مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات ایران
جلد ١٤، شماره ٤، زمستان ١٣٩٧، صفحات ٥٤-٣٧

ISSN NO: 2008-8485

اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای بر ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش(*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تنش خشکی

Effect of various nutritional systems on growth characteristics, sepals yield and yield components of sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) under drought stress

سیده عصمت هاشمی[١]، نفیسه مهدی نژاد[٢*]، براتعلی فاخری[٣]، رقیه محمد پور وشوایی[٤]

تاریخ دریافت: ١٣٩٧/٩/١١ تاریخ پذیرش: ١٣٩٧/١١/١٧

چکیده

در این مطالعه، به‌منظور بررسی اثر کودهای نانو و نانو زیستی بر کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی بر روی شاخص‌های رشدی گیاه دارویی چای ترش، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ١٣٩٤ به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح تنش ٣٠، ٥٠، ٧٠ و ٩٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس گیاه به‌عنوان عامل اصلی و چهار سطح کود نانو کلات آهن، نانو کلات ترکیبی، نانو بیومیک و شاهد به‌عنوان عامل فرعی بودند. صفات موردمطالعه شامل ارتفاع بوته، وزن‌تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد شاخه جانبی، تعداد کاسه گل، وزن‌تر و خشک کاسبرگ بود که بر اساس نتایج، اثرات اصلی تنش خشکی، کود و برهم‌کنش آن‌ها بر کلیه صفات موردبررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به بیشترین مقدار وزن‌تر و خشک کاسبرگ (٣٧٩٣٣/٣، ٥٣٩٤/٩٤ کیلوگرم در هکتار)، تعداد کاسه گل (٧٩/٩٢ عدد)، تعداد شاخه جانبی (٩/١٧ عدد)، وزن‌تر و خشک رویشی (٩٥٦/٢٥، ٢٣٨/٣٣ گرم در بوته) با مصرف نانو کلات آهن و ٩٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس حاصل شد. تیمار نانو کلات ترکیبی و ٩٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس بیشترین وزن‌تر و خشک‌ریشه (٣٤/٩٤، ١٧/٠٢ گرم در بوته) را حاصل نمودند. محلول‌پاشی با کود نانو کلات آهن نسبت به سایر تیمارها موجب تعدیل اثرات تنش خشکی و افزایش کمّیت کاسبرگ‌های چای ترش شد.

کلمات کلیدی: تنش کم‌آبی، نانو کلات آهن، نانو ZFM، وزن کاسبرگ.

١ - دانشجوی دکتری، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه اصلاح نباتات، زابل، ایران.
٢ - استادیار، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، زابل، ایران.
٣ – دانشیار، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، زابل، ایران.
٤ - دانشجوی دکتری، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی،گروه زراعت، زابل، ایران.
* مکاتبه کننده: nmahdinezhad@uoz.ac.ir

مجله علمی - پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
www.japb.kiau.ac.ir

مقدمه

چای ترش بانام علمی *Hibiscus sabdariffa* L. گیاهی یک‌ساله، روزکوتاه و خودگشن متعلق به خانواده مالواسه است (Mahadevan et al., 2009) و به‌منظور استفاده از برگ‌ها، کاسبرگ‌ها، بذرها و فیبر کشت و کار می‌شود (Loui et al., 2013; Futuless et al., 2010). گیاهان در محیط‌های طبیعی دستخوش انواع تنش‌ها می‌شوند که اثرات منفی روی رشد آن‌ها دارد که دراین‌بین، خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است که تقریباً ۰/۲۵ درصد اراضی جهان تحت تأثیر آن است (Khan et al., 2010). تنش خشکی موجب تغییرات مورفویوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان می‌گردد و واکنش گیاهان به تنش خشکی به ماهیت کمبود آب وابسته است. تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها، کاهش سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها، تخریب آنزیم‌ها و پروتئین‌ها، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل می‌شود (Oliviera-Netoet al., 2009).

نتایج تحقیقات اردکانی و همکاران (۱۳۸۶) و حسنی (۱۳۸۵) نشان داد که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد گیاه کاهش یافت و بیشترین عملکرد اندام هوایی، ارتفاع بوته، طول برگ و عرض برگ در گیاه بادرنجبویه و بادرشبو از تیمار کنترل (عدم تنش خشکی) حاصل شد. از طرفی لباسچی و شریفی عاشور آبادی (۱۳۸۳) ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) روی گیاهان مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان موردمطالعه کاهش یافت. در خصوص تأثیر تنش کم‌آبی در گیاه، دریافت.

ازاین‌رو استفاده از سازوکارهایی که به کاهش خسارت این تنش منتهی گردد، می‌تواند مفید باشد. به همین دلیل بشر نیاز دارد که از مواد خاصی استفاده کند که در خاک، گیاهان و حیوانات و بدن انسان تجمع نیابند و به‌آسانی در محیط طبیعی تجزیه شوند. علاوه بر این آن‌ها این مواد را نه‌تنها برای افزایش پایداری گیاه در مقابل شرایط نامساعد زنده و غیرزنده، بلکه برای افزایش عملکرد گیاه و بهبود کیفیت آن نیاز دارند (Walker et al., 2004). یکی از این روش‌ها که توجه محققین به آن معطوف شده است استفاده از تکنولوژی‌های به‌روز و مدرنی هم چون علم نانوتکنولوژی است که جایگاه برجسته‌ای در علوم مختلف ازجمله علوم گیاهی و کشاورزی پیداکرده است (Scrinis and Lyons, 2007).

استفاده از نانو کودها در مقایسه با کودهای مرسوم به علت دامنه جذب بالاتر، سبب افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی، عدم اتلاف کودها توسط آبشویی و جذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در طول دوره رشد، کاهش مسمومیت گیاهی و تنش ناشی از وجود غلظت‌های بسیار بالای موضعی نمک در خاک، افزایش عملکرد به‌واسطه وضعیت تغذیه‌ای مطلوب گیاه می‌شود (Cui et al., 2006). 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 بااندام‌های گیاهان است (Ranjbar and Shams, 2009; Subramanian et al., 2015). کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها یا قارچ‌های مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیت این موجودات می‌باشند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند (Van Loon, 2007; Wu et al., 2005). این ریز موجودات معمولاً در اطراف ریشه مستقرشده و موجب تثبیت، جذب عناصر غذایی و افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند (Nagananda et al., 2010; Wu et al., 2005). طبق

www.jarb.kiau.ac.ir

نظر شائو و همکاران (Shao et al.,2009) تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیرزنده است که بر رشد، توسعه و عملکرد گیاهان به‌شدت تأثیر دارد. لذا پژوهش حاضر باهدف مطالعه اثر کود نانو و نانو زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد چای ترش تحت شرایط تنش کم‌آبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کودهای نانو و نانو زیستی بر ویژگی‌های کمّی چای ترش تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی 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 و میانگین بارندگی سالیانه ۳/۸۳ میلی‌متر در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. آمار هواشناسی منطقه موردمطالعه از ایستگاه سینوپتیک زهک دریافت و در جدول ۱ ارائه‌شده است. قبل از اجرای آزمایش از خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌برداری جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن صورت گرفت (جدول ۲). فاکتورهای آزمایشی شامل تیمار آبیاری در سه سطح: آبیاری با دور ۷ روز (شاهد)، آبیاری با دور ۱۱ روز و آبیاری با دور ۱۵ روز و محلول‌پاشی کیتوزان در سه سطح شامل: کنترل (عدم محلول‌پاشی)، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر بود. بعد از آماده‌سازی کرت‌های آزمایشی به طول ۳/۵ متر و عرض ۲/۵ بافاصله ردیف کاشت ۵۰ سانتیمتر و فاصله بوته روی ردیف ۳۰ سانتیمتر بذرکاری در تاریخ ۲۲ فروردین‌ماه انجام گرفت. اولین آبیاری برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از کاشت اعمال گردید. پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش خشکی گردید. برای اعمال تیمارهای عدم تنش و تنش از دور آبیاری استفاده شد.

