نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۳(۴۳)، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۵۸۴-۵۶۵

پاسخ ژنوتیپ‌های بابونه (*Matricaria Chamomilla* L.) به نانو کلات آهن در شرایط متفاوت آبی

حمیده آزاد قوجه بیگلو[1*]، براتعلی فاخری[2]، نفیسه مهدی‌نژاد[3] و قاسم پرمون[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۳۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۴/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲۲

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو کلات آهن بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و اجزای عملکرد ۱۳ ژنوتیپ بابونه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل، در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: تنش خشکی در ۲ سطح (شاهد یا آبیاری در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی نانو کلات آهن در ۲ سطح (شاهد و ۲ میلی‌گرم در لیتر) و ۱۳ ژنوتیپ بابونه (اصفهان، مشهد، شیراز، کرمان، اراک، اردستان، گچساران، نائین، خوزستان، صفاشهر، کازرون، آلمان و مجارستان) بودند. نتایج نشان داد علاوه بر اثرات اصلی اثر متقابل تنش در ژنوتیپ و ژنوتیپ در نانو کلات آهن و تنش در نانو کلات آهن و اثرات سه‌جانبه نیز معنی‌دار شدند، مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده وضعیت متفاوت تغییرات ژنوتیپ‌ها در هر سطح تنش و نانو کلات آهن می‌باشد. در تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن موجب کاهش کلروفیل a در ژنوتیپ‌های شیراز، خوزستان، نائین، مجارستان و آلمان، کاهش کلروفیل b در ژنوتیپ‌های اصفهان، کازرون، اردستان، خوزستان، نائین و آلمان، کاهش کلروفیل کل در ژنوتیپ‌های اصفهان، شیراز، اردستان، خوزستان، نائین، مجارستان و آلمان و کاهش آنتوسیانین در ژنوتیپ‌های اصفهان، شیراز، صفاشهر، کازرون، خوزستان و آلمان گردید. در تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن نیز موجب کاهش عملکرد گل در ژنوتیپ‌های مشهد، اراک و نائین و عملکرد بوته در ژنوتیپ‌های اصفهان، مشهد، اراک، صفاشهر، خوزستان و نائین شد. بیشترین عملکرد بوته (۰/۶۶۵ گرم) از تیمار عدم تنش و مصرف نانو کلات آهن از کرمان و پایین‌ترین مقدار(۰/۱۶۴ گرم) نیز در تیمار تنش و عدم محلول‌پاشی از ژنوتیپ اراک به دست آمد. به‌طورکلی، واکنش ژنوتیپ‌های بابونه به تنش خشکی متفاوت بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ شیراز نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها تحمل بیشتری به تنش از خود نشان داد. تأثیرات نانو کلات آهن نیز با توجه به ژنوتیپ متفاوت بـوده و در بیشتر ژنوتیپ‌ها بهبود عملکرد و سیستم فتوسنتزی را سبب شـد و نشان‌دهنده تأثیرگذاری کودهای نانوکلات در مقادیر کم می‌باشد.

واژگان کلیدی: اجزای عملکرد، بابونه، تنش خشکی، نانو کود آهن، ژنوتیپ.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح گیاهان باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
* نگارنده‌ی مسئول hamidehazad26@gmail.com
۲- دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳- استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

خشک‌سالی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر نقاط جهان است (Abedi and Pakniyat, 2010). کشور ایران از جمله کشورهایی است که در کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان واقع شده‌است (Lashkari, 2013). وجود هر نوع تنشی از قبیل خشکی بسته به اینکه در چه مرحله یا مراحلی از رشد رخ دهد، موجب صدمه به یک یا تعدادی از اجزای عملکرد و درنتیجه عملکرد نهایی خواهد شد. تنش طولانی‌مدت بر تمام فرایندهای متابولیک گیاه اثر می‌گذارد و درنتیجه موجب کاهش تولید گیاه می‌شود (Movahedi *et al*., 2004).

گیاهان دارویی منابع طبیعی ارزشمندی هستند که امروزه مورد توجه کشورهای پیشرفته جهان قرارگرفته و به‌عنوان مواد اولیه جهت تبدیل به داروهای بی‌خطر برای انسان تلقی می‌شوند. در این زمینه ایران یکی از غنی‌ترین منابع گیاهان دارویی جهان به‌شمار می‌رود که دارای تنوع بالای شرایط زیستگاهی برای این گیاهان می‌باشد (Azimzadeh, 2009). همچنین، کشور ایران خاستگاه گیاهان متنوعی است که بسیاری از این گیاهان به لحاظ خواص درمانی منحصر به فرد می‌باشد (Majnoon-Hoseini and Davazdah-Emami, 2008). بابونه با نام علمی *Matricaria Chamomilla* L. گیاهی علفی و یک‌ساله است و یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی در بازار تجارت جهانی می‌باشد که کاربرد زیادی در صنایع دارویی و بهداشتی دارد (Ghasemi Pirbalout *et al*., 2011). منشأ بابونه را آسیای صغیر گزارش کردند (Applequist, 2002)، گل‌ها و اسانس بابونه دارای خواص ضدالتهاب، ضد اسپاسم، ضد عفونی کننده، ضد نفخ و ترمیم‌کننده می‌باشد. مواد مؤثره موجود در بابونه شامل اسانس، فلاونوئیدها و کومارین هستند (Azizi, 2006).

در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای جهت یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند به‌کارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است. یکی از این تکنیک‌ها، استفاده از کودهای سنتتیک با بنیان آلی است، که اثرات تخریب زیست‌محیطی را ندارند. یکی از مهم‌ترین کاربرد فناوری نانو در جنبه‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد. فناوری نانو کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فراوری، نگهداری، بسته‌بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد (Das *et al*., 2004). واکنش‌پذیری بالای نانو ذرات می‌تواند نتیجه سطح ویژه بالای نانو ذرات، چگالی بیشتر نواحی واکنش‌پذیر بر سطح ذره و یا افزایش واکنش‌پذیری این نواحی بر روی سطح باشد. ذرات نانو به ذراتی اطلاق می‌شود که قطر آنها یا میانگین ابعاد آنها در حدود $۱۰^{-۹}$ یعنی یک میلیاردم یک متر باشد. این ذرات به لحاظ ابعاد کوچک خود دارای خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی و مغناطیسی خاصی هستند (Hsin *et al*., 2008; Chen *et al*., 2007).

