

اثر محلول پاشی براسینولید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان (*Triticum aestivum* L.) رقم سیروان
در شرایط تنش خشکی انتهای فصل
Effect of foliar application of brassinolide on grain yield and yield
components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sirvan under
terminal drought stress conditions

مرضیه دهقان^۱، حمیدرضا بلوچی^۲، علی رضا یدوی^۳ و فضل اله صفی خانی^۴

چکیده

دهقان. م.، ح. ر. بلوچی، ع. ر. یدوی و ف. صفی خانی. ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی براسینولید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان (*Triticum aestivum* L.) رقم سیروان در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۱): ۵۶-۴۰.

به منظور بررسی اثر محلول پاشی غلظت‌های براسینولید بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گندم رقم سیروان در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، ایستگاه زرقان، در دو سال زارعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. عامل اصلی سطوح تنش خشکی در سه سطح: آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله آغاز گل‌دهی تا آغاز پر شدن دانه و قطع آبیاری در مرحله آغاز پر شدن دانه‌ها تا رسیدگی فیزیولوژیک و عوامل فرعی شامل محلول پاشی براسینولید در سه سطح: صفر، ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر و زمان محلول پاشی در دو سطح: قبل از گل‌دهی و قبل از پر شدن دانه بودند. نتایج نشان داد که در شرایط تنش، با افزایش غلظت براسینولید، میزان عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری آب افزایش یافتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در هر دو سال آزمایش مربوط به تنش خشکی در مرحله گلدهی بود و مقدار کاهش این صفات نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۱۸/۳، ۱۳/۱، ۲۱/۲۵، ۱۱/۳۳، ۱۱/۷۸ درصد بودند. غلظت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر براسینولید نسبت به عدم مصرف آن در میانگین دو سال باعث افزایش ۹/۱۷ درصد تعداد دانه در سنبله، ۶/۶۲ درصد وزن هزار دانه و ۷/۳ درصد در عملکرد دانه گردید. بیشترین میزان بهره‌وری مصرف آب در هر سه سطح آبیاری (۱/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به محلول پاشی غلظت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر براسینولید بود و همچنین بیشترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۱۹۳/۵ روز) در آبیاری کامل و محلول پاشی غلظت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر براسینولید به دست آمد. نتایج دو سال آزمایش نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی بیشترین اثر منفی را بر عملکرد دانه گندم رقم سیروان داشت و محلول پاشی ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر براسینولید تا حدودی این اثر منفی را تعدیل نمود.

واژه‌های کلیدی: براسینواستروئید، بهره‌وری مصرف آب، تنش کم‌آبی، گندم و وزن هزار دانه.

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۰

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: balouchi@yu.ac.ir)

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج

۴- استادیار موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

مقدمه

گندم یکی از مهم ترین و با ارزش ترین گیاهانی است که بیش از هر گیاه زراعی دیگری در دنیا کشت می شود. گندم با تامین بیش از ۴۰ درصد کالری و ۵۰ درصد پروتئین مورد نیاز، در جیره غذایی جامعه ایرانی از اهمیت به سزایی برخوردار است (Ahmadi et al., 2011). گندم رقم سیروان دارای عملکرد بالا و کیفیت نانوائی خوب برای جایگزینی قسمتی از سطح زیر کشت ارقام گندم آبی در مناطق مواجه با تنش خشکی، در سال ۱۳۹۱ معرفی شده است. این رقم برای کاشت در مناطق معتدل معرفی شده است و سازگار به اقلیم گرم تا معتدل، دارای میانگین عملکرد ۴ تا ۸ تن در هکتار، میانگین ارتفاع بوته ۹۴ سانتی متر، مقاوم به خوابیدگی، زنگ زرد، زنگ سیاه، رنگ دانه زرد کهربایی، میانگین محتوای پروتئین ۱۲ درصد و کیفیت دانه آن سخت با گلوتن قوی می باشد (Najafian et al., 2012).

عملکرد گندم تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و برهمکنش آنها می باشد. اگرچه همه تنش های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید گیاهان زراعی محسوب می شوند، ولی تنش خشکی مهم ترین عامل محدود کننده تولید محصول در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود. در الگوی فصلی بارندگی مدیترانه ای از جمله بخش هایی از ایران، قسمت اعظم بارندگی در فصل زمستان اتفاق می افتد و گیاهان زراعی معمولاً از زمان گلدهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، با خشکی و کم آبی مواجه می شوند (Jafarnejad et al., 2013). در زراعت آبی گندم، به علت محدودیت در میزان آب، مزارع با تنش کم آبی مواجه می شوند و لازم است واکنش گندم به خشکی بیش از پیش بررسی و صفات و فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس گزارش برخی از محققان، حساس ترین مرحله رشد گیاه گندم نسبت به کمبود

رطوبت خاک، از مرحله سنبله دهی تا اوایل پرشدن دانه است (Giunta et al., 1993). نتایج برخی آزمایشات نیز نشان داده اند که دوره ۵ تا ۱۵ روز قبل از ظهور سنبله در گندم، مرحله حساس به تنش خشکی است (Elyasi et al., 2011).

با توجه به اهمیت تنش خشکی، در بین روش های مختلفی که برای مقابله با آن می توان به کار برد، استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی در بهبود و رفع آثار کم آبی در گیاهان بسیار سودمند است. مصرف براسینواستروئیدها باعث القای اثرات مثبتی در کارکرد گیاهان از جمله حفظ فعالیت فتوسنتزی، فعال کردن آنتی اکسیدانت ها، تجمع مواد حفاظت کننده اسمزی و القای فعالیت سایر هورمون ها می شود (Ahmadi Mousavi et al., 2011). گزارش شده است که برخی از انواع براسینواستروئیدها، به ویژه براسینولید و هوموبراسینولید، باعث افزایش عملکرد محصول از طریق افزایش وزن دانه، به خصوص در شرایط تنش در گندم می شوند (Sairam, 1994). براسینولید رشد گیاهان را از طریق افزایش برخی از فعالیت های متابولیکی مانند فتوسنتز، بیوسنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین ها و کریبهدرات ها، افزایش می دهند، بنابراین افزایش عملکرد و شاخص های کیفی محصولات غذایی با مصرف مناسب و به موقع تنظیم کننده های رشد گیاهی قابل حصول است (Sengupta et al., 2011). لی و فنگ (Li and Feng, 2011) نشان دادند که مصرف براسینولید می تواند از طریق افزایش محتوای آب نسبی، قندهای محلول، پروتئین، پرولین، کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز، اثرات تنش رطوبتی را در گیاهچه های یک گیاه زیتنی (*Xanthoceras sorbifolia*) کاهش داده و مقاومت آن را به تنش خشکی افزایش دهد. زولو و آدام (Zullo and Adam, 2002) در گزارشی اعلام نمودند که مصرف براسینواستروئید در گلخانه و مزرعه، عملکرد گندم، سبب زمینی، برنج و کلزا را به میزان زیادی افزایش داد و همچنین کیفیت

محلول پاشی براسینولید در سه سطح؛ صفر، ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی گرم بر لیتر و زمان محلول پاشی در دو سطح؛ قبل از گلدهی (کد زادوکس ۵۹-۴۹) و قبل از پر شدن دانه (کد زادوکس ۷۲-۷۱) بودند.

محلول پاشی براسینولید در یک نوبت با استفاده از سمپاش پشتی به میزان دو لیتر محلول برای هر کرت، انجام شد. جهت سهولت جذب محلول براسینولید، میان توئین ۲۰ با آن مخلوط شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و اطلاعات مربوط به میزان بارندگی و دما در طول فصل رشد در منطقه در جدول ۲ ارائه شده است (از یک هفته قبل از اعمال تنش و بعد از آن، بارندگی بیشتر از ۲۰ میلی متر وجود نداشت و بارندگی ها مربوط به مرحله ظهور برگ پرچم تا اواسط آبدستی بود).

