Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۱۸۹-۱۲۰۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1668.1374

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد، بهره‌وری آب و برخی ویژگی‌های زراعی گلرنگ در روش‌های مختلف کاشت توأم با محلول‌پاشی نانوکلات روی تحت تنش خشکی

مهدیه سلیمانی ساردو[۱]، محمد گلوی[۲]، حمیدرضا فنایی[۳*]، محمود رمرودی[۴]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

۲. استاد زراعت، عضو هیئت‌علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

۳. دانشیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل

۴. دانشیار اگرواکولوژی، عضو هیئت‌علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی تنش خشکی بر عملکرد، بهره‌وری آب و برخی ویژگی‌های زراعی گلرنگ تحت روش‌های مختلف کاشت و محلول‌پاشی نانوکلات روی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زهک اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل روش کاشت در دو سطح (مسطح و جوی و پشته) به‌عنوان عامل اصلی، رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۴۵ (شاهد)، ۶۵ و ۸۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) به‌عنوان عامل فرعی، محلول‌پاشی نانوکلات روی در سه سطح (شاهد محلول‌پاشی با آب، محلول‌پاشی ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی) به‌عنوان عامل فرعی فرعی بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای تنش خشکی و محلول‌پاشی نانوکلات روی به‌صورت معنی‌داری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب و درصد روغن اثرگذار بودند. تعداد طبق در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بهره‌وری آب تحت تأثیر روش کاشت قرار گرفتند. تنش خشکی باعث کاهش و محلول‌پاشی نانوکلات روی سبب افزایش صفات موردمطالعه گردید. عملکرد دانه در روش کاشت مسطح نسبت به روش کاشت جوی و پشته ۲۹ درصد افزایش نشان داد. آبیاری پس از ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی (شاهد) نسبت به آبیاری پس از ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی ۶۱ درصد سبب افزایش عملکرد دانه شد، اما بهره‌وری آب ۱۱/۵ درصد کاهش داشت. محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۱ گرم در لیتر نسبت به محلول‌پاشی با آب عملکرد دانه را ۳۶ درصد، بهره‌وری آب را ۳۷ درصد و درصد روغن را ۱۲ درصد افزایش داد. بر اساس نتایج روش کاشت مسطح توأم با محلول‌پاشی نانوکلات روی با غلظت ۱ گرم در لیتر در شرایط بروز تنش خشکی می‌تواند قادر به جبران و رفع آسیب‌های ناشی از تنش برای تولید اقتصادی گلرنگ در شرایط آب و هوایی سیستان باشد.

واژه‌های کلیدی: **تخلیه رطوبت، تعداد طبق، رژیم آبیاری، کشت مسطح، وزن هزار دانه**

مقدمه

یکی از عوامل مؤثر بر امنیت غذایی، تغییرات اقلیمی و پدیده گرم شدن کره زمین است که مناطق خشک و نیمه‌خشک را با کاهش بارندگی و خشک‌سالی‌های مداوم روبرو کرده است (Xoconstle-Cazares et al.,2010). تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جهانی برای تولید مواد غذایی شناخته شده است (Peleg et al., 2005). یکی از راهکارهای مؤثر در تعدیل تنش، معرفی ارقام و گیاهان مقاوم به خشکی در تلفیق با روش‌های مدیریت کم‌آبی است (Golzardi, 2016). از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط کشور، گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به دلیل داشتن

* نگارنده پاسخگو: حمیدرضا فنایی. پست الکترونیک: Fanay52@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

تیپ‌های بهاره و پاییزه و داشتن ریشه‌های طویل، با توان جذب بالا از بخش‌های عمیق‌تر خاک به‌عنوان یک گیاه مقاوم به تنش‌های شوری و خشکی شناخته می‌شود (Weiss, 2000; Paseban Islam, 2001). تنش خشکی می‌تواند در هر مرحله‌ای از رشد و نمو گیاه تأثیرگذار باشد، اما میزان خسارت ناشی از تنش، به‌شدت، مدت و نیز زمان وقوع تنش بستگی دارد. اوایل مرحله زایشی یکی از حساس‌ترین مراحل گیاهان زراعی به تنش خشکی معرفی گردیده است (Akram et al., 2011; Golzardi, 2016; Hosseni and Hassibi, 2011).

تنش خشکی در مرحله رشد زایشی گیاه گلرنگ از طریق کاهش میزان گرده‌افشانی و باروری و درنتیجه کاهش تعداد دانه در طبق و کاهش وزن دانه باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Jabbari Orange and Ebadi, 2012; Omidi, 2014; Haghighatnia, 2011). فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2015) اعلام داشتند که کمبود آب در مراحل مختلف رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) اثر منفی داشت اما بیشترین خسارت ناشی از قطع آب در فاز زایشی از گلدهی به بعد بر عملکرد دانه و درصد روغن دیده شد.

تنش خشکی دوره رشد رویشی و زایشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد به‌طوری‌که با کاهش سطح برگ فعال فتوسنتزی و طول دوره رشدی، باعث افت عملکرد دانه می‌شود (Akram et al., 2011). تنش خشکی با تأثیر بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی و الگوهای تجمعی آن‌ها در خاک ظرفیت بالقوه ریشه گیاه را برای جذب آب و عناصر غذایی کاهش می‌دهد (Wysoki et al., 2005). تغذیه متعادل و بهینه از انواع کودها به‌ویژه کودهای ریزمغذی که با محدودیت جذب از خاک روبرو هستند، آن‌هم از نوع نانوکودها، به‌منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به محصول با کیفیت، تعدیل آسیب تنش‌های محیطی غیرزنده، کشاورزی پایدار و سازگاری با محیط‌زیست باشد. یکی از این عناصر ریزمغذی عنصر روی است (Jaberzadeh et al., 2010). روی در بسیاری از فعالیت‌های بیوشیمیایی، جوانه‌زنی و بنیه بذر، توسعه اولیه گیاهچه، لقاح و تولید گرده و زیست‌توده ایفای نقش می‌کند (Cakmak, 2000). محلول‌پاشی به دلیل وارد شدن مستقیم عنصر به اندام هوایی و نبود مشکل تبدیل مواد معدنی و غیرمحلول در خاک و کاهش قابلیت دسترسی، راه‌حل مناسبی برای تأمین عناصر غذایی کم‌مصرف ازجمله عنصر روی برای گیاه است (Broadley et al., 2007). اگرچه تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر منفی دارد، اما محلول‌پاشی عنصر روی به دلیل نقش آن در متابولیسم آنزیم‌ها و رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی باعث افزایش توان فتوسنتزی می‌شود و می‌تواند اثرات سوء ناشی از کم‌آبی را کاهش دهد (Kamaraki and Galavi, 2012; Moradi Telavat and Siadat, 2016; Movahedi Dehnavi et al., 2009).

نتایج تحقیقات متعدد نشان داده که استفاده از عناصر کم‌مصرف موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی در گلرنگ می‌گردد (Nair et al., 2010; Ghofran-Maghsuad et al., 2014). رضایی‌چیانه و همکاران (Rezai Chiyaneh et al., 2017) گزارش کردند که کاربرد منابع کود روی اثرات نامطلوب ناشی از تنش خشکی را تخفیف داد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه و درصد روغن را کاربرد تلفیقی میکوریزا نانو کود روی در گیاه گلرنگ داشت این محققان اعلام داشتند که وجود مقدار کافی از عنصر روی در گیاه در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند از طریق تنظیم سازگاری، موجب تخفیف اثرات تنش خشکی شود. نتایج سایر تحقیقات روی گیاه کاسنی (Sepehri and Vaziriamjad, 2015) و گندم (Mazaherinia et al., 2010) نیز حاکی از مزیت کاربرد نانوکودها نسبت به فرم معمولی کودهای آهن و روی است.