در این بررسی تنش خشکی در چهار سطح ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد آب قابل‌دسترس گیاه (به ترتیب ۱۸/۳۵، ۲۲/۲۵، ۲۶/۱۵ و ۳۰/۵ درصد حجمی رطوبت خاک) (رهبریان و همکاران، ۱۳۹۰) به‌عنوان عامل اصلی و محلول‌پاشی با کود نانو کلات آهن، نانو ترکیبی (آهن، روی و منگنز)، نانو زیستی بیومیک و شاهد (عدم کاربرد کود) ساخت شرکت بیوزر به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود زیستی نانوبیومیک (حاوی ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس و آزوسپرولیوم) به میزان یک لیتر در هکتار به‌صورت بذر مال (طبق بروشور)، نانو کلات آهن و نانو ترکیبی (ZFM) به‌صورت محلول‌پاشی و با غلظت دو در هزار (طبق بروشور) استفاده شدند. کشت به‌صورت هیرم‌کاری در ۲۲ فروردین‌ماه انجام گرفت. هر واحد آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به‌طول هشت متر بافاصله بین ردیف‌های ۷۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر و بین کرت‌های اصلی یک متر در نظر گرفته شد. با توجه به ابعاد کرت‌ها و جهت سهولت محلول‌پاشی و همچنین افزایش دقت آن از سم‌پاش تلمبه‌ای دستی استفاده شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت چهار و نیم بعدازظهر و در هوای صاف و ملایم طوری که‌برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند، انجام شد. کرت‌های شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. در زمان برداشت نمونه‌ها بعد از حذف اثر حاشیه، از هر کرت سه گیاه به‌طور تصادفی برداشت و جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورداستفاده قرار گرفتند.

ویژگی‌های تعداد شاخه جانبی، وزن‌تر و خشک رویشی (گرم در بوته)، وزن‌تر و خشک‌ریشه (گرم در بوته) در ابتدای زمان گلدهی و ویژگی‌های تعداد کاسه گل، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، در انتهای مرحله رسیدگی روی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب‌شده بودند، موردراندازه‌گیری قرار گرفتند. وزن‌تر و خشک کاسبرگ‌ها (کیلوگرم در هکتار) پس از حذف اثرات حاشیه از تمام بوته‌های هر کرت به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن ریشه‌ها، ۱۰ نمونه گیاهی انتخاب‌شده به‌دقت و با رعایت حداقل آسیب‌دیدگی از خاک برداشت شدند و به دو قسمت (اندام‌های هوایی و زمینی) تقسیم شدند. برای اندازه‌گیری وزن‌تر

اندام‌های هوایی و زمینی، نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. نمونه‌های توزین شده به مدت ۷۲ ساعت با آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند و بلافاصله جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی و زمینی توزین شدند. پس از اندازه‌گیری صفات موردنظر، داده‌های حاصله تجزیه واریانس و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. برای این منظور از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که برخی از ویژگی‌های رشدی در این آزمایش از قبیل ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر تیمار تنش خشکی، کود و اثرمتقابل آن‌ها قرار گرفت و اختلاف ازنظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح کاربرد محلول‌پاشی در هر سطح تنش بر تعداد شاخه جانبی افزوده شد، اما بیشترین تعداد شاخه جانبی از تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل-دسترس گیاه و با محلول‌پاشی کود نانو کلات آهن به دست آمده بود و از طرفی بیشترین میزان ارتفاع بوته مربوط به تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس و کاربرد کود زیستی بیومیک حاصل شد (جدول ۴).

گیاهان در دوران رشد با انواعی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی مواجه می‌شوند. تنش کمبود آب از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی به شمار می‌رود که سبب کاهش رشد و عملکرد در بسیاری از گیاهان می‌گردد (Reddy et al., 2003). به‌طورکلی مطالعات نشان داده است تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاهان اعم از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی (Jiang and Huang, 2000)، کاهش سطح برگ، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی، وزن خشک (Oliviera-Neto et al., 2009) می‌شود. برای مثال کاهش دسترسی به رطوبت خاک در کاسنی (جزی زاده و مرتضایی نژاد، ۱۳۹۶) و گلرنگ (لطفی و همکاران، ۱۳۹۱) منجر به کاهش ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی شد. نتایج اکبری نیا و همکاران (۱۳۸۴) نشان داد که بیشترین عملکرد اندام هوایی، ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی برگ در گیاه بادرنجبویه (Melissa officinalis) از تیمار کنترل (عدم تنش خشکی) حاصل شد که با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد.

در پژوهشی که سودائی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) روی گیاه مرزه ، دهقانی بیدگلی و همکاران (۱۳۹۶) روی گیاه رزماری، فراست و همکاران (۱۳۹۱) روی گیاه گلرنگ بهاره و Jaleel و همکاران (۲۰۰۹) روی گیاه سویا انجام دادند بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع و شاخه‌های جانبی گیاهان فوق می‌شود.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، اثر سطوح مختلف خشکی بر تمامی شاخص‌های رشدی منفی بود به‌طوری بیشترین میزان ارتفاع و تعداد شاخه جانبی به ترتیب در شرایط آبیاری کامل طی محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و کاربرد کود زیستی بیومیک حاصل شد که با نتایج دیگر محققان در چای ترش (سنجری و همکاران، ۱۳۹۵)، ترخون (لطفی و همکاران، ۱۳۹۲) و زنیان (رضایی چیانه و همکاران، ۱۳۹۴) که بیان کردند برخی شاخص‌های رشدی از قبیل ارتفاع و تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد، مطابقت دارد. کاهش ارتفاع در شرایط تنش خشکی بر اساس نظر احمد و همکاران (Ahmed et al., 2002) و پاتیل و همکاران (Patel et al., 1996) ممکن است ناشی از کاهش بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی باشد و کاهش شاخه‌های جانبی گیاه طی تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به‌واسطه کمبود و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و درنهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی ازنظر

www.jpb.kiau.ac.ir

تعداد شاخه جانبی در بوته نسبت داد (Esendal et al., 2008; Alkire et al., 1993).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش بیان کرد که هرچند با کاهش میزان آب مصرفی و به‌تبع آن بروز تنش خشکی از ارتفاع گیاه کاسته می‌شود، اما با به‌کارگیری کود زیستی به‌ویژه در سطوح بالای تنش خشکی می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش بر ارتفاع گیاه کاست این نتایج با یافته‌های مطالعه محمد پور وشوایی و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند کاربرد کود زیستی حاوی Azotobacter ،Azospirillum lipoferoum chorococum سبب بهبود ارتفاع گیاه ماریتیغال طی تنش خشکی گردید. نتایج تحقیق یوسف و همکاران (Youssef et al., 2005) و نعمتی و دهمرده (۱۳۹۴) در گیاه دارویی مریم گلی و چای ترش حاکی از آن بود که استفاده از کود بیولوژیک حاوی آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، سبب افزایش ارتفاع بوته گردید.