هر کرت آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت به فاصله ۲۰ سانتی متر، به طول چهار و عرض دو متر بود. قبل از کشت بر اساس نتیجه آزمون خاک و توصیه فنی بخش تحقیقات آب و خاک مرکز تحقیقات فارس، ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در سه نوبت، قبل از کشت، اواسط ساقه دهی و در مرحله تشکیل سنبله به خاک داده شد. کاشت بذرها به صورت دستی (با تراکم ۴۰۰ عدد بذرها در متر مربع) انجام و پس از کشت، زمین آبیاری شد. برای اندازه گیری حجم آب آبیاری، از پارشال فلوم تیپ چهار استفاده (Rahimian and Ghodsi, 2015) و حجم آب آبیاری استفاده شده برای هر کرت، بر حسب متر مکعب محاسبه گردید. محلول پاشی مربوط به مرحله گلدهی تا پر شدن دانه در فروردین ماه هر دو سال (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) و قبل از آغاز گل دهی، انجام شد. محلول پاشی مربوط به مرحله پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک در اردیبهشت ماه هر دو سال و قبل از آغاز پر شدن دانه ها انجام شد.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت محصول با

دانه حاصل از گیاه بادام زمینی که با این هورمون تیمار شده بود نیز، افزایش یافت. آنانتی و همکاران (Ananthi et al., 2013) اعلام نمودند که محلول پاشی براسینولید باعث افزایش عملکرد دانه و تعداد گل در گیاه ماش می شود که این موضوع می تواند به علت جلوگیری از ریزش گل ها به دلیل وجود ترکیبات فنلی در آنها باشد.

براسینواسترئوئیدها در بسیاری از کارکردهای فیزیولوژیک گیاهان دخیل هستند، با این وجود اطلاعات زیادی در رابطه با بهترین میزان مصرف آنها در ارقام گندم و نحوه اثر آن در شرایط تنش در دست نمی باشد. این پژوهش به منظور تعیین میزان و زمان مناسب مصرف براسینولید و اثر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد، بهره وری مصرف آب و طول دوره رویش گندم رقم سیروان در شرایط تنش خشکی انتهای فصل که یکی از تنش های مهم در ایران می باشد، انجام شد.

مواد و روش ها

آزمایش حاضر در دو سال زارعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس (ایستگاه زرقان) با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۹۶ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین ۳۰ ساله بارندگی این منطقه ۳۰۸ میلی متر، با آب و هوای نسبتاً معتدل و زمستان توأم با بارندگی و تابستان های گرم و خشک است. این تحقیق روی گندم رقم سیروان (با شجره PRL/2*PASTOR و با کد WS-85-10) به صورت کرت های خرد شده فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی سطوح تنش خشکی در سه سطح؛ ۱- آبیاری کامل، ۲- قطع آبیاری از آغاز گلدهی تا آغاز پر شدن دانه و ۳- قطع آبیاری از آغاز پر شدن دانه ها تا رسیدگی فیزیولوژیک بود. عوامل فرعی شامل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (mmhos.cm ⁻¹)	کربن آلی OC (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	شن Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)
0-15	7.6	0.98	0.86	10.8	422	24	41	35
15-30	7.7	0.91	0.79	9	400	22.2	44.4	33.4

جدول ۲- اطلاعات اقلیمی فصل رشد گندم در منطقه زرقان (۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۴-۹۵)

Table 2. Meteorological information of wheat growth seson in Zarghan, Iran (2014-15 and 2015-16)

Mounts	ماه	بارندگی ۱۳۹۳-۹۴	بارندگی ۱۳۹۴-۹۵	بارندگی میانگین ۳۰ ساله	دما ۱۳۹۳-۹۴	دما ۱۳۹۴-۹۵	دما میانگین ۳۰ ساله
		Precipitation (mm) 2014-2015	Precipitation (mm) 2015-2016	Precipitation 30 Years average (mm)	Temperature (°C) 2014-2015	Temperature (°C) 2015-2016	Temperature 30 Years average (°C)
21 Oct-20 Nov	آبان	22.5	76.2	22.39	12	13.4	13
21 Nov-20 Dec	آذر	41.5	10.3	60.36	8.3	7.7	7.6
21 Dec-20 Jan	دی	11.6	86.6	69.56	7.4	6.1	5.1
21 Jan-20 Feb	بهمن	56.4	10.6	55.9	9.4	6.3	9.5
21 Feb-20 Mar	اسفند	36	5.7	43.76	9.3	11.8	9.5
21 Mar-20 Apr	فروردین	21.5	30.8	40.80	15.5	13.2	13.3
21 Apr-20 May	اردیبهشت	8.5	3.8	12.23	20.7	21.3	18.8
21 May-20 Jun	خرداد	0	0	0.49	26.8	24.6	24

نسبت به شاهد می تواند به دلیل ریز و یا پوک بودن دانه ها و در نظر گرفته نشدن دانه های ناسالم در شمارش تعداد دانه ها باشد. گزارش شده است که تعداد دانه در سنبله در تیمار تنش پس از گلدهی، در پنجه هایی که از نظر مرحله نمو عقب هستند، کاهش می یابد (Gibson and Paulsen, 1999). جعفرنژاد و همکاران (Jafarnejad *et al.*, 2013) در آزمایشی روی ژنوتیپ های گندم در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی انتهای فصل اعلام نمودند که در برخی از ژنوتیپ ها، تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد کمتر بود که این موضوع نشان دهنده کاهش باروری دانه ها و همچنین رقابت بین آنها در جذب مواد فتوسنتزی است. کائور و بل (Kaur and Behl, 2010) نشان دادند که در بین مراحل مختلف تنش اعمال شده در گیاه گندم، بیشترین کاهش در تعداد دانه (۲۱ درصد) در تیمار تنش در مراحل خروج سنبله از غلاف برگ پرچم و بعد از گرده افشانی بود. تیمار ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید بیشترین تعداد دانه در سنبله را تولید کرده و کمترین مقدار آن در شرایط عدم استفاده از براسینولید مشاهده شد که البته با غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر، تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۱- B). این نتایج نشان داد که استفاده از غلظت بالاتر براسینولید باعث افزایش تعداد دانه در سنبله به میزان ۹/۱۷ درصد نسبت به عدم استفاده از آن شد که دلیل آن می تواند تلقیح مناسب تر و یا افزایش در شدت انتقال مواد فتوسنتزی به سنبله در حال تشکیل و یا دانه ها باشد که هم باعث افزایش وزن هزار دانه و هم تعداد دانه در سنبله می شود. محلول پاشی براسینولید در زمان های پنجه دهی و گرده افشانی می تواند باعث افزایش توسعه سلول و طویل شدن سلول ها و همچنین افزایش جریان مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن از طریق افزایش تعداد پنجه ها، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شود (Fujii *et al.*, 1991). نتایج تحقیق دایال و همکاران (Dhayal *et al.*, 2012) نشان داد که محلول پاشی گندم با غلظت ۰/۵ میلی گرم

رعایت نیم متر از حاشیه های هر کرت از سطح چهار متر مربع وسط آن انجام و عملکرد دانه و اجزای عملکرد، زیست توده، شاخص برداشت محاسبه شدند. تعداد سنبله در واحد سطح با شمارش تعداد سنبله های شمارش شده در یک متر مربع در زمان برداشت محصول، تعداد دانه در سنبله با محاسبه میانگین تعداد دانه در ده سنبله انتخابی تصادفی از ناحیه مرکزی هر کرت و وزن هزار دانه با نمونه گیری هزار عدد دانه از محصول دانه هر کرت بدست آمدند. بهره وری مصرف آب، از نسبت عملکرد دانه به میزان آب آبیاری و بارندگی محاسبه شد. برای اندازه گیری تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز زرد شدن دم گل آذین در ۵۰ درصد از سنبله ها، معیار قرار گرفت (Dastfal *et al.*, 2010).

