



بررسی اثر کاربرد براسینواستروئید بر پتانسیل عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ بهاره (*Cartahamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

*مهناز ظفری^۱، علی عبادی^۲، سدابه جهانبخش^۳ و محمد صدقی^۲

^۱دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه محقق اردبیل، آستاد گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیل،

^۲دانشیار گروه زراعت، دانشگاه محقق اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: گلرنگ سابقه طولانی کشت و کار در جهان دارد و به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش شوری و خشکی مطرح است. از آنجا که دانه گلرنگ جزء دانه‌های روغنی سالم و مرغوب می‌باشد؛ بنابراین گلرنگ برای این پژوهش انتخاب گردید. و به‌خاطر این‌که تاکنون در اردبیل، گلرنگ به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی مفید در سطح زراعی وسیع کشت نشده است، تصمیم گرفتیم با اندازه‌گیری صفات عملکرد در شرایط دیم در این منطقه، و تحت هر دو شرایط مصرف براسینواستروئید و عدم مصرف آن، در صورت مناسب بودن عملکرد و مقرون به صرفه بودن آن به کشاورزان منطقه ترویج کنیم.

مواد و روش: این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی آبیاری پس از ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی سه رقم گلرنگ بهاره (گلدشت، سینا و فرامان) و تنظیم کننده رشد براسینواستروئید (شاهد (۰) و 10^{-7} مولار) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنش خشکی شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و اجزای عملکرد دانه را کاهش داد. در ارتفاع بوته بیشترین سهم به رقم سینا تعلق داشت و چون گلدشت رقمی پاکوتاه است از کمترین ارتفاع بوته برخوردار بود، در ارقام فرامان و گلدشت به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در کاپیتول و تعداد کاپیتول در بوته به‌دست آمد، اما در هزاردانه برعکس بود، چون بین تعداد دانه در جذب مواد غذایی رقابت بوجود آمده و رقمی با بیشترین تعداد دانه و کاپیتول از کمترین وزن هزاردانه برخوردار خواهد بود. در عملکرد دانه که حاصل اجزای عملکرد است، ارقام سینا و گلدشت در یک دامنه آماری بودند، و فرامان از عملکرد بیشتری برخوردار بود. در عملکرد زیستی فرامان از بیشترین سهم، و گلدشت از کمترین سهم برخوردار بود. اما در شاخص برداشت هر سه رقم در یک دامنه آماری بودند. و در کارایی مصرف آب، رقم سینا کارآمدتر از دو رقم دیگر در تنش ملایم و شدید بود. مصرف براسینواستروئید منجر به بهبود ارتفاع، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب لحظه‌ای شد.

*مسول مکاتبه: mahnaz.zafari@yahoo.com

نتیجه‌گیری: بر اساس اثرات اصلی، در منطقه سردسیر اردبیل در شرایط دیم و دارای تنش خشکی بین سه رقم کشت شده، رقم فرامان رشد بهتری داشت و از بیشترین تعداد کاپیتول در بوته، دانه در کاپیتول، عملکرد دانه و زیستی برخوردار بود. همچنین مصرف براسینواستروئید، منجر به افزایش جذب آب و بهبود رشد گیاه، و در نتیجه بهبود عملکرد دانه و زیستی شد.

واژه‌های کلیدی: براسینواستروئید، تنش خشکی، رقم، گلرنگ

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو می‌سازد (۱). با توجه به این‌که کشور ایران با متوسط نزولات ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شود بنابراین کاشت گیاهانی که دارای پتانسیل عملکرد و تولید قابل توجه در شرایط کمبود آب باشند می‌تواند در بهره‌وری بیشتر از این مناطق مؤثر باشد (۲۶). گلرنگ با توجه به بومی بودن، دارای خصوصیات ارزشمندی از جمله سازگاری به شرایط خشک و نیمه خشک، کیفیت بالای روغن، مقاومت به تنش‌های محیطی به‌خصوص تنش خشکی می‌باشد (۲۴). گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius L.* گیاهی است یکساله از تیره کاسنی و مدت زیادی از کشت آن در جهان می‌گذرد (۵). در دهه‌های اخیر، تولیدات کشاورزی متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی به‌منظور کسب عملکرد بیشتر بوده است که علاوه بر مشکلات و آلودگی زیست محیطی این مواد تهدیدی برای دستیابی به تولید پایدار می‌باشند. تأکید سیستم‌های آینده کشاورزی پایدار، بر مبنای کاهش در مصرف نهاده‌ها و انرژی و مدیریت مناسب آب و خاک و حفظ محیط زیست به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب و پایدار است (۱۸). تنش خشکی سبب کاهش تجمع ماده خشک در سویا و آفتابگردان گردید (۷). هاشمی دزفولی (۱۹۹۴)

