Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۸۴۰-۸۲۳

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 823-840

اثر محلول‌پاشی با عناصر بور و روی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط محدودیت آب انتهای فصل

سمیه سهیلی موحد[۱]، سعید خماری[۲*]، پریسا شیخ زاده[۳] و بهرام علیزاده[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۵

سهیلی موحد، س.، خماری، س.، شیخ زاده، پ.، و علیزاده، ب. ۱۳۹۷. اثر محلول‌پاشی با عناصر بور و روی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط محدودیت آب انتهای فصل، بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳): ۸۴۰-۸۲۳.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بور و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بهاره (رقم محلی اصفهان) تحت تنش خشکی آخر فصل، دو آزمایش در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی، طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ به‌صورت اسپیلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. کرت اصلی شامل سه سطح محدودیت آب (S_1= آبیاری کامل تا انتهای فصل، S_2= قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی و S_3= قطع آبیاری از مرحله دانه‌بندی) و کرت فرعی دربرگیرنده ترکیب فاکتوریل عناصر ریز مغذی بور (B_1=۰، B_2= ۳۵۰ و B_3=۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روی (Zn_1=۰، Zn_2=۱۰۰۰ و Zn_3=۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. صفات مورد ارزیابی شامل ارتفاع بوته، تعداد طبق بارور در بوته، تعداد طبق نابارور در بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد دانه در بوته، درصد پوکی دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی و دانه‌بندی به‌صورت معنی‌داری عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) کاهش داد (به‌ترتیب ۷/۹۴ و ۸/۲۵ درصد). علاوه بر آن وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک نیز تحت اثرات منفی تنش خشکی قرارگرفتند. اثرات متقابل عناصر ریزمغذی بور و روی، در تمام صفات مورد بررسی به‌جز عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. تیمار B_3Z_2 بالاترین افزایش عملکرد دانه را نسبت به B_1Z_1 (شاهد) دارا بود (۴۷/۶۶ درصد). محلول‌پاشی عناصر بور و روی در شرایط تنش در مرحله‌ی گلدهی و دانه‌بندی، تعداد طبق نابارور در بوته، وزن هزار دانه و درصد پوکی دانه را، به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی اگر در زمان مناسب و به مقدار بهینه مصرف گردد، در مقاومت به خشکی گیاه اثر مثبت خواهد گذاشت. به‌طورکلی تیمارهای B_3Z_2 و B_2Z_2 در شرایط تنش در مرحله گلدهی (به‌ترتیب با افزایش عملکرد ۵۴/۸٪ و ۵۵/۸٪ نسبت به تیمار B_1Z_1) و دانه‌بندی (به‌ترتیب با افزایش عملکرد ۳۹/۵٪ و ۳۸/۴٪ نسبت به تیمار B_1Z_1) توانستند تا حدود زیادی خسارت ناشی از محدودیت آب را در گلرنگ را جبران کنند.

واژه‌های کلیدی: عناصر ریزمغذی، مرحله گلدهی، مقاومت به خشکی

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از گیاهان دانه روغنی چندمنظوره و از تیره‌ی کاسنی (Asteraceae) می‌باشد که دانه‌ی آن دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن و ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین است. کیفیت روغن دانه‌ی این گیاه در بین گیاهان دانه‌روغنی به‌دلیل میزان بالای اسید لینولئیک[۴] (۷۳ تا ۸۵ درصد) بالاترین مقدار است .علاوه بر تولید روغن، کنجاله آن نیز نقش اساسی در جیره غذایی دام دارد. همچنین رنگیزه‌های موجود در گل‌های آن دارای ارزش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: saeid.khomari@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.60741

4- Linoleic acid

www.SID.ir

Archive of SID

اقتصادی نسبتا بالایی است (Purdad, 2007). این گیاه به نواحی دارای بارندگی کم با شرایط آب و هوایی خشک، سازگار شده است و به‌دلیل خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ویژه‌ای نظیر ریشه-های عمیق در خاک، به‌عنوان یک گیاه متحمل به شرایط نامساعد محیطی، نظیر کم‌آبی، سرما، شوری و قلیایی بودن خاک شناخته شده و در بسیاری از کشورها به‌طور گسترده کشت می‌شود (Arnon, 1972).

خشکی یا تنش کمبود آب مهم‌ترین عامل محیطی است که اثرات شدید منفی بر عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان دارد، به‌خصوص هنگامی که تنش آب در مرحله‌ی رشد زایشی رخ دهد، تولید محصول را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Khana-& Selote Chopra, 2004). اجزای عملکرد گلرنگ شامل تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه، اثر متفاوتی بر عملکرد داشته و در مقابل تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه، حساسیت متفاوتی دارند. آشری و همکاران (Ashri et al., 1974) با مطالعه روی ۹۰۳ رقم گلرنگ دریافتند که مهمترین جزء عملکرد، تعداد طبق در گیاه است و و وزن بذر نیز تقریباً اثر قابل توجهی بر عملکرد ندارد. در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تنش آب در طی پر شدن دانه، موجب کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه، وزن صد دانه و قطر طبق گردید (Mekki et al., 1999). همچنین نام و همکارانet (Nam al., 1993) گزارش دادند که تنش رطوبت در لپه‌هندی (*Cajanus cajan* L.) به‌شدت وزن خشک گیاه و عملکرد آن را کاهش می‌دهد. میزان کاهش عملکرد با ارقام و مرحله اعمال تنش تغییر می‌کرد؛ به‌طوری‌که تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی، نسبت به تنش در مرحله‌ی قبل از گلدهی یا پر شدن دانه، تأثیر بیشتری بر کل ماده خشک و عملکرد دانه داشت. تنش همزمان با گلدهی موجب کاهش عملکرد دانه در حدود ۴۵-۴۰ درصد شد. در مورد کلزا (*Brassica napus* L.) نیز گزارش شده که کمبود آب از مرحله‌ی گلدهی تا تشکیل دانه، اثر شدیدی بر عملکرد و اجزای عملکرد داشته و مهمترین جزء عملکرد که تحت تاثیر تنش در مرحله‌ی گلدهی قرار می‌گیرد، تعداد دانه در غلاف است و صفت وزن هزار دانه، در مرحله-ی پر شدن دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Merrien, 1996 & Champolivier).

یکی از اثرات تنش خشکی، برهم‌زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است (Lewis & McFarlane, 1986). تغذیه مناسب تحت شرایط تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در مقابل تنش‌های محتلف کمک کند. با محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید (Alloway, 2004). کمبود عنصر بور در بین عناصر کم‌مصرف پس از آهن و روی، بزرگترین خسارت را بر تولید وارد می‌سازد. مقدار بور در گیاهان بین ۵ تا ۵۰ پی‌پی‌ام تغییر می‌کند، ولی این مقدار ممکن است در گیاهان و خاک‌های مختلف متفاوت باشد. وقتی مقدار بور در گیاه کمتر از ۱۵ پی‌پی‌ام باشد، علائم کمبود ظاهر می‌شود (Shirani-Rad, 2003). عنصر بور برای سنتز پروتئین، تشکیل بذر و دیواره‌ی سلولی، جوانه‌زنی دانه‌ی گرده و رشد لوله گرده ضروری است (Guertal, 2004).

عنصر روی به‌عنوان محدودکننده‌ترین عنصر کم‌مصرف در تولید گیاهان زراعی در بخش‌های مختلف جهان مطرح است (Mandal et al., 2000). به‌کارگیری عنصر روی اثر بسیار زیادی بر فرآیندهای پایه‌ی گیاه مثل متابولیسم و جذب نیتروژن، افزایش کیفیت پروتئین، فتوسنتز، مقاومت در مقابل تنش‌های زیستی و غیرزیستی و محافظت در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو دارد (Cakmak, 2008). بنک (Banks, 2004) بیان داشت محلول‌پاشی عنصر روی در سویا (*Glycine max* L.) عملکرد دانه، میزان پروتئین و میزان روغن دانه را افزایش داد. در آزمایش دیگری مصرف عناصر ریزمغذی در موارد کمبود به‌خصوص از طریق محلول‌پاشی عملکرد و اجزاء عملکرد گلرنگ را بهبود بخشید (Movahedi-Dehnavi et al., 2007; Lewis & McFarlane, 1986; Yari et al., 2015; Ravi et al., 2008; Moradi-Telavat et al., 2015). عنصر یاد شده را در اسرع وقت در اختیار گیاه قرار دهد، از اهمیت زیادی برخوردار است). همچنین گزارش شده که محلول‌پاشی بور، پروتئین، اسید چرب اولئیک[1] (Bellaloui, 2010)، عملکرد و کیفیت بذر (Dordas, 2006b) را در یونجه (*Medicago sativa* L.) بهبود بخشیده است. محلول‌پاشی بور در زمان رشد و نمو فعال گیاه کلزا، در خاک‌هایی که کمبود این عنصر وجود داشت، سبب افزایش عملکرد دانه گردید (Bowyzys & Krauz, 2000). در پژوهشی دیگر بیوماس، عملکرد دانه و میزان روغن کنجد (*Sesamum indicum* L.) با کاربرد ۰/۳۳ میلی‌گرم در لیتر بور، به میزان ۴۲٪ افزایش یافت؛ بر اثر کمبود شدید بور هیچ دانه‌ای در گیاه کنجد تولید نشد (Pratima et al., 1999). محققان در بررسی عناصر روی و نیتروژن بر عملکرد