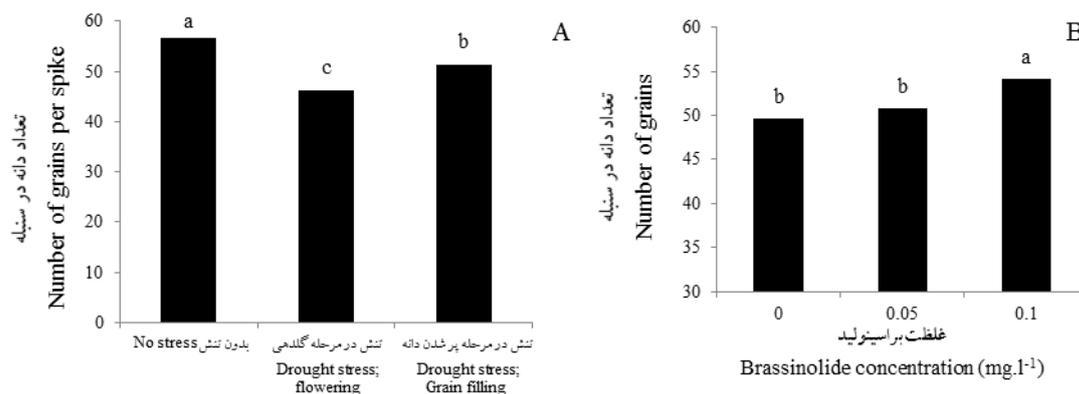
تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. آزمون بارتلت روی کلیه صفات مورد بررسی انجام شد و در مواردی که واریانس خطای صفات در دو سال آزمایش دو به دو با یکدیگر همگون بودند، تجزیه آنها به صورت تجزیه مرکب انجام شد. مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی و غلظت براسینولید بر تعداد دانه در سنبله معنی دار بودند. بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار بدون تنش خشکی و کمترین تعداد آن در تیمار تنش در مرحله گلدهی بود (شکل ۱- A). میزان این کاهش در تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله پر شدن دانه نسبت به شرایط بدون تنش به ترتیب ۱۸/۳ و ۹/۴ درصد بود که حاکی از کاهش باروری دانه ها به دلیل اختلال در تلقیح و رقابت بین دانه ها برای جذب مواد غذایی بوده است. کاهش تعداد دانه در سنبله در تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه

شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری) و آبیاری کامل نشان داد که استفاده از غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر هوموبراسینولید هم به صورت محلول پاشی در مرحله گل دهی و هم به صورت تیمار بذر، باعث افزایش تعداد دانه در سنبله در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی گردید.

بر لیتر براسینولید باعث افزایش تعداد دانه در سنبله به میزان ۹/۳۶ درصد نسبت به شاهد در شرایط تنش خشکی گردید و با افزایش غلظت براسینولید به یک میلی گرم در لیتر، تعداد دانه در سنبله ۱۳/۸۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج آزمایش سایرام (Sairam, 1994) روی دو رقم گندم در



شکل ۱- میانگین تعداد دانه در سنبله گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی (A) و غلظت براسینولید (B) (۹۴ و ۱۳۹۳)

Fig. 1. Number of grain.spike⁻¹ of wheat cv. Sirvan in drought stress (A) and Brassinolide concentration (B) treatments (2014-2016)

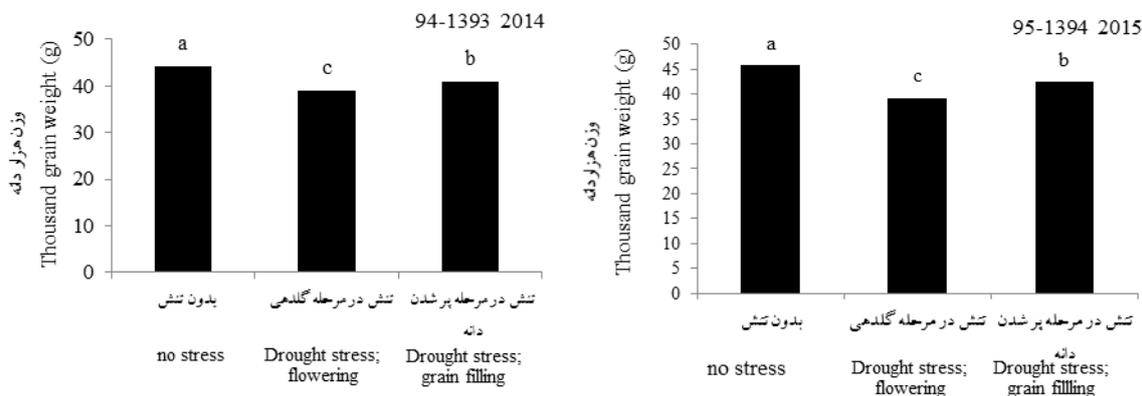
باشد (Jafarnejad *et al.*, 2013). بهداد و همکاران (Behdad *et al.*, 2013) گزارش نمودند که تیمار شاهد (بدون تنش) دارای بیشترین طول دوره موثر پر شدن دانه و در نتیجه بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد ارقام گندم بوده و قطع آبیاری در مراحل ساقه دهی و گلدهی، طول دوره پر شدن دانه را کاهش داد. کائور و بل (Kaur and Behl, 2010) نشان دادند که حداکثر کاهش در وزن هزار دانه در گندم (۲۷ درصد) در تیمار اعمال تنش خشکی در مرحله بعد از گرده افشانی مشاهده گردید. وو و همکاران (Wu *et al.*, 2008) نیز گزارش نمودند که براسینولید از طریق تحریک جریان شیره پرورده، باعث افزایش وزن دانه و عملکرد دانه در برنج گردید.

در میان غلظت های براسینولید بیشترین وزن هزار دانه در هر دو سال آزمایش مربوط به غلظت ۰/۱

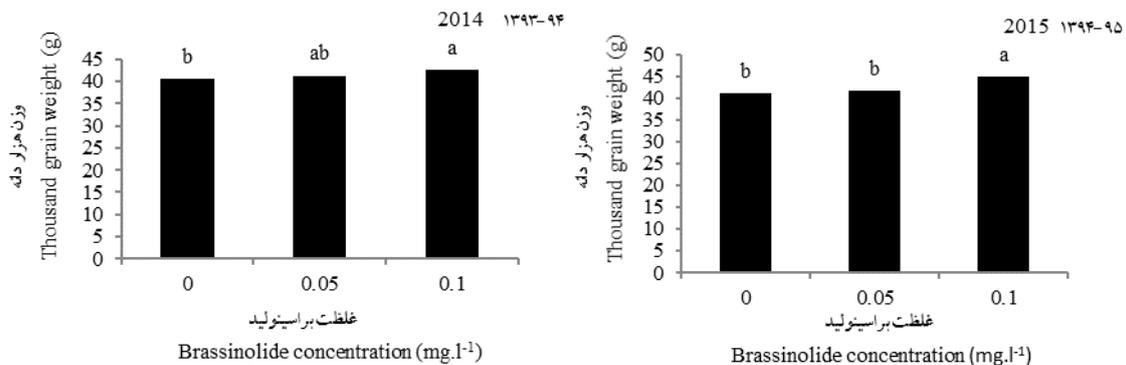
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی در هر دو سال و غلظت براسینولید در هر دو سال برای وزن هزاردانه معنی دار بود. در بین سطوح تنش خشکی، بیشترین وزن هزار دانه در هر دو سال مربوط به تیمار آبیاری کامل بود. در تیمار قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه، وزن هزار دانه در سال اول ۷/۳۸ درصد کمتر از آبیاری کامل و در سال دوم ۷/۵۱ درصد کمتر از آبیاری بود. در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل دهی، وزن هزار دانه در سال اول ۱۱/۹ درصد کمتر از آبیاری کامل و در سال دوم ۱۴/۳۱ درصد کمتر از آبیاری کامل بود (شکل ۲). این موضوع می تواند به دلیل کاهش طول دوره پر شدن دانه و تعداد سلول های آندوسپرم و یا کاهش ظرفیت مخزن جهت تجمع ماده خشک در دانه ها به دلیل تنش رطوبتی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه ها

گلدھی صورت گرفت، تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها در سال اول آزمایش قرار نگرفت، اما در سال دوم این صفت تنها در رابطه با عامل سطوح تنش خشکی معنی دار شد. در سال دوم آزمایش بیشترین تعداد سنبله در مترمربع به تیمار بدون تنش اختصاص داشت و تیمار اعمال تنش در مرحله گلدھی از کمترین تعداد سنبله در مترمربع برخوردار بود (شکل ۴).

