های هر کرت پس از میانگین‌گیری مورد تجزیه یک طرفه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS[1] (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت.

نتایج

بررسی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز: اثرات اصلی تنش خشکی، کود و برهمکنش آنها بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (به‌ترتیب ۲۲/۵۲، ۱/۰۱۷، ۰/۸۲ و ۰/۰۵۳ واحد در گرم وزن تر) حاصل شده است. اثر ساده مصرف کود نشان داد که محلول‌پاشی با کود نانو آهن بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز (به ترتیب ۳۱/۹۰، ۳۱/۸۲، ۱/۱۴ و ۰/۰۵۰ واحد در گرم وزن‌تر) را حاصل نموده است (جدول ۳). برهمکنش تنش خشکی و کود نشان داد که بیشترین مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز (۳۴/۷۰ واحد گرم وزن‌تر)، گایاکول پراکسیداز (۲/۰۵ واحد در گرم وزن‌تر) و آسکوربات پراکسیداز (۱/۱۵ واحد در گرم وزن‌تر) در تیمار تنش خشکی ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس و محلول‌پاشی کود نانو آهن بدست آمد (جدول ۴).همچنین حداکثر مقدار فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (۰/۰۶۷ واحد در گرم وزن تر) در تیمار تنش خشکی ۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس و محلول‌پاشی کود نانو آهن حاصل شد (جدول ۴).

عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم: اثرات اصلی سطوح مختلف تنش خشکی و کودهای نانو و نانو زیستی و اثرات متقابل آنها بر عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرساده تنش نشان داد که بیشترین مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس (به‌ترتیب ۱/۳۰، ۰/۰۰۱۰ و ۵۹۷/۲۳ درصد) بدست آمد (جدول ۳). اثر ساده مصرف کود نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن (۰/۹۹ درصد)، فسفر (۰/۰۰۰۹ درصد) و پتاسیم (۵۲۸/۹۲ درصد)، به ترتیب با مصرف کود زیستی بیومیک، نانو ترکیبی و نانو آهن حاصل شد (جدول ۳). مقایسه میانگین دو جانبه نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن (۱/۳۸ درصد) و پتاسیم (۶۳۲/۰۳ درصد) در تیمار ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه توأم با محلول‌پاشی کود نانو آهن و بیشترین میزان فسفر (۰/۰۰۱۳ درصد) در تیمار ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه و محلول‌پاشی کود نانو ترکیبی ZFM بدست آمد (جدول ۴).

1. Statistical Analysis System

جدول ۲: جدول تجزیه واریانس اثرات کود نانو، زیستی و تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی و فعالیت آنزیم‌ها و غلظت برخی عناصر در چای ترش (***Hibiscus sabdariffa***)

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات										
		کاتالاز	گایاکول پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	وزن‌تر کاسبرگ	وزن خشک کاسبرگ
تکرار	۲	۰/۱۲۸ ns	۰/۰۰۰۰۳۷ns	۰/۰۰۲۷**	۰/۰۰۰۰۰۰۱۹ns	۰/۰۱٤ns	٤/۳۷ns	۲۵/۳٤ns	۰/۰۰۳٤*	۰/۰۳٤**	۳/۱٦ns	۰/۰۱٤ns
تنش خشکی	۳	۷٤۸/۰۹**	٦/٤٦**	۱/۱٦۸**	۰/۰۰۰۱۷**	۲٦/٤۲**	۱/۰۰٦**	٦۳۹٦۳/۳۰**	۰/۰۲۲**	۰/۰۳۸**	۱۳۳۰/۳۱**	۲٦/٤۲**
تکرار × تنش‌خشکی	٦	۱/۲۲ ns	۰/۰۰۰۹٦ns	۰/۰۰۰۱۷ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳۲ns	۰/۰۰۵۵ns	٤/۳۷ns	۵۷/۵۷ns	۰/۰۰۰۵۳ns	۰/۰۰۲٦ns	۱/۱۸ns	۰/۰۰۵۵ns
کود	۳	۲۳/٦٤**	۰/۱۵۸۲**	۰/۰۲٦**	۰/۰۰۰۳۲**	٤/۵۷**	۳/۳۱**	۲۹۰۱/۷۹**	۰/۳۵**	٤/۷٤**	۱۲٤/۹٤**	٤/۵۷**
کود × تنش خشکی	۹	٤/۵۹**	۰/۰۱۷**	۰/۰۰۲۵**	۰/۰۰۰۱۹**	۰/۲۵**	۲/۰۹٤**	۲٤۲/٦٦**	۰/۰۱٦**	۰/۰٦٤**	٦/۹٦**	۰/۲۵**
خطا	۲٤	۱/۳۱	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۰۰٤٦	۰/۰۰۵۸	٤/۹۳	۵۸/٤۲	۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۰۲۷	۱/۲۲	۰/۰۰۵۸
ضریب تغییرات		٤/۸۹	۳/۷۳	۲/۱۵	٤/٦۸	۱/۱٦	۹/٤٤	۱/٤۹	۱/۷۳	۳/۹۸	۵/۰۸	۲/٤۰

Ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح پنج و یک درصد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات ساده کود نانو، زیستی و تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی و فعالیت آنزیم‌ها و غلظت برخی عناصر در چای ترش(*Hibiscus sabdariffa*)

عامل	سطوح	کاتالاز	گایاکول پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	پلی فنل اکسیداز	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	وزن تر کاسبرگ	وزن خشک کاسبرگ
کود	نانو زیستی(بیومیک)	۲۳/۰۹^{b}	۰/۷۹^{c}	۰/۷۶^{c}	۰/۰۴۳^{bc}	۰/۹۹^{a}	۰/۰۰۰۶^{c}	۵۱۱/۳۲^{b}	۱/۷۶^{c}	۰/۹۹^{c}	۲۰/۹۷^{b}	۳/۰۰^{b}
	نانو ترکیبی (ZFM)	۲۳/۰۳^{b}	۰/۹۳^{b}	۰/۷۷^{b}	۰/۰۴۴^{b}	۰/۹۲^{b}	۰/۰۰۰۹^{a}	۵۰۸/۵۹^{b}	۱/۸۱^{b}	۲/۱۶^{a}	۲۱/۲۰^{b}	۳/۰۲^{b}
	نانو آهن (Fe)	۲۲/۵۲^{a}	۱/۰۱۷^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۰۵۳^{a}	۰/۹۳^{b}	۰/۰۰۰۸^{b}	۵۲۸/۹۲^{a}	۲/۰۳^{a}	۱/۴۰^{b}	۲۶/۲۸^{a}	۴/۰۸^{a}
	شاهد	۲۲/۳۰^{b}	۰/۷۷^{c}	۰/۷۱^{d}	۰/۰۴۱^{c}	۰/۸۱^{c}	۰/۰۰۵^{d}	۴۹۰/۹۳^{c}	۱/۶۲^{d}	۰/۷۵^{d}	۱۸/۶۲^{c}	۲/۶۶^{c}
تنش خشکی	۹۰ درصد رطوبت قابل دسترس	۱۴/۰۳^{d}	۰/۱۱^{d}	۰/۴۴^{d}	۰/۰۴۱^{d}	۱/۰۳^{b}	۰/۰۰۰۸^{b}	۵۳۹/۳۹^{b}	۱/۷۹^{b}	۱/۲۹^{b}	۲۵/۲۵^{b}	۳/۷۹^{b}
	۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس	۲۰/۳۷^{c}	۰/۵۳^{c}	۰/۵۹^{c}	۰/۰۴۴^{c}	۱/۳۰^{a}	۰/۰۰۱۰^{a}	۵۹۷/۲۳^{a}	۱/۸۴^{a}	۱/۳۸^{a}	۳۳/۴۳^{a}	۴/۷۲^{a}
	۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس	۲۷/۶۲^{b}	۱/۰۵^{b}	۰/۸۹^{b}	۰/۰۴۷^{b}	۰/۸۴^{c}	/۰۰۰۶۲^{c}	۴۷۰/۱۴^{c}	۱/۷۵^{c}	۱/۳۴^{a}	۲۰/۱۰^{c}	۳/۰۳^{c}
	۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس	۳۱/۹۰^{a}	۱/۸۲^{a}	۱/۱۴^{a}	۰/۰۵۰^{a}	۰/۴۹^{d}	/۰۰۰۴۱^{d}	۴۳۳/۰۰^{d}	۱/۸۴^{a}	۱/۲۶^{b}	۸/۲۹^{d}	۱/۲۲^{d}