روش آبیاری و شیوه مناسب کاشت بسته به شرایط آب و هوایی در هر منطقه از مؤلفه‌های مهم جهت استقرار مناسب و عملکرد بالا است (Khajehpour, 2006). در گزارش‌های فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2005) و یزداندوست و رسایی (Yazdandost and Rasae, 2014) در کلزا روش کاشت مسطح نسبت به روش کاشت جوی و پشته‌ای برتری عملکرد داشت اگرچه میزان مصرف آب در روش جوی و پشته کمتر بود. بر اساس گزارش بهادرخواه و کاظمینی (Bahadorkhah and Kazeminei, 2014) با دست‌کاری در روش کاشت، از روی پشته به درون جوی عملکرد دانه گلرنگ به میزان ۴/۷ درصد افزایش یافت. پورقاسمیان و زاهدی (Pourghasemian and Zahedi, 2008) در گلرنگ علت افزایش عملکرد دانه را در روش کاشت مسطح نسبت به روش جوی و پشته را به آرایش بهتر بوته‌ها و عدم تجمع نمک در این روش نسبت دادند.

بهره‌وری فیزیکی آب نسبت عملکرد به مقدار آب به‌کاربرده شده برای گیاه است (Kiani, 2015) و به‌عنوان یکی از راهکارها در زمینه بهبود روش‌های آبیاری، بالا بردن

www.SID.ir

Archive of SID

راندمان مصرف آب و بهینه‌سازی مصرف آب در گیاهان، مطرح است (Boyer, 1992). راندلی و همکاران (Randly et al., 2002) طی بررسی بهره‌وری آب محصولات پهن‌برگ در یک آب‌وهوای نیمه‌خشک گزارش کردند که مصرف آب برای تولید دانه از ۲۳ تا ۳۷ سانتی‌متر در بین محصولات کشاورزی متفاوت بود درحالی‌که کارایی مصرف آب تا سه برابر فرق می‌کرد، به‌طوری‌که بهره‌وری فیزیکی آب گلرنگ را به ازای تولید ۱۳۲۰ کیلوگرم دانه در هکتار با مصرف ۳۶۱۰ مترمکعب آب در هکتار ۰/۳۷ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم آب مصرفی گزارش کردند.

با عنایت به شرایط خاص آب‌وخاک منطقه از جهت محدودیت در فراهمی رطوبت، پایین بودن ماده آلی خاک و بالا بودن pH خاک، استفاده از حداکثر ظرفیت تولیدی گیاهان جدید ازجمله گلرنگ در الگوی کشت منطقه با اعمال روش‌های صحیح مدیریت زراعی امری اجتناب‌ناپذیراست. لذا با هدف افزایش بهره‌وری فیزیکی آب آزمایشی مبنی بر مقایسه روش کاشت و محلول‌پاشی نانوکلات روی بر عملکرد دانه و بهره‌وری فیزیکی آب و برخی ویژگی‌های زراعی گلرنگ تحت تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زهک در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ اجرا شد. این ایستگاه در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا قرار دارد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش (۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1. Soil physical and chemical analysis (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	عمق نمونه‌برداری Sampling depth	درصد ظرفیت زراعی Field capacity	درصد نقطه پژمردگی Permanentpoint	روی قابل‌جذب Zn	پتاسیم قابل‌جذب K_{ava}	فسفر قابل‌جذب P_{ava}	درصد مواد آلی Organic Matter	واکنش خاک	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$
	(cm)	(%)	(%)	----------(mg.kg^{-1})----------			(%)	pH	(ds.m^{-1})
Sandy-loam	0-30	13.1	6.3	0.20	134	8	0.33	8.2	4.2

آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. روش کاشت در دو سطح شامل کشت مسطح و کشت جوی و پشته به‌عنوان عامل اصلی و رژیم آبیاری در سه سطح شامل آبیاری پس از ۴۵ (شاهد)، ۶۵ و ۸۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی به‌عنوان عامل فرعی و محلول‌پاشی نانوکلات روی در مرحله تکمه‌دهی در سه سطح شامل: شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی نانوکلات روی ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر به‌عنوان عامل فرعی فرعی بودند. کاشت با دست، در دهه دوم آبان به‌صورت هیرم‌کاری انجام گرفت. نانو کلات روی حاوی ۲۰ درصد روی بود. این کود دارای پایه هیدروکربنی ساده و فاقد اتیلن بوده و از شرکت «فن‌آوران سپهر پارمیس» تهیه گردید که به‌وسیله میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) در آزمایشگاه میکروالکتریک دانشگاه مالک‌اشتر آنالیز و مورد تائید قرار گرفته است. محلول‌پاشی نانو کود روی در مرحله تکمه‌دهی با سم‌پاش دستی و قبل از طلوع آفتاب، با غلظت‌های تعریف‌شده در این آزمایش در محدوده قابل توصیه یک کیلوگرم در هزار لیتر آب در هکتار، طبق توصیه شرکت سازنده کود انجام شد. بذر گلرنگ از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی سیستان تهیه گردید. مبنای انتخاب محلول‌پاشی در مرحله تکمه‌دهی، به دلیل اثربخشی بالا بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بود (Ghofran-Maghsud et al., 2014).

هر کرت آزمایشی در کشت مسطح شامل ۶ ردیف به طول سه متر با فواصل خطوط ۴۰ سانتی‌متر و در کشت جوی و پشته شامل سه پشته با طول سه متر با دو ردیف کاشت با فاصله ۴۰ سانتی‌متر روی پشته و فاصله بین دو بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بر اساس آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاس از منبع سولفات پتاسیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در

www.SID.ir

Archive of SID

هکتار هم‌زمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد. یک-سوم از کود اوره بر مبنای ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و بقیه در مرحله آخر روزت و تکمه‌دهی استفاده شد. زمان آبیاری با توجه به منحنی رطوبتی خاک در عمق ۳۰-۰ در اوایل رشد رویشی و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک در فاز زایشی با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR[1]) مدل تریم تعیین شد. همچنین قبل از هر آبیاری در فاز زایشی نمونه خاک برداشت و میزان رطوبت بر اساس درصد وزنی، در هر کرت آزمایشی جهت تعیین زمان رسیدن به هریک از تیمارهای آبیاری فوق محاسبه شد (Alizadeh, 2005).

حجم آب در هر نوبت آبیاری برای هر کرت بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید

$$d=\frac{(FC-\theta)\times Pb\times D}{100} \qquad [۱]$$

که در آن d عمق آب آبیاری (mm)، F.C درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، Pb وزن مخصوص ظاهری خاک ($gr.cm^{-3}$) و D حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه (mm) می‌باشند (Alizadeh, 2005).

تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای روش کاشت (مسطح و جوی و پشته) و تنش خشکی (۴۵، ۶۵، ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی) به ترتیب در روش کاشت مسطح ۴، ۳، ۲ و در روش کاشت جوی و پشته ۵، ۴، ۳ نوبت بود. کل میزان آب مصرفی برای تیمار آبیاری شاهد در روش کاشت مسطح ۴۱۰۴ مترمکعب و در روش کاشت جوی و پشته ۲۵۶۵ مترمکعب، برای تیمار ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی در روش کاشت مسطح ۳۰۷۸ مترمکعب و روش کاشت جوی و پشته ۲۰۵۰ مترمکعب و برای تیمار ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی در روش کاشت مسطح ۲۰۵۲ مترمکعب و روش کاشت جوی و پشته ۱۵۳۷ مترمکعب بود (جدول ۲).

در پایان فصل رشد با قهوه‌ای شدن براکته‌های اطراف طبق، تعداد ۱۰ بوته از ۲ ردیف کاشت وسط از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و تعداد طبق در بوته تعیین و با انتخاب ۲۰ طبق تصادفی از هر کرت نیز تعداد دانه در طبق محاسبه گردید (Fanaei et al., 2015). وزن هزار دانه با ترازوی حساس ۰/۰۱ گرم مشخص گردید. جهت تعیین عملکرد دانه با رعایت اثر حاشیه‌ای، مساحتی معادل ۱/۶ مترمربع برداشت شد. بهره‌وری فیزیکی آب بر اساس معادله (۲) محاسبه گردید (Kiani, 2015).

$$WP_p=\frac{Y}{I+P} \qquad [۲]$$

WP بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب، Y عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار، I و P به ترتیب عمق آب آبیاری و باران برحسب مترمکعب. I در معادله به دلیل عدم بارندگی مؤثر صفر لحاظ گردیده است.