1- Oleic acid

www.SID.ir

Archive of SID

و اجزای عملکرد کلزا، بیان کردند که اثر سولفات روی بر ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه معنی‌دار نشد؛ اما باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد خورجین و عملکرد دانه شد (Ahmadi, 2010). در کلزا کاربرد توأم عناصر بور و روی (Azizi et al., 2011) و در گلرنگ کاربرد عنصر روی (Roshan et al., 2016)، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص برداشت هر بوته گردید. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش تأثیر محلول‌پاشی عناصر بور و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره در شرایط محدودیت آب انتهای فصل مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بور و روی برعملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره (رقم محلی اصفهان)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی، با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا، طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- برخی اطلاعات هواشناسی استان اردبیل طی فصل رشد گلرنگ در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳

Table 1- Some meteorological data of Ardabil province during growth period of safflower during 2013-2014 and 2014-2015 growing seasons

داده‌های هواشناسی Meteorological data	ماه Month / سال Year	اردیبهشت April	خرداد May	تیر June	مرداد July	شهریور August	مهر September	میانگین Mean
میانگین حداقل و حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Max and min temperature (C°)	2014	15.3	17.8	19.4	19.8	18.8	12.4	17.3
میزان و پراکندگی بارش (میلی‌متر) Rainfall pattern and amount (mm)		35.4	24.5	12.2	0.4	0.6	100.8	29
میانگین حداقل و حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Max and min temperature (C°)	2015	12.9	17.9	19.9	20.4	16.9	13.3	17
میزان و پراکندگی بارش (میلی‌متر) Rainfall pattern and amount (mm)		26.5	7	3.6	0	48.9	58.3	24.1

آزمایش‌ها به‌صورت اسپیلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری در سه سطح (S_1= آبیاری کامل تا انتهای فصل، S_2= قطع آبیاری از مرحله‌ی گلدهی و S_3= قطع آبیاری از مرحله‌ی دانه‌بندی) و عامل فرعی شامل ترکیب فاکتوریل دو عنصر بور و روی بود که عامل بور در سه سطح (B_1=۰، ۳۵۰ =B_2 و B_3=۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عامل روی نیز در سه سطح (Zn_1=۰، Zn_2=۱۰۰۰ و Zn_3=۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) انتخاب شدند. محلول‌پاشی بور (به‌صورت اسید بوریک) و روی (به‌صورت سولفات روی) در یک مرحله و در زمان ۵۰٪ گلدهی انجام شد.

عملیات کاشت طی دو سال متوالی و در تاریخ‌های ۱۳۹۳/۲/۲۲ و ۱۳۹۴/۲/۲۲ به‌صورت دستی و در عمق ۵ سانتی‌متر انجام شد. بذور در کرت‌هایی با مساحت ۵/۴ متر مربع به طول ۳ متر و عرض ۱/۸ متر به صورت جوی و پشته و با رعایت فاصله بین ردیف‌های کاشت۳۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر و تراکم ۳۳ بوته در متر مربع کاشته شد.

زمین محل اجرای آزمایش در پائیز شخم و در بهار سال بعد دیسک زده شد. سپس با استفاده از لولر تسطیح و به صورت جوی و پشته درآمد. کودهای مصرفی شامل نیتروژن، فسفر و پتاس براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) به‌طور یکسان برای تمامی کرت‌ها و به-ترتیب ۱۰۰ کیلوگرم اوره، ۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیم، و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هر هکتار اعمال شد. اولین آبیاری پس از کاشت صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی تا پایان فصل رشد، بر اساس بافت خاک و شرایط آب و هوایی انجام گرفت. در طول دوره‌ی رشد عملیات داشت مانند مبارزه با علف‌های هرز و ... انجام گرفت. در پایان فصل رشد و پس از رسیدگی کامل تعداد ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و ویژگی‌های ارتفاع بوته، درصد پوکی دانه و اجزای عملکرد (تعداد طبق بارور در بوته، تعداد طبق نابارور در بوته، تعداد دانه

www.SID.ir

Archive of SID

درطبق، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه) اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه، و عملکرد بیولوژیک، به‌هنگام برداشت با حذف حاشیه از دو ردیف وسط هر کرت دو متر مربع برداشت گردید و میانگین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. داده‌های موجود به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند. سپس شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک تعیین شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم افزارهای SAS و SPSS انجام شد. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی به روش آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zinc ($mg.kg^{-1}$)	بور (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Boron ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%) Nitrogen Total (%)	شن (%) sand (%)	سیلت (%) Silt (%)	رس (%) Clay (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته (pH)	ماده آلی (%) Organic matter (%)
0.95	5.49	174.9	26	0.47	30.72	46.72	22.56	0.795	7.9	1.22

نتایج و بحث

تعداد طبق بارور در بوته

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال نشان داد که تعداد طبق بارور در بوته، از بین تیمارهای آزمایشی، تنها تحت تأثیر برهمکنش بور و روی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعدد طبق بارور در بوته در تیمار محلول‌پاشی B_3Zn_2 (۱۴/۸۲۲ طبق بارور در بوته) به‌دست آمد که با کلیه ترکیبات تیماری به جز B_1Zn_1 و B_1Zn_2 و B_2Zn_3، در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. افزایش در تعداد طبق بارور در بوته در تیمار B_3Zn_2 نسبت به تیمار محلول‌پاشی B_1Zn_1 (آب مقطر) و محلول‌پاشی با B_1Zn_2 به‌ترتیب ۱۳/۵۳ و ۱۳/۸۲درصد، مشاهده شد (جدول ۵).

پژوهشگران گزارش دادند که تعداد طبق بارور در بوته گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفت (Arab et al., 2016). هرچه زمان اعمال تنش خشکی، به مرحله تشکیل طبق‌ها نزدیک‌تر باشد، اثر آن بر تعداد طبق و در نهایت بر عملکرد دانه بیشتر خواهد شد. اعمال تنش خشکی پس از مرحله‌ی تشکیل طبق‌های اولیه، سبب کاهش تعداد طبق‌های ثانویه می‌شود که این طبق‌ها در مقایسه با طبق‌های اولیه، معمولاً قطر کمتری دارند (Dajue & Mundel, 1996). به‌نظر می‌رسد که مصرف عناصر بور و روی در مرحله گلدهی و دسترسی بیشتر گیاه در طی مراحل تشکیل طبق‌ها و پرشدن دانه، منجر به افزایش تعداد طبق بارور شده است. روی در گرده‌افشانی و لقاح نقش مهمی دارد و برای تولید اکسین جهت رشد سلولی مورد نیاز است. همچنین روی در افزایش طول لوله‌ی گرده و زنده‌ماندن تخمک نقش دارد و از طریق بالا بردن مقدار کربوهیدرات و مواد حاصل از همانندسازی و افزایش میزان اکسین در افزایش وزن میوه و کاهش ریزش میوه مؤثر است (Marschner, 1995). از وظایف بور می‌توان به رویش دانه‌ی گرده، رشد لوله‌ی گرده، جلوگیری از تخریب بافت‌ها، متابولیسم اسیدنوکلئیک، انتقال قندها، تراوایی غشا سلولی، تنظیم هورمون‌های گیاهی و متابولیسم اکسین و فنول اشاره کرد (Kasraei, 1993). در پژوهشی دیگر بور باعث کاهش تعداد گلچه‌های عقیم و بهبود توسعه‌ی غلاف‌ها در کلزا گردید Nuttall et al., (1987). سیدشریفی (Seyedsharifi, 2016) با تحقیق بر روی سویا نشان دادکه مصرف سولفات روی باعث افزایش تعداد غلاف بارور در بوته می‌شود. در آزمایشی دیگر گزارش شد که مصرف سولفات روی سبب کاهش خورجین بارور؛ ولی اسید بوریک سبب افزایش خورجین بارور در کلزا گردید (Khiavi et al., 2011).