جدول ٤: مقایسه میانگین اثرات متقابل کود نانو، زیستی و تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی و فعالیت آنزیم‌ها و غلظت برخی عناصر در چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*)

تنش خشکی	کود	کاتالاز (واحد در گرم وزن تر)	گایاکول پراکسیداز (واحد در گرم وزن تر)	آسکوربات پراکسیداز (واحد در گرم وزن تر)	پلی فنل اکسیداز (واحد در گرم وزن تر)	نیتروژن (٪)	فسفر(٪)	پتاسیم(٪)	آهن (PPM)	روی (PPM)	وزن ترکاسبرگ(تن درهکتار)	وزن خشک کاسبرگ(تن در هکتار)
۹۰درصد رطوبت قابل دسترس	بیومیک	۱۳/٦٥^{k}	۰/۰۹۸^{h}	۰/٤٥^{i}	۰/۰۳۱^{g}	۱/۰٤^{f}	۰/۰۰۰٦٦^{ef}	٥٤۷/۸۳^{e}	۱/۸۱^{c}	۰/۹٤^{gh}	۲۳/۳۱^{e}	۳/٤۲^{f}
	ZFM	۱۳/۹۸^{k}	۰/۱٥^{g}	۰/٤۲^{i}	۰/۰۳٥^{g}	۱/۰۸^{e}	۰/۰۰۱۱٦^{b}	٥۳٥/۷۰^{e}	۱/۸٥^{c}	۲/۰۸^{b}	۲٥/٤٦^{d}	۳/٦٤^{e}
	Fe	۱٤/۹٥^{k}	۰/۱۸^{g}	۰/٤۹^{h}	۰/۰٦۷^{a}	۱/۰٤^{f}	۰/۰۰۰۹۰^{c}	٥٥۳/۷۲^{d}	۲/۰۲^{ab}	۱/۳۹^{b}	۳۹/۳٦^{bc}	٥/۱۳^{b}
	شاهد	۱۳/٥٦^{k}	۰/۰۳۰^{i}	۰/۳۷^{j}	۰/۰۳۲^{g}	۰/۹٤^{g}	۰/۰۰۰٦۳^{f}	٥۲۰/۳۰^{f}	۱/٥۰^{f}	۰/۷٦^{i}	۲۰/۸۱^{de}	۲/۹۹^{g}
۷۰درصد رطوبت قابل دسترس	بیومیک	۲۰/۸٥^{hi}	۰/٤۱^{f}	۰/٦۰^{g}	۰/۰٤٤^{ef}	۱/۳۳^{b}	۰/۰۰۰۹٦^{c}	٥۸۷/۷٥^{b}	۱/۸۲^{c}	۰/۹۰^{h}	۳۲/۲۱^{b}	٤/٥۷^{c}
	ZFM	۲۰/۰٤^{ij}	۰/٦٦^{e}	۰/٦۰^{g}	۰/۰٤٥^{ef}	۱/۳۰^{c}	۰/۰۰۱۳^{a}	٦۰۰/۱۷^{b}	۱/۸٦^{c}	۲/٥۲^{a}	۳۲/۷۷^{b}	٤/٦٥^{c}