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی نیتروکسین حاصل شد که با نتایج مطالعه محمد پور وشوایی مطابقت دارد. این محققین بیان کردند که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۹۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین حاصل شد که تأییدی بر یافته‌های مطالعه فوق می‌باشد. بر اساس نظر وو و همکاران (Wu et al., 2005) و نعمتی و دهمرده (۱۳۹۴) در خصوص اثر کودهای زیستی برافزایش ارتفاع بوته باید گفت که این امر احتمالاً ناشی از افزایش جذب عناصر غذایی، به‌ویژه فسفر و نیتروژن و تأثیر آن بر بهبود فتوسنتز و درنتیجه افزایش رشد بوته است.

بر اساس یافته‌های این مطالعه تعداد شاخه‌های جانبی در پاسخ به محلول‌پاشی با نانو کلات آهن طی تنش خشکی افزایش یافت که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح کودی داشت که با نتایج مطالعه ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۶) و حمزه‌ئی و همکاران (۱۳۹۳) که بیان کردند محلول‌پاشی با نانو کلات آهن سبب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی می‌شود همخوانی دارد. بر اساس نظرنصیری‌ابوشاقی و همکاران (Nasiri Aboeshaghi et al., 2014) نانو کلات آهن با تأثیر برافزایش جذب مقدار آهن و منگنز و تأثیر مثبت این عناصر در فتوسیستم I و II باعث افزایش فتوسنتز، می‌شود که این امر سبب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به بخش‌های در حال رشد گیاه ازجمله ساقه و به‌تبع آن افزایش تعداد شاخه‌ی جانبی بیشتر در بوته می‌شود.

وزن‌تر و خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی، کود و برهم‌کنش آن‌ها بر وزن‌تر و خشک رویشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌های جدول ۴ نشان داد که محلول‌پاشی با نانو کلات آهن طی تنش خشکی به ترتیب سبب افزایش ۳۳/۳۵ و ۳۵/۸۶ درصدی وزن‌تر و خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد و کمترین مقدار صفات موردبررسی طی تنش ۳۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس گیاه و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد.

در تحقیقی بابایی و همکاران (۱۳۸۹)، باهرنیک و همکاران (۱۳۸۶) سودایی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) و مزارعی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی اثر تنش خشکی بر روی آویشن، مرزه و مریم گلی به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی اثر منفی و کاهشی بر پارامترهای رشدی و عملکردی از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی دارد.

در این مطالعه افزایش تنش خشکی از ۹۰ درصد آب قابل‌دسترس به ۳۰ درصد آب قابل‌دسترس منجر به کاهش وزن‌تر و خشک بوته‌ها شد به‌طوری‌که تیمار ۳۰ درصد آب قابل‌دسترس به ترتیب سبب کاهش ۷۸ و ۷۹ درصدی وزن‌تر و خشک گیاه نسبت به شاهد شد این یافته‌ها با نتایج مطالعه سنجری و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه چای ترش همخوانی دارد. آن‌ها بیان کردند که با افزایش سطوح تنش خشکی از ۵۰ میلی‌متر تبخیر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر وزن‌تر و خشک

گیاه کاسته شد. زیرا وقتی گیاه با خشکی مواجه شود، از شاخ و برگ خود که منابع اصلی تبخیر و تعرق در گیاه هستند، می‌کاهد و همچنین روزنه‌هایش نیمه بسته یا بسته می‌گردد و این موضوع موجب کاهش جذب Co_2 می‌شود و از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌نماید (Taheri asghari, 2010).

بر اساس نظر احمد و همکاران (Ahmed et al., 2003) می‌توان بیان کرد که کاهش وزن‌تر و خشک گیاه ممکن است به دلیل کاهش رشد گیاه باشد. در شرایط تنش این کاهش می‌تواند به دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه و پیری و ریزش برگ‌ها باشد. بروز تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ‌ها می‌شود درنتیجه جذب نور نیز کاهش می‌یابد و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش خواهد یافت. بنابراین با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، تولید بیوماس گیاه کاهش می‌یابد (حسنی و امید بیگی، ١٣٨١). این نتیجه با نتایج یزدانی بیوکی و همکاران (١٣٨٩) در ماریتیغال و محمد پور وشوایی و همکاران (١٣٩٤) در آویشن مبنی بر اینکه وزن‌تر و خشک بوته‌ها طی تنش خشکی کاهش می‌یابد مطابقت دارد.

بر اساس یافته‌های این مطالعه محلول‌پاشی با نانو کلات آهن طی تنش خشکی به ترتیب سبب افزایش ٣٣/٣٥ و ٣٥/٨٦ درصدی وزن‌تر و خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد این یافته‌ها با نتایج محققان در کاسنی (سپهری و وزیری امجد، ١٣٩٤)، ریحان مقدس (مقدم و همکاران، ١٣٩٤)، ریحان (پیوندی و همکاران، ١٣٩٠) و اسفرزه (آقازاده خلخالی و همکاران، ١٣٩٤) همخوانی دارد. این محققین بیان کردند که کاربرد نانو کلات آهن سبب افزایش وزن‌تر و خشک کل گیاه می‌شود. افزایش وزن و تر خشک گیاه با مصرف عناصر ریزمغذی علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش ماده خشک در بوته اشاره نمود (سپهری و وزیری امجد، ١٣٩٤). افزایش در وزن‌تر و خشک بوته طی تیمار نانو کلات آهن را می‌توان حلالیت بیشتر و قابلیت فراهمی بیشتر این عنصر ریزمغذی نسبت داد (نصیری‌دهسرخ و همکاران، ١٣٩٧). بر اساس نظر آمالیوتیس و همکاران (Amaliotis et al., 2002) در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش‌یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن گیری و درنتیجه سبب افزایش وزن‌تر و خشک تولیدی در گیاه می‌شود.

