نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد نهم، شماره یکم، بهار ۹۵
۱۶۳-۱۸۰
http://ejcp.gau.ac.ir

بهبود عملکرد، درصد روغن و پروتئین کنجد تحت شرایط تنش خشکی با محلول‌پاشی روی و بور

مرضیه میثاق[۱]، *محسن موحدی‌دهنوی[۲]، علیرضا یدوی[۲] و حمیدرضا خادم‌حمزه[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج،
[۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج،
[۳]مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/٦/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. در طی بروز تنش خشکی به‌علت بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود. در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود. در این میان کمبود روی و بور از شایع‌ترین موارد کمبودهاست که در برخی موارد حتی بدون بروز علایم کمبود ظاهری موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان روغنی، همچون کنجد، به‌ویژه در شرایط بروز تنش خشکی، می‌گردد. این پژوهش با هدف تعیین اثر محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتیین در کنجد در شرایط تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری پس از ۷۵، ۱۱۰ و ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عامل فرعی به‌صورت محلول‌پاشی بور و روی در چهار سطح شامل عدم کاربرد بور و روی (فقط آب) و محلول‌پاشی با سولفات روی و اسید بوریک و کاربرد توام سولفات روی و اسید بوریک بودند.

*مسئول مکاتبه: movahhedi54@yahoo.com

یافته‌ها: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تیمار آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر محلول‌پاشی روی و بور باعث افزایش تعداد کپسول در بوته نسبت به تیمار شاهد شد. در تیمار آبیاری ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر، روی توانست بیشترین تعداد کپسول در بوته را سبب شود. در همین تیمار آبیاری محلول‌پاشی بور بیشترین مقدار وزن ۱۰۰۰ دانه را سبب شد. تعداد دانه در کپسول در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر با محلول‌پاشی توام روی و بور افزایش معنی‌دار (۸۰/۳) نسبت به شاهد (٦٤/۰) پیدا کرد. آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کمترین عملکرد دانه (۱٥۳٥ کیلوگرم بر هکتار) را در پی‌داشت، ولی بین سطوح آبیاری پس از ۷٥ (۱۹٤۷ گیلوگرم بر هکتار) و ۱۱۰ (۲۱۱٥ گیلوگرم بر هکتار) میلی‌لیتر تبخیر، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. محلول‌پاشی روی و بور باعث افزایش درصد روغن و محلول‌پاشی روی، بور و توام روی و بور سبب افزایش درصد پروتیین نسبت به تیمار شاهد شد. روی نیز بیشترین عملکرد دانه (۲۱۱۹ کیلوگرم در هکتار) را سبب شد. آبیاری بعد از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر، نسبت به دو تیمار دیگر، به‌طور معنی‌داری شاخص برداشت را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های پژوهش، 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.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد زیستی، کنجد، وزن هزار دانه

مقدمه

گیاهان در طی رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند. هر یک از این تنش‌ها می‌تواند بسته به‌میزان حساسیت در مرحله رشد گونه گیاهی، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آن‌ها داشته باشد. تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود (۳۱). خشکی سرعت فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها را در برگ‌ها کاهش داده و این دو فرآیند منجر به کاهش موجودی آسمیلات‌ها برای انتقال به اندام‌های ذخیره‌ای در گیاه شده و نهایتاً افزایش سقط اندام‌های زایشی می‌گردد (۱۷). در طی بروز تنش خشکی به‌علت بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود. در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (۱۲).

تغذیه مناسب تحت شرایط تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل تنش‌های مختلف کمک کند (۳). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که بکارگیری محلول‌پاشی عناصر باعث افزایش عملکرد، کیفیت، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و همچنین مقاومت به تنش خشکی می‌شود (۲٤). کمبود عنصر بور در بین عناصر کم‌مصرف پس از آهن و روی بزرگترین خسارت را بر تولید وارد می‌سازد. مقدار بور در گیاهان در حدود 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 (۳۳). کمبود بور در بین عناصر کم‌مصرف متداول‌ترین کمبودهاست و جذب سطحی بورات با افزایش pH خاک کاهش یافته و فراهمی آن در خاک‌های قلیایی کم می‌شود. این عنصر برای سنتز پروتئین، تشکیل بذر و دیواره سلولی، جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده ضروری است. علائم کمبود این عنصر در گیاه به‌صورت زرد شدن برگ‌ها و فواصل بین رگبرگ‌ها، پیچیدگی رو به پایین نوک برگ‌ها، تاب خوردگی برگ‌ها، مردگی بافت نوک برگ‌ها، تأخیر در گلدهی، تعداد کمتر غلاف و اندازه کوچکتر آن‌ها می‌شود (۱۳).