پژوهشگران اثرات تنش کم‌آبی را در افزایش ناباروری طبق در گلرنگ (Arab et al., 2016)، سنبله و پنجه در گندم (*Triticum aestivum* L.) (Hosseinpanahi et al., 2012) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (Karami et al., 2004) اثبات نمودند. در سویا عنصر روی باعث کاهش غلاف‌های نابارور (Seyedsharifi, Sarawgi & Rajput, 2005; 2016) شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه گلرنگ تحت تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی برگی در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

Table 3- The combined analysis of variance (means of squares) for studied characteristics of safflower affected as irrigation and leaf spraying during 2013 and 2014

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد طبق بارور در بوته Fertile capitule per plant	تعداد طبق نابارور در بوته infertile capitule per plant	تعداد دانه در طبق Seed number per capitule	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	ارتفاع بوته Plant height	درصد بوکی دانه Unfilled grains per capitule
سال Year	1	78.4**	0.02^{ns}	125.36*	179507**	97.32**	35601145**	3395741 50**	110.89**	3368**	9.61**
تکرار (سال)Replication (Year)	4	25**	0.25**	45.53^{ns}	54225**	220.05**	1742172**	66286402**	163.92**	388.08**	0.99**
آبیاریIrrigation	2	7.82^{ns}	0.13^{ns}	45.48^{ns}	19705*	30.89**	2716904**	85808148**	1.5^{ns}	46.97^{ns}	0.04^{ns}
سال×آبیاریYear×Irrigation	2	1.68^{ns}	0.06^{ns}	99.73*	5681^{ns}	24.4**	1397707**	26231509*	1.86^{ns}	57.95^{ns}	0.73*
اشتباه اصلی Error (a)	8	12.35	0.09	44.42	23296	8.7	2809752	42094145	47.87	322.34	2.62
بور Boron	2	2.92^{ns}	0.54**	195.44**	55209**	49.68**	6149059**	12162112^{ns}	74.98**	24.1^{ns}	6.56**
آبیاری×بور Irrigation×Boron	4	3.96^{ns}	0.11^{ns}	65.81^{ns}	3710^{ns}	1.02^{ns}	147840^{ns}	5092040^{ns}	4.65^{ns}	44.3^{ns}	0.26^{ns}
سال×بور Year×Boron	2	3.26^{ns}	0.17*	30.89^{ns}	14619^{ns}	3.08*	283540^{ns}	814563^{ns}	8.53^{ns}	8.89^{ns}	0.16^{ns}
سال×آبیاری×بور Year× Irrigation×Boron	4	3.14^{ns}	0.01^{ns}	12.15^{ns}	2933^{ns}	0.41^{ns}	66390^{ns}	1160097^{ns}	3.21^{ns}	130.96^{ns}	0.32^{ns}
روی Zinc	2	11.09^{ns}	0.53**	296.44**	108892**	82.62**	11083516**	16641401^{ns}	139.68**	60.47^{ns}	3.56**
آبیاری×روی Irrigation×Zinc	4	5.33^{ns}	0.05^{ns}	28.93^{ns}	835.19^{ns}	1.8*	176537^{ns}	2938960^{ns}	7.04^{ns}	1.96^{ns}	0.17^{ns}
بور×روی Boron×Zinc	4	9.78*	0.29**	219.15**	95386**	46.57**	10358508**	9328123^{ns}	167.87**	117.8^{ns}	5.93**
آبیاری×بور×روی Irrigation×Boron ×Zinc	8	2.73^{ns}	0.096*	38.16^{ns}	3491^{ns}	2.3**	93303^{ns}	3011498^{ns}	6.35^{ns}	31.26^{ns}	0.42*
سال×روی Year×Zinc	2	0.19^{ns}	0.18*	27.37^{ns}	3841^{ns}	7.9**	547798^{ns}	1099308^{ns}	8.94^{ns}	56.1^{ns}	0.26^{ns}
سال×آبیاری×روی Year×Irrigation×Zinc	4	1.18^{ns}	0.009^{ns}	34.57^{ns}	3079^{ns}	1.58^{ns}	114109^{ns}	2240431^{ns}	3.72^{ns}	36.7^{ns}	0.3^{ns}
سال×بور×روی Year×Boron×Zinc	4	8.94^{ns}	0.05^{ns}	23.13^{ns}	8117^{ns}	3.16**	752393**	4428705^{ns}	7.2^{ns}	38.56^{ns}	0.1^{ns}
سال×آبیاری×بور×روی Year×Irrigation×Boron×Zinc	8	1.86^{ns}	0.007^{ns}	11.69^{ns}	1509^{ns}	0.61^{ns}	178260^{ns}	10020266^{ns}	13.86^{ns}	92.66^{ns}	0.16^{ns}
اشتباه فرعی Error (b)	96	3.73	0.04	30.59	4796	0.71	183465	5544591	9.26	56.81	0.19
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.12	10.9	16.66	15.31	2.91	9.44	11.08	14.13	6.28	19.82

ns, * and **: non significant and significant at 1 and 5 probability levels, respectively.

ns، * و ** بترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، و ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه گلرنگ در تیمارهای آبیاری در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳

Table 4- Mean comparison for studied characteristics safflower genotypes affected on irrigation treatments during 2013-2014 and 2014-2015 growing seasons

	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
S_1	472.71	29.6	4796.3	22682
S_2	449.47	28.09	4415.4	20295
S_3	434.83	28.94	4400.5	20787
$LSD_{0.05}$	26.5	0.321	163.6	899.5

S_1، S_2 و S_3: به‌ترتیب بدون قطع آبیاری، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی

S_1, S_2 and S_3: Full irrigation, without irrigation in flowering stage, without irrigation in seed filling stage, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه گلرنگ در برهمکنش تیمارهای بور×روی در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳

Table 5- Mean comparison for studied characteristics of safflower affevted on interaction of boron×zinc during 2013-2014 and 2014-2015 growing seasons

		تعداد طبق بارور در بوته Fertile capitule per plant	تعداد دانه در طبق Seed number per capitule	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
B_1	Zn_1	13.06	28.19	365.88	3731.3	18.72
	Zn_2	13.02	28.83	371.83	3671.3	18.16
	Zn_3	14.17	37.48	527.66	5232.3	24.58
B_2	Zn_1	13.41	29.96	395.86	3878.1	18.72
	Zn_2	14.64	36.17	526.83	5445.8	25.09
	Zn_3	13.3	32.36	426.23	4221.5	20.16
B_3	Zn_1	13.33	33.43	441.04	4458.6	21.64
	Zn_2	14.82	37.42	553.07	5509.7	24.66
	Zn_3	13.4	34.91	462.6	4688	22.14
$LSD_{0.05}$		1.49	3.79	59.4	531.7	2.58

B_1، B_2 و B_3: به‌ترتیب۰، ۳۵۰ و ۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید بوریک. Zn_1، Zn_2 و Zn_3: به‌ترتیب ۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات روی

B_1, B_2 and B_3: Zero, 350 and 700 $mg.kg^{-1}$, Boric acid respectively. Zn_1, Zn_2 and Zn_3: Zero, 1000 and 2000 $mg.kg^{-1}$, Zinc sulfate, respectively.

شاید بتوان مرگ یا کاهش باروری دانه‌های گرده در طبق‌های تشکیل‌شده در شرایط تنش را یکی از دلایل افزایش تعداد طبق غیر بارور عنوان کرد. به‌نظر می‌رسد حتی پرشدن دانه‌های تشکیل شده درون طبق‌ها نیز به‌دلیل تغییر مسیر توزیع اسیمیلات‌ها در جهت مقابله با تنش، با مشکل مواجه خواهند شد. لذا محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی از طریق فعال کردن سیستم‌های دفاعی و کاهش هزینه‌های گیاه، می‌تواند اثر جبران کننده‌ی قابل ملاحظه‌ای بر پارامترهای رشدی در شرایط تنش داشته باشد و عوارض تنش کم‌آبی را کاهش دهد.

تعداد طبق نابارور در بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده بور و روی، اثرات متقابل بور در روی و همچنین اثرات سه‌گانه آبیاری در بور در روی بر تعداد طبق نابارور در بوته معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه آبیاری در بور در روی نشان داد که در سطوح محلول‌پاشی B_2Zn_2 و B_3Zn_2 و B_1Zn_3 تعداد طبق نابارور در بوته در شرایط بدون قطع آبیاری (S_1)، به‌ترتیب با ۸/۰۲٪ و ۵/۳۵٪ و ۵/۳۵٪ نسبت به تیمار B_1Zn_1 کاهش یافت. تیمار B_1Z_2 بیشترین تعداد طبق نابارور را دارا بود که با کلیه تیمارهای آزمایشی به‌جز B_2Zn_2 و B_3Zn_2 وB_1Zn_3 در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

سطوح محلول‌پاشی B_3Zn_2 و B_2Zn_2 در تیمار S_2 به‌ترتیب با کاهش ۲۳/۶٪ و ۱۹/۷۴٪ نسبت به تیمار B_1Zn_1 و در تیمار S_3 به‌ترتیب با کاهش ۳۱/۹ ٪ و ۲۹/۹۶٪ نسبت به تیمار B_1Zn_1 کمترین تعداد طبق نابارور را دارا بودند. در سطوح آبیاری S_2 و S_3 بیشترین تعداد طبق نابارور متعلق به تیمار B_1Zn_1 بود (جدول ۶).