نانو کود آلی کلاته آهن امکان مصرف خاکی و برگی را برای عنصر آهن فراهم کرده است (Khalaj *et al*., 2009). نانو کود کلاته آهن به علت پایداری مناسب و توان آزادسازی کنترلی، پایه کودی مطمئنی برای رهایش آهن می‌باشد. همچنین، نانو کود کلات آهن

دارای کمپلکس منحصر به فرد و دارای ۹ درصد آهن محلول در آب pH در بازه ۳ تـا ۱۱ می‌باشد (Baghaei *et al*., 2012). ترکیبات کلاته آهن بهترین راه‌حل برای برطرف کردن کلروز آهن در همه خاک‌ها و به‌خصوص خاک‌های قلیایی بوده و می‌توانند شدیدترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان را برطرف نمایند (Razazi *et al*., 2010). پوشاندن و سیمانی کردن با ذرات نانو و کوچک‌تر از نانو، باعث ایجاد قابلیت تنظیم رهاسازی عناصر غذایی از کپسول کودی می‌شود (Liu *et al*., 2005). مزایای استفاده از نانو کود کلات آهن شامل افزایش متابولیسم گیاهان و جذب بیشتر و مؤثرتر عناصر و کودهای اصلی و همچنین رساندن هدفمند عناصر ریزمغذی به بافت‌های مشخص گیاهان می‌باشد (Rasoli *et al*., 2013). آهن نقش مهمی در سنتز کلروفیل دارد و همچنین، در جذب سایر مواد مغذی کمک می‌کند، زیرا از اجزای اصلی کلروفیل، تنظیم‌کننده تنفس و فتوسنتز و کاهش‌دهنده نیترات و سولفات است. آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد همه گیاهان است. ترکیبات آهن به همراه بذرها و یا از طریق محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها به کار می‌روند (Ferguson, 2006).

تنش کم‌آبی یکی از مهم‌ترین موانع محیطی در برابر فتوسنتز است. بسیاری از مطالعات در رابطه با تنش کم‌آبی، کاهش در میزان فتوسنتز را نشان می‌دهد (Sajjadinia *et al*., 2010). میزان مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی بستگی به حساسیت هر یک از اجزای عملکرد آن به تنش خشکی در زمان مواجه‌شدن تنش و شدت تنش دارد. در کل تنش خشکی موجب کاهش ماده خشک و عملکرد دانه می‌شود که این امر به دلیل کاهش سطح برگ گیاه است (Pakniyat, 2005). آرزمجو و همکاران (Arazmjoo *et al*., 2010) گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی از شاهد به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد اقتصادی (عملکرد گل) در بابونه ۱۸/۱ درصد کاهش یافت. کوموسا و همکاران (Komosa *et al*., 2002). شورا و همکاران (Chohura *et al*., 2007) گزارش کردند که کود کلاته آهن به‌طور فراوانی عملکرد را نسبت به دیگر کودهای آهن افزایش داد. در تحقیق صفی‌خانی و همکاران (Safikhani *et al*., 2007) روی گیاه بادرشبو مشخص شد تیمار بدون تنش رطوبتی در هر دو سال تحقیق، بیشترین عملکرد سرشاخه گل‌دار و عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد. رشد گیاه نه تنها به تجمع مواد خام از طریق فتوسنتز و جذب عناصر بستگی دارد، بلکه به حفظ پتانسیل فشاری آب در گیاه جهت طویل شدن سلول‌ها نیز وابسته است (Heidari and Asgaripoor, 2011).

امروزه نیاز زیادی به تحقیق در رابطه با مقاوم‌سازی گیاهان به تنش احساس می‌شود، دست‌یابی به دانش در زمینه اثرات نانو ذرات آهن و تنش خشکی بر روی گیاهان و تأکید بر افزایش پایداری سیستم‌های گیاهی در شرایط تنش امری ضروری می‌باشد. با توجه به مطالب بیان‌شده هدف از این مطالعه بررسی نقش نانو کلات آهن در کاهش تأثیرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های مختلف بابونه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در چاه نیمه (موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و

عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۲ سطح تنش خشکی (آبیاری در ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان شاهد و آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان تنش)، سطوح نانو کلات آهن در ۲ سطح (شاهد یا عدم استفاده از نانو کلات آهن و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ۱۳ ژنوتیپ بابونه (اصفهان، مشهد، شیراز، کرمان، اراک، اردستان، گچساران، نائین، خوزستان، صفاشهر، کازرون، آلمان و مجارستان) بود. پس از طی شدن مراحل کار در گلخانه و انجام یادداشت برداری مربوط به صفات رویشی، بقیه آزمایش‌ها و اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی در پژوهشکده زیست‌فناوری کشاورزی (بیوسنتر) انجام گرفت. تمامی بذرهای بابونه از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده در گلدان‌ها در جدول ۱ ارایه شده‌است. تحقیق در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۳۰× ۳۵ سانتی‌متر اجرا شد و برای هر تیمار سه تکرار (سه گلدان) و در مجموع ۱۵۶ عدد گلدان در نظر گرفته شد. خاک مورد استفاده از خاک مزرعه نزدیک گلخانه پژوهشکده کشاورزی استفاده و بعد از عبور دادن از الک به میزان ۴ کیلوگرم در داخل گلدان‌هایی با زهکش پر گردید. سپس در هر گلدان بذرها در عمق ۱ سانتی‌متری از سطح خاک کشت گردیدند. گلدان‌ها در شرایط یکسان حداقل دما ۹ و حداکثر دما ۳۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. محلول‌پاشی در سه مرحله (چهار برگی، هشت برگی و مرحله گلدهی) و هر سه مرحله محلول‌پاشی در هنگام غروب آفتاب انجام شد تا جذب محلول بهتر صورت بگیرد و تبخیر محلول به حداقل برسد. همچنین، محلول‌پاشی تا زمانی که کل گیاهان با محلول آغشته شود، ادامه داشت. مشخصات کود نانو کلات آهن در جدول ۲ آورده شده‌است.

اعمال تنش خشکی زمانی که گیاه به مرحله چهار برگی رسید شروع شد. اندازه‌گیری تیمار تنش خشکی با دستگاه TDR صورت گرفت. برای رسیدن به تراکم مورد نظر عملیات تنک در دو مرحله ۴ برگی و ۸ برگی انجام گردید. در مرحله آخر ۴ بوته در هر گلدان نگه‌داشته شد.

به‌منظور اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی مقدار ۰/۱ گرم از ماده تر (برگ تازه) گیاه در هاون چینی با نیتروژن مایع ساییده شد و پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه، سپس با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (eppendorf 5810 ساخت آلمان) نموده و عصاره فوقانی در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico UV- 2100 ساخت آمریکا) قرائت شدند و با استفاده از فرمول‌های زیر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه به دست آمد (Arnon, 1987).

Chlorophyll a= (19.3 ×A663 - 0.86 × A645) V/100W

Chlorophyll b= (19.3 × A645 - 3.6 × A663) V/100W

Chlorophyll a+b= Chlorophyll a+ Chlorophyll b

(V= حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵، W= وزن‌تر نمونه برحسب گرم)

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد. در این روش، ۰/۰۵ گرم از بافت تازه برگی در ۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول و کلریدریک اسید به نسبت حجمی ۹۹: ۱) در هاون چینی کاملاً

ساییده شد. سپس عصاره حاصل به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفت و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ شد. محلول رویی برداشته و میزان جذب این ماده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر خوانده شد.