رشید و همکاران (۱۹۹٤) در مطالعات خود در خاک‌های آهکی پاکستان مشاهده کردند که با مصرف بور عملکرد دانه کلزا و خردل به‌ترتیب ٤۳ درصد و ۳٦ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت

(۲۹). این محققان حد بحرانی بور در خاک به روش عصاره‌گیری با آب داغ برای کلزا و خردل را به‌ترتیب ۰/۵ و ۰/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم پیشنهاد کردند (۲۸).

عنصر روی نیز نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشا در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با سازگاری گیاهان به تنش‌ها دارد (۲۱). عناصر روی و منگنز به‌خصوص در ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش نقش افزایش دهنده در فرآیند تنظیم اسمزی (به‌واسطه افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول) دارند (٦). در سویا کاربرد روی موجب افزایش ماده خشک، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه گردید (١٦). عنصر روی ممکن است با افزایش میزان جذب سایر عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز افزایش عملکرد دانه را موجب شود. اثرات مثبت عنصر روی در تولید هورمون‌های رشد (اکسین)، فتوسنتز گزارش شده است (۳۰).

برگلند (۲۰۰۲) گزارش کرده است که محلول‌پاشی روی خصوصا در مراحل رشد رویشی باعث افزایش عملکرد دانه سویا می‌گردد (٤). پراتیما و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند زیست‌توده، عملکرد دانه و میزان روغن کنجد با کاربرد بور افزایش یافت و بر اثر کمبود شدید بور هیچ دانه‌ای در گیاه کنجد تولید نشد (٢٦). ریلی و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارشاتی مبنی بر افزایش میزان روغن و پروتئین دانه گندم و کلزا در اثر استفاده از سولفات روی را گزارش کردند (۳۲).

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. یکی از منابع تولید روغن می‌باشد. با توجه به این که هر ساله مبالغ زیادی ارز صرف واردات روغن (بیش از ۹۰ درصد) به کشور می‌گردد، توجه به دانه‌های روغنی و افزایش تولید آن‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. در این راستا، فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه عناصر ریزمغذی یکی از جنبه‌های مهم مدیریت زراعی بوده و می‌تواند نقش چشمگیری در افزایش تولید و عملکرد بالا ایفا نماید. این پژوهش با هدف تعیین اثر محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتئین در کنجد در شرایط تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی روی و بور بر عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتئین در کنجد تحت سطوح مختلف تنش‌خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح

بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح شامل آبیاری پس از ۷۵، ۱۱۰ و ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و عامل فرعی شامل محلول‌پاشی بور و روی در چهار سطح شامل عدم کاربرد بور و روی (فقط آب) و محلول‌پاشی با سولفات روی و اسید بوریک و کاربرد توأم سولفات روی و اسید بوریک بود. زمین مورد آزمایش قبل از کاشت توسط گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و بعد از آن توسط دیسک کلوخه‌ها خرد و تسطیح کامل با ماله صورت گرفت. به منظور تأمین فسفر و نیتروژن مورد نیاز قبل از کاشت و بر اساس آزمون خاک، ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بصورت تقسیط در دو مرحله (قبل از کاشت و در مرحله چهاربرگی) استفاده شد. کاشت در تاریخ ۱۵ تیر بر روی پشته و به‌صورت ردیفی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر انتخاب شد. هر کرت شامل ۵ ردیف کاشت به طول ٤ متر بود.

قبل از کاشت، بذرها با کربوکسین‌تیرام ضدعفونی شدند. پس از سبز شدن و استقرار گیاه، عملیات تنک کردن صورت گرفت. در طول دوران رشد و نمو، عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد که این آبیاری مبنای تاریخ کاشت قرار گرفت. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم داراب ۱ بود. محلول‌پاشی روی و بور طی دو مرحله هشت‌برگی و تکرار آن سه هفته پس از مرحله اول توسط سمپاش دستی انجام شد. محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۳ در هزار، محلول‌پاشی اسیدبوریک با غلظت ۲ در هزار و محلول‌پاشی ترکیب سولفات‌روی و اسیدبوریک با غلظت به‌ترتیب ۳ و ۲ در هزار بود.

جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از حذف دو ردیف حاشیه هر کرت و ۵۰ سانتی‌متر از هر طرف ردیف‌های باقی‌مانده، سطحی معادل ۲ مترمربع جهت مقایسه عملکرد برداشت گردید. در سطح مذکور، کلیه بوته‌ها از سطح خاک توسط قیچی باغبانی جدا، شمارش و وزن گردیدند. سپس تمامی بوته‌ها در کیسه‌های پلاستیکی جداگانه قرار داده شده و پس از رسیدن با تکاندن بوته، دانه‌ها از کپسول جدا گردید. سپس وزن کل بذور و باقی‌مانده اندام هوایی پس از خشک‌شدن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت در آون در هر کرت اندازه‌گیری شد. عملکرد زیستی، از مجموع وزن خشک ساقه و برگ‌هایی که پس از جدا کردن دانه از کپسول به‌دست آمد همراه با وزن دانه محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری درصد روغن دانه از دستگاه سوکسله و برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین از دستگاه کجلدال استفاده گردید.

تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد و برای صفاتی که اثر متقابل معنی‌دار داشتند از روش برش‌دهی و مقایسه میانگین به روش L.S.Means استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). بلندترین بوته‌ها از تیمار آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمده و کمترین ارتفاع بوته از تیمار آبیاری پس از ۱٤۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد که البته بین دو تیمار آبیاری پس از ۷۵ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از لحاظ این صفت اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ٤). در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با کمک سازوکارهای مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابیدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می‌باشند ولی شرایط تنش شدید به‌دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود. رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تنش خشکی اثر بسیار معنی‌داری بر ارتفاع بوته در آفتابگردان داشت به‌نحوی که کمترین ارتفاع بوته در تیمار تنش شدید خشکی مشاهده گردید که ۲۵ درصد کمتر از تیمار بدون تنش بود و اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون تنش و تنش متوسط داشت (۲۷). امام و ربانی (۲۰۱۱) نیز اعلام کردند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی، ارتفاع بوته را به نحو معنی‌داری (۱۰/۲ درصد) در ذرت کاهش داد (۹).

طول کپسول: بر هم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی برای طول کپسول معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری (جدول ۲) نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر طول کپسول در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در سطح یک درصد و در تیمار ۱٤۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین بر هم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان داد که در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر محلول‌پاشی روی بیشترین میزان طول کپسول را باعث شده است به‌نحوی که این تیمار محلول‌پاشی با سه تیمار محلول‌پاشی دیگر تفاوت معنی‌دار داشت. عنصر روی از طریق تولید هورمون‌های رشد باعث افزایش طول کپسول شده است (۳۰). در تیمار آبیاری پس از ۱٤۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، سه تیمار محلول‌پاشی بور، روی و توأم روی و بور باعث افزایش طول کپسول شدند که البته تنها تیمار محلول‌پاشی روی و توام روی و بور با تیمار محلول‌پاشی با آب

اختلاف معنی‌دار داشتند. پس از شکل‌گیری کپسول‌ها، مرحله‌ی افزایش طول کپسول‌ها آغاز می‌شود و کپسول‌ها برای رشد به مواد فتوسنتزی نیاز دارند. مشخص شده است که روی اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌ها دارد. همچنین، بور با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ‌ها و افزایش سنتز اسید ایندول استیک باعث تاخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها می‌شود (۳٦). بنابراین، این دو عنصر می‌توانند در تامین مواد غذایی مورد نیاز برای کپسول‌های در حال رشد مؤثر باشند و افزایش طول کپسول را سبب شوند.

تعداد کپسول در ساقه اصلی: نتایج نشان داد اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش (تأخیر در آبیاری) تعداد کپسول در ساقه اصلی کاهش یافت به‌طوری که کمترین تعداد کپسول در تیمار آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد که با دو تیمار ۷۵ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ٤). افت آب قابل دسترس خاک طی نمو زایشی منجر به کاهش تولید گل و افزایش ریزش آن‌ها گردید، بنابراین، تعداد کمتری گل در ساقه اصلی به کپسول تبدیل شده‌اند. در کلزا تنش رطوبتی باعث کاهش تعداد خورجین در ساقه اصلی شده است (۷). در بین تیمارهای محلول‌پاشی، تفاوت معنی‌داری بین سه تیمار بور، روی و توأم روی و بور مشاهده نمی‌شود در حالی که این سه تیمار با تیمار محلول‌پاشی با آب تفاوت معنی‌دار دارند (جدول ۵). بور در ظرفیت تولید دانه گرده به وسیله پرچم‌ها و نیز در تولید دانه گرده قابل رشد نقش دارد. افزون بر این، بور رشد دانه گرده و به‌ویژه لوله گرده را تحریک می‌کند (۸). روی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است که در شرایط کمبود آن، تعداد رنگ‌دانه فتوسنتز کننده و مقدار کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد که در این صورت به‌علت کاهش مواد فتوسنتزی قابل دسترس، کاهش تعداد کپسول در ساقه اصلی دور از انتظار نیست.

تعداد کپسول در بوته: برهم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). آنالیز داده‌های حاصل از برش‌دهی اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری بر تعداد کپسول در بوته (جدول ۲) نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر این صفت در تیمار آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در سطح ۱ درصد و برای تیمار ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین بر هم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان داد که در تیمار آبیاری ۷۵، محلول‌پاشی روی و بور بیشترین تعداد کپسول در بوته را باعث شدند.

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برخی صفات کنجد تحت تیمارهای آزمایشی.

Table 1. Mean squars from variance analysis for some traits of sesame under experimental treatments.

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول کپسول	ارتفاع تشکیل اولین کپسول	تعداد کپسول در ساقه اصلی	تعداد کپسول در شاخه فرعی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه
S. O. V.	D. F.	Plant height	Capsule length	First capsule height	Number of capsules per main stem	Number of capsules per lateral stem	Number of capsules per plant	Number of seeds per capsule	1000 seeds weight
Replication تکرار	2	389/0*	0/007 ns	52/5 ns	36/6*	28/0 ns	62/6 ns	5/7 ns	0/0160 ns
Irrigation آبیاری	2	625/0**	0/400 ns	45/2 ns	25/1*	63/5 ns	29/3 ns	215/0*	0/0003 ns
Error a خطای عامل اصلی	4	34/4	0/013	40/0	3/61	89/5	44/1	16/7	0/0150
oliar application محلول‌پاشی	3	259/0 ns	0/014 ns	27/1 ns	53/7*	855/0**	404/0*	77/6 ns	0/0330 ns
Irrigation × Foliar application آبیاری×محلول‌پاشی	6	77/2 ns	0/033**	37/4 ns	15/4 ns	126/0*	515/0**	106/0*	0/1060**
Error b خطای عامل فرعی	18	83/7	0/006	25/8	14/2	33/0	116/0	37/5	0/0120
C .V. (%) ضریب تغییرات (درصد)		6/7	0/900	8/29	13/1	11/9	14/3	8/2	3/530

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

*, ** and ns: respectively significant in 5 and 1 % probability level, and no significant.

ادامه جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برخی صفات کنجد تحت تیمارهای آزمایشی.

Table 1. Mean squars from variance analysis for some traits of sesame under experimental treatments.

منابع تغییر S. O. V.		درجه آزادی D. F.	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	پروتئین دانه Seed protein	روغن دانه Seed oil
Replication	تکرار	2	438967 ns	62197 ns	4.08 ns	1.30 ns	3.04 ns
Irrigation	آبیاری	2	958268 ns	1068985 *	164/00*	0.55 ns	18.80 ns
Error a	خطای عامل اصلی	4	404777	82264	10/10	1.68	15.80
Foliar application	محلول‌پاشی	3	635225 ns	328188 **	32/90 ns	9.98**	28.60 **
Irrigation × Foliar application	آبیاری×محلول‌پاشی	6	479535 ns	36318 ns	19/00 ns	1.14 ns	3.83 ns
Error b	خطای عامل فرعی	18	599632	56739	11/70	0.51	4.35
C .V. (%)	ضریب تغییرات (درصد)		12.8	12.7	10.8	3.80	3.89

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

*, ** and ns: respectively significant in 5 and 1 % probability level, and no significant.

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری برخی صفات در کنجد.

Table 2. Mean squares from slicing variance analysis for foliar application levels in each irrigation level for some traits of sesame.

آبیاری	درجه آزادی	طول کپسول	تعداد کپسول در شاخه فرعی	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه
Irrigation	D.F.	Capsule length	Number of capsules per lateral stem	Number of capsules per plant	Number of seeds per capsule	1000 seeds weight
آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 75 mm evaporation	3	0.01 ^{ns}	357 **	674**	69 ^{ns}	0.01 ^{ns}
آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 110 mm evaporation	3	0.04**	217 **	173 ^{ns}	135*	0.03 ^{ns}
آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 145 mm evaporation	3	0.02*	533 **	589*	85 ^{ns}	0.20**

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

*, ** and ns: significant at 5 and 1 % probability level, and no significant respectively.

در تیمار آبیاری ۱٤٥ تنها روی باعث افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته نسبت به شاهد شد. بور وظایف زیادی را بر عهده دارد. از جمله می‌توان به رویش دانه گرده، رشد لوله گرده، جلوگیری از تخریب بافت‌ها، متابولیسم اسیدنوکلئیک، انتقال قندها، تراوایی غشا سلولی، تنظیم هورمون‌های گیاهی و متابولیسم اکسین و فنول اشاره کرد (۱٤). خیاوی و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کردند که محلول‌پاشی اسیدبوریک باعث ایجاد بیشترین تعداد خورجین بارور در کلزا شد (۱۵). مصرف تغذیه‌برگی عنصر روی در کنجد موجب افزایش اجزای عملکرد و نهایتاً عملکرد دانه شده است. کاربرد عنصر روی می‌تواند موجب افزایش تولید گل در بوته شده و یا از ریزش آن‌ها جلوگیری نماید که در این صورت افزایش تعداد کپسول در بوته را موجب می‌شود (۳۵).

تعداد دانه در کپسول: برهم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری برای تعداد دانه در کپسول (جدول ۲) نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر این صفت تنها در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر معنی‌دار است. مقایسه میانگین بر هم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان داد که در تیمار آبیاری ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، محلول‌پاشی توأم روی و بور نسبت به شاهد موجب افزایش تعداد دانه در کپسول شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری برای برخی صفات در کنجد.

Table 3. Mean comparison of foliar application levels in each irrigation level, for some traits of sesame.

آبیاری Irrigation	محلول‌پاشی Foliar application	طول کپسول (سانتی‌متر) Capsule length (cm)	تعداد کپسول در شاخه فرعی Number of capsules per lateral stem	تعدادکپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (gr)
آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 75 mm evaporation	شاهد Control	2.66 a	34.0 c	58.0 c	77.0 a	3.21 a
	بور Boron	2.76 a	59.6 a	94.3 a	75.0 a	3.12 a
	روی Zinc	2.80 a	53.3 ab	79.0 ab	80.3 a	3.07 a
	روی + بور Zinc+Boron	2.76 a	49.0 b	73.6 bc	86.0 a	3.09 a
آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 110 mm evaporation	شاهد Control	2.60 b	41.0 b	72.0 a	64.0 b	3.09 a
	بور Boron	2.73 b	56.6 a	70.0 a	73.3 ab	2.97 a
	روی Zinc	2.90 a	58.0 a	75.0 a	71.3 ab	3.21 a
	روی + بور Zinc+Boron	2.70 b	44.6 b	87.0 a	80.3 a	3.18 a
آبیاری پس از ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 145 mm evaporation	شاهد Control	2.53 b	35.0 b	70.6 b	67.0 a	2.79 c
	بور Boron	2.60 ab	43.3 b	69.6 b	77.3 a	3.42 a
	روی Zinc	2.70 a	65.0 a	93.3 a	76.3 a	3.11 b
	روی + بور Zinc+Boron	2.73 a	39.3 b	60.3 b	68.3 a	3.14 b

در هر ستون و در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری براساس آزمون L.S.Means ندارند.

In each column and each irrigation level, there is no significant difference between means with the same letters, by L.S. Means procedure

به‌نظر می‌رسد در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دلیل این‌که تنش کمتری نسبت به تیمار آبیاری ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر به گیاه وارد شده همین امر سبب شده محلول‌پاشی

روی و بور تاثیر بیشتر و معنی‌داری نسبت به شاهد بر تعداد دانه در کپسول داشته باشد. 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 ذخیره کافی عنصر بور در گیاه است. کمبود عنصر بور به شدت بر نقاط رشدی انتهایی و گلدهی گیاه تأثیر می‌گذارد. احمدی و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که 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. گل‌دهی و تولید بذر در هنگام کمبود روی به شدت دچار اختلال می‌شود و در نتیجه تعداد دانه‌ها کاهش می‌یابد. نتایج این محققان بر روی گیاه کنجد نشان داد که محلول‌پاشی روی با ۳۰ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد دانه در کپسول ایجاد کرد. تعداد دانه در کپسول بستگی زیادی به میزان فتوسنتز طی دوره گلدهی دارد (۱). سینکلر و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که وجود عوامل محدود کننده فتوسنتز در طی دوره گلدهی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در سویا می‌شود (۳٤). بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتز گیاه و افت فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرآیند می‌گردد. از طرف دیگر تنش خشکی طول دوره کپسول‌دهی را کوتاه کرده و از تعداد دانه می‌کاهد. عناصر روی و بور از طریق افزایش کارآیی سیستم فتوسنتزی باعث افزایش تعداد دانه در کپسول شده است.

وزن هزار دانه: بر هم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج حاصل از برش‌دهی اثر سطوح مختلف محلول‌پاشی در هر سطح آبیاری برای وزن هزار دانه (جدول ۲) نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر این صفت در تیمار آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین بر هم‌کنش آبیاری و محلول‌پاشی (جدول ۳) نشان داد که در تیمار آبیاری ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، بور بیشترین وزن هزار دانه را سبب شد به نحوی که بین این تیمار محلول‌پاشی و سه تیمار محلول‌پاشی دیگر تفاوت معنی‌دار وجود دارد. علی حسین پور و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند که عنصر بور باعث افزایش وزن صد دانه در سویا شد (۲). این محققان بیان داشتند که بور با افزایش قدرت تأمین مواد فتوسنتزی در طول دوره پرشدن دانه باعث این افزایش شد. همچنین بور از عناصر مهم تشکیل دانه و افزایش وزنی آن به‌دلیل تأثیر بر فرآیندهای زایشی می‌باشد (۲).

عملکرد زیستی: اثر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیق دلخوش و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد این محققان اعلام کردند که تیمارهای آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد زیستی در گیاه کلزا نداشت (۷).

عملکرد دانه: اثر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کمترین عملکرد دانه را باعث شده است. که با دو تیمار ۷۵ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ٤). در آزمایشی به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد آفتابگردان، مشخص شد اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه آفتابگردان معنی‌دار بود و تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق آفتابگردان گردید (۲۷). ما و همکاران (۲۰۰٦) معتقدند برخورد مرحله زایشی گیاه کلزا با تنش خشکی موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد مانند وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین و نهایتاً عملکرد شده است (۱۹). در بین تیمارهای محلول‌پاشی، روی بیشترین عملکرد دانه را سبب شد (جدول ۵). به نحوی که بین این تیمار محلول‌پاشی با سه تیمار محلول‌پاشی دیگر تفاوت معنی‌دار وجود داشت. این نتیجه با نتایج حاصل از مطالعات احمدی و همکاران (۲۰۱۲) بر روی کنجد مطابقت دارد (۱). این محققان بیان کردند که روی باعث افزایش ۳۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد در این گیاه شد. تیروپاتی و همکاران (۲۰۰۱) اعلام کردند که عنصر روی در کنجد موجب افزایش عملکرد دانه شده است (۳۵). عنصر روی ممکن است با افزایش میزان جذب سایر عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز افزایش عملکرد دانه را موجب شود (۳۵) در این راستا مالوار و همکاران (۲۰۰۱) افزایش عملکرد دانه خردل با مصرف سولفات روی را گزارش کردند (۲۰).

شاخص برداشت: اثر آبیاری بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به دلیل داشتن بیشترین میزان عملکرد دانه بالاترین میزان شاخص برداشت را داشت اما آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر با تیمار ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤). کمترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد. در مطالعه پاندی و همکاران (۱۹۸٤) با کاهش مصرف آب، شاخص برداشت نیز کاهش یافت که حاکی از تأثیر بیشتر تنش رطوبتی بر فرآیندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است (۲۵). محلول‌پاشی‌ها با این‌که عملکرد دانه را متأثر ساخت، اما تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. در این‌باره می‌توان گفت به همان نسبت که عملکرد دانه افزایش یافته است عملکرد زیستی نیز افزایش نشان داده است.

درصد پروتئین: اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی عناصر نسبت به شاهد موجب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین شده است (جدول ۵). در بیان علت افزایش در محتوای پروتئین بذور با کاربرد عناصر ریزمغذی روی و بور باید گفت که روی به طور مستقیم در هر دو فرآیند بیان ژن و سنتز پروتئین نقش دارد. محققان به این نتیجه رسیدند که شاید کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود و در نتیجه باعث صدمات اکسیداتیو به مولکول‌های پروتئین، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (۵). از طرفی روی یکی از اجزای اصلی در ساختار RNA پلی‌مراز است و در صورت نبود روی این آنزیم غیرفعال و در نتیجه باعث کاهش میزان RNA می‌شود. این عنصر همچنین از اجزای اصلی سازنده ریبوزوم است و برای حفظ ساختار آن موردنیاز است. کاهش در محتوای پروتئین در اثر کمبود روی در گیاه به علت کاهش میزان RNA در گیاه است (۱۸). تأثیر محلول‌پاشی بور ممکن است به نقش این عنصر در واکنش‌های متابولیکی اساسی و تسریع در سنتز پروتئین مربوط باشد. از طرفی بور در سنتز یکی از بازهای سازنده RNA (اوراسیل) نقش دارد (۲۲).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر آبیاری برای برخی صفات کنجد.

Table 4. Mean comparison of the effect of irrigation for some sesame traits.

آبیاری Irrigation	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (Cm)	تعداد کپسول در ساقه اصلی Number of capsule per main stem	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 75 mm evaporation	143 [a]	29.2 [a]	1947 [a]	32.2 [a]
آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 110 mm evaporation	136 [a]	29.8 [a]	2115 [a]	34.9 [a]
آبیاری پس از ۱٤٥ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 145 mm evaporation	128 [b]	27.0 [b]	1535 [b]	27.6 [b]

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری براساس آزمون LSD ندارند.

In each column there is no significant difference between means fallowed by the same letters by LSD ($\alpha \leq 0.05$).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی برای برخی صفات کنجد.

Table 5. Mean comparison of the effect of foliar application for some sesame traits.

محلول‌پاشی		تعداد کپسول در ساقه اصلی	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)	پروتئین دانه (درصد)	روغن دانه (درصد)
Foliar application		Number of capsule per main stem	Seed yield ($Kg\ ha^{-1}$)	Seed protein (%)	Seed oil (%)
Control	شاهد	25.2 b	1655 b	17 b	51.1 b
Boron	بور	30.7 a	1855 b	18.8 a	54.9 a
Zinc	روی	29.8 a	2119 a	19.4 a	54.9 a
Zinc+Boron	روی + بور	29.0 a	1835 b	19.1 a	53.2 ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد ندارند.

In each column there is no significant difference between means fallowed by the same letters by LSD ($\alpha \leq 0.05$).

درصد روغن: تیمارهای آبیاری بر این صفت معنی‌دار نشد اما تیمارهای محلول‌پاشی بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۱). گکسوی و همکاران (۲۰۰٤) طی مطالعات خود گزارشی مبنی بر این که افزایش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن در آفتابگردان ندارد، ارائه نمودند (۱۱). در آزمایش رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) نیز درصد روغن آفتابگردان تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (۲۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی روی و بور درصد روغن را نسبت به شاهد افزایش دادند، اما تفاوت بین شاهد و مصرف توام روی و بور معنی‌دار نبود (جدول ۵). گلوی و همکاران (۲۰۰۷) عنوان کردند که در کلزا محلول‌پاشی ۹ کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث افزایش محتوای روغن بذور شد. نقش روی در افزایش درصد روغن مربوط به نقش این عنصر در فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز اسیدهای چرب می‌باشد (۱۰). از طرفی ناسف و همکاران (۲۰۰٦) نیز گزارش کردند که کاربرد بور باعث افزایش توأم میزان روغن و پروتئین در بادام‌زمینی شد. آن‌ها در توضیح این مطلب عنوان کردند که تأثیر محلول‌پاشی بور ممکن است به نقش این عنصر در واکنش‌های متابولیکی اساسی مربوط باشد (۲۳).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌توان اظهار داشت که آبیاری کنجد پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر می‌تواند در مدیریت آبیاری و کاهش مصرف آب در شرایط آب و هوایی و خاک محل آزمایش نقش مهمی داشته باشد و همچنین استفاده از عناصر روی و بور در تغذیه گیاه کنجد تحت شرایط مناطق خشک و کم‌آب نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش اثرات سوء تنش خشکی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارد.

منابع

1. 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. Elec. J. Crop Prod. 5 (3): 115-130. (In Persian)
2. Alihoseinpour, F., Rafiee, M., and Farnya, A. 2011. Investigation the effect of Boron foliar application on quality and quantitative characteristics of soybean genotypes. J. Crop Physiol. 3(11): 33-46. (In Persian).
3. Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association (IZA). Belgium, 128p.
4. Berglund, D.R. 2002. Soybean Production Field Guide for North Dakota and Orthwestern innesota. published in cooperative and with support from the North Dakota. Soybean Council, 136p.
5. Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytol. 146: 185-205.
6. Delaney, A.J., Hu, C.A.A., Kishor, K.P.B., and Verma, D.P.S. 1993. Cloning ornithine-aminotransferase cDNA from *Vigna anconitifolia* by trans-complementation in Escherichia coil and regulation of proline biosynthesis. J. Biol. Chem. 268: 18673-18678.
7. Delkhosh, B., Shirani-Rad A.H., Noor Mohammadi, G., and Darvish, F. 2003. Study of drought stress effects on yield and some agronomic and physiolyical chracteristic in rapeseed. J. Agric. Sci. 11(2): 165-176. (In Persian)
8. Dickinson, D.B. 1978. Influence of borate and pentaerythriol concentration on germination and tube growth of *Lilium longiflorum* pollen. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 413-416.
9. Emam, Y., and Rabbani, J. 2011. Yield response of Maize hybrids to drought Stress at different growth stages. J. Crop Prod. Proc. 1(2): 65-78. (In Persian)
10. Galavi, M., Heidari, M., and Zamani, M. 2007. Effects of zinc sulphate spray on quality, yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus*). Scientific. J. Agric. 5(3): 51-59. (In Persian)

11. Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., and Dagustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res. 87: 167-178.
12. Grattan, S.R., and Grieve, C.M. 1999. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops. J. Sci. Hort. 78: 127-157.
13. Guertal, E.A. 2004. Boron fertilization of bentagrass. Crop Sci. 44: 204-208.
14. Kasraei, R. 1993. Summary of Plant Nutrition Science. Tabriz University Press. 120 pp. (In Persian)
15. Khiavi, M., Khorshidi, M.B., Ismaeili, M., Azarabadi, S., Faramarzi A., and Emaratpardaz, J. 2010. Effect of Foliar Application of Boron and Zinc on Yield and some qualitative characteristics of two Rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. J. water and soil, 20(4): 83-96. (In Persian)
16. Leilah, A.A., Badawi, M.A., Moursy, E.L., and Attia, A.N. 1990. Response of soybean plants to foliar application of zinc under different levels of nitrogen. J. Agric. Sci. Mansoura, Univ. 13: 556-563.
17. Liu, F., Jensen, C.R., and Anderson, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pod during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Res. 86: 1-13.
18. Lohry, R. 2007. Micronutrients: functions, sources and application methods. Indiana CCA Conference Proceedings.
19. Ma, Q., Niknam, S.R., and Turner, D.W. 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and B. juncea to soil water deficit at different growth stages. Aust. J. Agric. Res. 57(2): 221-226.
20. Malewar, G.U., Kati, S.D., Walikan, S.L., and Syed, I. 2001. Interaction effect of zinc and boron on yield, nutrient uptake and quality of mustad (*Brassica juncea*) on a typic haplustert. J. Soils Crops, 41: 186-187.
21. Marshner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. New York.
22. Mirnia, S., and Habibzadeh, F. 2007. A Guide to Plant Nutrition. Takrang Press. 131 pp.
23. Nasef, M.A., Badran, N.M., and Abd El-Hamide, A.F. 2006. Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. J. App. Sci. Res. 2(12): 1330-1337.
24. Odoley, F.O., Odoley, M.O., and Animashaun, M.O. 2007. Effects of nutrient foliar spray on soybean (*Glaycin max* L.) growth and yield in south west Nigeria. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 35(2): 22-32.
25. Pandy, R.K., Herrera, W.A.T., Villegas, A.N., and Pendleton, J.W. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. Agron. J. 76: 557-560.

26. Pratima, S., Sharma, C., Chatterjee, C., and Sinha, P. 1999. Seed quality of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by boron nutrition. Indian J. Agric. Sci. 69(1): 14-17.
27. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H., and Soltani E. 2012. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. Elec. J. Crop Prod. 3(1): 57-72. (In Persian)
28. Rashid, A., Rafigue, E., Din, J., Malik, S.N., and Arian, M.Y. 1997. Micronutrient deficiencies in rain fed calcareous soils of pakistan. Iron chlorosis in the peanut plant. Commun. Soil Sci. Plant. 28(6-8): 441-454.
29. Rashid, A., Rafigue, E., and Bughio, N..1994. Diagnosing boron deficiency in rapeseed and mustard by plant analysis and soil testing. Commun. Soil Sci. Plant. 25(17-18): 2883-2897.
30. Ravi, S.H., Channal, 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 J. Agric. Sci. 21: 382-385.
31. Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161(11): 1189-1202.
32. Riley, T., Zhao, G.F., and McGrath, S.P. 2000. Availability of different forms of sulphur fertilizers to wheat and oilseed rape. Plant. Soil. 222: 139-147.
33. Shirani-Rad, A.H. 2003. Crop Physiology. Artistic and Cultural Institute Dibagaran Tehran. 360 p. (In Persian)
34. Sinclair, T.R., Messina, C.D., Beatty, A., and Samples, M. 2010. Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. Agron. J. 102: 457-482.
35. Thiruppathi, M.K., Thanunathan, K., Prakash, M., and Imayavaramban, V. 2001. Use of biofertilizer, phytohormone and zinc as a cost effective agro-technique for increasing sesame productivity. Sesame and Safflower Newsletter,16: 46-50.
36. Wang, N., and Duan, J.K. 2006. Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentil. Food Chem. 95: 493-502.