گزارش کرد که تعداد ساقه و کاپیتول در بوته گلرنگ با افزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد (۱۴). گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله گلدهی و پرشدن دانه‌ها در گلرنگ سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در کاپیتول و وزن هزار دانه گردید (۱۰). بررسی زمان، شدت و مدت دوره تنش کم‌آبی بر واکنش‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان بسیار حایر اهمیت بوده بر رشد، عملکرد، اجزای عملکرد تأثیر بسزایی دارد. با توجه به این‌که افزایش عملکرد در هر گیاه دارای حد معینی است لذا افزایش یا کاهش یک یا چند جزء با افزایش یا کاهش یک یا چند جزء دیگر همراه است (۲). در مطالعه لئونارد و فرنچ (۱۹۶۹) عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (۱۹). تنش خشکی در طول مرحله گلدهی، گرده‌افشانی و نمو دانه ممکن است تعداد دانه تشکیل شده را به شدت کاهش دهد (۳۰). وزن دانه به سرعت و دوام پرشدن دانه بستگی دارد هر عاملی که سرعت یا دوام پرشدن دانه را تقلیل دهد کاهش وزن دانه را نیز در بر خواهد داشت. تنش خشکی از راه‌های گوناگون بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر منفی می‌گذارد (۲۰). همچنین شالچی (۲۰۰۸) در آزمایش خود بر کاهش عملکرد زیستی گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی در دوران رشد رویشی و زایشی تأکید نمود (۲۹).

بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی بین ۲۸۰-۳۰۰ میلی‌متر بوده که بیش‌تر به‌صورت بارش زمستانه است. آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. عامل اصلی آبیاری در سه سطح آبیاری پس از ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی شامل سه رقم گلرنگ بهاره (گلدشت، سینا و فرامان) و تنظیم‌کننده رشد براسینواستروئید در دو سطح ۰ و 10^{-7} مولار بود. زمان آبدهی به هر کرت، بر اساس میزان تبخیر آب موردنظر از تشتک کلاس A در نظر گرفته شد. و میزان آبدهی به هر کرت اصلی به میزان یکسان انجام گرفت، بدین گونه که، در زمان آبیاری هر کرت موردنظر، آب در اولین جوی ردیف کشت رها شده و وقتی به انتهای آخرین ردیف کشت رسید آبدهی به اتمام رسید (آبیاری به حالت جوی پشته‌ای انجام گرفت).

کود دامی پوسیده قبل از کشت و موقع تهیه بستر کشت و شخم زنی به میزان ۵/۵ تن در هکتار به زمین افزوده شد. کاشت در اردیبهشت ماه به‌صورت جوی و پشته‌ای در عمق ۳ سانتی‌متری، فاصله بین ردیف‌ها ۵۵ سانتی‌متر و بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت به حالت هیرم کاری در اردیبهشت ماه انجام گرفت. آبیاری تا موقع گلدهی برای همه تیمارها یکسان بود و از مرحله ۲۵ درصد گلدهی تیمارهای تنش خشکی اعمال شد. سه روز بعد از اعمال هر تنش، تیمارهای براسینواستروئید تنها در یک مرحله، به حالت محلول پاشی بر برگ‌ها به میزان ۳ لیتر برای هر ۲۷۰ بوته در ۷/۲ مترمربع استفاده شد. برداشت از نمونه‌ها با حذف دو ردیف حاشیه (اول و آخر) هر کرت و ۶۰ سانتی‌متر از طرفین کرت انجام شد. جهت اندازه‌گیری صفات موردنظر قبل از برداشت نهایی از هر کرت ۵ بوته به‌طور تصادفی