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه گلرنگ در برهمکنش تیمارهای آبیاری×بور×روی در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳

Table 6- Mean comparison for studied characteristics of safflower affected on interaction of irrigation ×boron×zinc during 2013-2014 and 2014-2015 growing seasons

			تعداد طبق نابارور در بوته Infertile capitule per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	پوکی دانه (درصد) Unfilled seed per capitule (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
S_1	B_1	Zn_1	1.87	27.84	2.68	3870.3
		Zn_2	2.05	28.08	2.85	3966.1
		Zn_3	1.77	30.65	1.9	5570.9
	B_2	Zn_1	2.02	28.57	2.7	4232.8
		Zn_2	1.77	30.64	1.72	5593.5
		Zn_3	1.92	29.29	2.87	4488.3
	B_3	Zn_1	1.95	29.14	1.88	4829.5
		Zn_2	1.72	32.03	1.57	5778.7
		Zn_3	1.9	30.14	1.89	4836.2
S_2	B_1	Zn_1	2.33	25.74	3.22	3489.8
		Zn_2	2.05	25.4	2.85	3420
		Zn_3	1.9	29.7	1.7	5049.5
	B_2	Zn_1	1.97	25.8	2.35	3689.5
		Zn_2	1.87	31	1.7	5437.3
		Zn_3	2.02	27.03	2.35	4182.5
	B_3	Zn_1	1.88	27.5	2.03	4208.6
		Zn_2	1.78	31.6	1.55	5401.5
		Zn_3	1.88	29.01	1.86	4860.2
S_3	B_1	Zn_1	2.57	26.86	2.53	3833.7
		Zn_2	2.07	27.25	3.2	3627.9
		Zn_3	1.83	30.02	1.73	5076.4
	B_2	Zn_1	1.98	27.49	2.86	3712
		Zn_2	1.8	30.83	1.23	5306.5
		Zn_3	1.97	28.63	2.54	3993.7
	B_3	Zn_1	1.92	28.31	2.21	4337.7
		Zn_2	1.75	31.44	1.58	5348.8
		Zn_3	1.87	29.61	1.88	4367.4
		$LSD_{0.05}$	0.263	3.42	0.757	944

: به‌ترتیب۰، ۳۵۰ و ۷۰۰ میلی‌گرم بر B_3 و B_2، B_1 و قطع آبیاری در مرحله‌ی دانه‌بندی. قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی به‌ترتیب بدون قطع آبیاری، :S_3 و S_2، S_1

.: به‌ترتیب ۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولفات رویZn_3 و Zn_2، Zn_1کیلوگرم اسید بوریک.

B_1, S_1, S_2 and S_3: Full irrigation, without irrigation in flowering stage, without irrigation in seed filling stage, respectively.
Zn_1, Zn_2 and Zn_3: Zero, 1000 and 2000 $mg.kg^{-1}$, Zinc sulfate B_2 and B3: Zero, 350 and 700 $mg.kg^{-1}$, Boric acid, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده بور، روی و اثرات متقابل بور در روی، بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل بور در روی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در طبق، در تیمار B_1Zn_3 مشاهده شد که با تیمارهای B_3Zn_2، B_2Zn_2 و B_3Zn_3 در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). تعداد دانه در طبق در تیمار B_1Zn_3 نسبت به تیمار محلول‌پاشی B_1Zn_1 ۳۲/۹۵ درصد افزایش نشان داد.

تعداد دانه در طبق در واقع ظرفیت مخزن‌های گیاه را مشخص می‌کند. هرچه تعداد دانه‌ها زیادتر باشد، گیاه دارای مخزن‌های بیشتری برای مواد پرورده تولیدشده است و هر عاملی که این جزء را افزایش دهد، سبب افزایش عملکرد نیز خواهد شد. افزایش تعداد دانه در اثر مصرف عناصر ریزمغذی بور و روی، ناشی از بهبود گرده‌افشانی از جمله تسهیل در حرکت دانه گرده اعلام شده است (Roshan et al., 2016). تغذیه گیاه با عنصر روی به‌دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه‌ی گرده، باعث افزایش طول عمر آن و درنتیجه موجب افزایش گرده‌افشانی و در نهایت تعداد بیشتر دانه درخورجین می‌شود (Porter, 1993). بور رشد دانه گرده به‌ویژه لوله گرده را تحریک می‌کند (Marschner, 1995). تحقیقات سایر محققان نیز نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت عنصر بور بر تعداد دانه در خورجین در کلزا (Grant & Baily, 1998) و تعداد دانه در طبق در آفتابگردان (Khan et al., 2015) می‌باشد.

تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو سال نشان داد که اثر ساده بور، روی و اثرات متقابل بور در روی بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل بور در روی نشان داد که تیمار B_3Zn_2، بیشترین افزایش تعداد دانه در بوته (۳۳/۸۵ درصد) را نسبت به تیمار محلول‌پاشی B_1Zn_1 نشان داد (جدول ۵). تعداد دانه در یک بوته، در واقع نتیجه حاصل‌ضرب تعداد طبق در بوته و متوسط تعداد دانه در هر طبق است که نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه ایفا می‌کند. بذور تولید شده به‌وسیله گیاهان وابسته به تشکیل گل‌های کافی، باروری کافی آنها و پر شدن بذور با عناصر غذایی کافی و مناسب می‌باشند. تحقیقات نشان داده است که برای رسیدن به این نتایج نیاز به ذخیره‌ی کافی عنصر بور در گیاه است. کمبود عنصر بور به‌شدت بر نقاط رشدی انتهایی و گلدهی گیاه تأثیر می‌گذارد. تحت شرایط کمبود روی تولید ماده خشک کل قسمت هوایی گیاه کاهش می‌یابد که این به‌ویژه در ژنوتیپ‌های حساس به‌علت آسیب فتواکسیداسیون ایجاد شده در اثر کمبود روی است (Ahmadi et al., 2012). گلدهی و تولید بذر در هنگام کمبود روی به‌شدت دچار اختلال می‌شود و در نتیجه تعداد دانه‌ها در بوته کاهش می‌یابد (Misagh et al., 2016 ؛ Ahmadi et al., 2012).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر ساده آبیاری، بور، روی، اثرات متقابل آبیاری در روی و بور در روی و اثرات سه‌گانه تیمارهای آزمایشی (آبیاری در بور در روی) بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه تیمارهای آزمایشی نشان داد که در تنش‌های S_1، S_2 و S_3 محلول‌پاشی موجب افزایش وزن هزار دانه شد و بیشترین وزن هزار دانه در کلیه‌ی سطوح آبیاری مربوط به سطح محلول‌پاشی B_3Zn_2 بود که در سطح S_1 با کلیه سطوح محلول‌پاشی به‌جز B_1Zn_1، B_1Zn_2 و B_2Zn_1 و در سطوح S_2 و S_3 با B_2Zn_2، B_1Zn_3 و B_3Zn_3 در یک گروه آماری قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد (جدول ۶). همچنین در تیمارهای آبیاری S_1، S_2 و S_3، محلول‌پاشی B_3Zn_2 توانست به‌ترتیب ۱۰/۰۹ درصد، ۲۲/۷۶ درصد و ۱۷/۰۸ درصد وزن هزار دانه را نسبت به تیمار محلول‌پاشی B_1Zn_1 افزایش دهد.

وقتی گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، برای این‌که از اثرات تنش خشکی فرار کند، اقدام به کوتاه کردن زندگی خود می‌کند؛ بنابراین به‌دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه‌ها کم می‌شود. بور در تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی، متابولیسم مواد هیدروکربن‌دار و انتقال آنها نقش دارد و از این طریق باعث افزایش درصد روغن و وزن هزار دانه می‌شود (Shorroks et al., 1997). همچنین این عنصر با ساخت پروتئین باعث افزایش تحمل کلزا دربرابر تنش‌های محیطی می‌گردد که بسیار بااهمیت جلوه می‌نماید (Heydary-sharifabad, 2000). اثر روی بر وزن هزار دانه گیاه را با تأثیر این عنصر در کمک به گیاه برای تحمل شرایط نامطلوب انتهای رشد نظیر گرما و خشکی آخر فصل مرتبط دانسته‌اند