وزن‌تر و خشک‌ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ٣ نشان داد که اثر سطوح خشکی، کود و اثر متقابل آن‌ها بر وزن‌تر و خشک‌ریشه در سطح یک معنی‌دار شد (جدول ٢). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح کودی در هر سطح تنش نشان داد که بیشترین مقدار وزن‌تر (٣۴/٩۴ گرم در بوته) و خشک‌ریشه (١٧/٠٢ گرم در بوته) مربوط تیمار به ٩٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس و محلول‌پاشی با نانو کود ترکیبی (ZFM) بود به‌طوری‌که محلول‌پاشی با نانو کود ترکیبی طی تیمار آبی ٩٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس سبب افزایش ١٧/۶٨ و ١٣/٥۴ درصدی وزن‌تر و خشک‌ریشه نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

بر اساس نتایج این مطالعه وزن‌تر و خشک‌ریشه با افزایش تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که بیشترین وزن‌تر و خشک‌ریشه در تیمار ٩٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس و کمترین مقدار آن از تیمار ٣٠ درصد رطوبت قابل‌دسترس حاصل شد این یافته‌ها با نتایج مطالعه آرمین و کیوان لو (١٣٩۴) همخوانی دارد. آن‌ها بیان کردند که وزن‌تر و خشک‌ریشه با افزایش تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد به‌طوری بیشترین وزن خشک در تیمار ١٠٠ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان آن در آبیاری بعد از رسیدن رطوبت به ٥٠ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. در مطالعه‌ای که دهقان و همکاران (١٣٩۴) در گزارشی بیان کردند با افزایش شدت تنش خشکی وزن‌تر و خشک‌ریشه‌های گوجه‌فرنگی کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین میزان صفات فوق از تیمار تنش ۴٠

www.japb.kiau.ac.ir

درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که خود تأییدی بر نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. همچنین در پژوهشی گزارش شد که با افزایش شدت تنش خشکی، وزن‌تر و خشک‌ریشه در گیاه دارویی گزنه کاهش یافت (مریدپور و همکاران، ۱۳۹۳).

ریشه گیاه در شرایط بدون تنش خشکی وضعیت آماس یاخته‌ای مناسبی دارد. در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعه یاخته و تقسیم آن فراهم است. لذا این شرایط، موجب افزایش فعالیت سوخت‌وسازی، رشد و سرعت توسعه ریشه می‌شود و درنتیجه وزن‌تر و خشک‌ریشه افزایش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Bakhshayeshi gheshlagh et al., 2012). اما در شرایط تنش خشکی محدودیت تغذیه‌ای که با کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می‌شود، رشد و سرعت توسعه ریشه را کاهش می‌دهد که این امر سبب کاهش سطح ریشه و کاهش تولید ریشه‌های اصلی و ریشه‌های جانبی می‌شود و مجموعه این عوامل سبب کاهش وزن‌تر و خشک‌ریشه گیاه می‌شود (Talukder et al., 2010; Gregory, 2006). بر اساس نتایج این مطالعه محلول‌پاشی با نانو کود ترکیبی سبب افزایش وزن‌تر و خشک‌ریشه طی تیمار آبی ۹۰ درصد رطوبت قابل دردسترس شد که با نتایج روستا و محسنیان (Mohsenian and Roosta, 2012) همخوانی دارد. آن‌ها در بررسی اثر محلول‌پاشی منابع مختلف آهن بر گیاه فلفل قرمز گزارش کردند که با افزایش سطوح محلول‌پاشی آهن ویژگی‌های رشدی گیاه ازجمله وزن‌تر و وزن خشک‌ریشه مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش یافت.

تعداد کاسه گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تنش خشکی، کود و اثر متقابل آن‌ها بر میزان تعداد کاسه گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج اثرات متقابل جدول ۴ نشان داد که محلول‌پاشی با نانو کلات آهن طی تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس سبب افزایش ۴۷/۵۳ درصدی تعداد کاسه گل نسبت به شاهد شد.

امیری ده احمدی و همکاران (۱۳۹۱) ضمن بررسی سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) روی گیاهان *Anethum graveolens*، *Coriandrum sativum* و *Foeniculum vulgare* گزارش کردند که با تشدید تنش خشکی تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج این مطالعه افزایش تنش خشکی سبب کاهش حدوداً ۸۰ درصدی تعداد کاسه گل نسبت به تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل دردسترس شد. در این رابطه می‌توان گفت که بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی و فعالیت‌های آنزیم‌های مؤثر بر این فرایند می‌گردد. همچنین طی مرحله زایشی کمبود آب باعث کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در اُفت تعداد گلچه‌های بارور و عملکرد مؤثر می‌باشد. نتایج مطالعه محمد پور وشوایی و همکاران (۱۳۹۴) و نصیری و همکاران (۱۳۹۷) مبنی بر کاهش تعداد کاپیتول در ماریتیغال و تعداد چتر در زیره سبز با یافته‌های این مطالعه همخوانی دارد. این محققین بیان کردند که با افزایش سطوح خشکی سبب کاهش تعداد کاپیتول در بوته‌های ماریتیغال و تعداد چتر در بوته‌های زیره سبز شد. همچنین در تحقیقی کافی و رستمی (۱۳۸۶) اظهار کردند که اثر سطوح تنش آبی بر تعداد غوزه در بوته گیاه گلرنگ معنی‌دار بود و موجب کاهش آن شد

یافته‌های این مطالعه نشان داد که در بیشترین تعداد کاسه گل (۷۹/۹۲ عدد) طی کاربرد توأم محلول‌پاشی نانو کلات آهن و تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس و کمترین تعداد هم (۱۰/۹۲ عدد) از تیمار ۳۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس گیاه و عدم استفاده از کود به‌دست‌آمده آمد. پژوهشی در زعفران زراعی بیان شد که تعداد گل در اثر کاربرد نانو کلات آهن به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار نسبت

به شاهد افزایش یافت (ملکی فراهانی و عقیقی شاهوردی، ۱۳۹۳). نتایج مطالعه نصیری و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که محلول‌پاشی نانو کلات آهن سبب افزایش حدوداً ۲۸ درصدی تعداد چتر نسبت به شاهد شد که با یافته‌های این مطالعه مبنی برافزایش تعداد کاسه گل طی محلول‌پاشی با نوکلات آهن همخوانی دارد. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی و منگنز نقش مهمی در کاتالیزوری فرایندهای متابولیسمی و حفظ آماس سلولی در گیاه دارند و بدین ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه داده و درنهایت تعداد کاسه گل و عملکرد قابل‌قبول‌تری را در شرایط تنش تولید می‌کند. آهن یک عنصر کم‌مصرف مورداستفاده گیاه است که برای تشکیل کلروفیل و فتوسنتز ضروری است. بنابراین از طریق افزایش تولید آسیمیلات به‌طور غیرمستقیم می‌تواند در افزایش تولید گل در گیاه نقش ایفا کند (نصیری و همکاران، ۱۳۹۲).

وزن‌تر و خشک کاسبرگ

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که برخی از ویژگی‌های رشدی در این آزمایش از قبیل وزن‌تر و خشک کاسبرگ تحت تأثیر تیمار تنش خشکی، کود و اثرمتقابل آن‌ها قرار گرفت و اختلاف ازنظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح کاربرد محلول‌پاشی در هر سطح تنش بر وزن‌تر و خشک کاسبرگ افزوده شد، اما بیشترین وزن‌تر و خشک کاسبرگ از تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس گیاه و محلول‌پاشی کودی نانو کلات آهن به‌دست‌آمده آمد بود به‌طوری‌که محلول‌پاشی با نانو کلات آهن طی تیمار آبی ۹۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس به ترتیب سبب افزایش ۲۷/۱۲ و ۲۶/۱۷ درصدی وزن‌تر و خشک کاسبرگ نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

نتایج مطالعات قبلی محققین روی گیاهان گلرنگ بهاره (فراست و همکاران، ۱۳۹۵)، گشنیز و شوید (امیری ده احمدی و همکاران، ۱۳۹۱)، شنبلیله (بزازی و همکاران، ۱۳۹۲)، بابونه (آرزمجو و همکاران، ۱۳۸۹)، گندم (سلیمانی، ۱۳۹۵) نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری و کاهشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان فوق دارد. با افزایش شدت تنش وزن‌تر و خشک کاسبرگ نسبت به تیمار ۹۰ درصد رطوبت قابل دردسترس کاهش نشان داد که با نتایج مطالعه سنجری و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد. آن‌ها بیان کردند با افزایش سطوح تنش خشکی وزن‌تر و خشک کاسبرگ‌های چای ترش نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری نشان دادند. برای به وجود آمدن کپسول به‌تبع آن افزایش وزن‌تر و خشک کاسبرگ، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی بر اساس نظر رهبریان و همکاران (۱۳۹۰) و سریوالی و همکاران (Sreevalli et al., 2001) می‌تواند به‌دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد. بنابراین بر اساس یافته‌های فوق تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند درنهایت منجر به کاهش یا تغییر در عملکرد وزن‌تر و خشک کاسبرگ تولیدی در چای ترش شود.