برای تحمل تنش کم‌آبی سازوکارهای مقاومت و تحمل در گیاهان توسعه یافته است. یکی از راه‌های مقابله و تطابق، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است (۲۲). اولین بار براسینواستروئیدها از دانه گرده گیاه کلزا استخراج (۱۲) و به‌عنوان ششمین گروه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در نظر گرفته شد (۲۴). این ترکیبات موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی می‌شوند (۲۷). براسینواستروئیدها تحمل گیاهان را در محدوده وسیعی از استرس‌های محیطی افزایش داده‌اند و این افزایش عموماً وابسته به تولید و رونویسی ژن‌های ضد تنش از جمله پروتئین‌های شوک گرمایی بوده که نشانگر افزایش رونویسی ژن‌های مسئول پاسخ به استرس برای بالا بردن تحمل به استرس در درون گیاهان تیمار شده به‌وسیله براسینواستروئید بوده است (۱۷). استفاده از براسینواستروئید در عدس تحت شرایط خشکی موجب افزایش عملکرد محصول شد (۱۶). با وجود این‌که بسیاری از مطالعات روی بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های شوری و دمای بالا متمرکز شده‌اند، گزارش‌های محدودی در خصوص قابلیت براسینواستروئید در کاهش اثر خشکی در گیاهان زراعی وجود دارد (۳). لذا تحقیق حاضر به‌منظور بررسی نقش کاربرد براسینواستروئید در بهبود تحمل به خشکی این گیاه بر اساس اجزای عملکرد و عملکرد دانه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ بهاره، این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۳۸/۲۵ شمالی و ۴۸/۳۰ شرقی در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا اجرا شد. بارش این منطقه

شرایط تنش خشکی و عدم تنش گردید (جدول ۴). کاهش ارتفاع بوته در کلزا تحت شرایط تنش خشکی و افزایش آن توسط مصرف براسینواستروئید قبلاً نیز گزارش شده است (۲۵). براسینواستروئیدها طیف وسیعی از واکنش‌ها از قبیل تحریک رشد طولی بافت‌های جوان از طریق تقسیم و طویل شدن سلولی و همچنین تمایز آوندی را القا می‌کنند که فرایند نموی مهمی برای رشد گیاه محسوب می‌شود (۴). سنگوپتا و همکاران (۲۰۱۱) نیز اظهار کرده‌اند که برگپاشی براسینواستروئید از طریق افزایش بیوستنز اکسین و جیبرلین، منجر به افزایش ارتفاع بوته در ماش گردید (۲۸).

تعداد دانه در کاپیتول: اثرات اصلی تنش خشکی و وارپته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر اصلی مصرف براسینواستروئید معنی‌دار نشد (جدول ۱). با افزایش سطح تبخیر از ۸۰ میلی‌متر تبخیر به ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر سبب کاهش ۱۷/۷ درصدی تعداد دانه در کاپیتول گردید (جدول ۲). امیدی (۲۰۰۹) نیز بیان نمودند تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در طبق در گیاه گلرنگ می‌گردد (۲۱). اثر براسینواستروئید بر تعداد دانه در کاپیتول معنی‌دار نشد، در حالی‌که در بین ارقام تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در کاپیتول مشاهده شد. به این صورت که، رقم فرامان با ۲۸/۲۷ تعداد دانه در کاپیتول بیشترین مقدار، و گلدهشت با ۱۵/۸۸ دانه در کاپیتول از کمترین تعداد دانه برخوردار بود (جدول ۳).

تعداد کاپیتول در بوته: این صفت، تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای تنش خشکی، وارپته و براسینواستروئید قرار گرفت و اثر متقابل معنی‌داری دیده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی نشان داد که با افزایش تنش از تعداد کاپیتول در بوته به شدت کاسته می‌شود به طوری‌که، با

انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد و صفات ارتفاع، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند؛ برای تعیین عملکرد نهایی هر رقم، در هر کرت از دو ردیف میانی و سطحی به مساحت یک مترمربع برداشت شد و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. به‌منظور به‌دست آوردن کارایی مصرف آب لحظه‌ای، میزان فتوسنتز بر هدایت روزنه‌ای تقسیم شد (۲۳). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گردید و مقایسه میانگین اثرهای اصلی به روش LSD در سطح یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثرات اصلی تیمارهای تنش خشکی، وارپته و براسینواستروئید در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته گلرنگ معنی‌دار شد و اثر متقابل معنی‌داری دیده نشد (جدول ۱). اثر اصلی تیمار تنش خشکی نشان داد که افزایش سطح تنش از ۸۰ میلی‌متر تبخیر به ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر، موجب کاهش ۱۴/۵ درصد از ارتفاع بوته شد (جدول ۲). و بین اثرات اصلی در وارپته‌ها، از آنجا که گلدهشت رقمی پاکوتاه است کمترین ارتفاع بوته با (۸۵/۱۷ سانتی‌متر) به گلدهشت، و بیشترین ارتفاع بوته با (۱۰۷/۸۸ سانتی‌متر) به سینا تعلق داشت (جدول ۳). افزایش تنش خشکی سبب افزایش رقابت برای جذب آب بین بخش هوایی و زمینی در بوته می‌شود و در این رقابت، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی از حمله ساقه رسیده، که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته می‌شود (۶). مصرف براسینواستروئید با اختلاف معنی‌دار (۲۰/۳۵ سانتی‌متر) منجر به افزایش ارتفاع بوته در هر دو