www.SID.ir

Archive of SID

(Movahedi-Dehnavi et al., 2007). افزایش وزن هزار دانه در اثر مصرف عناصر ریزمغذی بور و روی می‌تواند به‌دلیل افزایش مواد ذخیره شده و کاهش محدودیت منبع باشد که موجب سرازیر شدن مواد پرورده به سوی دانه می‌شود. افزایش تعداد نیام در گیاه، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) با مصرف عنصر روی، به‌دلیل نقش حیاتی آن در آنزیم‌های فعال در فرآیندهای زیستی در گیاه اعلام شده است که سبب افزایش اجزاء عملکرد می‌شود (Gobarah et al., 2006). ورما و همکاران (Verma et al., 2012) گزارش کردند که افزایش اجزاء عملکرد به‌ویژه وزن هزار دانه در خردل هندی (*Brassica juncea* L.) با مصرف بور به‌دلیل تأثیر مثبت آن بر افزایش میزان فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌باشد. افزایش وزن هزار دانه در اثر مصرف بور در آفتابگردان (Khan et al., 2015؛ et al., 2013 Jabeen) و سویا (Devi et al., 2012) و همچنین با مصرف عنصر روی در گلرنگ (Movahedi-Kamaraki & Galavi, 2012 Aytac et al., 2014; Dehnavi et al., 2009) توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده آبیاری، بور و روی و اثرات متقابل بور در روی بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در تیمار S_1 مشاهده شد (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه در تیمارهای S_2 و S_3 به‌ترتیب ۷/۹۴ درصد و ۸/۲۵ درصد نسبت به S_1 بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل بور در روی نشان داد که تیمار B_3Zn_2 با افزایش ۴۷/۶۶ درصد نسبت به تیمار آب مقطر (B_1Zn_1) بیشترین افزایش در عملکرد دانه را دارا بود که با سطوح محلول‌پاشی B_2Zn_2 و B_1Zn_3 در یک گروه آماری قرار گرفته و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه تیمارهای آزمایشی نشان داد که در تنش‌های S_1، S_2 و S_3 محلول‌پاشی موجب افزایش عملکرد دانه شد و بیشترین وزن عملکرد در سطوح آبیاری S_1 و S_3 مربوط به سطح محلول‌پاشی B_3Zn_2 بود که در سطح S_1 با سطوح محلول‌پاشی B_1Zn_3، B_2Zn_2 و B_3Zn_3 و در سطح S_3 با سطوح محلول‌پاشی B_2Zn_2 و B_1Zn_3 در یک گروه آماری قرار گرفتند و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد (جدول ۶). در سطح آبیاری S_2 بالاترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی B_2Zn_2 مشاهده شد که با سطوح محلول‌پاشی B_1Zn_3، B_2Zn_2 و B_3Zn_3 اختلاف معنی‌داری نشان نداد. همچنین عملکرد دانه در سطوح آبیاری S_1 و S_3 با محلول‌پاشی تیمار B_3Zn_2 به‌ترتیب ۴۹/۳٪ و ۳۹/۵۲٪ و در سطح آبیاری S_2 با محلول‌پاشی تیمار B_2Zn_2 ۵۵/۸٪ نسبت به تیمار محلول‌پاشی B_1Zn_1 (شاهد) افزایش نشان داد.

کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Movahedi-Dehnavi et al., 2007 ;Yari et al., 2015).

عملکرد دانه تابع اجزاء عملکرد (شامل تعداد طبق بارور، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه) می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزاء سبب تغییر در عملکرد خواهد شد. عناصر ریزمغذی بر وزن دانه و عملکرد دانه تأثیر بسزایی دارند (Singh et al., 1996). در این آزمایش محلول-پاشی روی و بور سبب افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد شامل تعداد طبق بارور در بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه شد، با توجه به اینکه عملکرد تابع اجزای عملکرد می‌باشد، لذا عملکرد دانه نیز با محلول‌پاشی بور و روی افزایش نشان داد.

عنصر بور با تأثیر در فتوسنتز باعث انتقال کربوهیدرات‌ها می‌شود و از آنجا که در پایان ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، می‌توان اظهار نمود که محلول‌پاشی بور سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد، (Sangale et al., 1981; Ramesh et al., 1999) خواهد شد.

براون و همکاران (Brown et al., 1993) در توضیح نقش روی در میزان عملکرد عنوان کردند که شکل‌گیری اندام‌های زایشی نر و ماده و فرایند گرده‌افشانی در اثر کمبود روی، مختل می‌شوند که منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود. آنها این امر را به کاهش تولید ایندول‌استیک‌اسید نسبت دادند. همچنین افزایش عملکرد در اثر مصرف بور می‌تواند به‌علت میزان کم بور قابل دسترس برای گیاه در خاک و نقش اساسی این عنصر در گیاه باشد که در متابولیسم گیاهی و سنتز اسیدهای نوکلئیک نقش دارد (Ghalavi et al., 2007.). محققان بیان کردند که محلول‌پاشی عنصر روی باعث افزایش عملکرد دانه در گیاهان کنجد (Ahmadi et al., 2012)، کتان (*Linum usitatissimum* L.) (Khiavi et al., 2011)، کلزا (Ebrahimian et al., 2015) و گلرنگ (Aytac et al., 2014 Movahedi-Dehnavi et al., 2009) گردید. همچنین اثر مثبت بور در افزایش عملکرد آفتابگردان (Khan et al., 2015)، چغندر قند

www.SID.ir

Archive of SID

پنبه (*Gossypium*) (Dordas et al., 2007) (*Beta vulgaris* L.) (Dordas, 2006a) (*herbaceum* L. (Dordas, 2006b) و یونجه نتایج این آزمایش را تأیید می‌کند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده آبیاری بر صفت عملکرد بیولوژِیک معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژِیک در تیمار بدون قطع آبیاری مشاهده شد (جدول ۴). سطوح آبیاری S_2 و S_3 عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب ۱۰/۵۳ و ۸/۳۶ درصد نسبت به S_1 کاهش دادند. کاهش میزان کربوهیدرات‌ها و کاهش تولید ماده‌ی خشک گیاه، از اثرات قطعی افزایش تنش خشکی می باشد (Keatinge and Cooper, 1984; et al., 1984 Aggrawal). کاهش عملکرد بیولوژیک ناشی از کاهش تجمع ماده خشک بوده است. از آنجایی‌که در مرحله‌ی گلدهی نیز گیاه تجمع ماده خشک را ادامه می‌دهد، قطع آبیاری در این مرحله باعث آسیب بیشتری به روند تجمع ماده خشک و در نهایت عملکرد بیولوژیک می‌گردد، درحالی‌که با قطع آبیاری در مراحل دانه‌بندی خسارت کمتر می‌شود. پژوهشگران دیگر با مطالعه در گیاهان گلرنگ (Yari et al., 2015; Mohsennia & Jalilian, 2012) و آفتابگردان (Allahdadi et al., 2014) اعلام نمودند که محدودیت آب اثر منفی بر تجمع ماده خشک دارد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده بور و روی و اثرات متقابل بور در روی بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت در تیمار B_2Zn_2 (با افزایش ۳۴/۰۲ درصد نسبت به تیمار B_1Zn_1) مشاهده شد که با سطوح B_1Zn_3 و B_3Zn_2 تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). شاخص برداشت به‌عنوان یک خصوصیت فیزیولوژیک، پتانسیل گیاه در اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه را نشان می‌دهد.در واقع شاخص برداشت، معیاری از کارآیی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. عدم تغییر شاخص برداشت در اثر تنش آبی توسط محققان دیگر در گلرنگ گزارش شده است (Farid & Ehsanzadeh, 2006). به‌نظر می‌رسد در مدیریت نوین گیاهان زراعی شاخص برداشت یک رقم معین، صفت ثابتی است که حتی در شرایط تنش تغییر اندکی می‌نماید (Eshghizadeh & ehsanzadeh, 2009). افزایش شاخص برداشت در اثر محلول‌پاشی روی و منگنز در برخی ارقام گلرنگ (Aytac et al., 2014؛ Movahedy Dehnavy et al., 2007) و همچنین با مصرف عنصر ریز مغذی بور در گیاهان آفتابگردان (Khan et al., 2015) و یونجه (Dordas, 2006b) نتایج آزمایش ما را تأیید می‌نماید. بهبود تسهیم ماده خشک به ساختارهای زایشی دانه (بهبود شاخص برداشت) از جمله صفاتی است که می‌تواند باعث بهبود عملکرد دانه شود. بنابراین چنین به نظر می رسد که افزایش مصرف بور و روی در شرایط تنش خشکی، باعث بهبود توزیع نسبی فرآورده‌های فتوسنتزی، بین مخازن اقتصادی (دانه‌ها) و در نتیجه شاخص برداشت باشد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل آنها قرار نگرفت. (جدول ۳). عدم تأثیر تیمارهای مختلف بر ارتفاع به این علت است که گیاه در زمان اعمال تیمارهای آزمایشی که در این آزمایش مرحله‌ی ۵۰٪ گلدهی می‌باشد، به حداکثر میزان ارتفاع خود رسیده، بنابراین اعمال تیمارها تغییری در ارتفاع بوته ایجاد نمی‌کند. در گلرنگ ارتفاع بوته قبل از مرحله زایشی تعیین گردیده، با شروع مرحله زایشی و شکفتن گل‌ها رشد طولی متوقف می‌گردد (Shrestha et al., 2006; Farokhinia et al., 2012)، بنابراین اعمال تیمارها در مرحله‌ی زایشی تغییری در ارتفاع بوته ایجاد نمی‌نماید.