ارتفاع گیاه، فاصله بین طوقه تا انتهای کاپیتول در مرحله پایان گلدهی اندازه‌گیری شد. همچنین فاصله بین دو انتهای گل را به عنوان قطر طبق، فاصله بین دم‌گل تا انتهای گل را به‌عنوان طول طبق در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری عملکرد گل در بوته، وزن خشک بخش اقتصادی و قابل‌استفاده گیاه برای بابونه گل‌ها و وزن کل ماده خشک تولیدشده بوته به‌عنوان عملکرد بوته محاسبه شد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با نرم‌افزار SAS (ver 9.1) انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه داده‌ها برای ارتفاع بوته نشان داد، ارتفاع بوته تحت تأثیر اثرات ساده تنش خشکی، ژنوتیپ و نانو کلات آهن و همچنین اثرات دوجانبه تنش در ژنوتیپ، تنش در نانو کلات آهن و ژنوتیپ در نانو کلات آهن و همچنین اثرات سه‌جانبه تنش در نانو کلات در ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین سه‌گانه نشان داد، در آبیاری کامل، مصرف نانو کلات آهن در ژنوتیپ‌های شیراز، کرمان، اردستان، نائین و مجارستان موجب کاهش ارتفاع بوته و در بقیه ژنوتیپ‌ها، افزایش ارتفاع بوته را سبب شد. در تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن نیز موجب کاهش ارتفاع در ژنوتیپ‌های شیراز، نائین و آلمان شد. به‌طورکلی، بالاترین و پایین‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۹۹/۵۷ و ۶۷/۴۵ میلی‌متر از ژنوتیپ صفاشهر در شرایط بدون تنش و مصرف نانو کلات و ژنوتیپ کازرون در شرایط تنش و عدم مصرف نانو کلات مشاهده شد (جدول ۴).

بهبود سیستم فتوسنتزی در شرایط تنش می‌تواند علاوه بر کاهش تأثیرات تنش می‌تواند کاهش کربن تولید در شرایط تنش گیاه برای تولید متابولیت‌های سازگاری مورد استفاده را جبران نماید و از این طریق بر میزان تولید و ارتفاع گیاه تأثیر داشته باشد. طی تحقیقی اثر تنش خشکی و ژنوتیپ بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد که تنش خشکی باعث ۱۰/۲۶ درصدی کاهش ارتفاع بوته شد (Taati, 2014). قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh *et al*., 2010) اعلام کردند با افزایش تنش خشکی، ارتفاع ساقه بادرشبو از ۳۲ سانتی‌متر در تنش کم به ۲۷ سانتی‌متر در تنش شدید رسید. در آزمایشی مصرف نانو ذرات آهن موجب افزایش رشد طولی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) گردید که این به دلیل سطح مخصوص نانو ذرات آهن و قابلیت جذب و تحرک بیشتر در گیاه است (Pandey *et al*., 2010).

قطر و طول طبق

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که قطر و طول طبق تحت تأثیر اثرات اصلی، اثرات دوگانه و اثرات سه‌گانه در سطح ۵ و ۱ درصد قرار گرفتند. مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد، در آبیاری کامل، مصرف نانو کلات آهن در ژنوتیپ‌های شیراز، کرمان، اردستان و گچساران موجب افزایش قطر طبق و در بقیه ژنوتیپ‌ها موجب کاهش قطر طبق شد و در ژنوتیپ‌های

اصفهان، مشهد، شیراز، اردستان، گچساران و مجارستان شد. در شرایط تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن موجب افزایش قطر طبق در ژنوتیپ‌های مشهد، کرمان، کازرون و آلمان و افزایش طول طبق در ژنوتیپ‌های شیراز، گچساران، نائین و مجارستان شد و در بقیه ژنوتیپ‌ها موجب این صفت شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد اجتناب از تنش خشکی آخر فصل به‌عنوان یک راهبرد اکولوژیک مطرح می‌باشد، بدیهی است در این شرایط گیاه از طریق تسریع در مراحل فنولوژیک، قبل از وقوع تنش و مواجهه با خشکی، چرخه زندگی خود را تکمیل کرده و به‌نوعی از خشکی فرار می‌کند (Turner *et al.*, 2001) که این امر می‌تواند از دلایل کاهش طول و قطر طبق در بابونه باشد.

عملکرد گل و عملکرد بوته

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که برهمکنش تنش خشکی در ژنوتیپ و ژنوتیپ در نانو کلات آهن و اثرات سه‌جانبه بر میزان عملکرد گل و عملکرد بوته معنی‌دار بود ولی برهمکنش تنش در نانو کلات آهن تنها بر عملکرد بوته معنی‌دار بود. با توجه به برهمکنش تنش در نانو کلات در ژنوتیپ، بیشترین عملکرد بوته از تیمار عدم تنش و مصرف ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانو کلات آهن از کرمان با میانگین ۰/۶۶۵ گرم حاصل شد. پایین‌ترین مقدار این صفت نیز با میانگین‌های ۰/۱۶۴ گرم در تیمار تنش و عدم محلول‌پاشی از ژنوتیپ اراک به دست آمد (جدول ۴). همچنین مشاهده شد، عملکرد گل در ژنوتیپ‌های مشهد، شیراز، اراک و صفاشهر افزایش و در بقیه ژنوتیپ‌ها کاهش نشان دادند. در آبیاری کامل، مصرف نانو کلات آهن در ژنوتیپ‌های شیراز، اراک، صفاشهر، گچساران، خوزستان و مجارستان موجب کاهش عملکرد گل و در بقیه ژنوتیپ‌ها، افزایش عملکرد گل را سبب شد. در تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن نیز موجب کاهش عملکرد گل در ژنوتیپ‌های مشهد، اراک و نائین شد. در مورد عملکرد بوته نیز در آبیاری کامل، مصرف نانو کلات آهن در ژنوتیپ‌های اصفهان، مشهد، اراک، صفاشهر و آلمان موجب کاهش عملکرد بوته و در تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن نیز موجب کاهش عملکرد ژنوتیپ‌های اصفهان، مشهد، اراک، صفاشهر، خوزستان و نائین شد (جدول ۴).

تنش خشکی در گیاه، سبب کاهش توسعه رویشی گیاه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ به‌ویژه سطح برگ‌ها شده و درنتیجه توانایی فتوسنتزی گیاه و سرعت انباشت ماده خشک کاهش‌یافته و باعث کاهش عملکرد گل گیاه شد. گیاه در مواجه با تنش، جهت حفظ بقاء و جلوگیری از تعرق بیشتر آب از اندام هوایی به‌ویژه برگ‌ها، سطح برگ خود را کاهش داده و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد و عملکرد سرشاخه که قسمتی از عملکرد بیولوژیک می‌باشد نیز کاهش پیدا می‌کند (Oweis *et al.*, 2004). در آزمایشی بیشترین مقدار وزن تر و وزن خشک بوته (عملکرد بیولوژیک) در شرایط عدم تنش به‌دست آمد و با شدیدتر شدن تنش از میزان این صفات کاسته شد (Sanjari-meyjani, 2014). همچنین، در پژوهش دیگری از آرزمجو و همکاران (Arazmjoo *et al.*, 2010) بیان شد که با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گل در گیاه بابونه آلمانی کاسته شد. تنش خشکی موجب محدود شدن رشد گیاه و کاهش شاخسارهای جانبی و به تبع آن کاهش تعداد کاپیتول در بوته