این مورد در فرامان صادق است. و مصرف براسینواستروئید به علت افزایش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول (۴) منجر به افزایش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه گردید (جدول ۴). افزایش وزن هزاردانه با مصرف براسینواستروئید در آزمایش اسکندری (۲۰۱۱) نیز مشاهده شده است (۱۱).

عملکرد دانه: تیمارهای تنش خشکی، براسینواستروئید و واریته در سطح احتمال یک درصد عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دادند و اثر متقابل معنی داری دیده نشد (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی از میزان عملکرد دانه به شدت کاسته شد. سطح تبخیر ۸۰ میلی متر (شاهد) از بیشترین میزان عملکرد دانه (۶۵۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود که با افزایش سطح تبخیر به ۱۲۰ میلی متر، با ۴۸ درصد کاهش عملکرد مواجه شد و با افزایش تبخیر به ۱۶۰ میلی متر با ۶۳/۸۴ درصد کاهش عملکرد مواجه شد. همان طور که مشاهده می کنید بیشترین افت عملکرد متعلق به افزایش تبخیر از ۸۰ به ۱۲۰ میلی متر است. این تفاوت افت بین سطوح تنش در اجزای عملکرد نیز موجود بود (جدول ۲). تنش خشکی با تأثیر بر طول دوره رشد گیاه، کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش تعداد کاپیتول در بوته، کاهش دانه در کاپیتول و وزن هزار دانه در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه گردید. این نتایج با یافته های امید (۲۰۰۹) که قطع آبیاری را در گلرنگ سبب کاهش عملکرد دانه گزارش کردند (۲۱)، مطابقت داشت. در نهایت پس از اختلاف بین واریته های گلرنگ در اجزای عملکرد، رقم فرامان با مقدار (۵۰۰۶/۶ کیلوگرم در هکتار) از میزان عملکرد دانه بیشتری نسبت به سینا و گلدشت برخوردار بود، و سینا با گلدشت در یک دامنه آماری قرار داشتند. مصرف براسینواستروئید با اختلاف معنی دار ۱۵/۶۹ درصدی موجب افزایش عملکرد دانه شد (جدول ۴).

افزایش تبخیر از ۸۰ به ۱۶۰ میلی متر، با ۴۹ درصد کاهش مواجه شده است (جدول ۲). تنش خشکی با کاهش طول دوره رشد گیاه و جلوگیری از رشد جوانه های جانبی، منجر به کاهش تعداد شاخه فرعی و کاپیتول در بوته می شود (۱۵). این نتایج با نتایج دانشور و خواجهی نژاد (۲۰۱۴) مطابقت دارد (۹). در اختلاف معنی دار بین واریته ها، فرامان با ۳۴/۱۶ عدد کاپیتول در بوته و گلدشت با ۲۳/۶۶ عدد کاپیتول در بوته، به ترتیب از بیشترین و کمترین تعداد کاپیتول برخوردار بودند (جدول ۳). مصرف براسینواستروئید منجر به افزایش ۱۲/۴۶ درصدی تعداد کاپیتول در بوته گردید (جدول ۴). افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه مرزه با مصرف براسینواستروئید توسط اسکندری (۲۰۱۱) گزارش شده است (۱۱).

وزن هزاردانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای تنش خشکی، واریته و براسینواستروئید قرار گرفت و اثر متقابل معنی داری دیده نشد (جدول ۱). کاهش ۱۴/۳۵ درصدی وزن هزاردانه با افزایش تنش خشکی در سطح ۱۶۰ میلی متر تبخیر می تواند ناشی از کاهش طول دوره پر شدن دانه در اثر تنش خشکی و همچنین محدود بودن انتقال مجدد باشد (جدول ۲). کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی و افزایش فاصله آبیاری در گلرنگ در آزمایش دانشور و خواجهی نژاد (۲۰۱۴) گزارش شده است (۹). در وزن هزار دانه مشاهده شد که گلدشت و فرامان به ترتیب با مقادیر (۵۰/۹۸ و ۲۷/۸۵ گرم) از حداکثر و حداقل مقدار وزن هزاردانه برخوردار بودند (جدول ۳). این اختلاف می تواند به دلیل رقابت درون بوته ای در ارقام باشد که گلدشت به علت داشتن کمترین تعداد دانه در کاپیتول و تعداد کاپیتول در بوته و در نتیجه کاهش رقابت بین دانه ها در بوته برای جذب مواد غذایی، دارای درشت ترین دانه ها می باشد و بر عکس