میلی گرم بر لیتر بود (شکل ۳). در رابطه با زمان محلول پاشی در هر دو سال آزمایش تفاوت معنی داری بین محلول پاشی قبل از اعمال تنش در مرحله گلدھی و محلول پاشی قبل از اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه بر وزن هزار دانه وجود نداشت. تعداد سنبله در مترمربع، با توجه به اینکه اولین مرحله اعمال تنش خشکی و محلول پاشی در مرحله



شکل ۲- میانگین وزن هزار دانه گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی در سال اول (۹۴-۱۳۹۳) و سال دوم (۹۵-۱۳۹۴)
 Fig. 2. Mean of thousand grain weight of wheat cv. Sirvan in drought stress treatments in first (2014) and second year (2016)



شکل ۳- میانگین وزن هزار دانه در گندم رقم سیروان در تیمارهای غلظت براسینولید در سال اول (۹۴-۱۳۹۳) و سال دوم (۹۵-۱۳۹۴)
 Fig. 3. Mean of thousand grain weight of wheat cv. Sirvan in Brassinolide concentration treatments

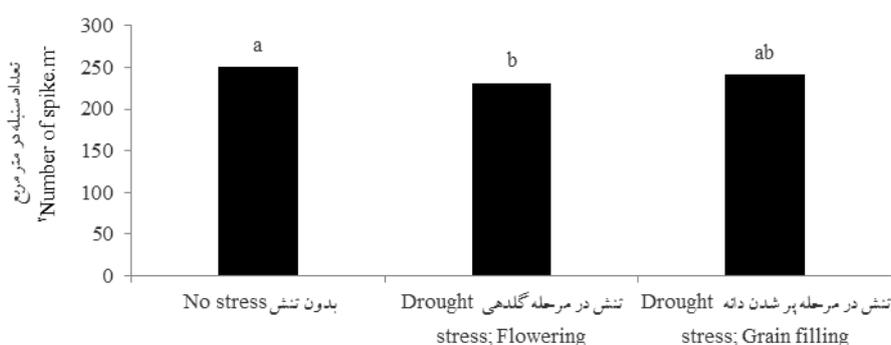
in first (2014) and second year (2016)

دوم معنی دار و در سال اول غیرمعنی دار بود. در میان سطوح تیمار تنش خشکی، بیشترین میزان عملکرد زیستی در سال اول و دوم در آبیاری کامل بدست آمد که در سال اول تفاوت معنی داری با تیمار تنش در

اثر تیمارهای تنش خشکی بر عملکرد زیستی در هر دو سال معنی دار بود. اثر سطوح غلظت براسینولید بر عملکرد زیستی در سال اول غیرمعنی دار و در سال دوم معنی دار بود. اثر تیمار زمان محلول پاشی نیز در سال

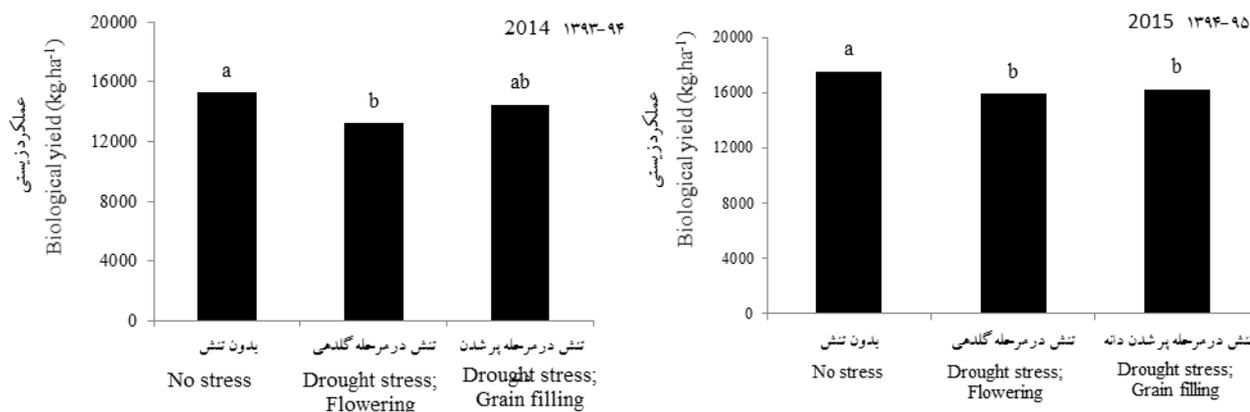
میزان زیست توده در شرایط تنش رطوبتی در مرحله گلدهی می‌تواند مربوط به عدم توانایی گیاه در جذب، انتقال و ساخت ترکیبات ذخیره‌ای در مدت کاهش رطوبت خاک باشد که باعث کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Kisman, 2003). افزایش در عملکرد زیستی گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به علت پایداری و دوام بیشتر سطح برگ باشد که باعث افزایش عملکرد زیستی از طریق تولید منابع فیزیولوژیک کافی برای جذب نور بیشتر می‌شود (Jacobs and Pearson, 1991).

مرحله پر شدن دانه نداشت، همچنین تفاوت معنی‌داری میان تنش در مرحله گلدهی و پر شدن دانه وجود نداشت (شکل ۵). کاهش در میزان عملکرد زیستی در هر دو سال در تنش خشکی در مرحله گل‌دهی بیشتر از تنش در مرحله پر شدن دانه بود. میزان کاهش در این مرحله در سال اول ۱۳/۴۹ درصد و در سال دوم ۹/۱۷ درصد نسبت به آبیاری کامل بود. میزان کاهش عملکرد زیستی در تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه نسبت به آبیاری کامل در سال اول و دوم به ترتیب ۵/۴۵ و ۷/۳۵ درصد بود. گزارش شده است که کاهش در



شکل ۴- میانگین تعداد سنبله در مترمربع گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی در سال دوم (۱۳۹۴-۹۵)

Fig. 4. Number of spike.m⁻² of wheat cv. Sirvan in drought stress treatments in second year (2016)



شکل ۵- میانگین عملکرد زیستی گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی در سال اول

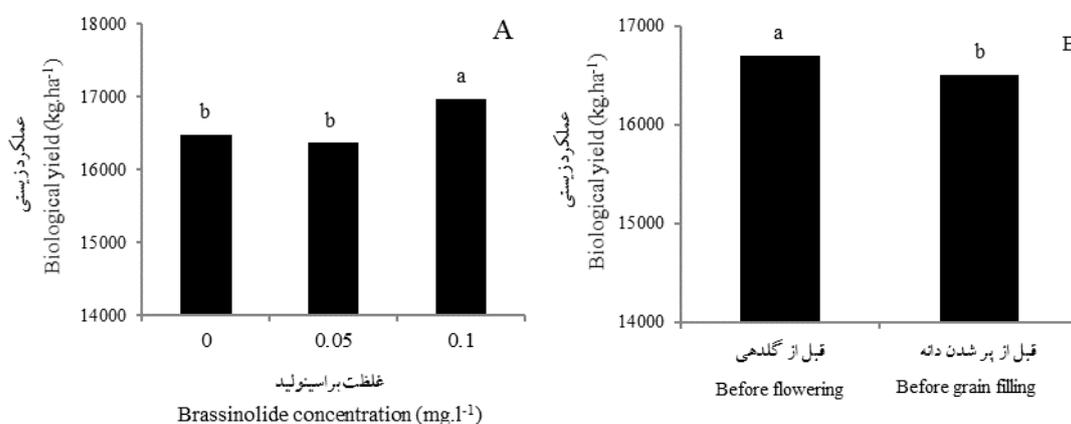
(۱۳۹۴-۹۵) و سال دوم (۱۳۹۳-۹۴)