گردیده است (Taati, 2014). اسفینی فراهانی و همکاران (Esfinifarahani *et al*., 2011) در آزمایشی روی آفتابگردان (رقم گل آذر) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود. طی گزارش فرخی‌نیا و همکاران (Farokhinia *et al*., 2011) تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و اثر بر فعالیت‌های آنزیمی و فرایندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود. شورا و همکاران (Chohura *et al*., 2007) گزارش کردند که کود کلات آهن به‌طور فراوانی عملکرد را نسبت به دیگر کودهای آهن افزایش می‌دهد. همچنین تأثیر محلول‌پاشی کود آهن موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و عملکرد زیست توده ژنوتیپ‌های سویا شد (Mosivand *et al*., 2009). کاربرد نانو کلات آهن در مطالعه پاریاد (Paryad, 2012) در کدوی تخم کاغذی موجب افزایش عملکرد در این گیاه شد.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و آنتوسیانین‌ها) علاوه بر اثرات اصلی، تحت تأثیر اثرات دوگانه و سه‌گانه در سطح ۱ درصد قرار گرفتند (جدول ۵). در تنش خشکی مصرف نانو کلات آهن نیز موجب کاهش کلروفیل a در ژنوتیپ‌های شیراز، خوزستان، نائین، مجارستان و آلمان، کاهش کلـروفیل b در ژنوتیپ‌های اصفهان، کازرون، اردستان، خوزستان، نائین و آلمان، کاهش کلروفیل کل در ژنوتیپ‌های اصفهان، شیراز، اردستان، خوزستان، نائین، مجارستان و آلمان و کاهش آنتوسیانین در ژنوتیپ‌های اصفهان، شیراز، صفاشهر، کازرون، خوزستان و آلمان شد. به‌طورکلی، بالاترین کلروفیل a (۰/۵۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)، کلروفیل b (۰/۳۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)، کلروفیل کل (۰/۸۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) و آنتوسیانین‌ها (۱/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) به ترتیب از ژنوتیپ کازرون در شرایط تنش و مصرف نانو کلات، ژنوتیپ مشهد در شرایط تنش و مصرف نانو کلات، ژنوتیپ شیراز در شرایط بدون تنش و مصرف نانو کلات و ژنوتیپ اردستان در شرایط بدون تنش و عدم نانو کلات آهن مشاهده شد (جدول ۶).

با توجه به مشاهدات این تحقیق میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی (به جزء کلروفیل a) با افزایش میزان شدت تنش خشکی کاهش یافت. گزارش‌های متناقضی بسته به گونه گیاه در رابطه با افزایش و یا کاهش محتوای کلروفیل وجود دارد. همچنین گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که کلروفیل برگ‌ها، تحت تنش کاهش می‌یابد. با این‌حال افزایش کلروفیل نیز تحت تنش گزارش شده‌است (Parida *et al*., 2005). یکی از عوامل دیگر در کاهش میزان کلروفیل می‌تواند ناشی از کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مثل نیترات ریداکتاز باشد. همچنین می‌تواند تجزیه شیمیایی ژن‌های مربوط به مسیر بیوسنتزی رنگیزه‌ها در تنش خشکی با کاهش میزان آنها مرتبط باشد (Idress *et al*., 2010). کاهش و تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی در مطالعه‌ای در گیاه نعناع فلفلی گزارش گردیده است (Khalil *et al*., 2010). پیش‌تر از این نیز پژوهش محققان کاهش رنگیزهای فتوسنتزی را در اثر تنش خشکی در آفتابگردان به اثبات رسانده‌اند (Heidari and Karami, 2013). کاهش محتوی کلروفیل در

تنش خشکی به دلیل کاهش عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن می‌باشد، بدین معنی که کاتابولیسم کلروفیل در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد که علت عمده آن علاوه بر موارد ذکر شده می‌تواند به دلیل پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلال هورمونی ناشی از تنش خشکی باشد (Kafi and Rostami, 2007).

نتایج حاصل با نتایج کدخدایی و احسان‌زاده (Kadkhodai and Ehsanzadeh, 2011) مطابقت دارد، آنها کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص، افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز و اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل را از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی ذکر کرده‌اند. افزایش سنتز این ترکیب آنتوسیانین در اثر محرک‌های متعدد محیطی نظیر حملات میکروبی، پرتوهای فرابنفش و تنش‌های فیزیکی و شیمیایی و محیطی گزارش شده است. به‌عنوان مثال، گزارش شده‌است که مقدار آنتوسیانین در بگونیای همیشه گلدار (*Begonia semperflorens*) در شرایط تنش افزایش یافته است. این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به‌وسیله حذف مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در طول تنش اکسیداتیو می‌باشد (Zhang *et al*., 2010). در شرایط تنش ملایم میزان کلروفیل بیشتری مشاهده شد، در حالی که با افزایش شدت تنش، از میزان کلروفیل کاسته شد (Safavigordini, 2013). کاهش کلروفیل به‌عنوان عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای فتوسنتز محسوب می‌شود که با نتایج آزمایشاتی در گوجه‌فرنگی (Niakan and Ahmadi, 2014.) در گیاه باقلا و توتون (Kaya *et al*., 2010) مطابقت دارد. طی گزارشی گیاهان تحت تنش ملایم غلظت‌های کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل اختلاف معنی‌داری با گیاهان نداشت ولی با کاهش آب قابل دسترس به نصف ظرفیت زراعی از غلظت رنگیزه‌ها کاسته شد (Rassam *et al*., 2014). همچنین، مشاهده گردید که رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد نانو کلات آهن افزایش یافتند. کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش خشکی به دلیل اکسایش نوری رنگیزه‌ها و تخریب کلروپلاست است (Farooq *et al*., 2009)، همچنین، علت کاهش کلروفیل تحت تنش به واسطه اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌باشد (Bybordi *et al*., 2010). کاهش میزان رنگدانه در مطالعات قلی‌پور (Gholipor, 2014) و توان و همکاران (Tavan *et al*., 2014) نیز گزارش شده است. پیرزاد و همکاران (Pirzad *et al*., 2015) نیز در مطالعه خود نشان دادند که محلول‌پاشی نانو کلات آهن موجب بهبود کارایی وزن خشک بوته و وزن خشک ریشه‌های چغندرقند شد. آنها دلیل این امر را به بهبود سیستم فتوسنتزی گیاه در اثر کاربرد آهن و افزایش میزان کربن تولید و اختصاص بیشتر آن به این اندام‌ها نسبت دادند. عناصر ریزمغذی مانند آهن با افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه موجب رشد بیشتر اندام هوایی گیاه و توسعه سطح و قطر تاج پوشش می‌شوند (Rahmani *et al*., 2013).