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی و براسینواستروئید بر شاخص برداشت معنی‌دار بود و اثر متقابل معنی‌داری دیده نشد (جدول ۱). با افزایش سطح تبخیر از ۸۰ به ۱۲۰ میلی‌متر، میزان شاخص برداشت ۳۰/۴۳ درصد کاهش داشت، اما شاخص برداشت در سطح تبخیر ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری نشان نداد. یعنی افت عملکرد از ۱۲۰ به ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). تیمار واریته روی این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. اما تیمار براسینواستروئید منجر به افزایش معنی‌دار ۴۱/۵۲ درصدی شاخص برداشت شد. معنی‌دار نشدن اثر واریته به این دلیل است که تأثیر بر عملکرد زیستی و عملکرد دانه در تمامی تیمارهای آبیاری یکسان بوده است.

کارایی مصرف آب لحظه‌ای: اثرات اصلی تیمارهای آبیاری، ارقام و براسینواستروئید و اثر متقابل آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم (شکل ۱) نشان داد که با افزایش سطح تبخیر از میزان کارایی مصرف آب کاسته می‌شود. در سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، کارایی مصرف آب رقم گلدشت با رقم سینا تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند و هر دو نسبت به رقم فرامان برتری داشتند. در ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، سینا به‌طور معنی‌داری کارایی مصرف آب بیشتری (۲۰/۲۰ درصد) نسبت به گلدشت داشت اما با فرامان در یک دامنه آماری بودند، همچنین در این سطح فرامان و گلدشت در یک دامنه آماری بودند. در سطح ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، کارایی مصرف آب سینا با اختلاف معنی‌دار (۳۱/۸۴ درصد) بیشتر از رقم فرامان بود، ولی با گلدشت در یک دامنه آماری قرار داشتند. همچنین گلدشت با رقم فرامان تفاوت معنی‌داری نداشت. از نظر این صفت رقم سینا

افزایش عملکرد دانه با مصرف براسینواستروئید در هر دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش در لوبیا، مرزه و ماش گزارش شده است که مربوط به بهبود اجزای عملکردشان می‌باشد (۲۵، ۱۴، ۱۱ و ۲۸).

عملکرد زیستی: اثرات اصلی تیمارهای تنش خشکی، براسینواستروئید و واریته در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل معنی‌داری دیده نشد (جدول ۱). کاهش عملکرد زیستی با افزایش سطح تبخیر، در نتیجه کاهش آماس سلولی، کاهش ارتفاع و تعداد شاخه فرعی مشاهده شد. بیشترین عملکرد مربوط به سطح ۸۰ میلی‌متر تبخیر و کمترین مقدار به سطح ۱۶۰ میلی‌متر (تنش شدید) تعلق داشت و شایان ذکر است که اختلاف بین افت عملکرد زیستی در بین سطوح تبخیر، بین ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر با ۲۹/۰۷ درصد افت عملکرد، بیشتر از ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر با ۱۸/۶۹ درصد افت عملکرد بود. در حالی‌که اشاره گردید در عملکرد دانه افت عملکرد بین ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر بیشتر از ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر بود. امیدی (۲۰۰۹) نیز کاهش عملکرد زیستی در گلرنگ را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (۲۱). بین واریته‌ها، فرامان و گلدشت از حداکثر و حداقل مقدار عملکرد زیستی برخوردار بودند (۴۳۴۶/۴ و ۲۸۰۸/۲ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۳). مصرف براسینواستروئید در پژوهش حاضر منجر به افزایش عملکرد زیستی شد که می‌تواند ناشی از افزایش ارتفاع گیاه و اجزای عملکرد دانه باشد (جدول ۴). افزایش عملکرد زیستی توسط مصرف براسینواستروئید به واسطه افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و عملکرد دانه، قطر گیاه و وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شوید و مرزه گزارش شده است (۱۳ و ۱۱).