Fig. 5. Mean of biological yield of wheat cv. Sirvan in drought stress treatments in first

(2014) and second year (2016)

از نظر تاثیر بر عملکرد زیستی نداشتند (شکل ۶-۱). اثر زمان محلول پاشی بر عملکرد زیستی در سال دوم معنی دار بود، با این حال میزان عملکرد زیستی در محلول پاشی قبل از تنش در مرحله گل دهی ۱/۱۸ درصد بیشتر از محلول پاشی قبل از تنش در مرحله پر شدن دانه بود (شکل ۶-۲). افزایش در میزان عملکرد زیستی در گونه ای از چاودار وحشی نیز که با براسینولید تیمار شده بود گزارش شد و عملکرد زیستی در غلظت های 0.02×10^{-4} ، 0.2×10^{-4} و 2×10^{-4} میلی مول به ترتیب ۴۸/۲، ۵۴/۶ و ۹۵/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (Jun Hu *et al.*, 2013). سایر ام (Sairam, 1994) نیز اعلام نمودند که محلول پاشی و تیمار بذر با دو غلظت ۰/۰۵ و ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر هوموبراسینولید در دو رقم گندم، باعث افزایش بیوماس در هر دو رقم و هر دو حالت آبیاری کامل و تنش خشکی گردید که البته میزان این افزایش در غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر، بیشتر بود.

پرزبوند و همکاران (Parizvand *et al.*, 2012) در آزمایشی نشان دادند که قطع آبیاری در هر دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد بیولوژیک گندم گردید، اما شدت این کاهش برای قطع آبیاری در مرحله گلدهی بیشتر بود. سعیدی و عبدلی (Saeidi and Abdoli, 2015) اعلام نمودند که تنش رطوبتی بعد از مرحله گرده افشانی باعث کاهش عملکرد زیستی در ارقام گندم شد. وفا و همکاران (Vafa *et al.*, 2014) در ارزیابی اثر تنش خشکی بر اجزای عملکرد گندم دوروم اعلام نمودند که بیشترین میزان عملکرد زیستی در آبیاری کامل به میزان ۱۳ تن در هکتار و کمترین مقدار آن در تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه به میزان ۱۰۹۸۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بیشترین مقدار عملکرد زیستی در غلظت های براسینولید در دو سال آزمایش متعلق به غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر بوده و عدم مصرف آن و غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر، تفاوت معنی دار



شکل ۶- میانگین عملکرد زیستی گندم رقم سیروان در تیمارهای غلظت براسینولید (A) و زمان محلول پاشی (B) در سال دوم (۹۵-۱۳۹۴)

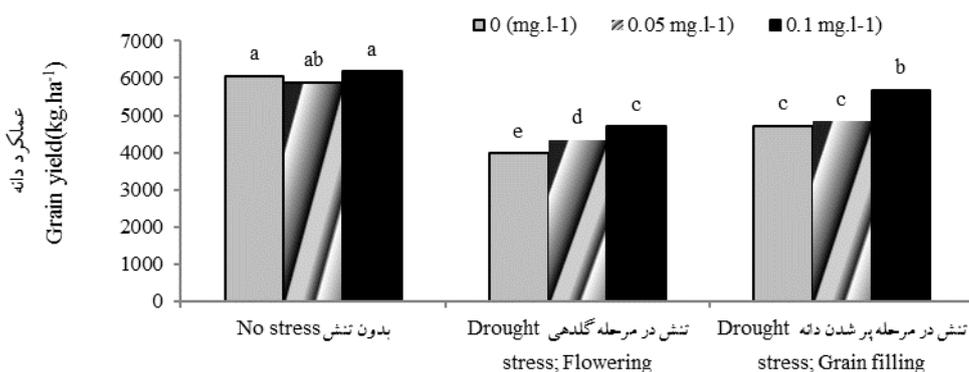
Fig. 6. Mean of biological yield of wheat cv. Sirvan in Brassinolide concentration (A) and foliar application time (B) treatments in second year (2016)

بر عملکرد دانه معنی دار بود، اما بر همکنش سطوح غلظت براسینولید در سطوح تنش خشکی بر عملکرد

نتایج تجزیه واریانس در هر دو سال آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای تنش خشکی و غلظت براسینولید

سطوح آن تفاوت معنی داری داشت. در مجموع در سال اول و در تیمار تنش در مرحله گلدهی و بدون محلول پاشی، عملکرد دانه نسبت به شرایط بدون تنش، ۳۴ درصد کاهش یافت و با تیمار ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید در این سطح تنش، عملکرد دانه به میزان ۱۵/۵ درصد افزایش یافت (شکل ۷).

دانه تنها در سال اول معنی دار بود. در سال اول آزمایش در آبیاری کامل، بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید بود که البته تفاوت معنی داری با غلظت صفر و ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر نداشت. در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، بیشترین عملکرد دانه مربوط به غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید بود که با سایر



شکل ۷- میانگین عملکرد دانه گندم رقم سیروان در برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و غلظت براسینولید در سال اول (۹۴-۱۳۹۳)

Fig. 7. Mean of grain yield of wheat cv. Sirvan in interaction effect of drought stress and Brassinolide concentration treatments in first year (2014)

آن در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی بود. بیشترین میزان عملکرد دانه در غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید مشاهده گردید (۴/۹۱ درصد بیشتر از غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر و ۳/۷۲ درصد بیشتر از عدم مصرف براسینولید) و بین عدم مصرف و غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر براسینولید تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۸). وریست و همکاران (Vriet *et al.*, 2012) اثر مثبت براسینواستروئیدها بر عملکرد دانه گیاهان برنج و ذرت را به صورت افزایش شکل فعال براسینواستروئید از طریق اصلاح، تغییر در اجزای سازنده، متابولیسم و یا مصرف خارجی آن گزارش کردند. چنین گیاهانی به دلیل تعداد دانه بیشتر و با اندازه بزرگتر، ۴۴-۱۵ درصد بیش از گیاهان شاهد

در سال دوم در میان تیمارهای تنش خشکی بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه به ترتیب متعلق به تیمارهای بدون تنش و تنش در مرحله گلدهی بود و کاهش عملکرد در تیمار تنش در مرحله گلدهی نسبت به شاهد در این سال، ۱۴/۵ درصد بود. این کاهش عملکرد را می توان به کاهش وزن هزار دانه و کاهش تعداد دانه در سنبله در این تیمارها نسبت داد. کائور و بل (Kaur and Behl, 2010) نشان دادند که بیشترین میزان کاهش عملکرد دانه گندم در آزمایش آنها در تیمار تنش خشکی در زمان گرده افشانی و چند روز پس از آن بود. پاک نژاد و همکاران (Paknejad *et al.*, 2010) نیز اعلام نمودند که بیشترین عملکرد دانه ارقام گندم در تیمار شاهد و کمترین میزان

مصرف براسینولید می تواند در نتیجه حفظ و یا تشدید فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه در شرایط عادی یا تنش برای ساخت مواد غذایی بیشتر برای گل های در حال رشد و بذر باشد. در این صورت بذر نمو بهتری خواهد داشت که این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه می شود (Ananthi *et al.*, 2013).