با توجه به نقش اساسی آهن در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد آهن سبب شده تا فتوسنتز بهتر انجام شده و در پی آن موجب افزایش جذب این عناصر شده‌است که این موضوع با یافته‌های محققان دیگر (Mirzapour and Khoshgoftarmanesh, 2008؛ Kochian, 2000) که نشان دادند کوددهی کلات آهن با بهبود

فتوسنتز سبب افزایش رشد گیاه و جذب سایر عناصر به‌ویژه عناصر کم مصرف شد. محلول‌پاشی عنصر آهن بیشترین شاخص سطح برگ را در مقایسه با سایر تیمارها تولید نموده که این عکس‌العمل نقش آهن در افزایش میزان کلروفیل را نشان می‌دهد که به دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش‌یافته و در نتیجه موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد (Soleimani *et al*., 2011).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج تحقیق مشاهده شد، تأثیرات تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های بابونه متفاوت بود به‌طوری‌که عملکرد، اجزای عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی در برخی ژنوتیپ‌ها در اثر تنش افزایش و در برخی از ژنوتیپ‌ها بدون تغییر و یا کاهش نشان دادند. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ شیراز نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها تحمل بیشتری به تنش از خود نشان داد. تأثیرات نانو کلات آهن (۲ میلی‌گرم بر لیتر) نیز در شرایط بدون تنش و تنش با توجه به ژنوتیپ متفاوت بوده و در بیشتر ژنوتیپ‌ها بهبود عملکرد و سیستم فتوسنتزی را سبب شد و نشان‌دهنده تأثیرگذاری کودهای نانوکلات در مقادیر کم می‌باشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده

Table 1- Some of physical and chemical characteristics of the used soil

ویژگی‌های نمونه خاک Characteristics of soil samples		مقدار Content
هدایت الکتریکی	EC (dS. m^{-1})	1
اسیدیته	pH	7.3
ماده آلی	Organic matter (%)	0.46
نیتروژن	Nitrogen (%)	0.05
فسفر	Phosphorus (mg/kg)	6.6
پتاسیم	Potassium (mg/kg)	115
آهن	Iron (mg/kg)	3.5
روی	Zinc (mg/kg)	4.8
منگنز	Manganese (mg/kg)	2.9
لوم	Loamy (%)	26
رس	Clay (%)	32
شن	Sand (%)	42
بافت خاک	Soil texture	loamy Sand

جدول ۲- مشخصات نانو کلات آهن مورد استفاده

Table 2- The characterstic of the nano iron chelated used

شرکت سازنده Maker company	میزان آهن Amount of iron	اسیدیته pH	نحوه مصرف Instructions for use	میزان مصرف Amount of consumption	خاک قابل‌استفاده Usable soil
خضراء Khazra	9%	4-9	خاکی و محلول‌پاشی Soil application and sprayed	محلول‌پاشی: ۲ در هزار Sprayed: 2 mg/l خاکی: ۳- ۱۰ کیلوگرم در هکتار Soil application: 3-10 kg.ha	آهکی و قلیایی calcareous and alkaline

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های کمی ژنوتیپ‌های بابونه تحت تنش خشکی و نانو کلات آهن

Table 3- Analysis of variance of quantitative characteristics of chamomile genotypes under drought stress and nano iron chelated

منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		ارتفاع بوته Plant height	قطر طبق Head diameter	طول طبق Head length	عملکرد گل Flower yield	عملکرد بوته Plant yield
تکرار Replication	2	1067.897ns	0.048ns	0.412ns	0.0030 ns	0.0082*
تنش خشکی Drought stress	1	268391.4**	12.671*	8.119**	0.0936**	0.1734**
ژنوتیپ Genotype	12	44286.1**	12.333**	3.002**	0.0194**	0.0191**
نانو آهن Nano chelated iron	1	67379.98**	9.640*	0.550ns	0.0419**	0.0147**
تنش× ژنوتیپ genotype ×Drought	12	30869.71**	20.120**	3.176**	0.0304**	0.0640**
تنش × نانو آهن nano×Drought	1	16871.09**	0.845 ns	3.984*	0.0001ns	0.0255**
ژنوتیپ × نانو آهن nano×Genotype	12	38705.86**	20.431**	1.618*	**0.0162	0.0351**
تنش × ژنوتیپ× نانو آهن × genotype×Drought nano	12	21462.78**	17.964**	1.647**	0.0211**	0.0341**
خطا Erorr	102	589.068	2.5753	0.7892	0.0052	0.0052
ضریب تغییرات (CV٪)	-	8.17	5.90	7.66	16.16	11.29

ns، * و ** غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non significant, significant at %5 and %1 level of probability, respectively

درجه آزادی خطای قطر و طول طبق به علت وجود کرت گم شده و تخمین آن ۹۰ می‌باشد.

Due to the missingand plot estimate df of error of head and head length was 90.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات برای برهمکنش تیمارهای تنش خشکی، ژنوتیپ و نانو کلات آهن

Table 4- Comparison of traits mean for the interaction of drought stress treatments, genotype and nano chelated iron

تنش Stress	ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته Plant height (mm)		قطر طبق Head diameter (mm)		طول طبق Head length (mm)		عملکرد گل Flower yield (g/plant)		عملکرد بوته Plant yield (g/plant)	
		عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano
آبیاری کامل Fully Irrigated	Esfehan	393.89	402.29	23.77	23.33	9.79	10.69	0.224	0.498	0.439	0.410
	Mashhad	282.88	441.90	25.08	22.85	10.22	10.78	0.222	0.328	0.612	0.252
	Shiraz	443.45	354.65	25.34	27.71	9.48	10.93	0.192	0.179	0.378	0.486
	Arak	362.90	443.86	23.60	23.50	10.50	11.40	0.140	0.113	0.329	0.164
	Kerman	377.13	362.43	29.04	29.56	10.63	9.48	0.161	0.200	0.665	0.364
	Safashahr	423.94	499.57	27.04	22.57	10.84	10.96	0.192	0.157	0.446	0.686
	Kazeroon	246.78	454.70	28.36	25.75	10.68	9.65	0.157	0.412	0.542	0.482
	Ardestan	411.57	110.14	22.33	30.64	10.50	12.85	0.206	0.330	0.425	0.549
	Gachsaran	36.84	447.82	23.79	28.27	10.21	10.78	0.390	0.300	0.398	0.498
	Khozestan	320.26	23.95	28.77	25.16	11.45	10.58	0.183	0.169	0.515	0.663
	Nain	350.77	311.97	27.21	25.93	11.65	11.61	0.283	0.312	0.455	0.539
	Majarestan	421.46	268.28	28.84	24.82	10.47	10.55	0.316	0.145	0.524	0.636
	Alman	145.82	206.63	24.58	23.11	10.74	9.51	0.179	0.216	0.438	0.378
تنش Stress	Esfehan	283.17	320.38	26.65	24.52	11.90	10.85d	0.214	0.287	0.557	0.508
	Mashhad	344.77	447.42	23.12	28.57	12.14	11.76	0.367	0.165	0.409	0.400
	Shiraz	352.92	295.64	26.66	26.39	11.32	11.70	0.255	0.272	0.408	0.606
	Arak	197.34	345.08	29.43	23.47	14.08	11.60	0.188	0.171	0.568	0.408
	Kerman	333.68	388.63	24.84	26.22	11.76	11.64	0.185	0.227	0.296	0.507
	Safashahr	162.49	330.45	28.57	26.37	11.98	10.90	0.213	0.257	0.353	0.346
	Kazeroon	67.45	230.97	25.42	25.76	10.51	10.32	0.103	0.119	0.224	0.350
	Ardestan	234.18	292.43	25.40	24.24	11.08	10.60	0.145	0.148	0.197	0.370
	Gachsaran	154.71	287.04	25.08	24.36	10.36f	11.46	0.061	0.236	0.329	0.477
	Khozestan	95.64	196.10	27.04	24.59	12.37	10.68	0.132	0.217	0.430	0.366
	Nain	297.39	91.47	26.99	24.85	10.09	10.36	0.159	0.102	0.457	0.407
	Majarestan	76.56	216.49	24.41	17.69	9.97	10.34	0.133	0.166	0.365	0.376
	Alman	316.09	285.03	22.10	26.86	10.13	9.61	0.153	0.228	0.394	0.429
LSD 5%		39.60		1.84		1.12		0.13		0.08	