همچنين با توجه به نتايج به دست آمده مي توان گفت استفاده از براسينواستروئيد مي تواند اثرات نامطلوب ناشي از تنش رطوبتي را در ارقام مختلف کاهش دهد و باعث افزايش عملکرد شود. در بين واريته ها، با توجه به كشت تحت شرايط تنش خشكي در اردبيل، با توجه به صفات اندازه گيري شده در اين پژوهش، رقم فرامان مناسبترين رقم به نظر مي رسد كه عملکرد دانه و زيستي بيشترى از دو رقم سينا و گلدشت داشت.

متحمل تر بود كه توانست در بيش ترين سطح تنش خشكي كارايي مصرف آب بالاتري را داشته باشد. اعمال براسينواستروئيد با ۱۸ درصد اختلاف باعث افزايش معني دار كارايي مصرف آب لحظه اي شد (جدول ۴). براسينواستروئيد با تأثير بر افزايش دي اكسيد كربن زير روزنه اي و تنظيم كننده هاي اسمزي باعث افزايش كارايي مصرف آب شده است (۳۱).
نتيجه گيري كلي: نتايج حاصله حاكي از آنست كه تنش خشكي سبب کاهش در كارايي مصرف آب، عملکرد و اجزاي عملکرد در گلرنگ مي گردد.

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی.
Table 1. Mean squares from analysis of variance for evaluated traits.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	دانه در کاپیتول Seeds in Capitoll	کاپیتول در بوته Capitoll in plant	وزن هزار دانه weight of one thousand seeds	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کارایی مصرف آب لحظه‌ای wue
Rrplication	2	154.43**	24.22 ^{ns}	122.72**	17.06 ^{ns}	3003284.7*	878916.83 ^{ns}	4454.025*	3.66 ^{ns}
Irrigation	2	1009.76**	76.72**	1940.16**	154.66**	86001248.9**	15467996.34**	15454.49**	688.61**
Error a	4	28.42 ^{ns}	5.27 ^{ns}	8.47 ^{ns}	13.38 ^{ns}	451935.2 ^{ns}	643999.43 ^{ns}	889.87 ^{ns}	1.60 ^{ns}
Cultivar	2	2376.43**	747.72**	503.16**	2669.62**	10412415.6**	11148776.33**	799.65 ^{ns}	20.40**
براسیناستروئید Brassinosteroid	1	5591.06**	1.50 ^{ns}	204.16**	365.92**	16919533.2**	3614235.62**	5982.09*	64.11**
I x C	4	0.000007 ^{ns}	7.61 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.26 ^{ns}	257156.3 ^{ns}	468612.71 ^{ns}	990.42 ^{ns}	8.13**
Bx I	2	0.000007 ^{ns}	1.50 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.00053 ^{ns}	723359.1 ^{ns}	245.11 ^{ns}	356.57 ^{ns}	0.085 ^{ns}
Bx C	2	0.000007 ^{ns}	12.05 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.0027 ^{ns}	3850.4 ^{ns}	59914.19 ^{ns}	906.57 ^{ns}	0.014 ^{ns}
آبیاری x رقم براسیناستروئید	4	0.000007 ^{ns}	12.05 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.0027 ^{ns}	564329.4 ^{ns}	245.62 ^{ns}	390.30 ^{ns}	0.038 ^{ns}
I x C x B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Error b	-	555.91	12.43	15.28	12.97	9665284.1	371398.28	1043.95	1.38
C.V	-	4.72	16.74	13.35	9.68	18.91	17.50	28.46	10.67
ضریب تغییرات (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ns, **, * , Are insignificant, significant at the 5% and 1%.

ns, **, * , به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در اثرات ساده آبیاری.

Table 2. Comparing the means studied traits in simple effects irrigation.

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	دانه در کاپیتول Seeds in Capitol	کاپیتول در بوته Capitol in plant	وزن هزار دانه (گرم) weight of one thousand seeds (g)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) Seed yield (kg/h)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/h)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
آبیاری در ۸۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 80 mm evaporation	103.28 ^a	23.22 ^a	40.88 ^a	40.35 ^a	6578.5 ^a	4369.9 ^a	146.81 ^a
آبیاری در ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 120 mm evaporation	94.88 ^b	20.83 ^{ab}	26.05 ^b	36.71 ^b	3426.1 ^b	3552.8 ^b	102.14 ^b
آبیاری در ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 160 mm evaporation	88.34 ^c	19.11 ^b	20.88 ^c	34.56 ^b	2379.2 ^c	2520 ^c	91.62 ^b

In each column joint letters showed no statistical difference in the level of five percent is based on the test LSD.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در اثرات ساده رقم.