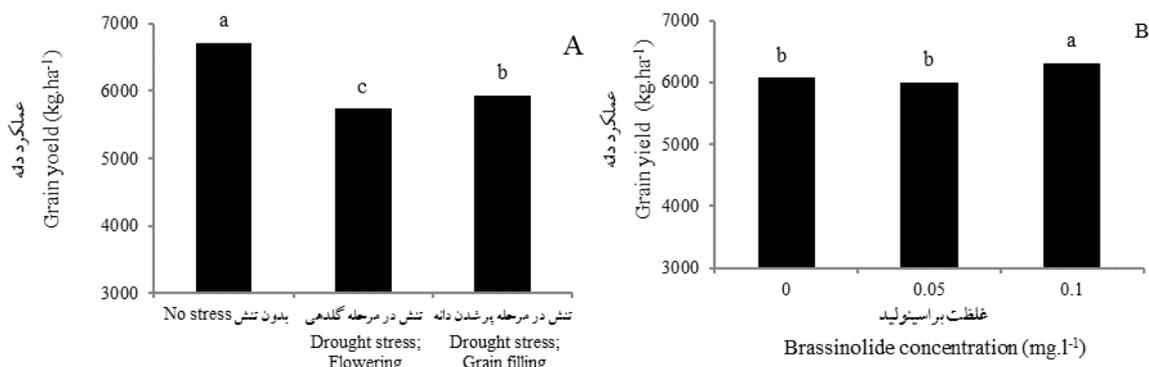
نتایج تجزیه واریانس در دو سال آزمایش نشان داد که در میان تیمارهای آزمایشی تنها سطوح تنش خشکی در سال اول و دوم آزمایش دارای اثر معنی داری بر شاخص برداشت بودند. در سال اول آزمایش بیشترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد و بین تیمار تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله پر شدن دانه تفاوت معنی داری وجود نداشت. در سال دوم آزمایش نیز بیشترین شاخص برداشت در آبیاری کامل مشاهده شد و کمترین آن مربوط به تنش در مرحله گل دهی بود (شکل ۹). کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی را می توان به کاهش دسترسی به مواد پرورده تولید شده و انتقال یافته به دانه، طی دوره پر شدن دانه نسبت داد (Parizvand *et al.*, 2012). در یک آزمایش نشان داده شد که تنش رطوبتی بعد از گرده افشانی، شاخص برداشت را در اغلب ارقام گندم به طور معنی داری کاهش داد (Saeidi and Abdoli, 2015).

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و غلظت براسینولید برای شاخص بهره وری مصرف آب معنی دار بودند. در تیمار آبیاری کامل، بیشترین میزان بهره وری آب مربوط به غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید بود (شکل ۱۰). در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل دهی و پر شدن دانه، بیشترین میزان بهره وری آب مربوط به غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر براسینولید بود که با سایر سطوح آن دارای تفاوت معنی داری بوده، اما با غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر و شاهد تفاوتی معنی داری نداشت (شکل ۱۰). به نظر می رسد براسینولید از

در شرایط گلخانه و مزرعه عملکرد داشتند. این محققان علت این موضوع را تحریک جریان شیره پرورده از مبدأ به مخزن اعلام کردند. در آزمایش سایر ام (Sairam, 1994) روی دو رقم گندم در شرایط تنش رطوبتی در مرحله گلدهی مشخص گردید که از میان دو غلظت استفاده شده همو براسینولید، غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر باعث افزایش عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش و در هر دو حالت محلول پاشی و تیمار بذر گردید. دایال و همکاران (Dhayal *et al.*, 2012) در آزمایشی روی گندم در شرایط تنش خشکی اعلام کردند که تیمار با براسینولید با غلظت ۱/۵ میلی گرم در لیتر، اثر معنی داری بر عملکرد دانه داشته و عملکرد را نسبت به شاهد ۳۲ درصد افزایش داد. در آزمایش دیگری روی برخی ارقام گندم نشان داده شد که تنش خشکی بعد از گرده افشانی باعث کاهش ۳۴ درصد در عملکرد دانه و کاهش ۲۷ درصد در وزن هزار دانه گردید (Saeidi and Abdoli, 2015). بنظر می رسد که استفاده از براسینولید از زمان گرده افشانی تا رسیدگی دانه از طریق بهبود در پر شدن دانه ها، باعث افزایش عملکرد دانه می گردد، بعلاوه براسینولید فرایندهای مرتبط با پیری را در قبل و بعد از گرده افشانی کند می کند، بنابراین محلول پاشی براسینولید در شرایط تنش باعث حفظ و ثبات سنبله روی گیاه شده و ترکیبات فنلی موجود در آن می تواند باعث جلوگیری از سقط جنین در بذر شود. با توجه به اینکه مصرف براسینولید می تواند باعث افزایش انتقال و جابجایی مواد شود، می تواند باعث افزایش در تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه و شاخص برداشت گردد که این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه می شود. اثرات سودمند مشاهده شده براسینولید در افزایش عملکرد دانه می تواند به علت افزایش ثبات سلول های غشایی و یا ستر پروتئین هایی خاص در شرایط تنش باشد. به نظر برخی محققان دیگر نیز عملکرد دانه بالاتر در اثر

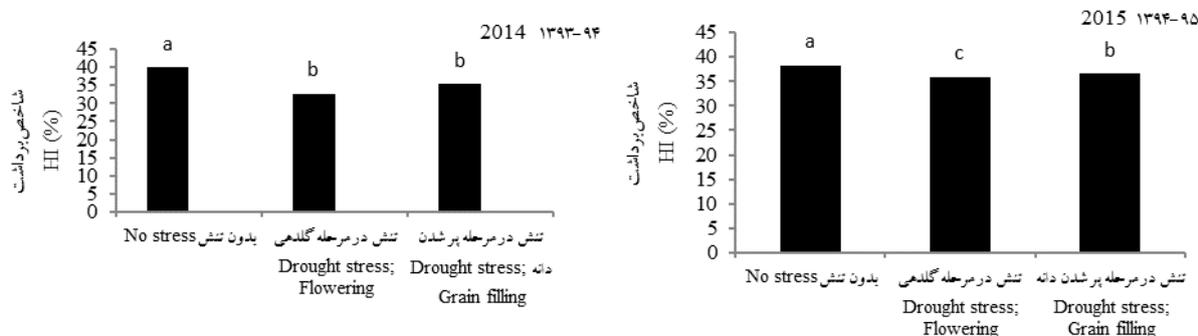
طریق افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه نسبت به میزان آب مصرفی، باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب شده باشد. طبق نتایج پاکنژاد و همکاران (Paknejad *et al.*, 2010)، تنش خشکی انتهای فصل تأثیر زیادی بر عملکرد و کارایی آب مصرفی گندم داشته و گلدهی و دانه بندی حساس‌ترین مراحل به تنش

طریق افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه نسبت به میزان آب مصرفی، باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب شده باشد. طبق نتایج پاکنژاد و همکاران



شکل ۸- میانگین عملکرد دانه گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی (A) و غلظت براسینولید (B) در سال دوم (۹۵-۱۳۹۴)

Fig. 8. Mean of grain yield of wheat cv. Sirvan in drought stress (A) and Brassinolide concentration (B) treatments in second year 2016



شکل ۹- میانگین شاخص برداشت گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی در سال اول (۹۴-۱۳۹۳) و سال دوم (۹۵-۱۳۹۴)

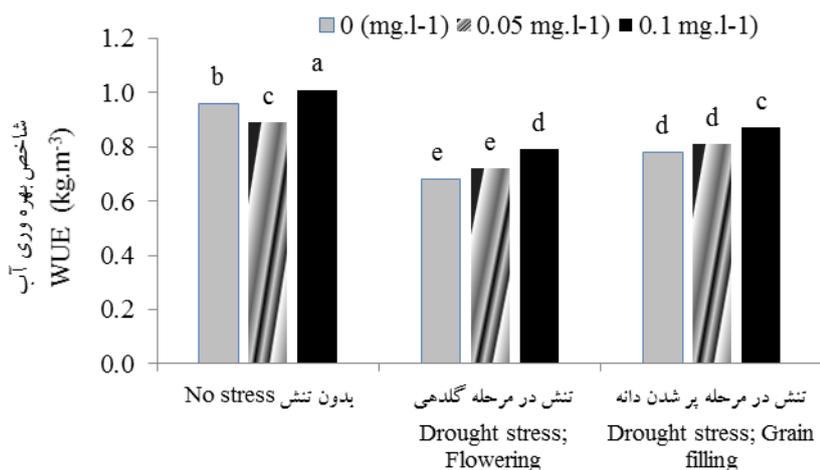
Fig. 9. Mean of Harvest Index (HI) of wheat cv. Sirvan in drought stress treatments in first (2014) and second year (2016)