	Fe	۲۲/۱٤^{h}	۰/٦٦^{e}	۰/٦٥^{f}	۰/۰٤٥^{ef}	۱/۳۸^{a}	۰/۰۰۱۱^{b}	٦۳۲/۰۳^{a}	۱/۹۹^{b}	۱/٤٥^{cd}	۳۸/۹۳^{a}	٥/۳۹^{a}
	شاهد	۱۸/٤٦^{j}	۰/۳۹^{f}	۰/٥۲^{h}	۰/۰٤۱^{f}	۱/۲۰^{d}	۰/۰۰۰۸٦^{cd}	٥٦۸/۹٦^{c}	۱/۷۱^{d}	۰/٦٦^{j}	۲۹/۸۰^{c}	٤/۲۷^{d}
٥۰درصد رطوبت قابل دسترس	بیومیک	۲٦/٦٥^{fg}	۰/۹٤^{d}	۰/۸٥^{e}	۰/۰٤۷^{de}	۰/۹۳^{g}	۰/۰۰۰٥٦^{fg}	٤۷۲/٥٦^{h}	۱/٦۲^{e}	۱/۰۹^{f}	۲۰/۲٤^{fg}	۲/۸۹^{g}
	ZFM	۲٥/٥۱^{g}	۱/۱۸^{c}	۰/۹۱^{d}	۰/۰٤٦^{de}	۰/۸۲^{i}	۰/۰۰۰۷٦^{df}	٤٦٤/٤۳^{hi}	۱/۷۲^{d}	۲/۰۰^{b}	۱۸/٤۹^{hg}	۲/٦٥^{h}
	Fe	۳۰/۲۹^{dc}	۱/۱٦^{c}	۰/۹۹^{c}	۰/۰٤۹^{bcd}	۰/۸٦^{h}	۰/۰۰۰٦٦^{ef}	٤۸۷/۹٦^{g}	۲/۰۷^{a}	۱/٥۰^{c}	۲٤/۸۱^{de}	٤/۱٤^{d}
	شاهد	۲۸/۰٥^{ef}	۰/۹۲^{d}	۰/۸۳^{e}	۰/۰٤٥^{ef}	۰/۷٥^{j}	۰/۰۰۰٥۰^{hg}	٤٥٥/٦۲^{i}	۱/٦۰^{e}	۰/۷۸^{i}	۱٦/۸٦^{h}	۲/٤۲^{i}
۳۰درصد رطوبت قابل دسترس	بیومیک	۳۱/۲٤^{bc}	۱/۷۱^{b}	۱/۱۳^{ab}	۰/۰٥۰^{bcd}	۰/٦٥^{k}	۰/۰۰۰٤۰^{hi}	٤۳۷/۱٤^{j}	۱/۸۱^{c}	۱/۰۱^{fg}	۸/۱۱^{ij}	۱/۱۰^{k}
	ZFM	۳۲/٥٥^{b}	۱/۷٥^{b}	۱/۱٥^{a}	۰/۰٥۱^{bc}	۰/٥۲^{l}	۰/۰۰۰٥۰^{gh}	٤۳٤/۰٦^{j}	۱/۸۱^{c}	۲/۰٤^{b}	۸/۰۹^{ij}	۱/۱٥^{k}
	Fe	۳٤/۷۰^{a}	۲/۰٥^{a}	۱/۱٥^{a}	۰/۰٥۲^{b}	۰/٤٥^{m}	۰/۰۰۰٤٦^{gh}	٤٤۱/۹۷^{j}	۲/۰٦^{a}	۱/۲۷^{e}	۱۰/۰۲^{i}	۱/٦۷^{j}
	شاهد	۲۹/۱۲^{de}	۱/۷٥^{b}	۱/۱۲^{b}	۰/۰٤۸^{cde}	۰/۳٤^{n}	۰/۰۰۰۳۰^{i}	٤۱۸/۸۲^{k}	۱/٦۸^{d}	۰/٦۹^{ij}	٦/۹٤^{j}	۰/۹٦^{l}