بر اساس یافته‌های این مطالعه بیشترین وزن‌تر و خشک کاسبرگ طی محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و آبیاری کامل حاصل شد که با یافته‌های آقازاده خلخالی و همکاران (۱۳۹۴) و نصیری و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد. آن‌ها بیان کردند بیشترین عملکرد دانه طی تیمار نانو کلات آهن حاصل شد. از طرفی در پژوهشی در زعفران گزارش شد که استفاده از ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود کلات آهن میزان عملکرد (وزن خشک کلاله) را تا ۰/۴۵ گرم (۱۸/۸ برابر) افزایش داد (رزازی و همکاران، ۱۳۸۹). در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریزمغذی‌ها در گیاهان با سهولت بیشتری صورت

www.japb.kiau.ac.ir

گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش اثر ریزمغذی‌ها بر عملکرد بیشتر باشد. افزایش عملکرد به‌واسطه محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی می‌تواند به علت افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عناصر کم‌مصرف، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فسفواینوپیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن باشد (Krishma, 1995).

ازآنجایی‌که آهن یک عنصر ضروری در فرایند فتوسنتز می‌باشد، گیاهان تحت تیمار کود نانو کلات آهن با رفع کمبود آهن، بهبود سیستم فتوسنتزی و افزایش رنگیزه‌های برگ منجر به افزایش کارایی فتوسنتز برگ شده که نتیجه آن افزایش عملکرد است (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۴). به‌طوری‌که در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش‌یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن گیری و درنتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می‌شود (Briat et al., 2007). به دلیل نقش مهم عناصر در افزایش میزان کلروفیل، قندهای محلول کل و نقش کاتالیزوری فرایندهای متابولیسم و حفظ آماس سلولی گیاه، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در شرایط تنش خشکی موجب می‌شود که گیاه عناصر موردنیاز خود جهت افزایش اسمولیت‌ها را راحت‌تر در اختیار داشته باشد و بدین ترتیب سلول به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه داده و درنهایت سبب افزایش عملکرد می‌شود. (Thalooth et al., 2006)

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاکی از آن بود که با افزایش شدت تنش خشکی از مقدار ویژگی‌های کمّی گیاه کاسته شد. بنابراین، تنش خشکی شدید می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش داشته باشد. کود نانو کلات آهن به‌صورت محلول‌پاشی اثرات سوء ناشی از تنش خشکی را تقلیل داد و منجر به بهبود خصوصیات کمّی آن شد. بر این اساس، در مناطق گرم و خشک کاربرد کود نانو کلات آهن به‌صورت محلول‌پاشی توصیه می‌گردد.

جدول ١- آمار هواشناسی منطقه موردمطالعه (ایستگاه سینوپتیک زهک) در سال ١٣٩۴

Table 1- The geomorphology of the study area (Synoptic Zahak station) in 1394

Months	ماه	متوسط درجه حرارت Averagetemperature	میانگین رطوبت نسبی Mean of relativehumidity	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	متوسط تبخیر ماهیانه (میلی‌متر) Averagemonthly evaporation(mm)	متوسط تابش روزانه (ساعت) Average Daily Radiation(h)
April	فروردین	23.3	42	27.6	7.5	8.9
May	اردیبهشت	29.3	26	0.0	11.5	10.4
June	خرداد	33.1	15	0.0	19.8	11.4
July	تیر	36.4	15	0.0	23.7	11.7
August	مرداد	35.0	15	0.0	24.3	11.3
September	شهریور	30.1	17	0.0	19.6	10.9
October	مهر	26.8	24	0.0	11.5	10.2
November	آبان	17.7	44	18.4	4.5	7.9
December	آذر	11.0	44	0.0	3.3	8.4

جدول ٢- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of the experimental soil

بافت خاک Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) EC	نیتروژن (%) N	فسفر (mg/kg) p	پتاسیم (mg/kg) k	منگنز (ppm) Mn	مس (ppm) Cu	روی (ppm) Zn	آهن (ppm) Fe
لومی ـ رسی Lume-Clay	8.43	1.45	0.02	4.60	100.00	5.60	1.15	0.46	10.40

www.iapb.kiau.ac.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات موردبررسی در چای ترش

Table 3- Analysis of variance for studied traits in Hibiscus sabdariffa

منابع تغییرات MS	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن‌تر رویشی Vegetative fresh weight (gr.plant)	وزن خشک رویشی Vegetative dry weight gr.plant	تعداد کاسه گل Number ofcalix	وزن‌تر ریشه Root fresh weight (gr.plant)	وزن خشک ریشه Root dry weight (gr.plant)	وزن‌تر کاسبرگ Fresh weight sepals (kg/h)	وزن خشک کاسبرگ Fresh weight sepals (kg/h)
تکرارReplicate	2	112.88^{ns}	0.14^{ns}	945.53 ^{ns}	32.15**	0.40 ^{ns}	347.26*	0.001 ^{ns}	4678533 ^{ns}	17677.14 ^{ns}
تنش خشکی Droughtstress	3	27108.46**	95.48**	866620.12**	5178.21**	924.79**	53633.20**	279.19**	1321282044**	26517946**
تکرار× تنش خشکی R*D.S	6	72.55	0.20	325.82	2.92	0.24	64.45	0.01	1898044	7117.80 ^{ns}
کودFertilizer	3	2003.35**	5.03**	77312.76**	954.20**	20.11**	3735.55**	1.85**	113047822**	4567168.57**
کود× تنش خشکی F*D.S	9	22.87**	0.45**	3517.28**	32.42**	3.89**	190.26**	1.28**	525689**	2568668.24**
خطاError	24	16.7	0.029	118.82	1.73	0.22	21.44	0.04	1015256	50161.08
CV% ضریب تغییرات		2.97	3.35	3.77	3.35	2.23	3.77	2.12	4.64	2.21

غیر معنی‌داریnsدرصد و پنج و یک احتمال سطح در معنی‌داری نشان‌دهنده ترتیب به * و **

* and ** indicate significant difference at 1 and 5%, respectively.and ns unnecessary

www.iaab.kiau.ac.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد کاسبرگ چای ترش تحت تنش خشکی و کود

Table 4- Comparison of the mean of vegetative growth characteristics, yield and yield components of sepal Hibiscus sabdariffa under drought stress and fertilization