را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. فاروق و همکاران (Farooq *et al.*, 2009) گزارش نمودند که کاربرد خارجی ۲۸ هموبراسینولید و ۲۴ اپی براسینولید، هم به صورت پرایمینگ بذر و هم به صورت محلول‌پاشی، باعث افزایش تحمل به تنش در لاین‌های برنج شد

خشکی بودند. اوئیس و همکاران (Oweis *et al.*, 2000) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم تابع الگوی مصرف آب در دوره پس از گلدهی است و آبیاری در این مرحله علاوه بر افزایش نرخ فتوسنتز، زمان بیشتری برای انتقال ذخایر کربوهیدراتی به دانه

وحشی گردید (Jun Hu *et al.*, 2013). نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سطوح تنش خشکی و غلظت براسینولید برای تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی دار بود. میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در آبیاری کامل بیشترین و

که یکی از عوامل موثر در ایجاد این تغییر، افزایش کارایی مصرف آب بود. نتایج برخی آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از براسینولید در غلظت‌های 0.2×10^{-4} و 2×10^{-4} میلی مول، باعث افزایش کارایی مصرف آب در گونه‌ای از چاودار

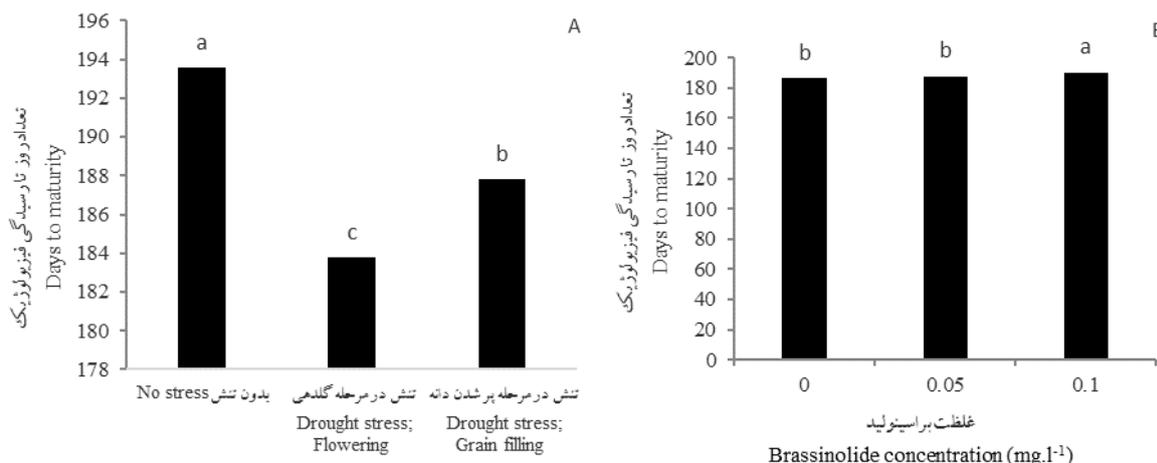


شکل ۱۰- میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم رقم سیروان در برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و غلظت براسینولید (۹۴ و ۱۳۹۳)

Fig. 10. Mean of water productivity of wheat *cv.* Sirvan in interaction effect of drought stress and Brassinolide concentration treatments (2014- 2016)

پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی ارتباط معنی داری وجود دارد و کاهش طول دوره کاشت تا گلدهی، باعث افت چشمگیر عملکرد دانه در هر دو شرایط فاریاب و تنش خشکی می‌گردد. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2011) با آزمایش روی ارقام گندم گزارش نمودند که رشد دانه در شرایط بدون تنش تا ۴۲ روز پس از گلدهی ادامه دارد، اما در تیمار تنش، رشد آن در ۲۸ روز بعد از گلدهی تقریباً متوقف شد. نتایج برخی آزمایش‌ها نیز نشان داده است که وقوع گرما، به ویژه در مراحل پایانی رشد در گندم، در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، باعث کاهش طول دوره زایشی و پر شدن دانه‌ها می‌شود (Paknejad *et al.*, 2010).

پس از آن به ترتیب تنش در مرحله پر شدن دانه و تنش در مرحله گلدهی قرار داشتند. تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر غلظت براسینولید نیز قرار گرفت و بیشترین میزان آن در غلظت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر و کمترین آن در تیمار بدون محلول پاشی بدست آمد (شکل ۱۱). دستفال و همکاران (Dastfal *et al.*, 2010) نیز در بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر ارقام مختلف گندم اعلام نمودند که مدت زمان رسیدگی فیزیولوژیک در تیمار حذف آبیاری پس از مرحله گل دهی، کمتر از تیمار شاهد بود و مدت آن در تیمار حذف آبیاری از مرحله شیری شدن به بعد نیز از تیمار شاهد کمتر بود. بین طول مدت برخی از مراحل رشدی با حفظ



شکل ۱۱- میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک گندم رقم سیروان در تیمارهای تنش خشکی (A) و غلظت براسینولید (B) (۹۵ و ۱۳۹۴)

Fig. 11. Mean of days to physiological maturity of wheat cv. Sirvan in drought stress (A) and Brassinolide concentration (B) treatments (2014-2016)

دانه گندم رقم سیروان داشت و محلول پاشی ۰/۱ میلی- گرم بر لیتر براسینولید تا حدودی این اثر منفی را تعدیل نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، بویژه جناب آقای دکتر ابراهیم زارع رییس محترم مرکز، جهت مساعدت در اجرای این تحقیق کمال تشکر را دارد.

نتیجه گیری

نتایج دو سال آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب گندم رقم سیروان در تیمار آبیاری کامل بوده و تنش در مرحله گل‌دهی باعث کاهش بیشتری در میزان عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب نسبت به تنش در مرحله پر شدن دانه گردید. نتایج دو سال آزمایش نشان داد که تنش خشکی در مرحله گل‌دهی بیشترین اثر منفی را بر عملکرد

References

- Ahmadi Mousavi, E., Kh. M. Kalantari, R. Jafari, N. Hasibi and K. Mahdavian. 2011.** Study of the effects of 24-epibrassinolide and water stress on some physiological parameters in canola (*Brassica napus* L.) seedling. *Iran. J. Biol.* 23 (2): 275-286. (In Persian with English abstract).
- Ahmadi, J., M. Khatibi, H. Amir Shekari and M. Amini Dehaghi. 2011.** Evaluation of the effective morpho-physiological indices on the yield of spring wheat (*TRITICUM AESTIVUM* L.) using multivariate statistical methods. *J. AGRON. SCI.* 2 (4): 55-66. (In Persian with English abstract).
- Ananthi, M., G. Sasthri and P. Srimathi. 2013.** Integrated seed and crop management techniques for increasing productivity of greengram cv. CO6. *Int. J. Sci. Res.* 2 (11): 37-38.
- Behdad, M., F. Paknejad, S. Vazan, M. Ardekani and M. Sadeghi shoa. 2013.** The effects of drought stress

منابع مورد استفاده

on effective traits at accumulative cumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Crop Plant Breed. J.* 8 (3): 79-86. (In Persian with English abstract).

Dastfal, M., V. Barati, F. Navabi, and H. Haghghatnia. 2010. Terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. *Seed Plant Prod. J.* 25 (3): 329-344. (In Persian with English abstract).