جدول ۵- تجزیه واریانس ویژگی‌های کیفی ژنوتیپ‌های بابونه تحت تنش خشکی و نانو کلات آهن

Table 5- Analysis of variance of quantitative characteristics of chamomile genotypes under drought stress and nano chelated iron

منابع تغییرات Sources of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیلb Chlorophyll b	کلروفیل کل Chlorophyll a+b	آنتوسیانین Anthocyanin
تکرار Replication	2	0.000006ns	0.00004ns	0.00004ns	0.0251ns
تنش خشکی Drought stress	1	0.0185**	0.0872**	0.0346**	0.1025ns
ژنوتیپ Genotype	12	0.0301**	0.0248**	0.0798**	0.2815**
نانو آهن Nano chelated iron	1	0.0246**	0.0426**	0.0003*	0.0955ns
تنش× ژنوتیپ genotype×Drought	12	0.0418**	0.0228**	0.0537**	0.0449ns
تنش × نانو آهن nano×Drought	1	0.0063**	0.0075**	0.0011**	0.7560**
ژنوتیپ × نانو آهن nano×Genotype	12	0.0416**	0.0125**	0.0891**	0.1409**
تنش × ژنوتیپ× نانو آهن nano× genotype×Drought	12	0.0318**	0.0107**	0.0482**	0.2653**
خطا Erorr	102	0.00003	0.0001	0.0015	0.0261
ضریب تغییرات (CV٪)	-	5.11	6.94	7.6	20.16

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non significant, significant at %5 and %1 level of probability, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات برای برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی، ژنوتیپ و نانو کلات آهن

Table 6- Mean comparison of traits for the interaction of drought stress treatments, genotype and nano chelated iron

تنش Stress	ژنوتیپ Genotype	کلروفیل a (mg.g FW^{-1}) Chlorophyll a		کلروفیلb (mg.g FW^{-1}) Chlorophyll b		کلروفیل کل Chlorophyll a+b (mg.g FW-1)		آنتوسیانین (mg/100ml) Anthocyanin	
		عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano	عدم نانو no-nano	نانو nano
آبیاری کامل Fully Irrigated	Esfehan	0.541	0.384	0.192	0.286	0.734	0.670	0.98	1.02
	Mashhad	0.453	0.356	0.185	0.230	0.658	0.585	1.37	1.05
	Shiraz	0.508	0.482	0.326	0.391	0.834	0.873	0.93	1.14
	Arak	0.138	0.390	0.158	0.318	0.297	0.708	1.06	0.69
	Kerman	0.326	0.410	0.129	0.107	0.455	0.518	0.87	1.08
	Safashahr	0.390	0.509	0.131	0.205	0.521	0.714	0.80	1.09
	Kazeroon	0.392	0.533	0.145	0.170	0.537	0.713	0.99	0.87
	Ardestan	0.358	0.210	0.341	0.286	0.700	0.496	1.87	0.87
	Gachsaran	0.509	0.247	0.148	0.213	0.655	0.460	0.81	0.74
	Khozestan	0.367	0.226	0.136	0.035	0.505	0.258	1.11	0.66
	Nain	0.375	0.293	0.136	0.279	0.511	0.572	0.88	0.77
	Majarestan	0.509	0.484	0.142	0.187	0.650	0.673	1.15	0.85
	Alman	0.506	0.356	0.180	0.253	0.686	0.308	1.04	0.75
تنش Stress	Esfehan	0.495	0.546	0.130	0.063	0.626	0.481	1.26	0.84
	Mashhad	0.422	0.437	0.104	0.395	0.526	0.833	1.04	1.25
	Shiraz	0.482	0.441	0.131	0.157	0.613	0.598	1.26	1.17
	Arak	0.501	0.519	0.142	0.209	0.642	0.728	0.63	1.27
	Kerman	0.260	0.452	0.116	0.169	0.376	0.621	0.82	0.82
	Safashahr	0.358	0.448	0.085	0.161	0.449	0.609	1.09	1.02
	Kazeroon	0.191	0.559	0.248	0.225	0.439	0.775	1.25	0.89
	Ardestan	0.541	0.538	0.224	0.191	0.765	0.729	1.17	1.53
	Gachsaran	0.329	0.505	0.176	0.178	0.512	0.683	0.37	1.13
	Khozestan	0.448	0.266	0.155	0.100	0.603	0.374	1.15	0.76
	Nain	0.445	0.156	0.116	0.085	0.561	0.242	0.73	1.09
	Majarestan	0.485	0.185	0.149	0.209	0.605	0.394	0.75	1.53
	Alman	0.535	0.279	0.173	0.046	0.708	0.326	0.85	0.58
LSD 5%		0.009		0.008		0.013		0.261	