درصد پوکی دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی بور و روی، اثرات متقابل بور در روی و اثرات سه‌گانه آبیاری در بور در روی بر درصد پوکی دانه معنی‌دار شد (جدول۳). مقایسه‌ی میانگین اثرات سه‌گانه‌ی آبیاری در بور در روی نشان داد که حداقل پوکی دانه در سطوح آبیاری S_1 و S_2 در تیمار B_3Zn_2 مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۱/۴۹ درصد و ۵۱/۹ درصد کاهش نشان دادند. همچنین در سطح آبیاری S_3 حداقل پوکی دانه در تیمار B_2Zn_2 (با کاهش ۵۱/۵ درصد نسبت به شاهد) مشاهده شد که با سطوح B_3Zn_2 و B_1Zn_3 و B_3Zn_3 تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی در مرحله گلدهی موجب افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

میزان تلقیح شده و تعداد دانه‌های مغزدار به علت افزایش مواد فتوسنتزی افزایش یافته، درنتیجه درصد دانه‌های پوک در طبق کاهش می‌یابد. برمکی و همکاران به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی با عناصر بور، روی اثر معنی‌داری بر کاهش درصد پوکی دانه آفتابگردان داشته است (Barmaki et al., ؛ Kiran et al., 2014) 2010. با توجه به این‌که در شرایط تنش خشکی نیز محلول‌پاشی عناصر توانسته پوکی دانه‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش خشکی عناصر ریزمغذی می‌توانند در تنظیم اسمزی نقش داشته باشند. از طرف دیگر مصرف ریزمغذی‌ها، سبب افزایش دوام سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر می‌شود که این امر نیز در کاهش درصد پوکی دانه‌ها می‌تواند موثر واقع شود. روی در تنظیم آب گیاه مؤثر است و یکی از دلایل پوکی کاهش میزان آب است (Salardini, 2007). در هنگام تنش خشکی از بین رفتن دانه‌ی گرده و عدم تلقیح از عوامل ایجاد پوکی به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی بور و سولفات روی تا حدی از خسارت وارده می‌کاهد.

اثر سال بر صفات مورد مطالعه

اثر سال بر کلیه صفات مورد بررسی در این آزمایش به‌استثنای تعداد طبق نابارور در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات مورد بررسی (جدول ۷) نشان داد که در سال دوم، صفات تعداد طبق بارور در بوته، دانه در طبق، دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و ارتفاع بوته به‌ترتیب ۱۰/۷٪، ۵/۴۵٪، ۱۵/۹٪، ۵/۵۲٪، ۲۳/۰۴٪، ۱۴/۶۲٪، ۸/۰۲ ٪ و ۷/۹٪ نسبت به سال اول افزایش نشان دادند. درصد پوکی دانه نیز در سال دوم ۱۹/۶۷٪ نسبت به سال اول کاهش نشان داد. به‌عبارت دیگر، در سال دوم کلیه صفات نسبت به سال اول برتری داشتند.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه گلرنگ در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ (سال اول) و ۹۴-۱۳۹۳ (سال دوم)

Table 7- Mean comparison for studied characteristics of safflower during 2013-2014 (the first year) and 2014-2015 (the second year) growing seasons

تیمار Treatment		تعداد طبق بارور در بوته Fertile capitule per plant	تعداد طبق نابارور در بوته Infertile capitule per plant	تعداد دانه در طبق Seed number per capitule	تعداد دانه دربوته Seed number per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologicalal yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	درصد پوکی دانه Unfilled grains per capitule (%)
سال Year	اول The first	12.99	1.95	32.31	419.05	28.1	4068.6	19807.5	20.71	115.48	2.44
	دوم The second	14.38	1.93	34.07	485.62	29.65	5006.17	22703.1	22.37	124.6	1.96
	$LSD_{0.05}$	0.603	0.066	1.73	21.6	0.262	134	734	0.949	2.35	0.136

میانگین درجه حرارت و بارندگی در طی فصل رشد در سال ۱۳۹۳ به‌ترتیب ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد و ۲۹ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۴ به‌ترتیب ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۲۴/۱ میلی‌متر بود (جدول ۱). به‌علت وجود بارندگی‌های زیاد در زمان اعمال تنش در دوره گلدهی و دانه-بندی (در شهریور ماه ۹۴) کلیه صفات مورد بررسی در سال دوم اجرای آزمایش تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفتند. با توجه به اینکه تنش عموماً اثر مخرب و منفی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و دیگر صفات مورد بررسی در این آزمایش دارد، به‌دلیل عدم تأثیر تیمارهای آبیاری (به‌دنبال وقوع بارندگی در زمان اعمال تنش در شهریور ۱۳۹۴) بین کرت‌های اصلی در مزرعه شرایط یکنواختی ایجاد شد. علاوه‌برآن بارندگی‌های فراوان و خنک‌تر بودن هوا در زمان اعمال تنش در سال دوم اجرای آزمایش نسبت به سال اول باعث طولانی‌تر شدن طول دوره زایشی و تعداد روز تا دانه‌بندی و رسیدگی گردیدند. این عوامل منجر به برتری صفات مورد بررسی در سال دوم اجرای آزمایش نسبت به سال اول شد.

www.SID.ir

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد گلرنگ در دو سال زراعی۹۳- ۱۳۹۲ و۹٤ -۱۳۹۳

Table 8- Correlation coefficients between seed yield, biological yield, harvest index and yield components in safflower during 2013-2014 and 2014-2015 growing seasons

	عملکرد بیولوژیک Biologicalal yield	عملکرد دانه Seed yield	ارتفاع بوته Plant height	پوکی دانه Hollow grains	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد دانه در طبق Seed number per capitule	تعداد طبق نابارور در بوته Infertile capitule per plant
عملکرد دانه Seed yield	0.47**	1							
ارتفاع بوته Plant height	0.25**	0.35**	1						
پوکی دانه Hollow grains	-0.26**	-0.56**	-0.17*	1					
شاخص برداشت Harvest index	-0.26**	0.73**	0.2*	-0.41**	1				
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.29**	0.57**	0.18*	-0.35**	0.4**	1			
تعداد دانه در بوته Seed number per plant	0.35**	0.83**	0.25**	-0.51**	0.62**	0.22**	1		
تعداد دانه در طبق Seed number per capitule	0.27**	0.59**	0.19*	-0.4**	0.43**	0.26**	0.73**	1	
تعداد طبق نابارور در بوته Infertile capitule per plant	-0.15ns	-0.28**	0.009ns	0.34**	-0.18*	-0.39**	-0.23**	-0.32**	1
تعداد طبق بارور در بوته Fertile capitule per plant	0.21**	0.5**	0.13ns	-0.27**	0.38**	0.01ns	0.58**	-0.12ns	0.05ns

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: are non significant and significant at 1 and 5 probability levels, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، تیمارهای B_3Zn_2 و B_2Zn_2 در شرایط تنش در مرحله گلدهی (به‌ترتیب با افزایش عملکرد ۵۴/۸٪ و ۵۵/۸٪ نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی) و دانه‌بندی (به‌ترتیب با افزایش عملکرد ۳۹/۵٪ و ۳۸/۴٪ نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی) توانستند تا حدود زیادی خسارت ناشی از محدودیت آب را در گلرنگ را جبران کنند.

نتایج به‌دست آمده به‌وضوح نشان داد که عملکرد دانه با صفاتی همچون ارتفاع بوته، تعداد طبق بارور در بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد طبق نابارور در بوته و درصد پوکی دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشت (جدول ۸). وجود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی اگر در زمان مناسب و به‌مقدار بهینه مصرف گردد، در القای مقاومت به خشکی گیاه اثر خواهد گذاشت. محلول‌پاشی روی، بور و توام روی و بور در شرایط تنش خشکی توانست باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتئین در کنجد شود(Misagh et al., 2016). این مطلب را پژوهشگران در گلرنگ (Aghighi et al., 2012؛ Movahedi-Dehnavi et al., 2007)، آفتابگردان (Saeed et al., 2015)، گندم (Karim et al., 2012) و یونجه (Gerewal & Williams, 2000) نشان دادند. پژوهش‌های بیشتری در راستای تعیین زمان دقیق، مقدار مصرف بهینه و شکل فرمولاسیون مناسب کاربرد عناصر ریزمغذی بور و روی جهت بهبود قابلیت تحمل تنش خشکی انتهای فصل در محصولات زراعی به‌ویژه گلرنگ بهاره مورد نیاز خواهد بود.

منابع

Aggrawal, P.K., Khanna Chopra, R., and Sinha, S.K. 1984. Changes in leaf water potential in relation to growth and dry matter production. In the Chickpea pp.168-169. C.A.B. International, UK.

Aghighi-Shahverdikandi, M., Khodadadi, A.R., and Heidari, F. 2012. Evaluation of Boron foliar application and irrigation withholding on qualitative traits of safflower. International Journal of Farming and Allied Sciences 1(1): 16-19.