تنش خشکی Drought stress	کود Fertilizer	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد شاخه جانبی Number of branches	وزن‌تر رویشی Vegetative fresh weight (gr.plant)	وزن خشک رویشی Vegetative dry weight (gr.plant)	تعداد کاسه گل Number ofcalix	وزن‌تر ریشه Root fresh (gr.plant) weight	وزن خشک ریشه Root dry (gr.plant) weight	وزن‌تر کاسبرگ Fresh weight sepals (kg/h)	وزن خشک کاسبرگ Fresh weight (kg/h) sepals
۹۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس 90% available moisture content	Biomic	199.41^{a}	8.33^{b}	830.00^{c}	201.67^{c}	60.67^{d}	30.98^{b}	16.06^{b}	32213.32^{bc}	4575.06^{c}
	ZFM	177.16^{bc}	7.67^{c}	930.00^{b}	219.58^{b}	66.92^{b}	34.94^{a}	17.02^{a}	32800.0^{b}	4685.06^{c}
	Fe	176.16^{bc}	9.17^{a}	956.25^{a}	238.33^{a}	79.92^{a}	29.33^{c}	14.94^{c}	37933.3^{a}	5394.94^{a}
	Control	163.25^{e}	7.25^{d}	717.08^{d}	175.42^{d}	54.17^{e}	29.69^{c}	14.99^{c}	29840.0^{d}	4275.60^{d}
۷۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس 70% available moisture content	Biomic	180.91^{b}	7.08^{d}	580.83^{g}	127.50^{fg}	50.58^{f}	26.12^{d}	12.92^{d}	23973.3^{e}	3424.66^{g}
	ZFM	168.50^{de}	6.50^{e}	607.50^{f}	135.00^{f}	50.42^{f}	25.27^{e}	12.08^{e}	25480.0^{e}	3640.00^{f}
	Fe	170.66^{cd}	7.25^{d}	698.00^{e}	155.42^{e}	63.17^{c}	24.39^{f}	12.09^{e}	30813.3^{cd}	5135.34^{b}
	Control	156.25^{f}	5.33^{f}	460.00^{i}	107.50^{h}	37.83^{gh}	23.03^{g}	11.6^{1f}	20733.3^{f}	2992.80^{h}
۵۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس 50% available moisture content	Biomic	148.00^{g}	427.50^{j}	427.50^{j}	96.67^{i}	39.17^{g}	19.73^{hi}	8.05^{h}	20280.0^{f}	2896.94^{h}
	ZFM	128.08^{h}	455.00^{i}	455.00^{i}	107.08^{h}	36.33^{h}	20.0^{1h}	9.25^{g}	18560.0^{g}	2651.24^{i}
	Fe	126.58^{h}	522.50^{h}	522.50^{h}	120.83^{g}	50.08^{f}	19.08^{ij}	9.08^{g}	24880.0^{e}	4147.34^{e}
	Control	115.58^{i}	336.67^{k}	336.67^{k}	83.33^{j}	25.75^{i}	18.53^{j}	9.14^{g}	16866.7^{g}	2425.35^{j}
۳۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس 30% available moisture content	Biomic	92.91^{j}	1.50^{Lm}	$239.58l^{m}$	49.58^{l}	15.67^{k}	12.08^{k}	5.09^{i}	7746.7^{i}	1106.40^{l}
	ZFM	73.25^{k}	1.67^{l}	225.83^{m}	48.75^{l}	16.25^{k}	11.09^{l}	4.51^{j}	8093.3^{i}	1156.14^{l}
	Fe	69.91^{k}	2.25^{k}	254.16^{l}	58.33^{k}	22.58^{j}	9.49^{m}	4.41^{j}	10053.3^{h}	1675.34^{k}
	Control	61.08^{l}	1.33^{m}	155.84^{n}	37.50^{m}	10.92^{l}	9.25^{m}	3.72^{k}	6786.7^{i}	969.46^{n}

اختلاف معنی‌داری ندارندLSDمیانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون

For each trait, means denoted by at least one similar letter are not significantly different according to LSD test at P<0.05

www.iapjkiau.ac.ir

فهرست منابع

References

اردکانی، م. ر.، ب. عباس زاده.، ا. شریفی عاشور آبادی.، م. ح. لباسچی و ف. پاک‌نژاد. ۱۳۸۷. بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه. مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳(۲): ۲۵۱-۲۶۱

اکبری نیا، ا.، م. خسروی فرد.، ا. شریفی عاشور آبادی و پ. باباخانلو. ۱۳۸٤. تأثیر دور آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه دارویی سیاه دانه. مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۱ (۱): ۷۳-۶۵.

امید بیگی، ر. و ع. حسنی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان. مجله ارمغان دانش. ۱۲(۳): ۴۷-۵۹.

امیری ده‌احمدی، س. ر.، پ. رضوانی مقدم و ح. ر. احیایی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد سه گیاه دارویی شوید، گشنیز و رازیانه. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*. ۱۰(۱): ۱۱۶-۱۲۴.

ایوبی زاده، ن.، ق. لایی.، م. امینی دهقی.، ج. مسعود سینکی و ش. رضوان بیدختی. ۱۳۹٦. اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن و اسیدفولیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کنجد درکشت بعد از گندم تحت تنش خشکی. مجله پژوهش‌های به زراعی. ۹(۳): ۲۸۳-۳۱۲.

آرزمجو، ا.، م. حیدری و ا. قنبری. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و نوع کود بر عملکرد وکیفیت بابونه آلمانی. *مجله علوم زراعی ایران*.۱۲(۲): ۱۰۰-۱۱۱.

آرمین، م. و ع. کیوانلو. ۱۳۹٤. اثر محلول‌پاشی متانول بر خصوصیات ریخت‌شناسی ریشه و اندام هوایی ذرت در شرایط تنش خشکی. مجله پزوه‌های زراعی. ۷(۱): ۲۷-۴۰.

آقازاده خلخالی، د.، ع. مهر آفرین.، و. عبدوسی و ح. نقدی بادی. ۱۳۹٤. عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه پاسخ به محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و پتاسیم. فصلنامه گیاهان دارویی. ۱۴ (۴): ۲۳-۳۴.

بابایی، ک.، م. امینی‌دهقی.، ع. م. مدرس ثانوی و م. جباری. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در اویشن. *مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۲۶: ۲۳۹-۲۵۱.

باهرنیک، ز.، م. ب. رضایی.، م. قربانی.، ف. عسکری و م. ک. عراقی. ۱۳۸۲. بررسی تغییرات متابولیسمی حاصل از تنش‌های خشکی در گیاه مرزه. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۲۰: ۲۷۵-۲۶۳.

بزازی، ن.، م. خدامباشی و ش. محمدی. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله. *مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی*. ۸(۳): ۲۳-۱۱

پیوندی، م.، ه. پرنده و م. میرزا. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های انتی اکسیدان ریحان. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی. ۴(۱): ۹۰-۸۹.

جزی زاده، ا. و ف. مرتضایی‌نژاده. ۱۳۹٦. اثر تنش خشکی برشاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوریکی گیاه کاسنی. فرایند و کارکرد گیاهی. ۶ (۲۱): ۲۹۰-۲۷۹.