References منابع مورد استفاده

- Abedi, T, and H. Pakniyat. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 46 (1): 27–34.
- Applequist, A.W.L. 2002. A reassessment of the nomenclature of *Matricaria chamomilla* L. and *Tripleuro spermum* Such Bip. (Asteraceae). *International Association for Plant Taxonomy*. 51 (4): 757-761.
- Arazmjoo, A., M. Heydari, A. Ghanbari, B.A. Siahsar, and A. Ahmadian. 2010. Effects of three types of fertilizers on essential oil, photosynthetic pigments, and osmoregulators in chamomile under drought stress. *Journal of Environmental Stresses in Crop Silences*. 3 (1): 23-33. (In Persian).
- Arnon, A.N. 1987. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23: 112-121.
- Azimzadeh, M. 2009. Iranian *Bunimom persicum* genetic evaluation using its. M.Sc. Thesis. Tehran University Publication. 81 pp. (In Persian).
- Azizi, M. 2006. Study of four improved cultivars of *Matricaria chamomilla* L. in climatic condition of Iran. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 22 (4): 386-396. (In Persian).
- Baghaei, N., N. Keshavarz, H. Shukrivahed, and M.H. Nazaran. 2012. Effect of Nano-iron chelate on yield and yield components of rice. 12th. Crop Science Congress. Islamic Azad University, Karaj, Iran. pp. 1-5. (In Persian).
- Bybordi, A., S.J. Tabatabaei, and A. Ahmadev. 2010. Effect of salinity on fatty acid composition of Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment*. 8(1): 113-115.
- Chen, X., C. Deng, S. Tang, and M. Zhang. 2007. Mitochondria-dependent apoptosis induced by Nano scale hydroxyapatite in human gastric cancer SGC-7901 cells. *Biological Pharmacology Bulletin*. 30: 128–132.
- Chohura, P., E. Kołota, and A. Komosa. 2007. The effect of different source of iron on nutritional value of greenhouse tomato fruit grown in peat substrate. *Vegetable Crops Research Bulletin*. 67: 55-61.
- Das, M., B. Singh, and R. Prasad. 2004. Response of maize (*Zea mays*) to phosphorus-enriched manures growing P-deficient Alf sols on terraced land in Meghalaya. *Journal of Agriculture Science*. 61 (6): 383-388.
- Esfinifarahani, M., F. Paknezhad, A. Kashani, M. Ardakani, M. Bakhtyarimoghadam, and M. Rezai. 2011. Effect of spraying methanol on yield and yield components of Sunflower (*helianthus annuss* L. Azargol hybrid) under different moisture condition. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 18(1): 115-124. (In Persian).
- Farokhinia, M., M. Rushidie, B. Pasban-Esllam, and R. Sasandost. 2011. Evaluation of some physiological characteristics and yield of sunflower under the drought stress. *Journal of Crop Science*. 42 (3): 545-553. (In Persian).
- Farooq, M.W.A., N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*.

29: 185-212. (In Persian).

- Ferguson, R.B. 2006. Fertilizer recommendations for soybean. UNL Soil Fertility. Available online at: http://soil fertility.unl.edu.
- Ghasemi- Pirbalouti, A., M. Bahrami, A.R. Golparvar, and K. Abdollahi. 2011. GIS based land suitability assessment for German chamomile production. *Bulgarian Journal of Agriculture Sciences*. 17 (1): 93-98.
- Gholizadeh, A., M.S.M. Amin, A.R. Anuar, M. Esfahani, and M.M. Saberioon. 2010. The study on the effect of different levels of zeolite and water stress on growth, development and essential oil content of moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.). *American Journal of Applid Science*. 7(1): 33-37.
- Golipoor, S. 2014. Evaluation of drought resistance in wheat ten cultivares and advanced lines M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardebili, 98 pp. (In Persian).
- Heidari, M., and A. Karami. 2013. Effect of drought stress and strain of mycorrhiza on yield, of sunflower photosynthetic pigments. *Journal of Environmental Stresses on Plants*. 6 (1): 17-26. (In Persian).
- Heidari, M., and M. Asgaripoor. 2011. The effect of different douses of potassium sulfate on yield and yield component sorghum under drought stress. *Iranian Journal of Crop Researches*. 2: 374-381. (In Persian).
- Hsin, Y.H., C.F. Chen, Sh. Huanga, T. Sh. La, and P.J. Chueh. 2008. The apoptotic effect of nanosilver is mediated by a ROS and JNK-dependent mechanism involving the mitochondrial pathway in NIH3T3 cells. *Toxicology Letters*. 3: 130-139.
- Idress, M., U. Mussarat, Y. Badshah, R. Qamar, and H. Bokhari. 2010. Virulence factors profile of drug-resistant Escherichia coli isolates from urinary tract infections in Punjab, Pakistan. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. 12: 1533-1537.
- Kadkhodaie, A., and C. Ehsanzadeh. 2011. The relationship between grain yield and the flax the amount of oil with chlorophyll content of, proline and soluble carbohydrates under the of different irrigation regimes. *Journal of Field Crop Science*. 42 (1): 131-125. (In Persian).
- Kafi, M., and M. Rostami, 2007. Effects of drought stress on yield, yield components and oil content of three sunflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. *Iranian Journal of Crop Researches.* 5(1): 121-132. (In Persian).
- Kaya I., H. Kirnak, C. Tas, and D. Higgs. 2010. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology fruit yield and quality in eggplants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 27(3): 34-46.
- Khalaj, H., A. Razazi, M.H. Nazaran, M.R. Labbafi, and B. Beheshti. 2009. Efficiency of a Nano-organic fertilizer with chelated iron in an external fertilizer on survival and quality characteristics of greenhouse cucumber. Seed and Plant improvement institute. 2th National Conference on Application of Nanotechnology in Agriculture, Karaj, Iran. 2 pp. (In Persian).

- Khalil, S.E., G. Nahed, A. Azizi, and L.A.H. Bedour. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. *Journal of American Science*. 12: 33-43.
- Kochian, L.V. 2000. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization: 1204-1249. In: Buchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L., (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Biologists (ASPB), Rockville, Maryland, USA, 1408 pp.
- Komosa A, E. Kołota, and P. Chohura. 2002. Usefulness of iron chelates for fertilization of greenhouse tomato cultivated in Rockwool. *Vegetable Crop Research Bulletin*. 55: 35-40.
- Lashkari, F. 2013. The effect of super absorbent polymer and manure fertilizer on quantity and qualitative medicinal plant of Karla in different periodes irrigation. M.Sc. Thesis. University of Zabol, Zabol, Iran. 121 pp. (In Persian).
- Liu, F., M.N. Andersen, and C.R. Jensen. 2005. Root signalcontrols pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. *Field Crops Research*. 85:159-166.
- Majnoon-Hoseini, N., and S. Davazdah Emami. 2008. Cultivation and production of medicinal plants and specially. Second edition. Tehran University Publication.114 pp. (In Persian).
- Mirzapour, M.H., and A.H. Khoshgoftarmanesh. 2008. Iron fertilization effects on growth, yield and oil seed content of sunflower grown on a salin-sodic calcareous soil. *Agricultural Research*. 8(4): 61-74. (In Persian).
- Mosivand, M., A. Khorghami, and M. Rafei. 2009. Effect of iron concentration on the growth of yield components in different genotypes of soybean. *Journal of Crop Physiology*. 1(4): 35-45. (In Persian).
- Movahedi, M., S.A.M. Modares-sanavi, A. Soroshzadeh, and M. Jalali. 2004. The Changes in the proline and total soluble carbohydrates, chlorophyll (SPAD) and chlorophyll fluorescence Sunflower (*Carthamus tinctorius* L.) in cultivars under drought stress and foliar application of zinc and manganese. *Journal of Desert*. 9 (1): 93- 109.
- Niakan, M., and A. Ahmadi. 2014. Effects of foliar spraying kinetin on growth parameters and photosynthesis of tomato under different levels of drought stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 4(2): 939-947. (In Persian).
- Oweis, T., A. Hachum, and M. Pala. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a mediterranean environment. *Journal of Agricultural Water Management*. 68: 251–265.
- Paknyat, F. 2005. Effects of drought stress on the physiological characteristics, yield and its components of three wheat cultivars. Ph.D thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian).
- Pandey, A.C., S.S. Sanjay, and R.S. Yadav. 2010. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L. *Journal of Experimental Nano Science*. 5(6): 488-497.