Table 3. Means comparison of studied traits in simple effects cultivar.

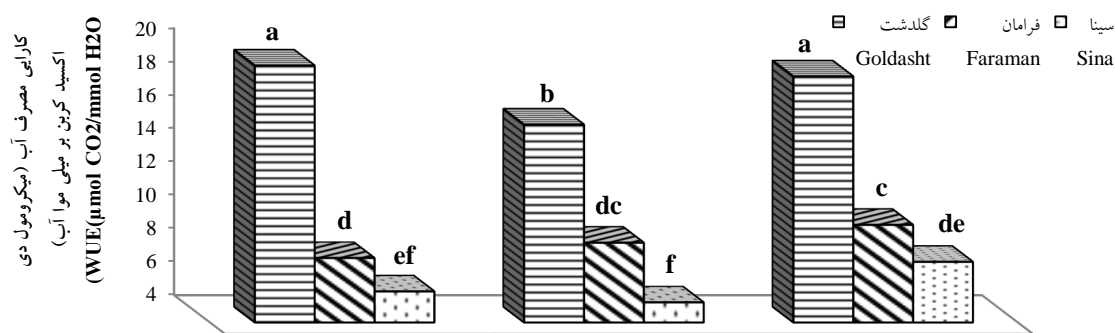
تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	دانه در کاپیتول Seeds in Capitol	کاپیتول در بوته Capitol in plant	وزن هزار دانه (گرم) weight of one thousand seeds (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/h)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/h)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
گلدشت	85.17 ^c	15.88 ^c	23.66 ^c	50.98 ^a	3706.4 ^b	2808.2 ^c	118.29 ^a
فرمان	93.46 ^b	28.27 ^a	34.16 ^a	27.85 ^c	5006.0 ^a	4346.4 ^a	116.37 ^a
سینا	107.88 ^a	19 ^b	30 ^b	32.79 ^b	3671.5 ^b	3288.1 ^b	105.91 ^a

In each column joint letters showed no statistical difference in the level of five percent is based on the test LSD.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در اثرات ساده براسینوستروئید.
Table 4. Means comparison of studied traits in simple effects Brassinosteroid.

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	کاپیتول در بوته Capitol in plant	وزن هزار دانه (گرم) weight of one thousand seeds (gr)	عملکرد دانه (کیلو) Seed yield (kg/h)	عملکرد زیستی (کیلو) Biological yield (kg/h)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	کارایی مصرف آب لحظه‌ای WUE (μmol $\text{CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$)
اعمال 10^{-7} مولار براسینوستروئید Use 10^{-7} M brassinosteroid	105.67 ^a	31.22 ^a	39.81 ^a	4687.7 ^a	3739.6 ^a	147.04 ^a	12.11 ^a
عدم اعمال براسینوستروئید Lack of apply brassinosteroid	85.33 ^b	27.33 ^b	34.60 ^b	3568.2 ^b	3222.2 ^b	102.99 ^b	9.93 ^b

در هر ستون حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.
In each column joint letters showed no statistical difference in the level of five percent is based on the test LSD.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در رقم در کارایی مصرف آب.

Figure 1. Mean comparison of the interaction effect of Irrigation and Cultivar on WUE.