حسنی، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثر کمبود آب بر رشد و عملکرد و میزان اسانس گیاه بادرشبو تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲: ۲۶۱-۲۵۶

حمزه‌ئی، ج.، س. م. سیدی.، ا. آزاد بخت و ا. فصاحت. ۱۳۹۷. اثر محلول‌پاشی آهن بر رشد، میزان گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی نخود. نشریه علمی ـ پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۲ (۳): ۴۲۷-۴۴۴.

دهقان، د.، ا. علیزاده.، ک. اسماعیلی و س. ح. نعمتی. ۱۳۹٤. رشد ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی در تنش خشکی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۲): ۱۶۹-۱۷۹.

www.iapb.kiau.ac.ir

دهقانی‌بیدگلی، ر.، ن. آذرنژاد و م. اخباری. ١٣٩٦. کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه رزماری با استفاده از باکتری محرک رشد. *تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی*. ۴ (۲): ۸۰-۶۷.

رزازی، ع.، م. ر. لبافی.، ز. مهرابی و م.ح. نظران. ١٣٨٩. تأثیر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L)، یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، تهران، دانشگاه شهید بهشتی،

رضائی چیانه، ا.، ج. جلیلیان.، ا. ابراهیمیان و س. م. سیدی. ١٣٩٤. اثر کمی و کیفی بر عملکرد زیستی آبیاری در مختلف سطوح زنیان. به زراعی کشاورزی. ١٧(٣): ٧٧٥-٧٧٨.

رهبریان، پ.، غ. افشارمنش و ن. مدافع بهزادی. ١٣٩٠. تاثیر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد چای ترش در منطقه جیرفت یافته‌های نوین کشاورزی. ۵(۳): ۲۴۵-۲۳۷

سپهری، ع. و ز. وزیری امجد. ١٣٩٤. اثر نانو کودهای آهن و روی بر عملکرد کمی کاسنی در تراکم‌های مختلف کاشت. ویژه‌نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۷۴-۶۱

سلیمانی، ع. ١٣٩٥. بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم با استفاده از مدل ET-HS. *مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۹(۳): ۲۱۵-۲۰۵

سنجری، م.، ع. ر. سیروسمهر و ب. ع. فاخری. ١٣٩٥. اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتوسیانین چای ترش. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۸(۳): ۳۴۶-۳۵۸

سوودایی‌زاده، ح.، م. شمسایی.، م. تجملیان.، س. ع. م. میر محمدی‌میبدی و م. ع. حکیم زاده. ١٣٩٥. بررسی تاثیر تنش خشکی بر برخی صفات مورفولوزیکی و فیزیولوزیکی مرزه. *مجله فرایند و کارکرد گیاهی*. ۱۵ (۵): ۱۲-۱

فراست، م.، ن. ع. میرزاخانی و م. ساجدی. ١٣٩١. بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره. *نشریه پژوهشهای زراعی ایران*. ۱۰ (۲): ۳۵۳-۳۴۶.

فراهانی، ف.، ن. سرتیپ نیا و د. طالعی. ١٣٩٤. بررسی تأثیر تیمار نانو کود آهن بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L)، اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط‌زیست ایران، اردبیل، مرکز پژوهشی زمین کاو. ص ۱-۴.

کافی، م. و م. رستمی. ١٣٨٦. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزاء عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۵(۱): ۱۲۱-۱۳۱.

کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی و گ. عزیزی. ١٣٨٣. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات کمی آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کل پوره. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۳):۲-۱۶.

لباسچی، م. ح. و ا. شریفی عاشور آبادی. ١٣٨٣. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی، مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۰ (۳): ۲۶۱-۲۴۹

لطفی، پ.، ق. محمدی نژاد و پ. گلکار. ١٣٩١. بررسی تحمل به تنش خشکی در ژنو تیپ‌های مختلف گلرنگ زراعی. مجله دانش زراعت. ۵(۷): ۱۴-۱.

لطفی، م.، ب. عباس زاده و م. میرزا. ١٣٩٢. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، پرولین، قندهای محلول و عملکرد ترخون. دوماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۰ (۱): ۱۹-۲۹.

www.iapb.kiau.ac.ir

محمد پور وشوایی، ر.، م. رمرودی و ب. ع. فاخری. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی ماریتیغال. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱): ۳۱-۴۹

محمد پور وشوایی، ر.، م. گلوی.، م. رمرودی و ب. ع. فاخری. ۱۳۹۶. اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۷(۲): ۲۳۷-۲۵۳

مریدپور، س. ، آ. ساطعی و م. قربانلی. ۱۳۹۳. بررسی رشد و محتوای رنگیزه‌ها و پروتئین کل گیاه دارویی گزنه (*Urtica dioical* L.) در رژیم های مختلف آبی. نشریه پژوهش‌های اکو فیزیولوژی گیاهی ایران، شماره ویژه. ۹:۱۱۸-۱۲۷.

مزارعی، ا.، س. م. موسوی نیک.، ا. قنبری و ل. فهمیده. ۱۳۹۸. اثر محلول‌پاشی دی‌اکسید تیتانیوم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی مریم‌گلی تحت تنش خشکی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۱۲(۲): ۵۵۳-۵۳۹.

مقدم، ا.، م. محمودی سورستانی.، ا. فرخیان.، ز. فیروزیرمضانی و ف. اسکندری. ۱۳۹٤. تأثیر محلول‌پاشی کلات آهن و نانو کلات آهن بر صفات مورفولوژیکی و میزان اسانس ریحان مقدس. به زراعی کشاورزی. ۱۷ (۳): ۵۹۵-۶۰۶.

ملکی فراهانی، س. و م. عقیقی شاهوردی. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر کود نانو آهن در مقایسه با کلات آن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی (*Crocus Sativus* L). مجله به زراعی کشاورزی. ۱۷(۱): ۱۵۵ – ۱۶۸.

نصیری دهسرخی، ع.، ا. قنبری و و. ورناصری قندعلی. ۱۳۹۷. مطالعه تغذیه برگی کلات آهن به فرم‌های نانو و معمول بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز در شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۶ (۱): ۲۲۹-۲۴۱.

نصیری، ی.، س. زهتاب سلماسی.، ص. نصرالله زاده.، ک. قاسمی گلعذانی.، ن. نجفی و ع. جوانمرد. ۱۳۹۲. ارزیابی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بابونه آلمانی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳(۳): ۱۱۵-۱۰۵.

نعمتی، م. و م. دهمرده. ۱۳۹٤. تأثیر کاربرد کودهای دامی و زیستی بر عملکرد و شاخص‌های مورفولوژیکی چای ترش. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۷(۱): ۶۲-۷۳.

یزدانی بیوکی، ر.، ح. ر. خزاعی.، پ. رضوانی مقدم.، ر. قربانی و ا. ر. آستارایی. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کودهای دامی و شیمیایی‌بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸ (۵): ۱۲-۱۹.

Ahmed, S., E. Nawata., M. Hosokawa., Y. Domae and T. Sakuratani. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mung bean subjected to water logging. Journal Plant Science, 163: 117-123.

Alkire, B. H., J. E. Simon., D. Palevitch and E. Putievsky. 1993. Water management for midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soel. Acta Horticulturae, 344(63): 544-556.