Ahmadi, J., Seyfi, M.M., and Amini, M. 2012. Effect of spraying micronutrients Fe, Zn and Ca on grain and oil yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. Electronic Journal of Crop Production 5(3): 115-130. (In Persian with English Summary)

Ahmadi, M. 2010. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oil seed rape (*Brassieca napus* L.). World Applied Sciences Journal 10(3): 298-303.

Alahdadi, I., Oraki, H., and Parhizkar-Khajani, F. 2014. Changes in morphological and physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the water deficit stress. African Journal of Agricultural Research 9(30): 2324-2331.

Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association (IZA). Belgium, 128 p.

Arab, S., Baradaran-Firouzabadi, M., Asghari, H.R., Gholami, A., and Rahimi, M. 2016. The effect of ascorbic acid and sodium nitroprusside foliar application on seed yield, oil and some agronomical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 9(1): 69-87. (In Persian with English Summary)

Arnon, I. 1972. Crop Production in Dry Areas. Vol. II: Systematic treatment of the principal crops. Leonard Hill, London.

Ashri, A., Zimmer, D.E., Urie, A.L., Cahaner, A., and Marani, A. 1974. Evaluation of the world collection of safflower, *Carthamus tinctorius* L. IV. Yield and yield components and their relationships. Crop Science 14: 799–802.

Aytac, Z., Gurmezoglu, N., Sirel, Z., Tolay, I., and Torun, A.A. 2014. The Effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 42(1): 202-208.

Azizi, K., Norouzian, A., Heidari, S., and Yaghoubi, M. 2010. The study of effect of zinc and boron foliar application on yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of rapeseed *(Brassica napus* L.*)* in

www.SID.ir

Archive of SID

Khorramabad climatic conditions. Journal of Agronomy Science 4(5): 2-16. (In Persian with English Summary)

Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 22: 226-231.

Barmaki, Y., Jalili, F., Eivazi, A.R., and Rezaei, A. 2010. Effects of foliars application of zinc, iron and boron on yield and quality of two cultivars of sunflower oil. Journal of Research in Crop Sciences 2(6): 13-26. (In Persian with English Summary)

Bellaloui, K.N., Reddy, A.M., and Abel, C.A. 2010. Nitrogen Metabolism and Seed Composition as Influ-enced by Foliar Boron Application in Soybean. Plant and Soil 336: 143-155.

Bowyzys, T., and Krauz, A. 2000. Effect of boron fertilizers yield content and uptake of boron by spring oil seed rape variety star. Rosliny Oleiste 21: 813-817.

Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and the environment. Science 218: 443-448.

Brown, P.H., Cakmak, I., and Zhang, Q. 1993. Form and function of zinc plants. In: Robson. A.D., (Ed.). In Zinc in Soils and Plants. Springer Netherlands, p. 93-106.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil 302(1-2): 1-17.

Champolivier, L., and Merrien, A. 1996. Effects of water stress at different growth stages of *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. European Journal of Agronomy 5: 153-160.

Dajue, L., and Mundel, H.H. 1996. Safflower. International plant genetic resources institute, Rome, Italy. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press, 890 p.

Devi, K.N., Singh, L.N.K., Singh, M.S., Singh, S.B., and Singh, K.K. 2012. Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max* L.) under upland conditions. Journal of Agricultural Science 4 (4) : 1-10.

Dordas, C. 2006a. Foliar boron application affects lint and seed yield and improves seed quality of cotton grown on calcareous soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 76: 19-28.

Dordas, C. 2006b. Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. Agronomy Journal 98: 907-913.

Dordas, C., Apostolides, G.E., and Goundra, O. 2007. Boron application affects seed yield and seed quality of sugar beets. Journal of Agricultural Science 145: 377-384.

Ebrahimian, E., Baybordi, A., Seyyedi, S.M., and Mohammadi Kia, R. 2015. Effects of nitrogen, zinc and water salinity levels on yield, quality indices and nutrient uptake in canola (*Brassica napus* L.) Okapi variety. Journal of Agroecology 7(1): 120-126. (In Persian with English Summary)

Eshghizade, H.R. and Ehsanzadeh, P. 2009. Maize hybrids performance under differing irrigationregimes: 1-chlorophyll fluorescence, growth and grain yield. Iranian Journal of Agricultural Sciences 40: 144-135. (In Persian with English Summary)

Farid, N., and Ehsanzadeh, P. 2006. Yield and yield components of spring sown safflower genotypes and their response to shading on inflorescence and the adjacent green tissue in Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 189-199. (In Persian with English Summary)

Farokhinia, M., Roshdi, M., Pasban-Eslam, B., and Sasandoust, R. 2011. Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crop Science 42: 545-553. (In Persian with English Summary)

Galavi, M., Heidari, M., and Zamani, M. 2007. Effects of zinc sulphate spray on quality, yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Nutrition 18(1): 179-200.

Gobarah, M.E., Mohamed, M.H., and Tawfik, M.M. 2006. Effect of phosphorus fertilizer and foliar spraying with zinc on growth, yield and quality of groundnut under reclaimed sandy soils. Journal of Applied Science Research 2(8): 491- 496.

Grant, C.A., and Baily, L.D. 1998. Fertility management in canola production. Canadian Journal of Plant Science 73(3): 651-670.

Grewal, H.S., and Williams, R. 2000. Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. Journal of Plant Nutrition 23: 942-962.

Guertal, E.A. 2004. Boron fertilization of bentagrass. Crop Science 44: 204-208.

Heydari-sharifabad, H. 2000. Plants, drought and famine. Ministry of Agriculture. Teaching and Research Department

www.SID.ir

Archive of SID

of Forests and Range. Publication No. 250 (In Persian)

Hosainpanahi, F., Kafi, M., Parsa, M., Nasiri-mahalati, M., and Banayan, M. 2012. The evaluation of yield and yield component of tolerant and sensitive wheat cultivar subjected to water deficit stress used by penmon montith model. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 4(1): 47-63. (In Persian with English Summary)

Jabeen, N., Ahmad, R., Soltana, R., and Saleem, R. 2013. Investigation on foliar spray of boron and manganese on oil content and concentrations of fatty acids in seeds of sunflower plant raised through saline water irrigation. Journal of Plant Nutrition 36 (6): 1001-1011.

Kamaraki, H., and Galavi, M. 2012. Evaluation of Fe, B and Zn spraying on safflower quantitative and qualitative traits. Journal of Agroecology 4(3): 201-206. (In Persian with English Summary)

Karami, A., Ghanadha, M., Naghavi, M.R., and Mardi, M. 2004. The evaluation of resistance to drought in barley. Journal of Agricultural Science 1(3):547-560.

Karim, R., Zhang, Y.Q., Zhao, R.R., Chen, X.P., Zhang, F.S., and Zou, C.Q. 2012. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 175(1): 142–151.

Kasraei, R. 1993. Summary of Plant Nutrition Science. Tabriz University Press, Tabriz, Iran. 120 pp. (In Persian)

Keatinge, J.D.H., and Cooper, P.J.M. 1984. Physiological and moisture use studies on growth and development of winter sown chickpea. In Saxena: M.C. and Singh, K.B. (eds). Ascochyta blight and winter sowing of chickpeas. World crops: production, utilization, description pp. 141-177.

Khan, I., Anjum, S.A., Qardi, R.W.K., Ali, M., Chattha, M.U., and Asif, M. 2015. Boosting achene yield and yield related traits of sunflower hybrids through boron application strategies. American Journal of Plant Sciences 6: 1752-1759.

Khiavi, M., Khorshidi, M.B., Ismaeili, M., Azarabadi, S., Faramarzi, A., and Emaratpardaz, J. 2011. Effect of foliar application of boron and zinc on yield and some qualitative characteristics of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Jornal of Water and Soil Science 1(3): 31-45. (In Persian with English Summary)

Kiran, S.P., Paramesh, R., Nishanth, G.K., Channakeshava, B.C., and Niriranjana-Kumara, B. 2014. Influence of seed pelleting on crop growth and seed yield in sunflower hybrid seed production of KBSH-53 (*Helianthus annus* L.). International Journal of Advances in Pharmacy, Bilogy and Chemistry 3(2): 391-394.

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

Mandal, B., Hazra, G.C., and Mandal, L.N. 2000. Soil management influence on zinc dsorptions for rice and maize nutrition. Soil Science Society of America Journal 64(5): 1699-1705.

Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: macronutrients. Mineral nutrition of higher plants 2nd Edition. Academic Press, New York. P. 299-312.

Mekki, B.B., El-Kholy, M.A., and Mohamed, E.M. 1999. Yield, oil and fatty acid contents as affected by water deficit and potassium fertilization in two sunflower cultivars Egypt. Journal of Argonomy 21: 67-85.