ZFM: کود نانو آهن، روی و منگنز

Fe: کود نانو آهن

عناصرآهن و روی: تیمار محلول‌پاشی کود نانو و نانو زیستی، تنش خشکی و اثر متقابل آنها اثر معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بر میزان عنصر آهن و روی داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات ساده تنش و کود نشان داد که بیشترین میزان عنصر آهن و روی در ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (به ترتیب ۱/۸۴ PPM و ۱/۳۸ PPM) و بیشترین مقدار عنصر آهن (۲/۰۳ PPM) و روی (۲/۱۶ PPM) به ترتیب با مصرف کود نانو آهن و نانوترکیبی ZFM حاصل شد (جدول ۳). اثرات بر همکنش کود و تنش نشان داد که بیشترین مقدار عنصر آهن (۲/۰۶ PPM) در تیمار ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه توأم با محلول‌پاشی کود نانو آهن و بیشترین میزان عنصر روی (۲/ ۵۲ PPM) در تیمار ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه و محلول‌پاشی کود نانو ترکیبی ZFM بدست آمد (جدول ۴).

وزن تر و خشک کاسبرگ: اثراصلی تیمارهای کود نانو و زیستی و سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر اصلی تیمارهای مختلف کودی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک کاسبرگ در تیمار کود نانو آهن به ترتیب (۲۶/۲۸، ۴/۰۸ تن در هکتار) مشاهده گردید. مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار تنش خشکی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک کاسبرگ در تنش خشکی ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (به ترتیب ۳۳/۴۳، ۴/۷۲تن در هکتار) حاصل شد (جدول ۳)، مقایسه میانگین برهمکنش تیمار کودی و تنش خشکی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک کاسبرگ به تیمار کودی آهن و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (۳۸/۹۳، ۵/۳۹ تن در هکتار) تعلّق داشت (جدول ۴).

بحث

Hibiscus sabdariffa یا چای ترش بومی ایران نبوده و در ایران فقط در استان سیستان و بلوچستان در مساحت حدود ۸۴ هکتار، بیشتر در جنوب استان در شهرستان‌های ایرانشهر و چابهار کشت می‌شود (Sandoghdaran, 2000). بنابراین شناخت ویژگی‌های فیزیولوژیکی و نیازهای تغذیه‌ای این گیاه اولین گام در راستای توسعه کشت و بهره‌برداری وسیع این گیاه می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که تمامی تیمارهای کودی و سطوح مختلف تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در مقایسه با شاهد شدند. تولید گونه‌های فعال اکسیژن از مهم‌ترین عوامل آسیب‌رسان به سیستم‌های 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 از مهم‌ترین آنزیم‌های زداینده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌آیند (Sairam and Saxena, 2000; Hong and Ji-Yan, 2007). در پژوهشی روی گیاه دارویی زیره سبز مشاهده شد که محلول‌پاشی آهن و روی توأم با تنش خشکی باعث افزایش میزان فغالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز شد، که با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت داشت (Amirinejad et al., 2015; Peyvandi et al., 2015). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تیمارهای به‌کار رفته تأثیر قابل توجّهی روی مقدار نیتروژن، فسفر و پتاس در مقایسه با شاهد داشت. تمامی مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا به وسیله