- Parida, A.K., A.B. Das, and P. Mohanty. 2005. Defense potentials to NaCl in a mangrove, Bruguier parviflora: Differential changes of isoforms of some anti-oxidative enzymes. *Journal of Plant Physiology*. 161: 531- 542.
- Paryad, S. 2012. The effect of seed size and plant nutrition of mothers on the quality of the seeds in the pumpkin pharmaceutical (*Cucurbita pepo* L.). Master's thesis. Faculty of Agriculture Department of Agronomy and Plant Breeding. University of Mohaghegh Ardebili. (In Persian).
- Pirzad, A., M. Mazlomi, and M. Sedghi. 2015. The effect of nano-iron foliar application on efficiency of sugar beet iron. *Journal of Research in Agricultural Ecosystems*. 1: 67-75. (In Persian).
- Rahmani, A., M. Mirza, and S.R. Tabaei-Aghdai. 2013. Effects of different fertilizers (macro and micro element) on quantity and quality of essential oil and other byproducts of *Rosa damascena* Mill. In Iran. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 29(4): 747-759. (In Persian).
- Rasoli, M., S. Khodabakhshzadeh, K.H. Afrozi, and Y. Ahmadi-ghorejili. 2013. Study the applied and the effects of nano fertilizers in the optimal production of agricultural products (Case Study: The Impact of Nano amendments grape production and horticultural crops). Nanotechnologies the first conference, the benefits and applications. Mofatteh of the University of Hamadan. (In Persian).
- Rassam, G.H., A. Dadkhah, and A. Khoshnodi-Yazdi. 2014. Evaluation of medicinal plant of hyssop lack of morphological and physiological traits. *Journal of Agricultural of Knowledge*. 10: 1-12. (In Persian).
- Razazi, M., M.R. Labafi, Z. Mehrabi, M.H. Nazaran, and M. Hamid KHalaj. 2010. Effects of nano chelated iron fertilizer on the yield of saffron (*Crocus sativus* L.). The Iranian Agronomy and Plants Breeding of Science Eleventh Congress. Institute of Environmental Sciences. Shahid Beheshti University in Tehran. 2505-2507. (In Persian).
- Safavigordini, F. 2013. Effect of super absorbent polymer, potassium and to drought steress manure animal on resistance of pumpkin (*Cucurbita pepo*) M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Zabol, 101 pp. (In Persian).
- Safikhani, F., H. Heydarye sharifabad, A. Shafi-Ashorabai, M. Seyednejad, and B. Abbaszadeh. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics of *Deracoceohalum moldarical*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 23(2): 183-194. (In Persian).
- Sajjadinia, A., A. Ershadi, H. Hokmabadi, M. Khayyat, and M. Gholami. 2010. Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. *American Journal of Agriculture Economic*. 1: 1- 6.
- Sanjari‌meyjani, M. 2014. Effect of drought stress and humic acid on qualitative and quantitative characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Zabol, 160 pp. (In Persian).
- Soleimani, A., M. Firozi, and L. Narenjsni. 2011. The effect of foliar application of micronutrients on some of physiological parameters influence the growth of and

biomass yield forage maize. *Iranian Journal of Agronomic Researches*. 9(3): 347-340. (In Persian).

- Taati, F. 2014. Effect of drought stress and absezic acid on qualitative and quantitative characteristics of thistle (*Silybum marianum*). M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Zabol, 169 pp. (In Persian).
- Tavan, T., M. Niakan, and A.A. Nornia. 2014. The effect of nono-potassium fertilizer on growth factors, photosynthetic system and plant protein amount wheat (*Triticum aestivum* L.) N8019 cultivar. *Journal of Plant EcoPhysiology*. 3: 61 -71. (In Persian).
- Turner, N.C., G.C. Wright, and K.H.M. Siddique. 2001. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. *Advances in Agronomy*. 71: 193-231.
- Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*. 64: 88-93.
- Zhang, K.M., H.J. Yu, K. Shi, Y.H. Zhou, J.Q. Yu, and X.J. Xia. 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. *Plant Science.* 179(3): 202-208.

Response of Different Irrigation on Nano Iron Chelated to Chamomile (*Matricaria Chamomilla* L.) Genotypes

Hamideh Azad[1*], Bartali Fakheri[2], Nafise Mehdi Nejhad[3], and Ghasem Parmoon[4]

Received: May 2016 , Revised: 26 June 2017, Accepted:13 Agusut 2017

Abstract

To study the effects of drought stress and foliar application of nano iron chelated on photosynthetic pigments, yield and yield component of thirteen genotypes of chamomile, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Research Greenhouse of Zabol University in 2014. The experimental treatments were: drought stress at 2 levels (control or irrigation at 90% of field capacity and irrigation at 70% of field capacity), foliar application of nano iron chelate at 2 levels (control and 2 mg/l) and 13 genotypes of chamomile consisting at: Isfahan, Mashhad, Shiraz, Kerman, Arak, Ardestan, Gachsaran, Nain, Khozestan, Safashahr, Kazeroon, Germany and Hungary. The results showed that besides the main effects of stress×genotype, the genotype×nano iron chelated and stress×nano iron chelated interactions and the triple effects were also became significant. Mean comparisons showed that the condition of genotypes at any level of stress and nano iron chelated had different trends. Using nano iron chelated in drought stress decreased chlorophyll a in Shiraz, Khozestan, Nain, Hungary and Germany genotypes, decreased chlorophyll b in genotypes of Isfahan, Kazeroon, Ardestan, Khozestan, Nain and Germany, decreased total chlorophyll in genotypes of Isfahan, Shiraz, Ardestan, Khozestan, Nain, Hungary and Germany and decreased anthocyanin content in Isfahan, Shiraz, Safashahr, Kazeroon, Khozestan and Germany genotypes. Using nano iron chelated in drought stress also caused a decrease in flower yield of Mashhad, Arak and Nain and a decrease per plant yield of Isfahan, Mashhad, Arak, Safashahr, Khozestan and Nain genotypes. The highest per plant yield (0.665 g.) belonged to Kerman genotype, were achieved through non-stress and use of nano iron chelate treatments and the lowest per plant yield (0.164 g.) to Arak genotype through the stress and non-spray treatments. Totally the interaction of chamomile genotypes to drought stress were different. Among the genotypes under study the Shiraz genotype were more resistant to stress compared to others. The effects of application of nano iron chelated were different depending on the genotype and for most of the genotypes it increased the photosynthetic pigment contents and yield components of Chamomile. This shows the effectiveness of low rate application of nano iron chelate.

Key words: Chamomile, Drought stress, Genotype, Nano iron chelated, Yield components.

1- M.Sc. Student, Department of Horticulture and Plant Breeding, Collage of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2- Associate Professor , Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, University, Zabol.Iran
3- Assistant Professor. Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, University, Zabol.Iran.
4- Ph.D. Student, Departmant of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Mohaghegh Ardebili University, Ardabil, Iran.
* *Corresponding Author: hamidehazad26@gmail.com*