منابع

1. Abolhasani, Kh., and Saeidi, G. 2006. Evaluation of Drought Tolerance of Safflower Lines Based on Tolerance and Sensitivity Indices to Water Stress. JWSS. 10(3): 407-419. (In persian)
2. Akhtarbeg, H., and Pala, M. 2001. Prospects of safflower (*Carthamus tinctorius*) production in Dryland Areas of Iran. 5th International Safflower Conference, Montana, USA, 167-173.
3. Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L., and Zou, C.M. 2011a. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. J. Agr. Crop Sci. 197: 177-185.
4. Asha, A., and Lingakumar, K. 2015. Effect of 24-epibrassinolide on the morphological and biochemical constitutions *Vigna unguiculata* (L.) seedlings. INDJSRT. 3(1): 35-39.
5. Bassil, B.S., and Kaffka, S.R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agr. Water Manag. 54: 81-92.
6. Chanbdracar, B.L., Sechar, N., Tuteja, S.S., Tripathi, R.S. 1994. Effect of irrigation and nitrogen of growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian J. Agr. 39: 701-702.
7. Cox, W.J., and Julliof, G.D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean plant characteristics deficate the timing of drought stress. Crop Sci. 40: 716-722.
8. Forozan, K. 1997. Safflower. Oilseeds Research and Development Company. Publications, Tehran, Iran, 150p.
9. Daneshvar, F., and Khajoei-Nejad, KH. 2014. Study of bio-fertilizers application effects on yield potential and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under different irrigation regimes. Iranian Soc. of Irrig and Wat Eng. 4(16): 59-69. (In persian)
10. Efatdust, N. 2003. Assess the impact of drought on different safflower genotypes. Master's Thesis. Ardebil Islamic Azad University. 102p. (In persian)
11. Eskandari, M. 2011. The effect of 28-Homobrassinolid in reducing the effects of drought in savory herbs. Int. J. Plant Physiol. Biochem. 3(11): 183-187.
12. Grove, M.D., Spencer, G.F., Rohwedder, W.K., Mandava, N.B., Worley, J.F., and Wathen, J.D. 1979. Brassinolide a plant growth promoting steroid isolated from canola (*Brassica napus*) pollen. Nature. 281: 216-217.
13. Haghshenas, J., and Eskandari, M. 2011. Growth parameters and essential oil percentage changes of dill (*Anethum graveolens*) as affected by drought stress and use of 28-homobrassinolide. JPEC. 3: 29-41. (In persian)
14. Hashemi Dezfouli, A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Research- Hisar. 7: 313-319.
15. Hayashi, H., and Hanada, K. 1985. Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. Jpn. J. Crop Sci., 54: 346-352.

16. Hayat, S., Alyemeni, M.N., and Hasan, S.A. 2012. Foliar spray of brassinosteroid enhances yield and quality of *Solanum lycopersicum* under cadmium stress. Saudi J. Biol. Sci. 19: 325-335.
17. Khripach, V.A., Zhabinskide, V.N., and Groot, A.E. 1999. Brassinosteroids a New Class of Plant Hormones. Academic press publication. 472p.
18. Kochaki, A., Nakhforosh, A., and Zarif-Ketabi, H. 1997. Organic farming. Ferdowsi University Publishing. (In persian)
19. Leonard, J.E., and French, D.F. 1969. Growth, yield and yield component of safflower as affected by irrigation regimes. Crop Sci. 61: 111-113.
20. Moayedi, A.A., Boyce, A.N., and Barakbah, S.S. 2009. Influence of water deficit during the different growth and developmental stages on the contribution of stored pre-anthesis assimilates to grain in selected durum and bread wheat genotypes. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3: 4408-4415.
21. Omidi, A.H. 2009. Effects of drought stress in different growth stages on yield seed and agronomic and physiological characteristics of three varieties of safflower. SPPJ. 1(25): 15-31. (In persian)
22. Ozdamir, F., Bor, M., Demiral, T., and Turkan, I. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, prolin content and antioxidative system of rice (*Oriza sativa* L.) under salinity stress. Plant growth Regul. 42: 203-211.
23. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Halody, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of tow wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci., 30: 105-111 .
24. Rohini, V.K., and Sankara, K.R. 2000. Embryo Transformation, A Practical Approach for realizing Transgenic Plants of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Ann Bot. 86: 1043-1049.
25. Sadegpur, A., and Bankdar-Hashemi, N. 2015. Effect of Drought Tolerance epibrassinolide in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Crop Physiol. 7(26): 57-70.
26. Sarmadnia, GH. 1993. The importance of environmental stresses on agriculture. Collection of the first Congress of Agronomy and Plant Breeding. Karaj. 172p. (In persian)
27. Schaller, H. 2003. The role of sterols in plant growth and development. Progr Lipid Res. 42: 163-175.
28. Sengupta, K., Banik, N.C., Bhui, S., and Mitra, S. 2011. Effect of brassinolide on growth and yield of summer green gram crop. J. Crop Weed. 7(2): 152-154.
29. Shalchi, M. 2008. Effects of water stress in vegetative and reproductive growth stages on yield and yield components of safflower phonological aspects morphophysiological. Master's thesis Plant Breeding, University of Bu-Ali Sina. 156p. (In persian)
30. Sio- Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Res. 98: 222-229.
31. Zafari, M., Ebadi, A., and Jahanbakhsh, S., and Sedghi, M. 2016. Evaluation some physiological characteristics in safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress and growth regulator Brassionosteroide. J. Crop Eco physiol. (In press)