پدیده اسمز، تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد (Taiz and Zeiger, 2006). گونس و همکاران (Gunes et al., 2008) در گیاه آفتابگردان گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش غلظت نیتروژن برگ شد. کاهش شدید رشد ریشه تحت شرایط تنش خشکی مهم‌ترین دلیل کاهش جذب این عناصر در خاک توسط گیاه محسوب می‌شود (Payegozar, 2008). پژوهشگران با مطالعه تأثیر تنش خشکی بر جذب مواد غذایی (فسفر و پتاسیم) گزارش کردند که دلیل کاهش جذب مواد توسط ریشه گیاهان در خاک کم‌آب دسترسی کمتر گیاه به عناصر غذایی است (Fatemy and Evans, 1986). به‌نظر می‌رسد علت افزایش غلظت فسفر تحت شرایط محلول‌پاشی با کود نانو ترکیبی (ZFM) به‌دلیل تأثیر غیرمستقیم عناصر ریزمغذی به‌خصوص روی و آهن در افزایش جذب فسفر باشد. سودوموناس موجود در کود زیستی با تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و از طریق تثبیت نیتروژن و بهبود در جذب نیتروژن و فسفر منجر به افزایش رشد، نمو و بیوماس گیاه می‌شود، از این طریق با افزایش جذب فسفر و غلظت نیتروژن موجب تحریک رشد اندام‌های هوایی می‌شود (Pal et al., 2001). از این رو تأثیر سودوموناس بر میزان نیتروژن به‌طور غیرمستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه که ناشی از همزیستی باکتریایی است، اعمال می‌شود (Pal et al., 2001). افزایش غلظت فسفر بر اثر محلول‌پاشی با روی و آهن در پنبه (Sial et al., 2005)، لوبیا (El-Masri et al., 2002) و آفتابگردان (Ravi et al., 2008) نیز گزارش شد. محققان در پژوهشی روی پنبه بیان کردند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (روی) غلظت پتاسیم را در برگ‌های پنبه افزایش داد (Sial et al., 2005)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج این آزمایش حکایت از افزایش معنی‌دار عنصر آهن موجود در گیاه چای ترش در نتیجه محلول‌پاشی کود نانو آهن و همچنین عنصر روی در نتیجه محلول‌پاشی کود نانو ترکیبی (آهن، روی و منگنز) داشت. هم راستا با نتیجه آزمایش حاضر نیز می‌توان به افزایش عنصر آهن با استفاده از عناصر کم مصرف در شرایط خشکی در گیاه آفتابگردان اشاره کرد (Babaeian et al., 2010). در بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر گیاه دارویی سیاهدانه مشاهده شد که بیشترین میزان عنصر روی در محلول‌پاشی عنصر روی و ترکیبی از آهن و روی حاصل شد (Mousa et al., 2003) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در آزمایش حاضر تیمار کود نانو آهن و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس گیاه بیشترین میزان وزن تر و خشک کاسبرگ را حاصل نمود. به‌نظر می‌رسد که کاهش عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل کاهش سطوح فتوسنتزکننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی، تغییر در مسیرهای تنفسی و فعّال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه باشد (Sreevalli et al., 2001). در تحقیقی بیان شد که اثر تنش خشکی بر شنبلیله با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد این گیاه دارویی را به شدت تحت تأثیر قرار داد (Sadeghzadeh Ahari et al., 2011). Chibba و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد در شنبلیله شد.آنان چنین استنباط کردند که آهن و روی به علت افزایش هیدرات‌های کربن و ماده خشک گیاهی، عملکرد را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر این عناصر با تأثیر بر متابولیسم نیتروژن و فعال کردن واکنش‌های اکسایش و کاهش و انتقال الکترون نقش کلیدی در افزایش عملکرد گیاه دارد (Shabanzadeh et al.,

2012). Thalooth و همکاران (۲۰۰۶) اظهار نمودند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در شرایط تنش خشکی به‌دلیل نقش مهمی که این عناصر در افزایش میزان کلروفیل، قندهای محلول کل برگ و نقش آنها در کاتالیزوری فرایندهای متابولیسم و حفظ آماس سلولی در گیاه دارند، موجب می‌شود که گیاه عناصر مورد نیاز خود جهت افزایش اسمولیت‌ها را راحت‌تر در اختیار گیرد و بدین‌ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه داده و در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌شود. افزایش عملکرد بر اثر مصرف آهن و روی در برخی گیاهان در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است. Zehtab-Salmasi و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم مصرف (آهن، روی و بور) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تر و خشک گیاه دارویی نعناع فلفلی نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) شد. محلول‌پاشی گشنیز با روی و آهن در مراحل رشد رویشی و گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه و عملکرد گردید و کاربرد توأم آهن + روی نقش بیشتری بر این افزایش داشت (Said-Al Ahl and Omer, 2009).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی از نتایج این آزمایش استنتاج می‌شود که در گیاه دارویی چای‌ترش با افزایش تنش خشکی از میزان عملکرد کاسته می‌شود، ولی آبیاری تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد قابل قبولی تولید می‌کند. در شرایط تنش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و گایاکول پرکسیداز نقش موازی و مشابهی در سیستم دفاعی گیاه ایفا می‌نمایند، بطوری که وظیفه هر چهار آنزیم‌ها، سم‌زدایی و تجزیه پراکسید هیدروژن تولید شده در سلول‌ها می‌باشد. در تحقیق حاضر فعالیت این آنزیم‌ها تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافته و از سلول‌های گیاهی در برابرگونه‌ها فعال اکسیژن محافظت می‌کنند. براساس نتایج حاضر، به نظر می‌رسد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی از راه کاهش آثار مخرب تنش و حفاظت گیاه در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن با افزایش فعالیت آنزیم‌ها سبب افزایش تحمل به خشکی درگیاه دارویی چای‌ترش می‌شود.

References

Amirinejad, M., Akbari, Gh., Baghizadeh, A., allahdadi, I., Shahbazi, M. and Naimi, M. (2015). Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of *cumin*. Agricultural crop management. 17(4): 855-866. (In Persian)

Babaeian, M., Heidari, M. and Ghanbari, A. (2010). Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological caharctersitics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (4): 377-391. (In Persian).

Beers, G.R. and Sizer, I.V. (1952). A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Journal of Biological Chemistry. 195(1): 133-140.

Duke, J.A. (2006). Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research. 17(3):91-110

El-Masri, M.f., Amberger, A., El-Fouly, M.M. and Rezk, A.I. (2002). Zn increased flowering and pod setting in faba beans and its interaction with Fe in relation to their contents in different plant parts. Pakistan Journal of Biological Sciences. 5(2): 143-145.

Fatemy, F. and Evans, K. (1986). Effects of Globodera rostochiensis and water stress on shoot and root growth and nutrient uptake of potatoes. Revune Nematol. 9(2): 181-184.

Gunes, A., Pilbeam, D.J., Inal, A., Coban, S. and Aksu, A. (2008). Influence of silicon on sunflower

cultivars under drought stress. II: Essential and nonessential element uptake determined by polarized energy dispersive x-ray fluorescence. Commun. Soil Sciences. Plant Analysis. 39: 1904-1927.

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.

Kangrshahy, P. (2003). The effect of micronutrients and track the performance and yield of *maize*. Master's Thesis Tehran University. (In Persian)

Kar, M. and Mishra, D. (1976). Catalase, proxidase, polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology. 57(2): 315 - 319.

Lewis, D.C. and Macfalane, J.D. (1986). Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and the diagnosis of manganes deficiency by plant tissue and seed analysis. Journal Agricultural Research. 37(6): 567-572

Liu, R. and Lal, R., (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment. 514: 131–139.

Malakoti, M., and Tehrani, M. (2000). The role of micronutrients in enhancing the performance and improve the quality of Agricultural Product. Tarbiat Modares University Press

Mann, C. and Staba, E.J. (1986). The chemistry, pharmacology, and commercial formulations of chamomile. In: L.E.Craker and J.E. Simon (eds.). Herbs, Spices, and Medicinal Plants. Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology. pp. 235-280.

Mousa, G.T., El-Sallami, I.H. and Ali, E.F. (2003). Response of Nigella sativa L. to foliar application ofgibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Assiut Journal of Agricultural of Science (Egypt). 32: 141-156.

Naderi, M. and Shahraki, E. (2011). Optimized application of nanotechnology in the formulation of chemical fertilizers. Monthly Nanotechnology. 165(4): 20-22. (In Persian)

Nakano, Y. and Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascarbate specific peroxidases in spinach Chloroplasts. Plant Cell Physiology. 22(5): 867-880.