Amaliotis, D., D. Velemis., S. Bladenopoulou and N. Karapetsas. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv.Tudla) in relation to crop yield. *Acta* Horticulturae, 567: 447-450

Briat, J. F., C. Curie and F. Gaymard. 2007. Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology, 10: 276-282.

Cui, H., C. Sun., Q. Liu, J. Jian and W. Gushid. 2006. Applications of Nanotechnology Agrochemical Formulation, Perspectives, Challenges and Strategies. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture. Chinese Academy of Agricultural Science, pp: 1-6.

Esendal, E., A. Istanbulluoglub., B. Arslana and C. Paşaa. 2008. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th International safflower conference. Australia.

www.iapb.kiau.ac.ir

Futuless, K. N., Y. M. Kwaga and T. Clement. 2010. Effect of sowing date on calyx yield and yield components of Rossell (*Hibiscus sabdariffa* L.) in *Northern Guinea Savanna*. New York Science J. 3(11): 1-4.

Gregory, P. J. 2006. Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils), Blackwell Publishing. pp: 150-173.

Jaleel, C. A., P. Manivannan and G. M. A. Lakshmanan. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of Catharanthus *roseus* under soil water deficits. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 61: 298-303.

Jiang, Y. and B. Huang. 2000. Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky bluegrass. Crop Science, 40: 1358-1362.

Khan, A. S., S. Ul-Allah and S. Sadique. 2010. Genetic variability and correlation among seedling traits of Wheat (*Triticum sativum*) under water stress. International Journal Agricultural. Biology. 2(2): 247-250.

Krishma, S. 1995. Effect of sulphur and zinc. Application on yield, s and ZN uptake and protein content of *mung. Legom*. Research, 18: 89-92.

Loui, S. J., A. M. Kadams., S. Y. Simon and S. G. Mohammed. 2013. Combining ability in roselle cultivars for agronomic traits in Yola, Nigeria. Greener. Journal Agricultural Science, 3(2): 145-149.

Mahadevan, N., S. Shivali and K. Pradeep. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn: An overview. Natural Product Radiance, 8(1): 77 -83.

Nagananda, G. S., A. Das., S. Bhattacharya and T. Kalpana. 2010. In vitro studies on the effects of bio-fertilizers (*Azotobacterand rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal Botany, 6(4): 394-403.

Oliviera-Neto, C. F., A. K. Silva-Lobato., M. C. Goncalves-Vidigal., R. C. L. Costa., B. Santosfilho., G. A. R. Alves., W. J. M. Silva-Maia., F. J. R. Cruz., H. K. B. Neres and M. J. Santos Lopes. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology, 7: 588-593.

Patel, B. S., S. G. Sadaria and J. C. Patel. 1996. Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water use efficiency of blond pysllium (*plantago ovate*). Indian Journal Agronom, 41(1): 136-139.

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

Roosta, H. R. and Y. Mohsenian. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. Scientia Horticulturae, 146(15): 182-191.

Scrinis, G. and K. Lyons. 2007. The emerging nano-corporate paradigm: Nanotechnology and the transformation of nature, food and Agri-food systems, International Journal of Sociology of Food and Agriculture, 15: 22-44.

Shao, H. B., L.Y. Chu., C.A. Jaleel., P. Manivannan., R. Panneerselvam and M. Shao. 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants-biotechnologically and sustainably improving agriculture and the Eco environment in arid regions of the globe, Critical reviews in biotechnology, 29: 131-151.

Sreevalli, Y., K. Baskaran., R. chandra shekara., R. Kuikkarni., H. Sushil., D. Samresh., J. Kukre., A. Ashok., K. Sharmr Singh., S. Srikant and T. Rakesh. 2001. Preliminary observation on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in *petriwinkle*. Journal medi Aromatic Plant Science, 22(4): 356-358.

Taheri Asghari, M. 2010. Water stress effect on the number of characters in the herb chicory (*Cichorium intybus*) Under different plant densities. Journal - Research echo physiological crops. 2: 147-155.

Talukder, A., C. A. Meisner., M. A. P. Sarkar and M. S. Islam. 2010. Effect of water management, tillage options and phosphorous status on arsenic uptake in rice. Ecotoxicology and Environ Safety. 40: 193-200.

Thalooth, A. T., M. M. Tawfik and H. Magda Mohamed. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. Journal Agricultural Science 2: 37-46.

Van Loon, L. C. and B. R. Glick. 2004. Increased Plant Fitness By Rhizobacteria. In: H. Sandermann (ed.). Molecular Ecotoxicology of Plants. Ecological Suites. Springer-Verlag, Berlin, p. 178-205

Walker, R., S. Morris., P. Brown and A. Gracie. 2000. Evaluation of potential for chitosan to enhance plant defense. Publication No. 04.of Rural Industries Research and Development Corporation. Australia, 755 pp.

Wu, S. C., Z. H. Caob., Z. G. Lib., K. C. Cheunga and M. H. Wong. 2005. Effects of bio-fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma, 125, 155–166.

Youssef, A. A., A. E. Edri and A.M. Gomaa. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science, 49: 299-311.

www.iapb.kiau.ac.ir

ISSN NO: 2008-8485

Journal of Agronomy and Plant Breeding
Vol 14. No. 4, 2019

Iranian Journal of Agronomy & Plant Breeding Islamic Azad University, Karaj Branch

Effect of various nutritional systems on growth characteristics, sepals yield and yield components of sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) under drought stress

E. Hashemi[1], N. Mahdi Nezhad[2]*, B. Fakheri[3] and R. Mohammadpour[4]

Received date: 2 Dec 2018 Accepted date: 6 Feb 2019

Abstract

Water deficit stress is a major environmental limiting factor of plant growth and crop productivity. Therefore, many studies have been done to minimize the stress effects caused by Water deficit in agriculture and plant physiology. In present investigation, to study the effects of nano and nano bio-fertilizers on reducing the damage caused by drought on growth parameters on roselle an experiment was conducted at the experimental farm, University of Zabol, in split plot based on randomized complete block design with three replications, during 2015. Four drought stress levels 30, 50, 70 and 90 percent of available water were considered as main plots and four levels of fertilizers nano-iron, nano-ZFM, nano-biomik and control (lack of fertilizer) were considered as sub plots. The studied traits included plant height, fresh and dry weight of vegetative and roots, number of lateral branches, number of calyxes, fresh and dry weight of sepals. Main effects of fertilizer, drought stress and their interaction were significant for all studied traits in 1 percent probability level. Maximum of fresh and dry weight of sepals (37933.3 and 5394.94 Kg/h), number of calyx (72.92), number of lateral branches (9.17), fresh and dry weight of vegetative (956.45 and 238.33 g/plant, respectively) and plant height (199.41 cm) were obtained under treatment of 70 percent of available water and foliar application of nano-iron. The highest amount of fresh and dry weight of roots (33.94 and 17.02 g/plant, respectively) belonged to 70 percent of available water and foliar application of nano-ZFM. Spraying with nano-iron mitigated the effects of drought stress and increased the quantity of roselle sepals.

.

Keyword: water deficit stress, Nano-iron, nano-ZFM, roselle sepals' weight.

www.ijpb.iau.ac.ir

1 - Ph. D. student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, university of Zabol, Zabol, Iran.
2 - Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3 - Associat Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
4 - Ph. D. student, Department of Agronomy, Collage of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
*corresponding author: nmahdinezhad@uoz.ac.ir