Misagh, M., Movahedi-Dehnavi, M., Yadavi, A.R., and Khadem-Hamze, H.R. 2016. Improvement of yield, oil and protein percentage of sesame under drought stress by foliar application of zinc and boron. Electronic Journal of Crop Production 9(1): 163-180. (In Persian with English Summary)

Mohsennia, O., and Jalilian, J. 2012. Effects of drought stress and ertilizer sources on yield and yield components of safflower (*Crathamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 4(3): 235-245. (In Persian with English Summary)

Moradi-Telavat, M.R., and Siadat, S.A. 2013. Introdauction to Oilseed Plants Production. Agricultural Extension and Education Publications. Pp. 375.

Moradi-Telavat, M.R., Roshan, F., and Siadat, S.A. 2015. Effect of foliar application of zinc sulfate on minerals contenet, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 17(2): 153-164. (In Persian with English Summary)

Movahedi- Dehnacvi, M., and Modares-Sanavi, A.M. 2007. Effect of Zn and Mn micro nutrients foliar application on yield and yield components of three winter safflower under drought stress in Isfahan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(2): 1-11. (In Persian with English Summary)

Nam, N.H., Chauhan, Y.S., and Johansen, C. 1993. Comparison of extra-short-duration pigeonpea with short-season legumes under rainfed conditions on alfisols. Experimental Agriculture 29: 307-316.

www.SID.ir

Archive of SID

Nuttall, W.F., Ukrainetz, H., Stewart, J.W.B., and Spurr, D.T. 1987. The effect of nitrogen, sulfur and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.). Canadian Journal of Soil Science 67: 545-559.

Porter, P.M. 1993. Canola response to boron and nitrogen grown on the southeastern Coastal plain. Journal of Plant Nutrition 16(12): 2371- 2381.

Pratima, S., Sharma, C., Chatterjee, C., and Sinha, P. 1999. Seed quality of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by boron nutrition. Indian Journal of Agricultural Science 1: 14-17.

Purdad, S.S. 2007. Safflower. Center of Mehr Publication, Iran 123 pp. (In Persian)

Ramesh, S., Raghbir, S., Mohinder, S., Sharam, R., Singh, R., and Singh, M. 1999. Effect of P, Fe on the yield of sunflower. Annals Agricultural Research 4: 445-450.

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., and Dharmatti, P.R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences 32: 382-385.

Roshan, F., Moradi-Telavat, M.R., and Siadat, S.A. 2016. Effects of foliar application of zinc sulfate on minerals contenent, seed and oil yields of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 17(4): 1063-1074. (In Persian with English Summary)

Saeed, U., Sher, A., Hussain, S., Khan, A., Ameen, A., jincai, L., and Shakoor, A. 2015. Impact of foliar application of boron on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different irrigation conditions. Academia Journal of Agricultural Research 3(9): 219-225.

Salardini, A.A. 2007. Soil Fertility. University of Tehran Press, Tehran, Iran. 432 p. (In Persian)

Sangale, P.B., Palit, G.D., and Daftardar, S.Y. 1981. Effect foliar application of zinc, iron and boron on yield of safflower. Journal of Maharashtra Agriculture University 6: 65-66.

Sarawgi, S.K., and Rajput, R.S. 2005. Effect of phosphorus, zinc and PSM on growth and yield of soybean in vertisols of Chhattisgarh plain. Annual Agricultural Research 26 (2): 302–305.

Selote, D.S., and Khana-Chopra, R. 2004. Drought-induced spikelet sterility is associated with an inefficient antioxidant defence in rice plants. Physiologia Plantarum 121: 462-467.

Seyedsharifi, R. 2016. Application of biofertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean. Zemdirbyste-Agriculture 103(3): 251-258.

Shirani-Rad, A.H. 2003. Crop Physiology. Artistic and Cultural Institute Dibagaran Tehran, Tehran, Iran. 360 p. (In Persian)

Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. Plant and Soil 193: 121–148.

Shrestha, R., Turner, N.C.M., Siddique, K.H., Turner, D.W., and Speijers, J. 2006. A water deficit during pod development in lentils reduces flower and pod number but not pod size. Australian Journal of Agricultural Research 57(4): 427-438.

Singh, R., Sharma, R.K., and Singh, M. 1996. Effect of P, Zn, Fe, $CaCO_3$, and farmyard manure application on yield and quality of sunflower. Annals of Biology Ludhiana 12: 203-208.

Verma, C.K., Prasad, K., and Yadav, D. 2012. Studies on response of sulphur, zinc and boron levels on yield, economics and nutrients uptake of mustard (*Brassica napus* (L.) Czernj & Cosson). Crop Research 44(1-2): 75-78.

Yari, P., Keshtkar, A.H., and Sepehri, A. 2015. Evaluation of water stress effect on growth and yield of spring safflower. Plant Production Technology 14(2): 101-117. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 823-840

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۸۴۰-۸۲۳

Effect of Foliar Spray of Boron and Zinc on the Yield and Yield Components of Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Late-Season Water Limitation

S. Soheili-Movahhed[1], S. Khomari*[2], P. Sheikhzadeh[3] and B. Alizadeh[4]

Submitted: 16-01-2017
Accepted: 04-04-2017

Soheili-Movahhed, S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P., and Alizade, B. 2018. Effect of foliar spray of Boron and Zinc on the yield and yield components of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under late-season water limitation. Journal of Agroecology. 10(3): 823-840.

Introduction

The stable nature of plants constantly makes them to expose to a variety of environmental conditions that are often stressful and undesirable. Drought or water deficit stress is the most important environmental factor which has severe negative impacts on crops yield, especially when the water deficit stress occurs in the flowering stage, it will affect the crop production. The nutritional imbalance in plants is one of the effects of drought stress. Proper plants nutrition under stress conditions may partially help plants against various stresses. The growth and yield of plants under stress conditions can be improved by spraying foliar micro nutrients. Boron is essential for protein synthesis, seed and cell wall formation, pollen germination and pollen tube growth. Zinc application has a significant impact on basic plant processes such as metabolism and nitrogen uptake, improving the quality of protein structure, photosynthesis, resistance to biotic and abiotic stresses in plants and their protection against oxidative damage. The aim of this study was to investigate the effects of foliar spray of boron and zinc on yield and yield components of spring safflower (cv. Mahalli-e Esfahan) under late-season water deficit in Ardabil province.

Materials and Methods

The field experiment was conducted at the Research Farm of the University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran in 2014 and 2015. The experimental arrangement was split factorial based on a randomized complete block design with three replications. The main-plot factor consisted of three levels of water treatments (S_1: full irrigation until end of season, S_2: without irrigation in flowering, S_3: without irrigation in seed filling) and the sub-plot factor included factorial combination of Boron (B_1: 0, B_2: 350, B_3: 700 ppm) and Zinc (Z_1: 0, Z_2: 1000, Z_3: 2000 ppm). B was added as Boric Acid (H_3BO_3) and Zn as Zinc Sulfate **(**$ZnSO_4$). The treatments were applied during anthesis (when 50% of the plants were at anthesis stage) as foliar applications (Dordas et al., 2007). All other agricultural practices (weeds control and irrigation), were performed when they were required and as recommended for safflower production. The measured traits included plant height, fertile and infertile capitoles per plant, grain number per capitole and plant, unfilled grain percentage, 1000-kernel weight, grain yield, biological yield and harvest index. Analyses of variance and comparison of means at $P \leq 0.05$ were carried out, using SAS 9.1 software. The means were compared using LSD test.

Results and Discussion

Combined analysis of variance of the data showed that year was significant for all the traits (except infertile capitoles per plant). During the second year, there was no significant difference among all the treatments due to heavy rainfalls. The results of the mean comparison of data showed that all parameters were superior in the second year compared to the first year. Also Seed number per plant, 1000-kernel weight, seed yield and biological yield were significantly affected by drought stress. The results demonstrated that water deficit stress at flowering and seed filling stages significantly decreased grain yield compared to full irrigation (7.94% at flowering and 8.25% at seed filling). The

1, 2 and 3- Graduate, Associate Professor and Assistant Professors Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Mohaghegh ardabili University, Ardabil, Iran, respectively.
4- Associate Professor, Department of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
(*- Corresponding Author Email: saeid.khomari@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.60741

www.SID.ir

Archive of SID

interaction effect of Boron×Zinc was significant in all considered characteristics (except plant height and biological yield). The treatments of B_3Z_2, B_2Zn_2 and B_1Zn_3 had the greatest increase of these parameters in comparison with B_1Z_1 (control). The treatment of B_3Z_2 had the greatest increase (47.66%) of grain yield in comparison with B_1Z_1 (control). Under stress conditions during flowering and grain filling stages, number of infertile capitoles per plant, 1000-grain weight and grain hollowness were considerably improved through micronutrients foliar application. Boron and Zinc foliar application significantly improved most traits under water stress levels.

Conclusion

The significant and positive correlation between yield and other studied traits showed that foliar application of micronutrients at the right time and at right rate mediated drought stress tolerance in safflower plants. In general, Boron and Zinc foliar application compared to the control could alleviate the drought stress damages on safflower.

Acknowledgments

We would like to thank from the Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, for supporting this study.

Keywords*:* Flowering stage, Drought stress, Micronutrients, Resistance to drought

www.SID.ir