Pal, K.K., Tilak, V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R. and Singh, C.S. (2001). Suppression of maize root diseases caused by Macrophomia phaseolina, Fusarium moniliforme and Fusarium graminaerum caused by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiological Research. 156(3): 209-223.

Payegozar, Y. (2008). Effect offoliar applicationof micro nutrient sonquantitative and qualitative characteristics of pearl millet under drought stress. Master's thesis, Department of Agriculture, University of Zabol

Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M., (2015). Comparison of nano Fe chelate with Fe chelate effect on quantitative and qualitative Essential Oil of Ocimum Basilicum. Research of Medicinal Plants and Aromatic Plants of Iran. 31(2): 185-193. . (In Persian)

Rahbarian, P., Afsharmanesh, Gh., Modafe Behzadi, N. (2011).Effects of drought stress and plant density on yield roselle (Hibiscus sabdarifa) in Jiroft. New Findings in Agriculture. 5(3): 237-245.

Ranjbar, M., and Shams, Gh.A. (2009). Using of nano technology. Ecological Green Journal. 3: 29-34

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N. and Dharamtti, P.R. (2008). Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 21(3): 382-385.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161(11): 1189-1202.

Reynold, G.H. (2002). Forward to the future nanotechnology and regulatory policy, Pacific Research Institute. 1-23.

Rezaei, R., Hosseini, M., Shabanali Fami, H. and Safa, L. (2009). Identification and Analysis of the Barriers of Nanotechnology Development in the Iranian Agricultural Sector from the Viewpoint of the Researchers. Journal of Science and Technology Policy. 2(1): 17-26. (In Persian)

Sadeghzadeh Ahari, D., Hasan dokht, M., Kashi, E., Amri, A. and Alizadeh. Kh. (2010). Selection for Drought Tolerance in Some Iranian Fenugreek Landraces. Horticultural Science and Technology. 11(2): 111-132. (In Persian)

Said-Al Ahl, H. and Omer, E.A. (2009). Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Journal of Medicinal Food Plants. 1: 30-46.

Sairam, R.K. and Saxena, G.C. (2000). Oxidative stress and antioxidant in wheat genotype: Possible mechanism of water stress tolerance. Agronomy and Crop Sciences. 184(1): 55-61.

Sandoghdaran, M.H., (2000). A Report on the cultivation of maci tea (Hibiscus sabdariffa) in the semi-Zabul well. Deputy of education and Research Center for Natural Resources and Animal Sciences of Sistan and Baluchchestan province. (In Persian)

Shabanzadeh, S.H., Ramroudi, M. and Galavi, M. (2012). Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black Cumin in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing. 1(2): 79-89.

Shalaby, A. S. and Razin, A.M. (1989). Effect of plant Spacing on the productivity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). grown in new reclaimed land. Journal of Agronomy and Crop Science. 162: 1-2, 40-42.

Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M. and SharmilaRahale, C., (2015). Nano-fertilizers for Balanced Crop Nutrition. Nanotechnologies in Food and Agriculture. Rai M, Duran N, Ribeiro C, Mattoso L. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. Springer International Publishing Switzerland.

Van Loon, L.C. (2007). Plant response to plant growth promoting *rhizobacteria*. European Journal of Plant Pathology. 119(3): 243-254.

Walinga, I., van Vark, W., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J. (1989). Plant Analysis Procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, *Wageningen Agricultural University,* Wageningen, the Netherlands. Syllabus part 7. Pp: 197-200.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125(1-2): 155-166.

Yegappan, T. M., Paton, D. M., Gates, C.T., and Muller, W. J. (1982). Genetic variability of sunflower cultivars. water stress in sunflower response of cypsela size. Annuals of Botany by London. 4 (1): 63-65.

Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F. and Alyari, H. (2008). Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperment* L.). Plant Science Research. 1: 24-28.