Dhayal, S. D. L., B. L. Bbagdi and S. Saharawat. 2012. Brassinolide induced modulation of physiology, growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress condition. *J. Crop Res.* 44: 14-19.

Elyasi, A., D. Eradatmand and A. Roohi. 2011. Effect of drought stress at pre and post-anthesis on dry matter remobilization in irrigated winter wheat. *Crop Breed. J.* 6 (1): 17-28. (In Persian with English abstract).

Farooq, M., A. Wahid, S. M. A. Basra and I. Din. 2009. Improving water relations and gas exchange with brassino steroids in rice under drought stress. *J. Agron. Crop Sci.* 195(4): 262-269.

Fujii, S., K. Hirai and H. Saka. 1991. Growth-regulating action of brassinolide in rice plant. In: Cutler HG, Yokota T, Adam G (eds) *Brassinosteroids, chemistry, bioactivity, and application*. ACS symposium series, vol 474. American Chemical Society, Washington DC, pp 306–311

Gibson, L. R. and G. M. Paulsen. 1999. Yield components wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Sci.* 39: 1841- 1846.

Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 33: 339 -499.

Jacobs, B.C. and C.J. Pearson. 1991. Potential yield of maize determined by rate of growth and development of ears, *Field Crops Res.* 27: 281-298.

Jafarnejad, A., H. Aghaee and G. Najafian. 2013. Effective traits on grain yield of wheat genotypes under optimal irrigation and drought stress during reproductive phase. *J. Appl. Crop Breed.* 1 (1): 11-22. (In Persian with English abstract).

Jun Hu, O., L. Xuan Shi and W. Sun. 2013. Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables and some physiological traits of wheat cultivars. *Bot. Studies.* 42-54.

Kaur, V. and R. K. Behl. 2010. Grain yield in wheat as affected by short periods of high temperature, drought and their interaction during pre- and post-anthesis stages. *Cereal Res. Commun.* 38(4): 514–520.

Kisman, A. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. *Sci. Phil. Term paper. Borgor Agricultural. University.* (Institute Pertanian Borgor).

Li, K. and C. H. Feng. 2011. Effects of brassinolide on drought resistance of *Xanthoceras sorbifolia* seedlings under water stress. *Acta Physiol. Plantarum.* 33(4): 1293-1300.

Najafian, G., M. Khodarahmi, A. Amini, F. Afshari, A. Malihipoor, G. Ahmadi, R. Nikooseresht, A. Keivan Kafashi, H. Amin, A. Zakari, A. Nikzad, A. Jafarnejad, D. Afuni, J. Hassanpour, A. Mohammadi, S.M. Atahossaini, A. Nazeri, A. Mirzaie, A. Asgar Shourabi, A. Shad Mehri, A. Badri, A.

- Momen and N. Sadeghi. 2012.** Sirvan, New Bread Wheat Cultivar, Tolerant to Terminal Drought with Good Bread Making Quality Adapted to Irrigate Conditions of Temperate Regions of Iran. Res. Achiev. Field and Hort. Crops. 1(1): 1-10. (In Persian).
- Oweis, T., H. Zhang and M. Pala. 2000.** Water use efficiency of rain fed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. Agron. J. 92: 231-238.
- Paknejad, F., M. Jamialahmadi, S. Vazan and M. R. Ardekani. 2010.** Effects of water stress at different growth stages on yield and water use efficiency of some wheat cultivars. Electronic J. Crop Produc. 2 (3): 17-36. (In Persian with English abstract).
- Parizvand, A., F. Ghoshchi, M. Momayesi and H. Tohidimoghadam. 2012.** Effect of zinc and nitrogen fertilizer foliar application on yield and some wheat grain quality index in drought stress condition. J. Crop Prod. Res. 3: 55-69. (In Persian with English abstract).
- Rahimian, M. and M. Ghodsi. 2015.** Effect of elimination of irrigation in terminal stages of growth on yield and water use efficiency of five wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in Mashhad. J. Water Res. Agric. 1 (28): 25-38. (In Persian with English abstract).
- Saeidi, M. and M. Abdoli. 2015.** Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. J. Agric. Sci. Technol. 17: 885-898.
- Sairam, R. K. 1994.** Effects of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture-stress conditions of two wheat varieties. Plant Growth Regul. 14: 181-173.
- Sengupta, K., N. C. Banik, S. Bhui and S. Mitra. 2011.** Effect of brassinolide on growth and yield of summer green gram crop. J. Crop Weed. 7 (2): 152-154.
- Vafa, P., R. Naseri, M. Moradi. 2014.** The Effect of drought stress on grain yield, yield components and protein content of durum wheat cultivars in Ilam province, Iran. Int. J. Biol. Biomol. Agric. Food Biotechnol. Engin. 8 (6): 631-636.
- Vriet, C., E. Russinova and C. Reuzeau. 2012.** Boosting crop yields with plant steroids. Am. Soc. Plant Biol. 24 (3): 842-857.
- Wu, C. Y., A. Trieu, P. Radhakrishnan, S. Kwok, S. Harris, K. Zhang, J. Wang, J. Wan, H. Zhai, and S. Takatsuto. 2008.** Brassinosteroids regulate grain filling in rice. Plant Cell. 20: 2130-2145.
- Zullo, M. and A. T. Adam. 2002.** Brassino-steroid phytohormones, structure, bioactivity and applications. J. Plant Physiol. 14: 83-121.

Effect of foliar application of brassinolide on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sirvan under terminal drought stress conditions

Dehghan, M.,¹ H. R. Balouchi², A. R. Yadavi³ and F. Safikhani⁴

ABSTRACT

Dehghan, M., H. R. Balouchi, A. R. Yadavi and F. Safikhani. 2017. Effect of foliar application of brassinolide on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sirvan under terminal drought stress conditions. **Iranian Journal of Crop Sciences**, 19(1): 40-56. (In Persian).

To evaluate the effect foliar application of different concentrations of brassinolide on water productivity, grain yield and yield components of bread wheat (cv. Sirvan) under drought stress conditions, an experiment was carried out as split factorial arrangements using randomized complete block design with three replications at Zarghan filed station, Fars Province, Iran, during 2014-15 and 2015-16 growing seasons. Three levels of irrigation; optimum, withholding irrigation from flowering to grain filling stage and withholding irrigation during grain filling stage were assigned to main plots, and foliar application of brassinolide concentrations in three levels 0, 0.05 and 0.1 mg.l⁻¹ and two timing of foliar application, before flowering and before grain filling, as factorial were randomized in sub-plots. Results showed that increasing foliar application of brassinolide concentration increased grain yield and water productivity under drought stress conditions. The lowest grain number per spike, thousand grain weight, grain yield, biological yield and harvest index belonged to drought stress from flowering to grainfilling stage which were reduced by 18.3, 13.1, 21.25, 11.33 and 11.78 percent, respectively, when compared to optimum irrigation conditions. The application of 0.1 mg.l⁻¹ brassinolide increased grain number per spike by 9.17 percent, thousand grain weight by 6.62 percent and grain yield by 7.3 percent compared with control. The highest water productivity (1.01 kg.m⁻³) was observed in 0.1 mg.l⁻¹ brassinolide application and also the longest duration to physiological maturity (193.5 day) was recorded in 0.1 mg.l⁻¹ brassinolide application and optimum irrigation. The results of this study showed that drought stress from flowering to grainfilling stage had the most negative effect on bread wheat cv. Sirvan grain yield and foliar application of 0.1 mg.l⁻¹ brassinolide improved this negative effect to some extent.

Key words: Brassinosteroid, Drought stress, Thousands grain weight, Water productivity and Wheat.

Received: February, 2017

Accepted: May, 2017

1. Ph.D. Student, Yasouj University, Yasouj, Iran

2. Associate Prof., Yasouj University, Yasouj, Iran (Corresponding author) (Email: balouchi@yu.ac.ir)

3. Associate Prof., Yasouj University, Yasouj, Iran

4. Assistant Prof., Seed and Plant Registration and Certification Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran