

بررسی شیوه کاربرد سولفات روی بر بیشینه شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش رطوبتی

محمدعلی ابوطالبیان^{۱*} و افسانه بابارئسی^۲

۱ و ۲. استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۱)

چکیده

به منظور بررسی اثرگذاری تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی بر بیشینه شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تنش رطوبتی در چهار سطح (آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و شیوه کاربرد کود سولفات روی در چهار سطح (بدون کاربرد، محلول‌پاشی، کاربرد خاکی به صورت پخش و کاربرد خاکی به صورت نواری) در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد بیشینه شاخص سطح برگ، وزن طبق، شمار دانه در طبق و عملکرد دانه در شدت‌های کم تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر) با شیوه محلول‌پاشی به دست آمدند، اما در سطح تنش شدید رطوبتی در صفات یادشده تفاوتی بین روش‌های کاربرد سولفات روی وجود نداشت. به هر حال، قطر طبق و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) در شرایط تنش شدید رطوبتی (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) در شیوه محلول‌پاشی سولفات روی مقادیر بالاتری به خود اختصاص دادند. در این تحقیق وزن صد دانه تنها تحت تأثیر شدت تنش رطوبتی قرار گرفت و شاخص برداشت هم با کاهش دسترسی به رطوبت، کاهش یافت. در این بررسی کاربرد سولفات روی به ویژه به صورت محلول‌پاشی و در شرایط کمبود رطوبت سبب بهبود بیشتر صفات بررسی شده و کاهش شدت تنش رطوبت بر آن‌ها شد.

واژه‌های کلیدی: تشت تبخیر، عملکرد زیست‌توده، محلول‌پاشی، کاربرد نواری.

Effect of zinc sulfate application method on maximum leaf area index, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water stress conditions

Mohammad Ali Aboutalebian^{1*} and Afsaneh Baba Raeisi²

1, 2. Assistant Professor and M. Sc. Student, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran

(Received: Jun. 2, 2015 - Accepted: May 10, 2016)

ABSTRACT

To study the effect of water stress and zinc sulfate application method on maximum leaf area index, yield and yield components of sunflower, an experiment was conducted in 2014 at research station of Bu Ali Sina University as a randomized complete block design with split plot arrangement in three replications. Water stress in four levels (irrigation after 60, 90, 120 and 150 mm evaporation from A pan) was placed in main plots and zinc sulfate application methods (no application, foliar feeding, broadcasting and placement application) were placed as subplots. The results showed that the maximums of leaf area index, head weight, number of seeds per head and grain yield were achieved in low intensity of water stress levels (irrigation after 60 and 90 mm evaporation) plus foliar feeding of zinc sulfate. Nevertheless, at severe water stress conditions, there was not difference between application methods of zinc sulfate fertilizer on measured traits. However, the head diameter and biological yield in severe water stress level (irrigation after 150 mm evaporation) were higher in foliar zinc sulfate application versus other application forms. In this study, seed weight was only affected by water stress treatments and harvest index reduced by reduction in water availability. In this study zinc sulfate especially in foliar application and under water stress improved the most of measured traits and decreased water stress severity on them.

Keywords: Biological yield, evaporation pan, foliar feeding, placement.

* Corresponding author E-mail: aboutalebian@yahoo.com

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از پنج گیاه دانه روغنی مهم است که به دلیل مقاوم بودن به خشکی و سازگاری با شرایط آب و هوایی مختلف سطح زیر کشت زیادی را به خود اختصاص داده است. این گیاه در نزدیک به شصت کشور جهان کشت می شود و سطح زیر کشت جهانی آن بالغ بر ۲۵ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ۱۷۵۰ کیلوگرم در هکتار است در صورتی که مساحت زیر کشت آن در ایران ۷۰ هزار هکتار با عملکردی حدود ۱۲۸۵ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2013).

حدود ۴۰ درصد از اراضی کره زمین در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. در این مناطق آب عامل محدودکننده اصلی تولید بوده و خشکی از مهم ترین عامل های القاکننده تنش در گیاهان زراعی به شمار می رود (Ashraf & Mehmood, 1990; Reddy et al., 2004). در آفتابگردان تنش شدید رطوبت سبب کاهش قابل توجه قطر طبق، شمار دانه در طبق و عملکرد دانه می شود (Rahimizade et al., 2010). Stone et al. (2001) اظهار داشتند که کمبود رطوبت در مرحله غنچه دهی تا پایان گلدهی بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد دورگ (هیبرید) های آفتابگردان دارد. در تحقیقات انجام شده مشخص شد تنش رطوبتی سبب پیری زودرس برگ ها، کاهش شمار برگ، قطر طبق، سطح برگ، وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد در دانه آفتابگردان می شود (Farahvash et al., 2011; Yegappan et al., 1982).

در شرایط تنش رطوبتی قابلیت دسترسی به عنصرهای غذایی جذب و انتقال آن ها دچار اختلال می شود (Lauer, 2003). به گزارش Cakmak et al. (1999) کمبود عنصرهای ریزمغذی در خاک های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک جهان عامل محدودیت رشد بسیاری از گیاهان روغنی است، که در میان این عنصرها، عنصر روی اهمیت بیشتری دارد به ویژه آنکه حرکت این عنصر در خاک به صورت انتشار است و به طور مستقیم وابسته به میزان رطوبت موجود در خاک است (Banks, 2004). روی به عنوان یک عنصر کم مصرف نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاهان به تنش های محیطی به ویژه

خشکی دارد. همچنین روی برای رشد طبیعی، افزایش شاخص سطح برگ، بهبود جذب نیتروژن، افزایش نورساخت (فتوسنتز) و تولیدمثل گیاهان زراعی ضروری است (Alloway, 2005) و در ساخت (سنتز) پروتئین ها و هورمون گیاهی اکسین مشارکت دارد (Stampar et al., 1998). کمبود روی سبب ناکارایی سامانه های پر شمار آنزیمی می شود (Brown et al., 1993). کاربرد کودهای محتوی روی به صورت کاربرد خاکی و محلول پاشی در کشورهای توسعه یافته عادی شده است، در صورتی که کاربرد آن در کشورهای در حال توسعه بسیار کم است. بررسی های چندی گویای وجود تأثیر مثبت عنصرهای ریزمغذی از جمله روی به صورت کاربرد خاکی و یا محلول پاشی بر میزان عملکرد دانه گیاهان روغنی است (Baybordi, 2001; Harris, 2001). نتایج آزمایش های مختلف نشان داده محلول پاشی عنصرهای ریزمغذی در زراعت آفتابگردان تأثیر قابل توجهی بر بهبود ویژگی های رویشی و همچنین عملکرد آن دارد (Rahimizadeh et al., 2010). بر پایه نتایج آزمایشی که روی گیاه آفتابگردان انجام شد، تأثیر دور آبیاری، کودهای ریزمغذی و اثر متقابل آن ها بر اجزای عملکرد معنی دار بود و کاربرد ریزمغذی ها در شرایط بدون تنش تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشته است (Rahimizadeh et al., 2010). Sepehr et al. (2004) گزارش کردند کاربرد عنصرهای ریزمغذی در زراعت آفتابگردان بر قطر طبق، شمار دانه در طبق، وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه تأثیر قابل توجهی داشته است. در تحقیقی در گیاه روغنی گلرنگ نیز بیان شده است که محلول پاشی با سولفات روی در دو مرحله پس از ساقه رفتن، سبب بهبود صفات فیزیولوژیک این گیاه در شرایط تنش خشکی شد (Abedi Baba Arabi et al., 2011). کاربرد کودهای ریزمغذی (آهن + روی) در شرایط تنش شدید خشکی عامل مهمی در افزایش شمار دانه ها در طبق گزارش شده است (Rahimizadeh et al., 2010). کاربرد خاکی و محلول پاشی عنصرهای ریزمغذی، در امر تغذیه ذرت باعث افزایش عملکرد علوفه و نیز عملکرد دانه شده است که در این بین نقش مثبت آهن و روی در افزایش عملکرد بیش از نقش منگنز و مس بوده است (Ziayian & Malakouti, 1998). در خاک های آهکی تثبیت روی

فرعی قرار گرفت. میزان کاربرد کود سولفات روی نیز بنا بر توصیه آزمایشگاه خاک‌شناسی و بر پایه نتایج آزمون خاک (جدول ۱) انجام شد. هر کرت فرعی با هفت خط کاشت به طول ۶ متر و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۹ بوته در مترمربع تنظیم شد به طوری که سه خط میانی به عنوان ردیف برداشت و چهار خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. بین کرت‌های اصلی و تکرارها نیز ۳ متر فاصله به منظور اثرگذار نبودن رطوبت از تیمارهای مجاور مدنظر قرار گرفت. زمان اعمال تنش رطوبتی از مرحله شش برگی و پس از استقرار کامل بوته‌ها بود. آبیاری هر یک از کرت‌های اصلی در آزمایش بر پایه میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A که در محل انجام طرح نصب شده بود انجام شد. در این آزمایش از رقم گابور استفاده شد که یک رقم روغنی میان‌رس با دوره رشد ۱۱۰ تا ۱۱۵ روز و میانگین عملکرد ۳ تا ۵ تن در هکتار است که از شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی همدان تهیه شد. در این آزمایش بیشینه شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن طبق، عملکرد زیست‌توده (بیوماس)، قطر طبق (در زمان پر شدن دانه‌ها) و شمار دانه در طبق اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکردهای دانه و زیست‌توده در هنگام رسیدگی کامل گیاه با رعایت تأثیر حاشیه ۱ مترمربع از هر کرت برداشت شد. عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن، قطر و شمار دانه در طبق و وزن صد دانه از متوسط ده بوته در هر کرت استفاده شد. همچنین برای تعیین بیشینه شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی، سطح برگ پنج بوته در هر کرت بر سطح زمین اشغال‌شده توسط آن‌ها، تقسیم شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ نیز از حاصلضرب طول برگ در بزرگ‌ترین عرض برگ و ضریب $0/68$ استفاده شد (Rouphael et al., 2007). تجزیه داده‌ها با کاربرد نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین اثر متقابل با کاربرد نرم‌افزار MSTAT-C و با روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها نیز با کاربرد نرم‌افزار Excel رسم شد.

سبب کاهش تحرک و جذب این عنصر غذایی می‌شود، لذا هر روشی که بتواند در افزایش جذب و کاهش تثبیت آن در خاک عمل کند، به بهبود رشد گیاه می‌انجامد. در خاک‌های آهکی محلول‌پاشی و کاربرد نواری عنصرهای ریزمغذی از جمله روی به دلیل برطرف کردن سریع کمبود، کاهش تثبیت در خاک و مقرون‌به‌صرفه بودن، مناسب‌تر است (Malakouti & Ziayian, 2000). در آزمایشی، کاربرد نواری کود سولفات روی در مقایسه با روش‌های دیگر کاربرد این کود سبب قطورتر شدن بلال‌ها در ذرت شد (Aboutalebian & Moqisai, 2014). بر پایه بررسی‌های انجام‌شده در شرایط کمبود عنصرهای ریزمغذی فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده (آنتی‌اکسیدانی) کاهش یافته و بنابراین حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (Cakmak, 2000; Marschner & Cakmak, 1989). هدف از این تحقیق بررسی تأثیر و چگونگی کاربرد کود سولفات روی بر بیشینه شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا اجرا شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. بنا بر نتایج آزمون خاک (جدول ۱) کود فسفات به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل پیش از کاشت و کود نیتروژن نیز بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در سه مرحله کاشت، ۵-۴ برگی و پیش از گل‌دهی در کرت‌ها مصرف شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تنش رطوبتی در چهار سطح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، در کرت‌های اصلی و شیوه‌های کاربرد کود سولفات روی در چهار سطح بدون کاربرد، محلول‌پاشی (دو بار با غلظت پنج در هزار در دو مرحله ساقه رفتن و گلدهی)، کاربرد خاکی به صورت پخش و کاربرد نواری به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، در کرت‌های

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in the experimental site (at 0 to 30 cm depth)

Organic matter (%)	EC (dS/m)	pH	Zn (ppm)	Total N (%)	K (ppm)	P (ppm)	Soil texture
1.38	0.35	7.47	0.88	0.13	270	2	Loam

به نقش عنصر روی در ساخت سبزینه (کلروفیل) و بهبود رشد یاخته‌ها (Marschner & Cakmak, 1989)، قابل توجه است. از سوی دیگر تأثیر مثبت روی بر افزایش شاخص سطح برگ به نقش آن در پروتئین‌سازی نیز نسبت داده شده است (Alloway, 2005). ضریب‌های همبستگی جدول ۳ نشان می‌دهد بین شاخص سطح برگ بیشینه و وزن طبق، شمار دانه در طبق و عملکرد کل (زیست‌توده) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد اما ارتباط بیشینه شاخص سطح برگ با شاخص برداشت در سطح ۵ درصد، منفی بوده است. به نظر می‌رسد علت این رابطه منفی، اختصاص بیشتر مواد نورساختی به برگ‌ها باشد که سبب غیر معنی‌دار شدن همبستگی بین بیشینه شاخص سطح برگ با عملکرد دانه نیز شده است. همچنین با افزایش زیست‌توده، چون در مخرج رابطه شاخص برداشت قرار دارد (Feres et al., 1986)، دور از انتظار نیست که با افزایش شاخص سطح برگ، شاخص برداشت کاهش یابد (جدول ۳). در تحقیقی نیز روی سویا وجود همبستگی منفی بین شاخص برداشت و شاخص سطح برگ در مراحل گلدهی و آغاز دانه‌بندی گزارش شده است (Malek et al., 2012).

قطر طبق

قطر طبق تحت تأثیر اثر اصلی و اثر متقابل تنش رطوبتی در شیوه کاربرد سولفات روی قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین قطر طبق در شرایط بدون تنش رطوبت در هر سه شیوه کاربرد سولفات روی به دست آمد و پایین‌ترین قطر طبق مربوط به تنش بسیار شدید رطوبت (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) و بدون کاربرد سولفات روی به میزان ۱۰/۰۲ سانتی‌متر بود (شکل ۲). در تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) و کاربرد پخش سولفات روی در مقایسه با روش‌های نواری و محلول‌پاشی آن کاهش قابل توجهی در قطر طبق ملاحظه شد، در صورتی که در

نتایج و بحث

بیشینه شاخص سطح برگ

در این بررسی بیشینه شاخص سطح برگ در حدود ۶۰ روز پس از کاشت رخ داد که همزمان با مرحله گرده‌افشانی بود. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشینه شاخص سطح برگ تحت تأثیر اثر اصلی و متقابل تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. سطح برگ تعیین‌کننده میزان تشعشع جذب‌شده توسط گیاه و بنابراین تعرق و تولید ماده خشک است. کاهش تقسیم یاخته‌ای در نتیجه افزایش میزان اسید آبسزیک، تأمین نشدن آسیمیلات مورد نیاز برای رشد برگ و در نتیجه کاهش نورساخت از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر نتیجه تنش رطوبتی بیان شده‌اند (Tesfye et al., 2006). در این بررسی بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۵/۳۲) در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر با شیوه کاربرد محلول‌پاشی و کمترین آن (۰/۸۵) مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر در شرایط بدون کاربرد سولفات روی مشاهده شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد از آنجایی که در شرایط نبود تنش رطوبت روزنه‌ها مدت بیشتری باز هستند (Lopez et al., 1988)، جذب محلول سولفات روی از سطح برگ‌ها بهتر رخ داده است و احتمال دارد به همین دلیل در شرایط تنش شدید رطوبت بین روش محلول‌پاشی سولفات روی با دو روش دیگر تفاوت معنی‌داری وجود نداشته باشد ولی به‌رحال در تنش شدید رطوبتی محلول‌پاشی سولفات روی در مقایسه با بدون کاربرد آن سبب افزایش ۱۱۲ درصدی بیشینه شاخص سطح برگ شد که در دیگر تیمارهای تنش رطوبت چنین افزایشی ملاحظه نمی‌شود (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، کاربرد سولفات روی باعث افزایش بیشینه شاخص سطح برگ نسبت به بدون کاربرد (شاهد) در شرایط تنش شده است که با توجه

شده است تنش خشکی همواره بر قطر طبق تأثیر منفی داشته و یکی از هدف‌های اصلاحی آفتابگردان انتخاب نژادگان (ژنوتیپ)‌هایی با قطر طبق بیشتر است Pankovic *et al.* (Karimzadeh-Asl *et al.*, 2003). در این رابطه اظهار داشتند که کمبود رطوبت در مرحله غنچه‌دهی تا پایان گلدهی به خاطر کاهش قطر طبق و کاهش شمار دانه در طبق بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد آفتابگردان داشته است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی و یا کاربرد نواری سولفات‌روی تأثیر بهتری بر کاهش شدت تنش رطوبت بر قطر طبق دارد (شکل ۲). کاربرد بهینه کود در گیاهان روغنی موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، بهبود فعالیت‌های زیستی در خاک، زودرسی محصول و افزایش بازده کاربرد آب می‌شود (Banks, 2004).

دیگر سطوح دیگر تنش، تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد که علت می‌تواند کاهش شدید جذب روی در حالت کاربرد پخش باشد، چراکه جذب این عنصر تابع انتشار است و انتشار نیز تابع میزان رطوبت خاک است و با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش می‌یابد (Banks, 2004). در شکل ۲ ملاحظه می‌شود که بیشترین افزایش قطر طبق نسبت به بدون کاربرد سولفات‌روی در سطوح بالای تنش رطوبتی یعنی آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر رخ داده است که میزان افزایش قطر طبق در شدیدترین سطح تنش رطوبتی به حدود ۲۲۵ درصد نسبت به بدون کاربرد سولفات‌روی رسیده است، بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد سولفات‌روی به‌ویژه به‌صورت محلول‌پاشی در شرایط کمبود رطوبت تأثیر قابل‌توجهی در افزایش قطر طبق دارد. گزارش

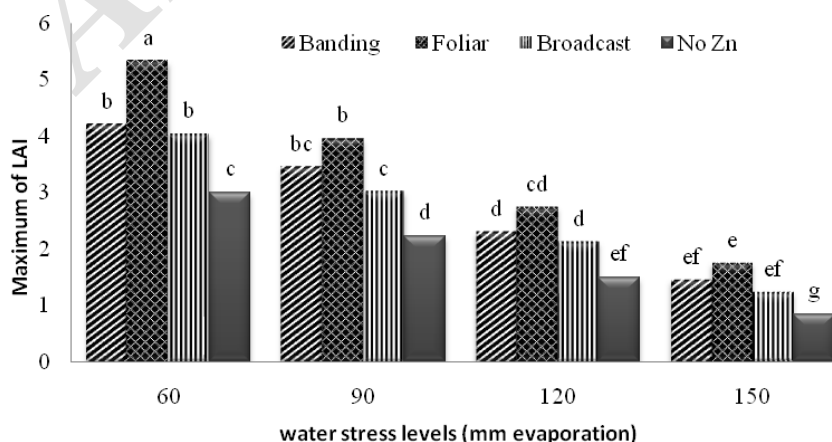
جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی تحت تیمارهای به‌کاررفته روی آفتابگردان

Table 2. Analysis of variance for different characteristics of sunflower affected by treatments

S.O.V	df	Mean Squares							
		Maximum of LAI	Head diameter	Head weight	Grain No. per head	100 seed weight	Grain yield	Biomass yield	Harvest index
Block	2	1.05**	16 ^{ns}	29274.64*	69081.79 ^{ns}	0.14 ^{ns}	6722.53 ^{ns}	231536**	13.59*
Stress	3	12.20**	190.11**	657579.57**	733237.3**	2.61**	244214.4**	4695940.75**	12.16*
Main error	6	0.37	5.53	2595.86	14652.9	0.26	1709.6	8996.58	4.79
Zinc	3	2.16**	46.99**	45074.07**	187297.13**	0.16 ^{ns}	44180.63**	772337.42**	8.11 ^{ns}
Stress × Zinc	9	0.99**	11.39*	17298.63**	81704.83*	0.52 ^{ns}	13222.47**	123657.79**	21.31*
Error 2	24	0.062	4.55	1126.86	33390.53	0.53	1753.65	5387.69	8.41
CV (%)		7.64	7.51	5.27	18.3	14.87	10.22	4.38	12.06

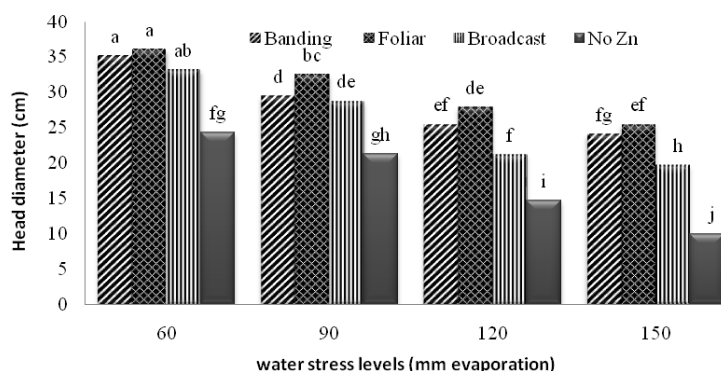
ns, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, ** are insignificant, significant at probability levels of 5 and 1 percent, respectively.



شکل ۱. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر بیشینه شاخص سطح برگ

Figure 1. Effect of water stress and zinc sulfate application method on maximum of LAI



شکل ۲. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر قطر طبق

Figure 2. Effect of water stress and zinc sulfate application method on head diameter

وزن طبق

بنابر نتایج تجزیه واریانس افزون بر اثر اصلی تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی، اثر متقابل آن‌ها نیز بر وزن طبق آفتابگردان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش فاصله‌های آبیاری و اعمال تنش رطوبتی از وزن طبق کاسته شد (شکل ۳). برخی محققان گزارش کرده‌اند رخداد تنش رطوبتی در طول دوره رویشی از راه کاهش سطح برگ‌ها منجر به کاهش مواد نورساختی می‌شود (Rahimizadeh *et al.*, 2012). آنچه در این صفت مشهود است اینکه با افزایش شدت تنش رطوبتی میزان اختلاف بین شیوه‌های کاربرد روی کاهش یافته است (شکل ۳)، به طوری که بیشترین اختلاف در شیوه کاربرد کود سولفات روی در سطح بدون تنش رطوبت (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) است که محلول‌پاشی و سپس کاربرد نواری بیشترین وزن طبق را ایجاد کرده‌اند، ولی در سطح تنش شدید (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) تفاوتی بین روش‌های کاربرد سولفات روی وجود ندارد، زیرا کمبود رطوبت بازدارنده جذب روی در هر شیوه کاربردی می‌شود، حتی در شیوه کاربرد محلول‌پاشی که کاهش جذب آن نیز با بسته‌تر ماندن روزنه‌ها به علت شدت بالای تنش قابل توجه است (Lopez *et al.*, 1988).

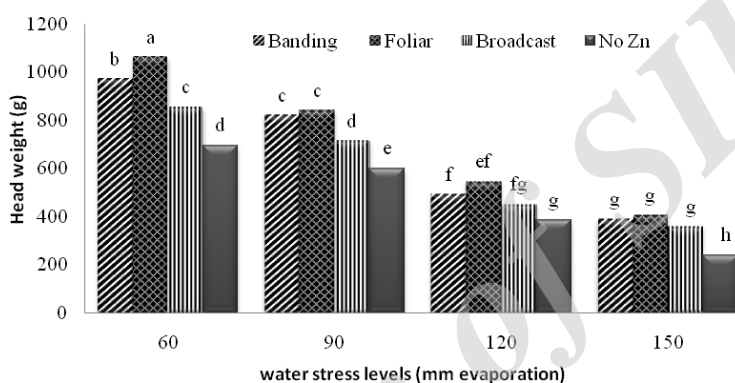
شمار دانه در طبق

تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد بر شمار دانه در طبق مؤثر بوده است (جدول ۲). تأمین آب

کافی و مناسب در تیمار بدون تنش رطوبت (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) باعث شد بیشترین شمار دانه در هر طبق در این تیمار مشاهده شود و تفاوت معنی‌داری بین شیوه‌های کاربرد سولفات روی مشاهده نشد (شکل ۴). با اعمال تنش رطوبتی و افزایش شدت آن از شمار دانه در طبق کاسته شد اما باین‌حال در شدت بالای تنش رطوبتی محلول‌پاشی سولفات روی در مقایسه با بدون کاربرد این کود توانست شمار دانه در طبق را حدود ۶۶ درصد افزایش دهد. گزارش شده است که تنش خشکی از راه کاهش سطح و افزایش ریزش برگ‌ها منجر به کاهش توان نورساختی گیاه و کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرآیند می‌شود (Lauer, 2003). همچنین کمبود آب باعث کاهش توان مخزن در جذب مواد نورساختی شده و همین عامل در کاهش شمار گلچه‌های بارور سطح طبق و در نتیجه شمار دانه در طبق مؤثر است (Bani *et al.*, 2011). از دیگر عامل‌های کاهش دانه در طبق می‌تواند خشک شدن دانه‌های گرده، کلاله مادگی و کاهش فعالیت حشرات گرده‌افشان به سبب کمبود رطوبت باشد (Yegappan *et al.*, 1982). در آزمایشی روی آفتابگردان، افزایش شدت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش شمار دانه در هر طبق شد که علت اصلی کاهش شمار دانه در هر طبق، تأثیر منفی تنش خشکی بر قطر طبق بود (Gholinejad *et al.*, 2009). نتایج آزمایشی نشان داد که شمار دانه در طبق تحت تأثیر شرایط محیطی حادث در دوره زمانی پیش از آغاز

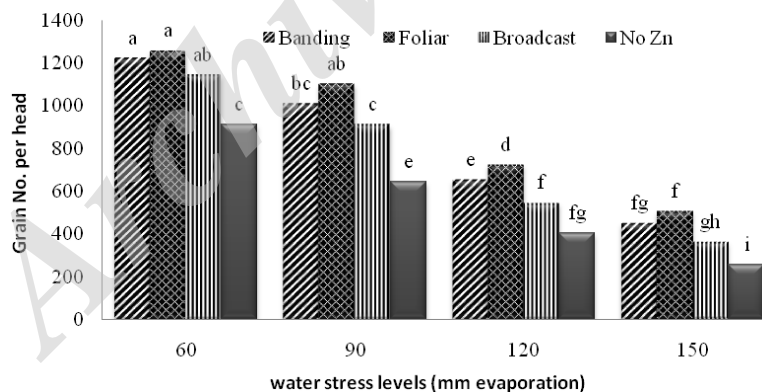
مانند روی در گیاهان با آسانگری بیشتری صورت می‌گیرد (Krishma, 1995) که با توجه به نتایج به نظر می‌رسد افزایش شمار دانه در طبق با کاربرد سولفات روی به‌ویژه به‌صورت محلول‌پاشی و تا حدی نواری توانسته است سبب افزایش شمار دانه در طبق شود (شکل ۴). در این بررسی شمار دانه در طبق با بیشینه شاخص سطح برگ، وزن طبق، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۳) که با نتایج تحقیق Roshdi *et al.* (2006) همخوانی دارد.

گرده‌افشانی و تا مدتی پس‌از آن تغییر می‌نماید (Pankovic *et al.*, 1999). در نتیجه کمبود روی، تشکیل اندام‌های نر و دانه‌گرده آسیب می‌بیند و عمل گرده‌افشانی مختل می‌شود که علت این امر کاهش میزان اسید ایندول استیک بیان شده است (Brown *et al.*, 1993). Cakmak (2008) گزارش کرد عنصر روی در ساخت لوله‌گرده مشارکت دارد و سبب آسانگری تولید پروتئین می‌شود که این امر منجر به افزایش تلقیح و بهبود پر شدن دانه‌ها می‌شود. در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریزمغذی‌هایی



شکل ۳. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر وزن طبق

Figure 3. Effect of water stress and zinc sulfate application method on head weight



شکل ۴. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر شمار دانه در طبق

Figure 4. Effect of water stress and zinc sulfate application method on grain number per head

نداشتند (جدول ۲). بیشترین وزن صد دانه در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر (بدون تنش رطوبتی) به میزان ۵/۶ گرم به دست آمد و بین دیگر سطوح تنش رطوبتی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در این بررسی وزن صد دانه تنها با عملکرد زیست‌توده و وزن طبق همبستگی معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

وزن صد دانه

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس نشان داد، تنش رطوبتی (دور آبیاری) تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن صد دانه داشت، ولی شیوه کاربرد سولفات روی و اثر متقابل تنش رطوبتی با شیوه کاربرد سولفات روی اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه

طبق (شکل ۲)، وزن طبق (شکل ۳) و شمار دانه در طبق (شکل ۴) مشاهده شد که با نتایج مربوط به عملکرد دانه همسو هستند. کاربرد متعادل آب در مراحل مختلف نمو از جمله گلدهی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود (Roshdi *et al.*, 2006). (Mazaheri Laghab *et al.*, 2001) در این رابطه اظهار کردند که رژیم آبیاری نامطلوب ضمن کاهش سطح برگ و پیری زودرس آن‌ها، باعث کاهش عملکرد شد. به‌طور کلی برای دستیابی به بیشترین عملکرد می‌بایست از برخورد گیاه با تنش خشکی به‌ویژه در سه مرحله ظهور طبق، گلدهی و شیری شدن دانه‌ها پرهیز کرد (Goksoy *et al.*, 2004). احتمال دارد تنش رطوبتی در روند نوساخت جاری و انتقال دوباره مواد نوساختی از دیگر اندام‌ها به دانه‌ها تأثیر منفی گذاشته و در نتیجه منجر به کاهش وزن دانه‌ها و چروکیدگی آن‌ها و در نهایت کاهش عملکرد دانه شود (Khomri, 2004). تأثیر مثبت کاربرد کودهای ریزمغذی از جمله روی به‌صورت کاربرد خاکی و یا محلول‌پاشی بر عملکرد دانه آفتابگردان گزارش شده است (Sepehr *et al.*, 2004; Rahimizadeh *et al.*, 2010) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. (Mohseni *et al.*, 2006) اعلام کردند که کاربرد خاکی روی در افزایش عملکرد و محلول‌پاشی روی بر بهبود خواص کیفی ذرت مؤثر است. در آزمایشی دیگر مشاهده شد که کاربرد نواری کود روی در کنار بذره‌های ذرت مؤثرتر از کاربرد پخش کود روی است و تفاوت زیادی بین عملکرد دانه از این دو روش کاربرد مشاهده شد (Swiader, 2006). همچنین تأثیر مثبت کاربرد کودهای ریزمغذی بر عملکرد دیگر گیاهان روغنی مانند کلزا و گلرنگ توسط محققان دیگر گزارش شده است (Baybordi *et al.*, 2001; Yari *et al.*, 2005).

عملکرد زیست‌توده

تنش رطوبتی، شیوه کاربرد روی و اثر متقابل آن‌ها، به‌طور معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر گذاشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد

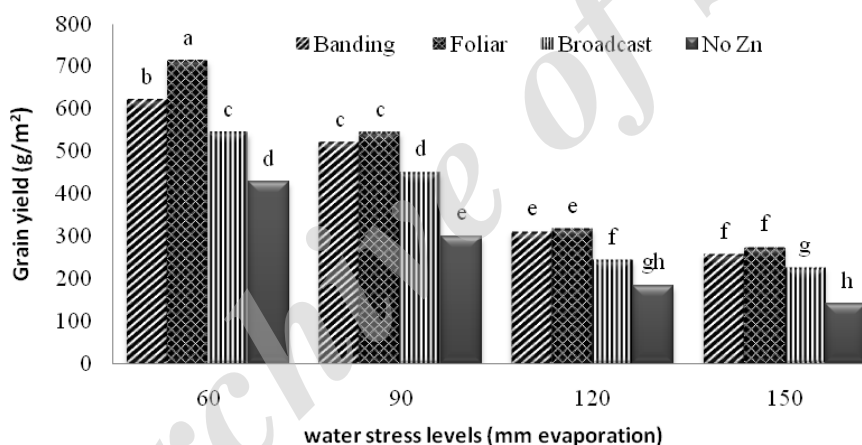
در آفتابگردان گزارش شده است وزن دانه در مقایسه با شمار دانه در طبق، نقش کمتری در عملکرد دانه داشته است و کمتر تحت تأثیر محیط قرار گرفت (Rahimizadeh *et al.*, 2010). در گلرنگ (Abolhasani & Saeidi, 2004) و کلزا (Yahyavi & Sadrabadi Haghghi, 2004) گزارش کردند که تنش خشکی بر وزن صد دانه تأثیر معنی‌داری نداشته است، ولی در آفتابگردان وزن دانه نسبت به دور آبیاری واکنش نشان داده است (Goksoy *et al.*, 2004). وجود نتایج متفاوت در این زمینه می‌تواند ناشی از اختلاف در نوع گیاه، مرحله رشدی گیاه در رویارویی با تنش رطوبتی، شدت و مدت تنش رطوبتی باشد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تنش رطوبتی، شیوه کاربرد سولفات روی و اثر متقابل تنش رطوبتی و شیوه کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). افزایش فاصله‌های آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد، بالاترین عملکرد دانه در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر با شیوه کاربرد محلول‌پاشی به میزان ۷۲۰ گرم در مترمربع و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر در شرایط بدون کاربرد سولفات روی به میزان ۱۶۰ گرم در مترمربع بود. در شرایط تنش رطوبت بین شیوه محلول‌پاشی و کاربرد نواری تفاوتی وجود نداشت در صورتی‌که در شرایط بدون تنش رطوبت بین کاربرد نواری و محلول‌پاشی تفاوت قابل‌توجهی ملاحظه می‌شود که به نظر می‌رسد علت آن بازتر بودن روزنه‌ها و جذب بیشتر محلول سولفات روی بوده است (شکل ۵). به‌هرحال کاربرد سولفات روی به‌ویژه در شرایط کمبود رطوبت به‌صورت نواری یا محلول‌پاشی در مقایسه با کاربرد پخش آن، تأثیر بسیار بیشتری بر بهبود عملکرد دانه داشته است و در سطح تنش شدید رطوبت به‌طور میانگین در دو روش نواری و محلول‌پاشی در مقایسه با بدون کاربرد سولفات روی، عملکرد دانه را ۶۶ درصد افزایش داده است (شکل ۵). همسان با چنین روندی در اجزا عملکردی مانند قطر

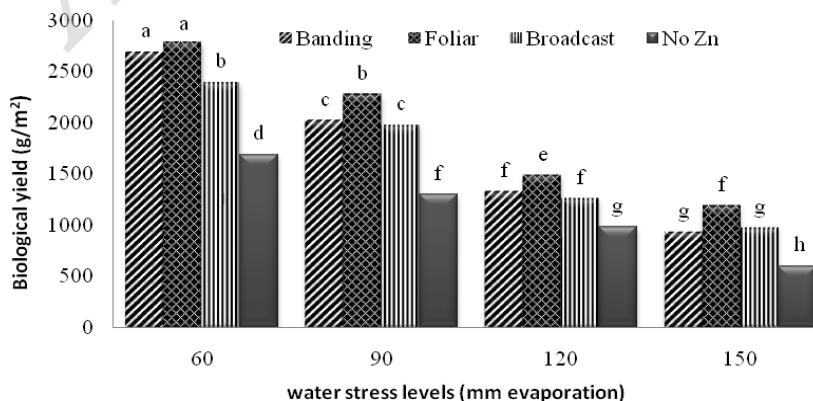
بوده است. *Sepehr et al.* (2004) اظهار داشتند که کاربرد کودهای محتوای عنصرهای کم مصرف موجب افزایش عملکرد زیست توده آفتابگردان شد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. *Madani et al.* (2007) نشان دادند که محلول پاشی پیش از گل دهی و در مرحله پر شدن دانه در مقایسه با کاربرد خاکی سولفات روی باعث افزایش عملکرد زیست توده سویا شد. بررسی ضریب‌های همبستگی نشان می‌دهد که عملکرد زیست توده بیشترین همبستگی را با وزن طبق و پس از آن با شمار دانه در طبق داشته است اما با شاخص برداشت ارتباطی منفی نشان داد (جدول ۳)، که به نظر می‌رسد بالا بودن شاخص برداشت از راه افزایش میزان تنفس، سبب کاهش وزن خشک کل یا همان عملکرد زیست توده شده است (*Chiment et al.*, 2002).

بیولوژیک در مقایسه با عملکرد دانه در تنش شدید رطوبتی واکنش بهتری به محلول پاشی نشان داده است (شکل ۶). به جز سطح بدون تنش رطوبت (آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر)، در دیگر سطوح تنش رطوبتی، کاربرد سولفات روی به صورت محلول پاشی حتی مؤثرتر از شیوه کاربرد نواری بوده است، چراکه در شرایط محدودیت رطوبت، جذب از راه ریشه کم می‌شود و قابلیت دسترسی به عنصرهای غذایی، به ویژه عنصرهایی که تحرکشان در خاک تابع انتشار است، دچار اختلال می‌شود و کاربرد برگه آن‌ها می‌تواند سودمندتر باشد (*Lauer, 2003*). *Chiment et al.* (2002) اظهار داشتند که رخداد تنش خشکی در پایان مرحله گرده افشانی بیشتر سبب کاهش میزان زیست توده و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بیشتر بر شاخص برداشت و در نتیجه کاهش عملکرد دانه مؤثر



شکل ۵. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر عملکرد دانه

Figure 5. Effect of water stress and zinc sulfate application method on grain yield



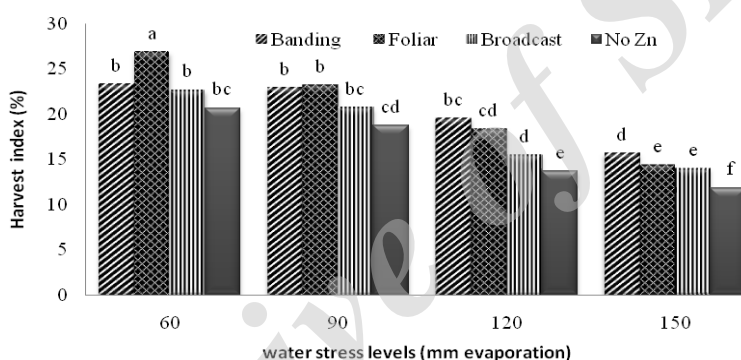
شکل ۶. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر عملکرد زیست توده

Figure 6. Effect of water stress and zinc sulfate application method on biological yield

شاخص برداشت

بررسی نتایج در ارتباط با صفت شاخص برداشت در این بررسی نشان داد، شاخص برداشت تحت تأثیر تنش رطوبت و اثر متقابل تنش رطوبت و شیوه کاربرد سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲) به طوری که بیشترین میزان این صفت مربوط به تیمار ۶۰ میلی متر تبخیر با کاربرد سولفات روی به ویژه به صورت محلول پاشی به میزان ۲۷ درصد و کمترین آن به میزان ۱۳ درصد مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی متر تبخیر با شرایط (بدون کاربرد سولفات روی) مشاهده شد (شکل ۷). آنچه مسلم است اینکه در شدیدترین سطح تنش رطوبتی (تیمار ۱۵۰ میلی متر تبخیر) شیوه کاربرد نواری در مقایسه با

محلول پاشی، شاخص برداشت بالاتری را ایجاد کرده است که دلیل آن بیشتر بودن عملکرد زیست توده در سطح تنش شدید رطوبتی در شرایط محلول پاشی سولفات روی است (شکل ۶) چراکه شاخص برداشت نسبت بین عملکرد دانه و عملکرد زیست توده است. نتایج تحقیق Fereres *et al.* (1986) نشان داد که تنش رطوبتی سبب کاهش شاخص برداشت همه نژادگان های آفتابگردان شد و علت آن هم کاهش شمار دانه در طبق، کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه ها بیان شده است. شاخص برداشت با اجزای عملکرد همبستگی معنی داری نداشت ولی با عملکرد زیست توده و بیشینه شاخص سطح برگ همبستگی منفی در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۳).



شکل ۷. تأثیر تنش رطوبتی و شیوه کاربرد روی بر شاخص برداشت

Figure 7. Effect of water stress and zinc sulfate application method on harvest index

جدول ۳. همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

Table 3. Correlation between measured traits

Traits	Maximum of LAI (1)	Head diameter (2)	Head weight (3)	Grain No. Per head (4)	100 seed weight (5)	Grain yield (6)	Biological yield (7)	Harvest index (8)
1	1							
2	0.047 ^{ns}	1						
3	0.887 ^{**}	0.089 ^{ns}	1					
4	0.749 ^{**}	0.05 ^{ns}	0.782 ^{**}	1				
5	0.216 ^{ns}	0.211 ^{ns}	0.408 ^{**}	0.053 ^{ns}	1			
6	0.155 ^{ns}	-0.017 ^{ns}	0.176 ^{ns}	0.711 ^{**}	0.213 ^{ns}	1		
7	0.865 ^{**}	0.12 ^{ns}	0.968 ^{**}	0.831 ^{**}	0.352 [*]	0.214 ^{ns}	1	
8	-0.273 [*]	0.036 ^{ns}	0.239 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.103 ^{ns}	0.054 ^{ns}	-0.283 [*]	1

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: are insignificant, significant at probability levels of 5 and 1 percent, respectively.

نتیجه گیری کلی

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد، افزایش تنش رطوبتی سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان می شود. اگرچه با افزایش تنش رطوبتی

عملکرد دانه کاهش پیدا کرد، ولی کاربرد سولفات روی به ویژه به صورت محلول پاشی سبب کاهش شدت اثر تنش رطوبت بر بیشینه شاخص سطح برگ، قطر طبق، شمار دانه در طبق و عملکردهای دانه و زیست توده شد،

نشان داد. در بررسی کارایی روش‌های تغذیه گیاهی با سولفات روی به‌ویژه در شرایط تنش رطوبت، نتایج نشان داد کاربرد برگ این کود و در درجه دوم کاربرد نواری آن بیشتر از کاربرد خاک‌پخش باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان شد.

به‌طوری‌که در سطح شدید تنش رطوبت و تیمار محلول‌پاشی سولفات روی نسبت به شرایط بدون کاربرد آن، شاخص بیشینه سطح برگ ۱۱۲ درصد، قطر طبق ۲۲۵ درصد، شمار دانه در طبق ۶۶ درصد، عملکرد دانه ۸۰ درصد و عملکرد زیست‌توده ۱۰۰ درصد افزایش

REFERENCES

1. Abedi Baba Araby, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavy, A. & Adhami, E. (2011). Effect of foliar application of zinc and potassium on physiological traits and yield of sunflower under drought conditions. *Electronic Journal of Crop Production*, 4(1), 75-95. (in Farsi)
2. Abolhasani, K. & Saeidi, G. (2004). Relationships between agronomic characteristic of sunflower under water stress and control. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 1, 127-138. (in Farsi)
3. Aboutalebian, M. A. & Moqisai, F. (2014). Effect of on farm seed priming and application methods of zinc sulfate fertilizer on emergence characteristics, yield and yield components of two corn hybrids in Hamedan. *Agricultural Crop Management*, 16(3), 675-692. (in Farsi)
4. Alloway, B. J. (2005). Zinc in soils and crop nutrition. *International Zinc Association*, Brussels, Belgium, 127 p.
5. Ashraf, A. & Mehmood, S. (1990). Response of four Brassica species to drought stress. *Environmental Botany*, 30(1), 93-100.
6. Bani Abbas Shahri, Z., Zamani, G. H. & Sayari, M. H. (2011). Effect of drought stress and foliar application of zinc on the yield of sunflower. *Journal of Environmental Stress in Crop Science*, 4(2), 165-172. (in Farsi)
7. 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(17), 226-231.
8. Baybordi, A., Malakouti, M. J. & Rezai, H. (2001). Effect of Zn, B and Mn with soil application and foliar application methods on seed yield of Canola in Mianeh. *Journal of Water and Soil Science*, 12, 158-169. (in Farsi)
9. Brown, P. H., Cakmak, I. & Zhang, Q. (1993). In: A. D. Robson(Ed). *Form and function of zinc in plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherland, P: 93-106.
10. Cakmak, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 85-200.
11. Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*, 302(1-2), 1-17.
12. Cakmak, I., Kalayci, M., Brauni, H. J., Kilinc, Y. & Yilmaz, A. (1999). Zn deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A Nato-Science for stability project. *Field Crops Research*, 60, 175-188.
13. Chimenti, C., Pearson, A. & Hall, J. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*, 75, 235-246.
14. FAOSTAT. (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. Available from: <http://www.faostat.fao.org/>
15. Farahvash, F., Mirshekari, B. & Abbasi-Seyahjani, E. (2011). Effects of water deficit on some traits of three sunflower cultivars. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 9(5), 584-587.
16. Fereres, E., Gimenez, C. & Fernandez, J. M. (1986). Genetic variability in sunflower cultivars under drought I. Yield relationships. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 573-582.
17. Gholinejad, E., Aenehband, A., Hasanzade Ghortappe, A., Barnoosi, I. & Rezaei, H. (2009). Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor and different levels of nitrogen and plant population in Uromieh climate conditions. *Journal of Plant Production*, 16(3), 29-34. (in Farsi)
18. Goksoy, A., Demir, A., Turan, Z. & Dagustu, N. (2004). Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*, 87, 167-178.
19. Harris, D., Raghuvanshi, B. S., Ganwa, J. S., Singh, S. C., Joshi, K. D., Rashid, A. & Hollington, A. (2001). Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. *Experimental Agriculture*, 37, 403-415.
20. Karimzadeh -Asl, Kh., Mazaheri, D. & Payghambari, S. A. (2003). The effect of irrigation on yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 34(2), 301-293. (in Farsi)

21. Khomri, S. (2004). *Investigating the effect of water deficit on grain filling, yield components and yield of three sunflower cultivars*. M.Sc. Thesis. In Agronomy. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran, 94p. (in Farsi)
22. Krishma, S. (1995). Effect of sulphur and zinc application on yield, S and Zn uptake and protein content of mung. *Leguminos Research*, 18, 89-92.
23. Lauer, J. (2003). What happens within the corn plant when drought occurs. *Corn Agronomist*, 10(22), 153-155.
24. Lopez, F. B., Setter, T. L. & Mc David, C. R. (1988). Photosynthesis and water vapor exchange of Pigeon pea leaves in response to water deficit and recovery. *Crop Science*, 28, 141-145.
25. Madani, H. K., Kelerestaghi, B. & Yarnia, M. (2007). The Agronomical aspects of zinc sulfate Application on soybean in Iranian condition Gonbad region. In: *Proceeding of Zinc Crops Conference*, 24-28 May, 2007, Istanbul, Turkey.
26. Malakouti, M. J. & Ziayian, A. (2000). *Foliar application a new method to increase fertilizer efficiency and achieve sustainable agriculture*. Technical Publications of Promotion Department of Agriculture Ministry, p: 24.
27. Malek, M., Galeshi, M., Zeinali, S., Ajamnorozzi, A. H. & Malek, M. (2012). Investigation of leaf area index, dry matter and crop growth rate on the yield and yield components of soybean cultivars. *Environmental Journal of Crop Production*, 5(4), 1-17. (in Farsi)
28. Marschner, H. & Cakmak, I. (1989). High light intensity enhances chlorosis in leaves of Zn, K and Mg deficient bean plants. *Journal of Plant Physiology*, 134, 308-315.
29. Mazaheri Laghab, H., Noori, F., Zare Abyaneh, H. & Vafai, M. H. (2001). Effect of supplemental irrigation on agronomic important traits of three cultivars of sunflower in rainfed condition. *Journal of Agricultural Research*, 3(1), 31-44. (in Farsi)
30. Mohseni, S. H., Ghanbari, A., Ramazanpor, M. R. & Mohseni, M. (2006). The effect of the quantity and methods of use zinc sulfate and boric acid on yield, qualitative and nutrient absorption in two grain corn cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 37, 31-38.
31. Pankovic, D., Sakac, Z., Kevresan, S. & Plesnikar, M. (1999). Acclimation to long term water deficit in the leaves of two sunflower hybrid: Photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 50, 127-138.
32. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Feizabady, A., Madani, H. & Soltani, E. (2010). Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield under drought stress conditions. *Electronic Journal of Crop Production*, 3(1), 57-72. (in Farsi)
33. Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. & Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161, 1189-1202.
34. Roupael, Y., Colla, G., Fanasca, S. & Karam, F. (2007). Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. *Photosynthetica*, 45(2), 306-308.
35. Roshdi, M., Heidari-Sharifabad, H., Karimi, M., Nurmoohamdi, Gh. & Darvish, F. (2006). Effects of water stress on yield and yield components of sunflower varieties. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), 109-122. (in Farsi)
36. Sepehr, E., Rasouly Sedghiyani, M. H. & Malakouti, M. J. (2004). The effect of different sources of potassium and micronutrients fertilizer and their quantity to increase the quantity and quality of sunflower. In: *Proceedings of The Third National Conference on The Development of Biological Materials and Efficient Use of Fertilizers and Pesticides*, 21-23 FEB, 2004, Karaj, Iran. (in Farsi)
37. Stampar, F., Hudina, M., Dolenc, K. & Usenik, V. (1998). *Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (Malus domestica borkh.)*. In: D. Anac and P. Martin- Prével. *Improved Crop Quality by Nutrient Management*. (Pp. 91-94) Springer.
38. Stone, L., Goodrum, R. D. E., Jafar, M. N. & Khan, A. H. (2001). Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal*, 69, 1105-1110.
39. Swiader, J. M. (2006). *Micronutrient fertilizer recommendation for commercial and home-garden vegetable*. Retrieved Oct. 21, 2015, from <http://www.nres.uiuc.edu>.
40. Tesfye, K., Walke, S. & Tsubo, M. (2006). Radiation interception and radiation use efficiency of three grian legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions. *European Journal of Agronomy*, 25, 60-70.
41. Yahyavi Tabriz, Sh. & Sadrabadi Haghghi, R. (2004). Effect of irrigation on yield and yield components of three spring canola cultivars under environmental conditions of Tabriz. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 1, 305-313. (in Farsi)
42. Yari, L., Modares, M. A. & Soroushade, A. (2005). The effect of foliar application of Mn and Zn on qualitative characters in five spring safflower cultivars. *Journal of Water and Soil Science*, 18, 143-151.
43. Yegappan, T., Paton, M. D., Gates, C. T. & Muller, W. (1982). Water stress in sunflower (*Helianthus annuus L.*) 3. responses of cypselas size. *Annals of Botany*, 49, 69-75.
44. Ziayian, A. & Malakouti, M. J. (1998). Effect of microelement application time on yield. *Soil and Water*, 2(1), 56-62. (in Farsi)