اطلاعات جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ($p<0.05$) صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش روش کاشت و تنش خشکی بر عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب، اثر برهمکنش روش کاشت و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و اثر برهمکنش ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه ازلحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول ۳). اثر برهمکنش سه‌گانه روش کاشت و تنش خشکی و محلول‌پاشی بر وزن هزار دانه ازلحاظ آماری معنی‌دار ($P\leq 0.01$) بود.

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش روش کاشت × محلول‌پاشی و برهمکنش تنش خشکی × محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته ازلحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش روش کاشت × محلول‌پاشی نشان داد ارتفاع بوته در روش کاشت مسطح و محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی با میانگین ۹۰ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و کمترین ارتفاع بوته به روش کاشت جوی و پشته و عدم محلول‌پاشی با میانگین ۸۲ سانتی‌متر تعلق داشت (شکل ۱ الف).

به نظر می‌رسد در الگوی کاشت مسطح و محلول‌پاشی نانوکلات روی شرایط بهتر و مناسب‌تری را از برای جذب نور میان بوته‌ها جهت افزایش رشد طولی فراهم نموده است. بهادرخواه و همکاران (Bahadorkhah and Kazemeini, 2014) در گلرنگ و فنایی و همکاران (Fanaei et al.,

[1] Time-Domain Reflectometry

www.SID.ir

Archive of SID

2005) در کلزا افزایش در ارتفاع بوته را در کاشت به‌صورت مسطح به شرایط مناسب رطوبتی و عدم تجمع نمک و املاح در پای بوته و آرایش بهتر بوته‌ها نسبت دادند. شوری ناشی از نفوذ نمک در پشته‌ها بر فعالیت فتوسیستم‌ها در سلول برگ، فرآیند تولید و مصرف مواد فتوسنتزی در نقاط در حال رشد و مراحل متابولیکی تقسیم و طویل شدن سلول‌ها می‌تواند اثر منفی داشته باشد که اثر آن در کاهش ارتفاع در بوته مشهود بود (Pourghasemian and Zahedi, 2008; Afsharmanesh, 2014). یزداندوست همدانی (Yazdandoost Hamedani, 2018) عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع بوته را میان دو روش کاشت مسطح و جوی و پشته در کلزا گزارش کرد که به نظر شرایط آب‌وخاک متفاوت در مناطق، اعمال مدیریت مزرعه‌ای و نوع گیاه در این اختلاف نتیجه تأثیرگذار بوده باشد. اثر برهمکنش تنش خشکی × محلول‌پاشی روی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد آبیاری (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) و محلول‌پاشی روی ۱ گرم در لیتر حاصل شد که نسبت به عدم محلول‌پاشی ۱۱ درصد برتر بود (شکل ۱ ب). در شرایط مطلوب رطوبتی زمینه لازم برای افزایش تعداد و اندازه سلول و درنتیجه رشد فراهم‌شده، درحالی‌که در شرایط تنش ملایم تا شدید، با کاهش فشار تورژسانس، توسعه سلولی کاهش و این امر منجر به کاهش رشد و درنتیجه کاهش طویل شدن ساقه شده است. کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش خشکی توسط فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2015) و جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange and Ebadi, 2012) در گلرنگ گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

جدول ۲. مقدار، تعداد دفعات و زمان‌های آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری

Table2. Number of irrigations and total irrigation water in different irrigation treatments

تیمارهای آبیاری **Irrigation treatments**	روش کاشت **Planting method**	تعداد دفعات آبیاری **No. of Irrigations**	مقدار آب آبیاری **Irrigation ($m^3.ha^{-1}$)**	**Plant growth stage**	مرحله‌ی رشدی گیاه
آبیاری پس از ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی Irrigation of 45% Depletion of water	جوی و پشته Furrow	5	2565	Rosette stage	مرحله رزت
				Stem elongation stage	طویل‌شدن ساقه
				Heading stage	مرحله طبق‌دهی
				Flowering stage	مرحله گلدهی
				Grain filing stage	مرحله پر شدن دانه
آبیاری پس از ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی Irrigation of 65% Depletion of water	جوی و پشته Furrow	4	2050	Rosette stage	مرحله رزت کامل
				Heading stage	مرحله طبق‌دهی
				Flowering stage	مرحله گلدهی
				Grain filing stage	مرحله پر شدن دانه
آبیاری پس از ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی Irrigation of 85% Depletion of water	جوی و پشته Furrow	3	1537	Heading stage	مرحله طبق‌دهی
				Flowering stage	مرحله گلدهی
				Grain filing stage	مرحله پر شدن دانه
آبیاری پس از ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی Irrigation of 45% Depletion of water	مسطح Flat	4	4104	Stem elongation stage	طویل‌شدن ساقه
				Heading stage	مرحله طبق‌دهی
				Flowering stage	مرحله گلدهی
				Grain filing stage	مرحله پر شدن دانه
آبیاری پس از ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی Irrigation of 65% Depletion of water	مسطح Flat	3	3078	Stem elongation stage	طویل‌شدن ساقه
				Flowering stage	مرحله گلدهی
				Grain filing stage	مرحله پر شدن دانه
آبیاری پس از ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی Irrigation of 85% Depletion of water	مسطح Flat	2	2052	Flowering stage	مرحله گلدهی
				Grain filing stage	مرحله پر شدن دانه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیه واریانس ویژگی‌های موردبررسی گلرنگ تحت تأثیر روش کاشت توأم با تنش خشکی و محلول‌پاشی عنصر روی

Table 3. Analysis of variance on safflower characteristics under the effect of combined planting method with drought stress and spraying of Zinc

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد طبق در بوته Number of head per plant	تعداد دانه در طبق Number of seed per head	وزن هزار دانه Seed 1000 weight	عملکرد دانه Seed yield	بهره‌وری آب water productivity	درصد روغن %Oil
تکرار Replication	2	85.06	14.62	3.24	1.01	767.90	0.001	4.79
روش کاشت Planting method(P)	1	191.61$^{n.s}$	165.37**	29.02 $^{n.s}$	221.96**	2891518.88**	0.11**	9.37 $^{n.s}$
خطای a Error a	2	339.68	3.79	2.50	1.67	8646.81	0.001	1.55
تنش خشکی Drought stress (D)	2	648.91**	94.29**	275.55**	356.13**	3251897.48**	0.04**	88.35**
تنش خشکی×روش کاشت D×P	2	12.02 $^{n.s}$	1.01 $^{n.s}$	3.83 $^{n.s}$	10.52	91315.34*	0.01**	2.66 $^{n.s}$
خطای b Error b	8	5.89	6.56	1.67	3.21	14379.71	0.002	2.37
محلول‌پاشی روی Spraying Zn (Z)	2	168.78**	70.18**	172.76**	228.58**	1370208.65**	0.21**	33.35**
محلول‌پاشی×روش کاشت P×Z	2	25.43*	1.54 $^{n.s}$	2.43 $^{n.s}$	7.62**	30275.65$^{n.s}$	0.003 $^{n.s}$	1.50 $^{n.s}$
محلول‌پاشی×تنش خشکی D×Z	4	19.49*	1.59 $^{n.s}$	3.93**	8.92**	54250.87$^{n.s}$	0.003 $^{n.s}$	1.03 $^{n.s}$
تنش ×روش کاشت محلول‌پاشی×خشکی P×D×Zn	4	9.46 $^{n.s}$	0.97 $^{n.s}$	2.68 $^{n.s}$	7.54**	38781.32 $^{n.s}$	0.008$^{n.s}$	1.45 $^{n.s}$
خطای c Error c	24	6.93	1.28	1.21	1.58	37700.18	0.004	0.79
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.06	6.56	3.32	3.17	10.75	9.25	4.79

* و **و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, * Statistical significant at 1 and 5 percentage ns: non- significant

تعداد طبق در بوته

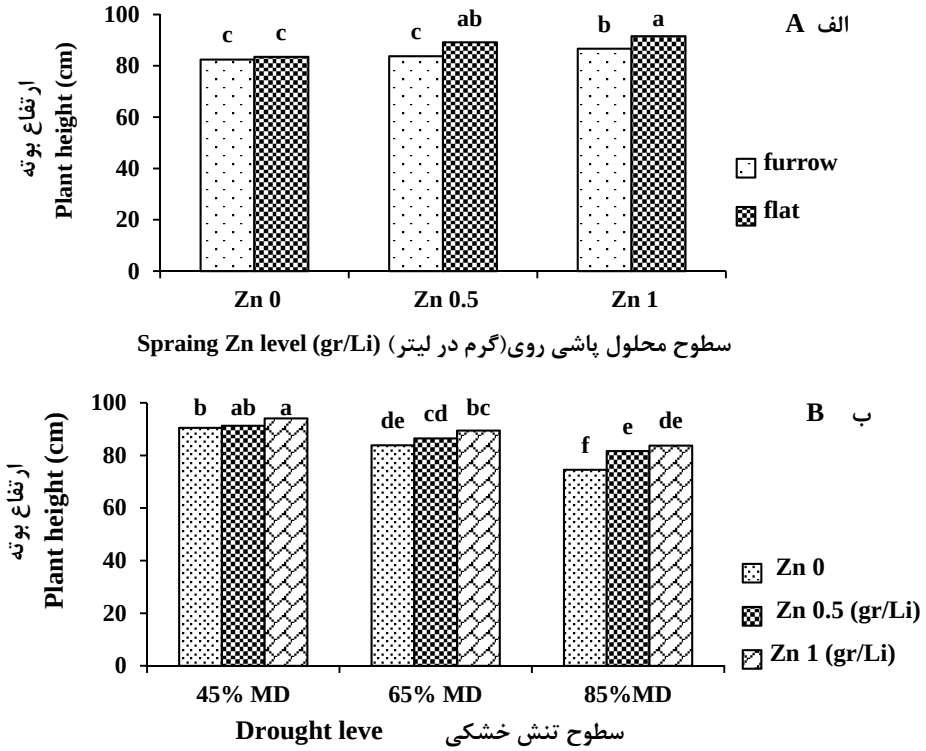
تأثیر روش کاشت، تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر تعداد طبق در بوته در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد طبق در بوته در روش کاشت مسطح با میانگین ۱۹ طبق و کمترین آن در روش کاشت جوی و پشته با میانگین ۱۵ طبق حاصل شد (جدول ۴). بهبود محیط رشدی اطراف ریشه از جهت بالا بودن میزان رطوبت قابل‌جذب ناشی از ذخیره آبی بیشتر و املاح کمتر در روش کاشت مسطح می‌تواند در رشد بهینه و شکل‌گیری مطلوب‌تر اجزای عملکردی ازجمله تمایز بالاتر و بیشتر طبق‌ها در بوته نسبت به جوی و پشته تأثیرگذار باشد. فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2005) و یزداندوست همدانی (Yazdandoost Hamedani, 2018) در کلزا، پورقاسمیان و زاهدی (Pourghasamian and Zahadi, 2008) در گلرنگ استقرار بهینه و بهتر بوته‌ها و درنتیجه استفاده بهتر از منابع رشدی در روش کرتی را دلیل افزایش تعداد خورجین در بوته نسبت به روش کاشت جوی و پشته بیان کرده‌اند. با افزایش شدت تنش خشکی (۸۵ درصد تخلیه رطوبتی) تعداد طبق در بوته به میزان ۲۳ درصد در مقایسه با تیمار شاهد آبیاری (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) کاهش نشان داد (جدول

www.SID.ir

Archive of SID

۴). کمبود رطوبت در مراحل رشد رویشی (مراحل روزت و طویل شدن ساقه) به دلیل اثر نامناسب بر میزان تولید و کاهش عرضه مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) سبب کمتر تمایز یافتن سلول‌های بنیادی مربوط به تعداد شاخه و کاهش تعداد طبق در بوته می‌گردد. کاهش تعداد طبق در بوته در اثر تنش خشکی توسط برخی محققین (Mirshekari et al., 2012; Pourghasamian and Zahadi, 2008; Fanaei et al., 2015) در گلرنگ گزارش شده است.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) محلول‌پاشی نانوکلات روی تعداد طبق در بوته را افزایش داد. بیشترین تعداد طبق در بوته از محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی به دست آمد به‌طوری‌که نسبت به تیمار عدم محلول-پاشی نانوکلات روی ۲۷ درصد افزایش داشت. به نظر می‌رسد نانوکلات روی با افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، شرایط مناسب برای تشکیل و افزایش تعداد طبق در بوته را فراهم کرده است. افزایش تعداد شاخه فرعی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های رشد رویشی در اثر مصرف عنصر روی از طریق افزایش در سطح هورمون‌های رشد گزارش شده است (Moradi and Siadat, 2016).



شکل ۱. (الف) اثر برهمکنش روش کاشت و محلول‌پاشی نانوکلات روی بر ارتفاع بوته (ب) اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی نانوکلات روی بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر)

Fig. 1. (A) Interaction effect of planting and spraying method of zinc Nano chelate on plant height (B) Interaction of drought stress and spraying of Zinc Nano chelate on plant height (cm)

تعداد دانه در طبق

تعداد دانه در طبق تحت تأثیر برهمکنش تنش خشکی × محلول‌پاشی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). همان‌طور که از شکل ۲ استنباط می‌گردد بیشترین تعداد دانه در طبق از تیمار عدم تنش (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) و محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی با میانگین ۴۰ دانه در طبق و کمترین آن از تیمار تنش خشکی ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی و عدم محلول‌پاشی با میانگین ۲۶ دانه در طبق حاصل شد. به نظر تداوم و بالا بودن شدت تنش در این تیمار در مراحل زایشی (طبق دهی و گلدهی) گرده‌افشانی و تلقیح گل‌ها را تحت تأثیر قرار داده که نتیجه‌اش سقط گلچه‌های مولد دانه و به‌تبع آن کاهش تعداد دانه در طبق خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مشابهی گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد دانه در طبق گلرنگ می‌گردد و هر چه زمان تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، کاهش تعداد دانه در طبق بیشتراست (Mirshekariet al., 2012; Rauf, 2008; Jabbari Orange and Ebadi, 2012). اثر مثبت عنصر روی در تخفیف اثرات مخرب تنش خشکی با نقش کلیدی این عنصر در آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز نسبت دارد که از آسیب بافت‌ها در برابر اثرات مخرب انواع اکسیژن فعال تولیدشده محافظت می‌کند (Moradi and Siadat, 2016). بر اساس نتایج سایر محققین، در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی که حساس‌ترین مرحله رشد گلرنگ به خشکی تشخیص داده‌شده محلول‌پاشی روی توانست تعداد دانه در طبق را بهبود بخشد (Ebdali et al., 2014; Kamaraki and Galavi, 2012).

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف روش کاشت، تنش خشکی و محلول‌پاشی

Table 4. Mean comparison of grain yield and traits measured in different treatments of planting, drought stress and Spraying

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد طبق در بوته Head per plant	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن هزار دانه Seed 1000 weight (gr)	عملکرد اقتصادی Seed yield (Kg. ha $^{-1}$)	بهره‌وری آب water productivity (Kg.m-3)	درصد روغن %Oil
روش کاشت planting method							
جوی و پشته Furrow	84.05 a	15.00 b	32.78 a	39.00 a	1574 b	0.77 a	23.57 a
مسطح Flat	88.05 a	19.00 a	33.72 a	40.15a	2037 a	0.68 b	24.40 a
آبیاری Irrigation							
۴۵ درصد تخلیه 45% Depletion	91.95 a	19.80 a	37.30 a	42.94 a	2244 a	0.69 b	26.36 a
۶۵ درصد تخلیه 65% Depletion	86.58 b	16.55 b	32.95 b	41.56 a	1776 b	0.70 b	23.64 b
۶۵ درصد تخلیه 85% Depletion	79.96 c	15.38 b	29.79 c	34.64 b	1396 c	0.78 a	21.97 b
محلول‌پاشی نانو کلات Spraying(Nano chelate)							
عدم مصرف Zn_0	82.97c	15.22 c	30.00 c	35.93 c	1509 c	0.60 c	22.64 c
۰/۵ گرم روی در لیتر $Zn_{0.5}$	86.44 b	17.36 b	33.66 b	40.22 b	1853 b	0.74 b	23.97 b
۱ گرم روی در لیتر Zn_1	89.08 a	19.16 a	36.18 a	43.06 a	2055 a	0.82 a	25.36 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

Means in each column followed by the similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

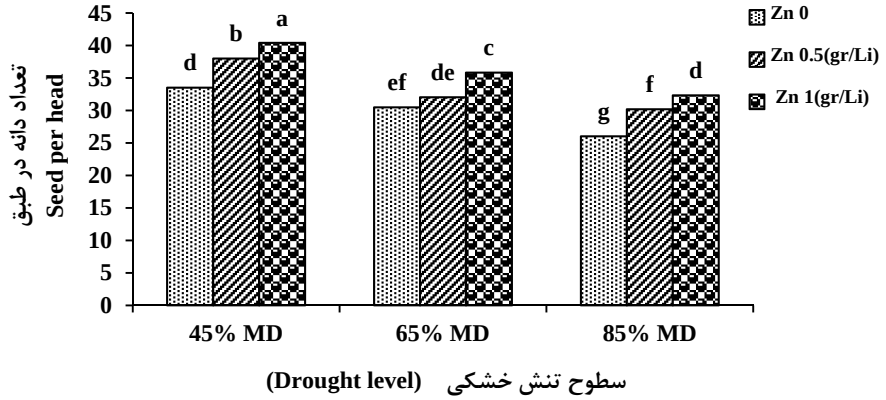
وزن هزار دانه

برهمکنش روش کاشت × تنش خشکی × محلول‌پاشی ازلحاظ آماری بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج بیشترین وزن هزار دانه با میانگین (۴۸ گرم) از روش کاشت مسطح و عدم تنش (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی حاصل گردید و کمترین آن با میانگین (۲۸ گرم) مربوط به روش کاشت جوی و پشته توأم با آبیاری ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی و عدم محلول‌پاشی بود (شکل ۳). وزن هزار دانه تحت تأثیر دوام سطح برگ و میزان تولیدات فتوسنتزی است که به نظر می‌رسد در شرایط تنش کاهش می‌یابد، زمانی که گیاه در مراحل رویشی و یا زایشی خود

www.SID.ir

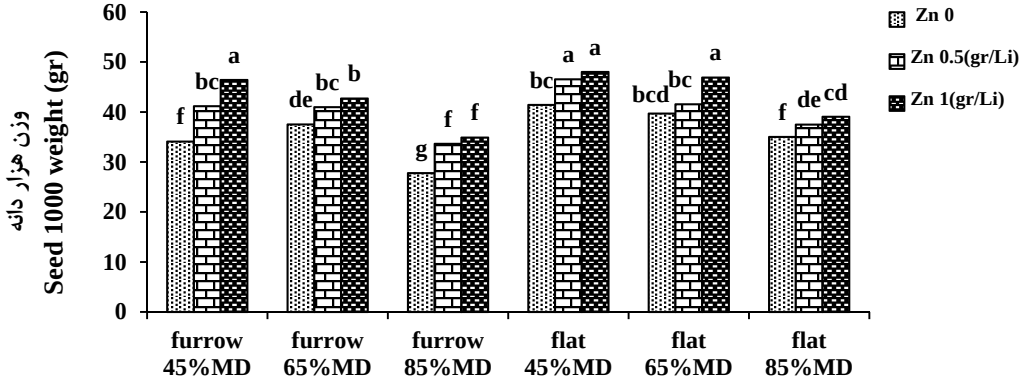
Archive of SID

در معرض تنش خشکی قرار گیرد برای اینکه از اثرات تنش خشکی فرار کند، اقدام به کوتاه کردن زندگی خود می‌کند؛ بنابراین به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه وزن نهایی دانه‌ها کم می‌شود (Fanaei et al., 2015; Haghighatnia, 2011). قطع آبیاری در فاز زایشی به‌واسطه اختلال در میزان فتوسنتز برگ‌ها باعث ایجاد نوعی محدودیت در مبدأ گردیده، به‌طوری‌که کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها به همراه کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه سبب کاهش وزن دانه می‌گردد (Fanaei et al., 2015).



شکل ۲. اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر تعداد دانه در طبق

Fig. 2. Interaction of drought stress and zinc spraying on the number of seeds per head



شکل ۳. اثر برهمکنش روش کاشت و تنش خشکی و محلول‌پاشی نانوکلات روی بر وزن هزار دانه (گرم)

Fig. 3. Interaction effect of planting and drought stress and spraying zinc Nano chelate on 1000 seed weight (gr)

در روش کاشت مسطح به همراه عدم تنش و محلول‌پاشی روی شرایط مناسب رطوبتی جهت استفاده از منابع پایه خاک و آب و کاهش رقابت جهت دریافت انرژی خورشیدی فراهم است که این منجر به افزایش میزان تولیدات فتوسنتزی و به‌تبع آن وزن دانه می‌گردد. بافت نسبتاً سنگین خاک و بالا بودن ظرفیت نگهداری به‌عنوان خصوصیات مناسب در حفظ طولانی‌مدت رطوبت، به همراه ذخیره رطوبتی بالاتر در روش مسطح می‌توانند در تضمین فراهمی رطوبت در مراحل حساس رشدی ازجمله پر شدن دانه نقش مؤثری داشته باشند. یزداندوست همدانی (Yazdandoost Hamedani, 2018) گزارش کرد که وزن هزار دانه در روش کشت جوی و پشته به علت شاخه‌دهی و غلاف‌دهی بیشتر و درنتیجه تعداد

www.SID.ir

Archive of SID

دانه بیشتر به علت کاهش میزان تخصیص مواد فتوسنتزی کاهش یافت. عنصر روی با نقش داشتن در افزایش میزان کلروفیل برگ، دوام سبزینگی برگ، جلوگیری از ریزش زودرس برگ‌ها و افزایش دوره پر شدن دانه در افزایش وزن دانه و حفظ ثبات عملکرد تأثیرگذار است. کرمی و همکاران (Karamy et al., 2014) در سویا و بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2011) و رضایی‌چیانه و همکاران (Rezai Chiyaneh et al.,2017) در گلرنگ افزایش وزن هزار دانه را با محلول‌پاشی عنصر روی در شرایط کمبود آب گزارش و بیان کردند که محلول‌پاشی عنصر روی باعث بهبود سیستم فتوسنتزی، انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه از طریق کاهش عوارض تنش خشکی گردید.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر روش کاشت، تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش روش کاشت × تنش خشکی ازلحاظ آماری بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان می‌دهد که در بین دو روش کاشت، شیوه کاشت مسطح نسبت به روش کاشت جوی و پشته ۲۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴) که به نظر می‌رسد در این روش به دلیل فراهمی بیشتر ذخیره رطوبتی ناشی از ورود آب بیشتر در هر مرحله رشدی در ریزوسفر ریشه و حفظ طولانی‌مدت آن در طی رشد گیاه شرایط را فراهم که اثرات این شرایط بهتر رطوبتی در رشد بوته، تولید ماده خشک و تشکیل اجزای عملکرد دانه بالاتر محسوس است؛ اما در روش جوی و پشته کاهش سریع‌تر رطوبت خاک ناشی از ذخیره کمتر آب، افزایش تبخیر و تعرق و صعود املاح و نمک و تجمع آن‌ها روی پشته سبب می‌شود تا تأثیر تنش خشکی و شوری در کاهش رشد و اجزای عملکرد مضاعف گردد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2005)، یزداندوست همدانی (Yazdandoost Hamedani, 2018) در کلزا و پورقاسمیان و زاهدی (Pourghasamian and Zahadi, 2008) در گلرنگ که بیشترین عملکرد دانه را الگوی کشت مسطح گزارش نمودند، مطابقت داشت.

در بین سطوح تنش خشکی بالاترین عملکرد دانه از تیمار شاهد (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) و کمترین آن از تیمار ۸۵ حداکثر تخلیه رطوبتی به دست آمد (جدول ۴). میزان عملکرد نسبی دانه (عملکرد تحت شرایط محدودیت رطوبت به عملکرد تحت شرایط کفایت رطوبت) در رژیم‌های آبیاری ۶۵ و ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب ۷۹ و ۶۲ درصد عملکرد دانه در رژیم آبیاری ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی بود که نشان‌دهنده بالا بودن شدت تنش در این تیمارها است. کاهش عملکرد دانه را می‌توان به تأثیر منفی تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر کاهش تمایز و شکل‌گیری اجزای عملکرد، شامل تعداد طبق در بوته، دانه در طبق و وزن هزار دانه نسبت داد (جدول ۴). در نتایج کار محققان زیادی مشخص‌شده که مراحل زایشی از حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی برخوردار بوده و کمبود آب بعد از مرحله گلدهی به‌شدت رشد و نمو اندام‌های زایشی را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Jabbari anaei et al., 2015; Haghighatnia, 2011; Orange and Ebadi, 2012 Fanaei and Narouirad, 2014). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر برهمکنش روش کاشت × تنش خشکی، نشان داد که روش کاشت مسطح در تیمار تنش خشکی ۴۵ و ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی در قیاس با روش کاشت جوی و پشته در همین تیمارها به ترتیب ۲۱ و ۲۷ درصد افزایش در عملکرد دانه داشت (شکل ۴). به نظر می‌رسد در روش کاشت مسطح به دلیل ورود آب در مدت‌زمان بیشتر به‌کل سطح کرت، فرصت برای پخش و نفوذ عمودی رطوبت به اعماق پایین‌تر خاک فراهم می‌گردد و از آنجائی که بافت خاک نسبتاً سنگین (لومی شنی) بوده، قدرت نگهداری آب در خاک و تخلیه دیرتر آن در روش مسطح در مدت‌زمان طولانی‌تری نسبت به جوی و پشته صورت می‌گیرد؛ که این شرایط می‌تواند در کاهش و تعدیل خسارت ناشی از تنش خشکی طولانی‌مدت نسبت به روش جوی پشته تأثیرگذار باشد. درحالی‌که در روش جوی و پشته به دلیل کمتر بودن آب ورودی به کرت، کم بودن نفوذ عمقی رطوبت، تبخیر و تعرق سریع‌تر از خاک و گیاه، فراهمی شرایط جهت تجمع املاح در خاک پشته‌ها سبب سرعت بخشیدن به تخلیه رطوبت از خاک گردیده که آثار آن در کاهش عملکرد و اجزای عملکرد مشهود است.

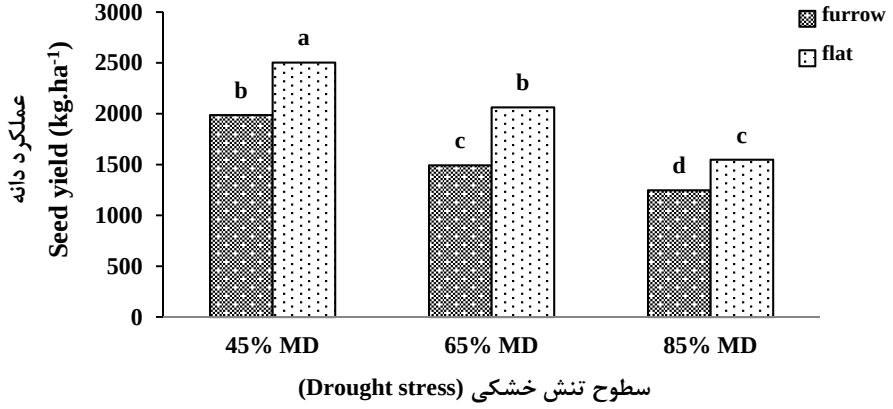
نتایج بهادر خواه و کاظمینی (Bahadorkhah and Kazeminei., 2014) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گلرنگ در همه سطوح تنش شوری، در روش کاشت درون جوی بیشتر از روی پشته بود، به‌طوری‌که با افزایش میزان شوری کاهش عملکرد دانه در روش کاشت روی پشته نسبت به کاشت داخل جوی بالاتر بود. این محققان استفاده از رقم

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب و دست‌کاری در روش کاشت را مؤثر در کاهش خسارت ناشی از تنش بر عملکرد دانه اعلام کردند.

محلول‌پاشی نانوکلات روی با افزایش عملکرد دانه همراه بود به‌طوری‌که در بین تیمارهای محلول‌پاشی بالاترین عملکرد دانه به تیمار محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر روی تعلق داشت که نسبت به تیمارهای عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی روی ۰/۵ گرم در لیتر به ترتیب ۳۶ و ۱۱ درصد برتری داشت (جدول ۴). امیدی و همکاران (Omidi et al., 2014) طی بررسی تأثیر مقادیر و زمان کاربرد کود ریزمغذی در گلرنگ گزارش کردند که با افزایش مصرف کود ریزمغذی، به‌صورت محلول‌پاشی عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین میزان آن با کاربرد ۳ کیلوگرم کود ریزمغذی در ۴ هفته پس از شکل‌گیری طبق حاصل شد. این تأثیر افزایشی بر عملکرد دانه می‌تواند به دلیل نقش ویژه روی در افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فسفواینول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد (Krishna, 1995; Ghofran-Maghsuad et al., 2014; Kamaraki and Galavi, 2012; Paseban Islam, 2001). در مطالعات سپهری و وزیری امجد (Sepehri and Vaziriamjad, 2015) در کاسنی افزایش ۲۱/۸۴ درصدی عملکرد دانه در محلول‌پاشی توأم نانوکودهای آهن و روی نسبت به محلول‌پاشی با آب گزارش شد.



شکل ۴. اثر برهمکنش روش کاشت و تنش خشکی بر عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)

Fig. 4. Interaction between drought stress and drought stress on Seed yield (kg.ha^{-1})

بهره‌وری فیزیکی آب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر روش کاشت، تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش روش کاشت × تنش خشکی ازلحاظ آماری بر بهره‌وری فیزیکی آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهمکنش روش کاشت × تنش خشکی نشان داد که بالاترین بهره‌وری فیزیکی آب با میانگین ۰/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب در روش جوی و پشته و آبیاری پس از ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی تعلق داشت (شکل ۵).

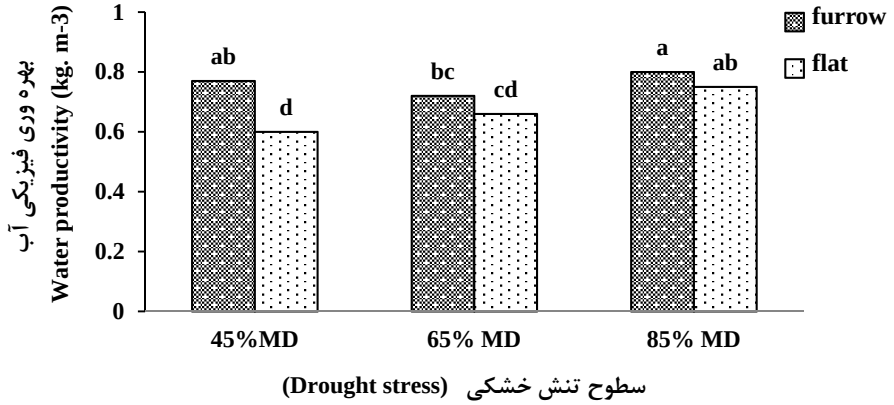
بهره‌وری فیزیکی آب با افزایش شدت تنش روندی افزایش داشت، به‌طوری‌که کارایی مصرف آب در تیمارهای ۶۵ و ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب ۱/۵ و ۱۳ درصد در قیاس با تیمار شاهد افزایش نشان دادند (جدول ۴). به نظر می‌رسد شرایط تنش در ابتدای فصل رویش، می‌تواند در تحریک و گسترش بیشتر سیستم ریشه‌ای مؤثر باشد به‌طوری‌که گیاه را در جذب و استفاده از آب و مواد غذایی نسبت به شرایط عدم تنش و آبیاری زیاد، کارآمدتر خواهد نمود. مجدنصیری (Majdnaseri, 2007) و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2017) و آبات و همکاران (Abbat et al., 2004) بالاترین بهره‌وری فیزیکی آب را در سطوح تنش (تنش ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی) گزارش کردند که با نتایج این تحقیق موافقت داشت. راندلی و همکاران (Randly et al., 2002) بهره‌وری آب متنوعی را در محصولات پهن‌برگ در یک آب‌وهوای نیمه‌خشک گزارش کردند به‌طوری‌که اختلاف در این صفت تا سه برابر فرق می‌کرد. با عنایت به اهمیت صرفه‌جویی در مصرف آب و مزیت بالاتر بودن بهره‌وری فیزیکی آب در روش

www.SID.ir

Archive of SID

جوی و پشته به نظر می‌رسد بهبود عملکرد این روش کشت با در نظر گرفتن شرایط مناطق از جهت کمیت و کیفیت آب‌وخاک و بکار گیری روش مدیریت زراعی مناسب هر منطقه وجود داشته باشد که می‌باید موردبررسی قرار گیرد.

در بین تیمارهای محلول‌پاشی نانوکلات روی با افزایش دز مصرف بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب با میانگین ۰/۸۲ در تیمار محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی به دست آمد (جدول ۴). محلول‌پاشی روی با تأثیر غیرمستقیم بر فتوسنتز گیاه می‌تواند در حفظ و جذب رطوبت در شرایط تنش رطوبتی خاک تأثیر مثبتی داشته باشد. درمجموع کمبود عنصر روی، بهره‌وری فیزیکی آب را که برای تولید بیوماس استفاده می‌شود، کاهش می‌دهد (Abasluo et al., 2014). هاتفلید و همکاران (Hatfield et al., 2001) افزایش بهره‌وری فیزیکی آب در گیاه را از طریق مدیریت تغذیه امکان‌پذیر دانستند. به نظرمی رسد با عملیات مدیریتی (روش کاشت، محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها) می‌توان محدودیت‌های رشد در گیاه را کاهش داد و منجر به افزایش بهره‌وری فیزیکی آب شد.



شکل ۵. اثر برهمکنش روش کاشت و تنش خشکی بر بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)

Fig. 5. Interaction between drought stress and drought stress on water physical productivity (kg.m^{-3})

درصد روغن

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۳ نشان داد که اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر درصد روغن ازلحاظ آماری معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که با افزایش تنش خشکی از ۴۵ به ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی درصد روغن ۱۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه، ناشی از افزایش دما و تنش خشکی و تغییر در متابولیسم مواد کاهش در درصد روغن را می‌تواند به دنبال داشته باشد. در مطالعات جلیلیان و همکاران (Jalilian et., 2012) در آفتابگردان و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2015) در گلرنگ تغییر در درصد روغن در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه گزارش گردیده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

بیشترین درصد روغن با محلول‌پاشی ۱ گرم در لیتر نانوکلات روی با میانگین ۲۵ درصد بود که نسبت به تیمار عدم و ۰/۵ گرم در لیتر محلول‌پاشی به ترتیب ۱۲ و ۶ درصد افزایش داشت (جدول ۴). در بیان تأثیر روی در افزایش میزان روغن بذور اظهارشده که در حضور عنصر روی به دلیل افزایش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بهبود فعالیت غشاهای لیپیدی، مقدار روغن دانه افزایش می‌یابد (Movahhedy Dehnavi et al., 2009). این نتیجه با نتایج رحیم‌زاده و همکاران (Rahimi et al., 2010) در مورد تأثیر مثبت مصرف کودهای ریزمغذی در شرایط تنش بر درصد روغن مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل نشان داد که در بین روش‌های کاشت موردبررسی، روش کاشت مسطح (کرتی) به دلیل فراهمی شرایط مناسب‌تری از جهت تأمین رطوبت کافی و عدم تجمع

www.SID.ir

Archive of SID

املاح نمکی در عمق توسعه ریشه و پای بوته نسبت به روش جوی و پشته در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دارای اثر مثبت بود؛ اما با عنایت به بالاتر بودن بهره‌وری فیزیکی آب در روش جوی و پشته و عدم اختلاف خیلی فاحش عملکرد دانه آن با روش مسطح به نظر می‌رسد با در نظر گرفتن شرایط مناطق از جهت کمیت و کیفیت منابع پایه آب، خاک، محدودیت‌های اقلیمی هر منطقه و به‌کارگیری روش مدیریت مناسب امکان کسب نتیجه بهتر در تولید اقتصادی از روش جوی پشته نیز وجود داشته باشد. گلرنگ اگرچه گیاهی متحمل به خشکی شناخته می‌شود اما بر اساس نتایج تنش کم‌آبیاری به‌ویژه قطع آب آبیاری در فاز زایشی از گلدهی به بعد باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌گردد. محلول‌پاشی نانوکلات روی با افزایش درصد روغن، عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب در شرایط تنش اثر منفی ناشی از تنش خشکی را تعدیل نمود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده محلول‌پاشی روی در شرایط تنش با استفاده از نانو کود روی به دلیل جذب سریع، تأثیر و واکنش بیشتر روی رشد گیاه به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب کمی و کیفی و پایدار در شرایط آبی و خاکی منطقه موردمطالعه قابل‌توجه و توصیه است.

منابع

Abasluo, L., Kazemeini, S.A., Edalat, M., 2014. Effects of drought stress and planting methods on yield and yield components of two chickpea (*Cicerarietinum* L.) cultivars.Iranian Journal of Pulses Research. 5, 79-90. [In Persian with English Summary].

Abbat, P.E., Dardanelli, J.L., Canatarero, M.G., Melchiori, M., Suero, E., 2004.Climate and water availability effects on water use efficiency in wheat. Crop Science. 44, 474-483.

Afsharmanesh, Gh., 2014. Effect of planting pattern on grain yield and agronomic traits of corn cultivars in Jiroft. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 102, 124-130. [In Persian with English Summary].

Akram, N.A., Shahbaz, M., Ashraf, M., 2011. Nutrient acquisition in differentially adapted populations of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. and *Cenchrus ciliaris* L. under drought stress. Pakistan Journal of Botany. 40, 1433- 1440.

Alizadeh, A., 2005. Water, Soil and Plant Relationships. Imam Reza International University. Iran. [In Persian].

Babaeian, M., Heidari, M., Ghanbari, A., 2011. Effect of water stress and foliar micronutrientapplication on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). Iranian Journal of Crop Science. 12, 377-391. [In Persian with English Summary].

Bahadorkhah, F., Kazeminei, S.A.R., 2014. Effect of salt stress and planting method on yield, yield components and seed oil percent of two safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crops Resreach. 12, 264-272. [In Persian with English Summary].

Boyer, J.S., 1992. Plant productivity and environment. Science. 218, 443- 448.

Broadley, M. R., White, P.J., Hammond, J.P., Zelko, I., Lux, A., 2007. Zinc in plants. New Phytologist. 173, 677-702.

Cakmak, I., 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist. 146, 185–205.

Ebdali, M., Piroz, R., Afshari, M.R., Heydarifard, H. 2014. Effect of Zn and Mg spraying on yield and yield components of safflower under drought stress. Second National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources. 13 October. Iran. [In Persian].

Fanaei, H. R., Keikha, H., Piri, I., 2015. Effect of seed priming on grain and oil yield of Safflower underirrigation deficit conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research. 2, 49-59. [In Persian with English Summary].

Fanaei, H.R., Narouirad, M.R., 2014. Study of yield, yield components and tolerance to droughtstress in safflower genotypes. Electronic Journal of Crop Production, 7, 33 - 51. [In Persian with English Summary].

Fanaei, H.R., Omidi, A.H., Akbari Moghaddam, H., Narooi Rad, M.R., Pahlavan Rad, M.R., Khajeh dad keshtehgar, M., 2017. Evaluation of yield, oil and water use efficiency of different varieties of safflower under water

www.SID.ir

Archive of SID

deficit conditions of the 15th Iranian soil science congress. 28 Agust. Iran. [In Persian].

Fanaei, H.R.Keikha, Gh.A., Akbari Moghaddam, H.,Moders Najafabadi, S.S.,Naroui Rad M.R., 2005. Effect of planting method and seed rate on yield and yield components of Hyola 401 rapeseed in Sistan condition. Journal of Seedlings and Seeds. 21, 399-410. [In Persian with English Summary].

Ghofran-Maghsud, S., Mobasser, H. R., Fanaei, H. R., 2014. Effect of foliar application and time foliarapplication microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. Journal of Novel Appllied Sciences. 3, 396-399.

Golzardi, F., 2016. Drought, a Serious Threat to Agricultural Production. Seed and Plant Improvement Research Institute, Agricultural Research and Training Organization of Karaj., Iran. [In Persian].

Haghighatnia, S., 2011. Evaluation some of agronomic traits and yield of safflower under different irrigation regimes in Uromia. MSC thesis. Agricultural University of Urmia, Iran. [In Persian].

Hatfield, J.L., Sauer, T.J., Prueger, J. H., 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. Agronomy Journal. 93, 271-280.

Hosseini, S.M., Hassibi, P., 2011. Effects of Water Deficit Stress on Several Quantitative and Qualitative Characteristics of Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. Notulae Scientia Biologicae. 3, 120-125.

Jabbari-Orange, J., Ebadi, A., 2012. Responses of phenological and physiological stages of spring safflower to complementary irrigation. African Journal of Biological Technological, 11, 2465-2471.

Jaberzadeh, A., Moaveni-Tohidi, P., Moghadam, H., Moradi, O., 2010. The effect of titanium dioxide nanoparticle spraying on some agricultural characteristics in wheat under drought stress conditions. Journal of Crops Ecophysilogy. 2, 295-301. [In Persian with English Summary].

Jalilian, J., Moddares Sanavie, S.A.M., Saberyali, S.F., Asilan, K.S., 2012. The combination effects of beneficial microbes and nitrogen on seed yield and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research. 127, 26-34.

Kamaraki, H., Galavi, M., 2012. Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamustinctorius* L.). Journal of Agroecology. 4, 201-206. [In Persian with English Summary].

Karamy, S., Modares-Sanavy, S.M., Ghanati, F., Pourdehghan, M., 2014. Effect of foliar zinc application on yield and yield components of soybean cultivars under water deficit. Journal of agricultural Science and sustainable production, 23(4.1), 117-130. [In Persian with English Summary].

Khajehpour, M.R., 2006. Industrial Plants. Jihad Training Center Isfahan University of Technology. Iran. [In Persian].

Kiani, E. R., 2015. Guidelines for Determining Water Productivity in Fields. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Deputy of Extension. Agricultural Education Publication. 22p. [In Persian].

Krishna, S., 1995. Effect of sulphur and zinc application on yield, S and Zn uptake and protein content of mung (green gram). Legume Research. 18, 89-92.

Mazaherinia, M., Astaraei, A.R., Fotovat, A., Monshi, A., 2010. Effect of nano iron oxide particles on Fe, Mn, Zn, Cu concentrations in weath plant. World Applied Science Journal, 7, 156-162.

Majdnaseri, B., 2007. Effect of crop management on water use efficiency in different safflower genotypes. Ninth Irrigation and Evaporation Reduction Seminar, Kerman, Shahid Bahonar University, Irrigation and Water Engineering Association. [In Persian].

Mirshekari, M., Majnounhosseini, N., Amiri, R., Moslehi, A., Zandvakili, O.R., 2012. Effects of sowing data and limited irrigation water stress on spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) quantitative traits. Journal of Research in Agricultural Science. 8(2), 100-112.

Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., 2016. Introduction and Production of Oilseed Crops. Publication of Agricultural Extension and Education, Karaj, Iran. [In Persian].

Movahhedy Dehnavi, M., Modarres Sanavy, S. A., Mokhtassi Bidgoli, A., 2009. Foliar applicationand manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown undedeficit stress. Industrial Crops and Products. 30, 82-92.

www.SID.ir

Archive of SID

Nair, R., Hanna Varghese, S., Nair, B.G., Maekawa, T., Yoshida, Y., Sakthi kumar, D., 2010. Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Science. 179, 154-163.

Omidi, H., Mirzazadeh, T., Roudpayma, M., 2014. Investigate of rates and time of applying micronutrients fertilizer on quality and quantitytraits of safflower (*Carthamustinctorius* L.). Iranian Journal of Field Crops Resreach. 12, 305-315. [In Persian with English Summary].

Paseban Islam, B., 2001. Safflower. East Azarbayejan Jahade Keshavarzi. 694, 1-2.

Peleg, Z., Fahima, T., Abbo, S., Krugman, T., Nevo, E., Yakir, D., Saranga, Y., 2005. Genetic diversity for drought resistance in wild emmer wheat and its eco-geographical association. Plant, Cell and Environment. 28, 176- 191.

Pourghasemian, N., Zahedi, M., 2008. Effect of planting method and soil moisture on yield and yield components of safflower in Isfahan. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 13, 545-555. [In Persian with English summary].

Rahimi, A. R., Mashayekhi, K., Hemmati, Kh., Dordipour, E., 2010. Effect of salicylic acid and mineralnutrition on fruit yield and yield components of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Plant Production. 16, 149-156. [In Persian with English summary].

Randly, L., Tanaka, D., Merrill, S., 2002. Yield and water use of broad leaf crops in a semiarid climate. Agricultural Water Management. 58,255-266.

Rauf, S., 2008. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. Communications in Biometry and Crop Science. 3, 29-44.

Rezaei Chiyaneh, E., Khorramdel, S., Moludi, A., Rahimi, A., 2017. The effect of zinc nanochellat fertilizer and mycorrhiza inoculum on some agronomic and physiological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Researchs. 15, 168-184. [In Persian with English Summary].

Rostami, M., 2004. Effect of end of season drought stress on yield and physiological characteristics of wheat cultivars and determination of the best drought index. MSc dissertation, Faculty of Mashhad, University of Mashhad, Iran. [In Persian].

Sepehri, A., Vaziriamjad, Z., 2015. The Effect of Iron and Zinc Nano Fertilizers on Quantitative Yield of Chicory (*Cichorium inyubus* L.) in Different Crop Densities. Journal of Agricultural knowledge and sustainable production. 2.1, 61-74. [In Persian with English summary].

Weiss, E.A., 2000. Oilseed Crops. 2nd ed. Blackwell Science Ltd.

Wysocki, D., Sirovatka, N., Sandy, O., 2005. Growth and nutrient uptake on winter canola at Pedelton, Oregon. Dryland Agricultural Research, Annual Report. Oregon State University, Special Report 1061

Xoconstle- Cazares, B., Ramirez-Ortega, F. A., Flores-Lenez, L., Ruiz-Medrano, R., 2010. Drought tolerance in crop plants. American Journal of Plant Physiology. 5, 214-256.

Yazdandoust- Hamedani, M., Rasaei, B. 2018. Effect of Row Spacing and Seeding Rate on Seed Yield and Yield Components of Winter Oilseed Rape Cv. Okapi in Flat versus Ridge Planting. Iranian Journal of Field Crops Research.16, 369-380. [In Persian with English summary].

www.SID.ir