



## تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی

مجید رحیمی زاده<sup>۱</sup>، علی کاشانی<sup>۲</sup>، احمد زارع فیض آبادی<sup>۳</sup>،  
حمید مدنی<sup>۴</sup> و \*الیاس سلطانی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، <sup>۲</sup>استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، <sup>۳</sup>دانشیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، <sup>۴</sup>استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، <sup>۵</sup>دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مهمترین گیاه روغنی در ایران است. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات کاربرد ریزمغذی‌ها بر عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی بود. این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گل‌مکان (ایران) در سال ۱۳۸۴ با استفاده از آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار صورت گرفت. آبیاری با سه سطح (معمول، تنش کم، تنش شدید) به عنوان فاکتور اصلی و شش تیمار کودی ریزمغذی ((۱) شاهد، (۲) مصرف آهن، (۳) مصرف آهن + روی، (۴) مصرف آهن + روی + مس، (۵) مصرف آهن + روی + مس + منگنز و (۶) مصرف آهن + روی + مس + منگنز + بور) به عنوان فاکتور فرعی در داخل کرت‌های قرار گرفتند. کودهای پایه (نیترژن، فسفر، پتاسیم) و ریزمغذی‌ها بر اساس نیاز گیاه و آزمون خاک استفاده شدند. نتایج نشان داد که ارتفاع گیاه، مقدار کلروفیل در برگ‌ها، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای تنش داشتند. اما تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر تاریخ گلدهی، وزن هزار دانه و درصد روغن نداشت. همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای ریزمغذی تعداد دانه در طبق، عملکرد بذر و درصد روغن را به طور معنی‌داری افزایش دادند. بنابراین تحت شرایط خشکی کاربرد ریزمغذی‌ها مقاومت به خشکی در آفتابگردان را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تنش خشکی، عناصر ریز مغذی

\*- مسئول مکاتبه: elias.soltani@yahoo.com

## مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) یکی از پنج نبات روغنی مهم ایران بوده که به دلیل مقاوم بودن در برابر خشکی و سازگار بودن با شرایط آب و هوایی مختلف کشور، رشد و نمو در طیف وسیعی از خاک‌ها، بالا بودن کیفیت روغن (عدم وجود کلسترول)، امکان کوتاه بودن دوره رشد (۱۱۰-۸۵ روز) و کشت آن به‌عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو سالانه بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار از اراضی کشور را به کشت خود اختصاص می‌دهد (سپهر و ملکوتی، ۲۰۰۱).

آفتابگردان یکی از گیاهان پر نیاز به عناصر غذایی بوده و اغلب نسبت به مصرف کودهای شیمیایی پاسخ مثبت نشان می‌دهد. در کشور ایران علیرغم وجود پتانسیل خوب تولید این محصول، کشت آن فقط به خاکهای نسبتاً فقیر اختصاص یافته که به همراه مدیریت ضعیف کودی (مصرف غیر متعادل) سبب پایین بودن عملکرد در این محصول گردیده است. مصرف بهینه کود در گیاهان روغنی ضمن افزایش عملکرد دانه موجب افزایش درصد روغن دانه، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و سرمازدگی، بهبود فعالیت‌های زیستی در خاک، زودرسی محصول، کاهش غلظت آلاینده‌هایی نظیر کادمیم در دانه، کاهش سمیت بور و افزایش راندمان مصرف آب می‌گردد (ملکوتی و سپهر، ۲۰۰۴). خاک‌های زراعی کشور ایران به دلایلی از قبیل آهکی بودن خاک‌ها، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، پایین بودن مواد آلی و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته دچار کمبود شدید ریزمغذی‌ها به‌ویژه روی و آهن می‌باشند. به گزارش گراهام و همکاران (۱۹۹۲) و چاکمک و همکاران (۱۹۹۹) کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا عامل محدودیت رشد بسیاری از گیاهان روغنی است. آفتابگردان به طور متوسط به ازاء هر تن محصول ۶۴۵ گرم آهن، ۲۸ گرم روی، ۱۰۹ گرم منگنز و ۲۳ گرم مس از خاک برداشت می‌نماید (ملکوتی و طهرانی، ۲۰۰۱).

نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داده مصرف عناصر ریز مغذی در زراعت آفتابگردان بر ارتفاع ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن دانه، درصد روغن دانه، تعداد برگ و در نهایت عملکرد دانه تاثیر قابل توجهی دارد (سپهر و همکاران، ۲۰۰۴). به طور مشابه مصرف کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی زراعت گندم، کنجد، گلرنگ، کلزا، سیب‌زمینی، ذرت و سایر محصولات زراعی نیز گردیده است (بای بوردی و همکاران، ۲۰۰۱؛ یاری و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این، نتایج مطالعات بسیاری حاکی از آن است که مصرف کودهای ریز مغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی همچون خشکی و شوری را افزایش دهد (بای بوردی، ۲۰۰۴).

یون‌های فلزی همچون آهن، روی، مس، منگنز و منیزیم به‌عنوان کوفاکتور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مشارکت داشته و نتایج مطالعات چاکمک (۲۰۰۰)؛ مارشنر و چاکمک (۱۹۸۹) و رنگل (۱۹۹۵) حاکی از آن است که تحت شرایط تنش کمبود عناصر ریزمغذی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاهش یافته و بنابراین حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد. بایوردی (۲۰۰۴) نیز بر تاثیر آهن، منگنز، روی و مس در کاهش تنش شوری در گیاهان تاکید نموده‌اند.

بنا به نظر آلسی و همکاران (۱۹۷۷) آفتابگردان در مرحله باز شدن ۵۰ درصد گل‌های لوله‌ای بیشترین حساسیت را به تنش خشکی دارد. ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد برگ، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه، وزن خشک کل گیاه و شاخص برداشت از جمله صفاتی هستند که با عملکرد آفتابگردان همبستگی داشته و تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابند (عمان و همکاران، ۲۰۰۶؛ غفاری و پاشاپور، ۲۰۰۶). تحقیقات زیادی روی اثر عناصر ریزمغذی به خصوص در شرایط تنش خشکی بر آفتابگردان در ایران صورت نگرفته است. بنابراین، این آزمایش نیز به منظور بررسی عکس‌العمل آفتابگردان به مصرف کودهای ریز مغذی در شرایط تنش خشکی و ارزیابی اثر این عناصر در کاهش خسارات ناشی از تنش و مقاومت گیاه به تنش خشکی طرح ریزی و اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گل‌مکان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال غرب مشهد با ارتفاع ۱۱۷۶ متر از سطح دریا و بارش سالیانه ۲۱۱ میلی‌متر در سال ۱۳۸۴ به‌مورد اجرا گذاشته شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد که دور آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح در نظر گرفته شد: ۱- آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد - بدون تنش خشکی) ۲- آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش متوسط خشکی) ۳- آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید خشکی). تا زمان استقرار کامل بوته‌ها آبیاری در حد مطلوب و بدون اعمال تنش صورت پذیرفت و پس از این مرحله تیمار آبیاری اعمال شد. با داشتن معادله نفوذ خاک محل طرح (۲۰۰۵؛ جولینی،  $Z=0/0038 t^{311} + 0/000294t$ ) زمان لازم برای نفوذ آب کافی تا عمق

مناسب ریشه محاسبه و سپس در هر نوبت آبیاری به منظور اطمینان از مصرف حجم آب مساوی برای تمامی تیمارها، مدت زمان آبیاری ثابت در نظر گرفته شد.

سطوح مختلف مصرف کودهای ریزمغذی نیز به عنوان فاکتور فرعی عبارت بودند از: (۱) بدون مصرف کود ریزمغذی (شاهد)، (۲) مصرف آهن، (۳) مصرف آهن + روی، (۴) مصرف آهن + روی + مس، (۵) مصرف آهن + روی + مس + منگنز و (۶) مصرف آهن + روی + مس + منگنز + بور. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کشت به فاصله ۶۰ سانتی متر و طول ۴ متر در نظر گرفته شد و فاصله روی ردیف بوته‌ها ۲۰ سانتی متر (پس از تنک کردن) بود. فواصل بین کرت‌ها ۱۸۰ سانتی متر و فواصل بین بلوک‌ها با پیش‌بینی جوی هرز آب در پایین هر تکرار به‌طور جداگانه (به منظور عدم انتقال آب یک تکرار بر روی تکرار بعدی) ۴ متر تعبیه شد. میزان مصرف هر یک از کودهای ریز مغذی بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک (جدول ۱) تعیین گردید. آهن از منبع سولفات آهن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، روی از منبع سولفات روی به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار، مس از منبع سولفات مس به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار، منگنز از منبع سولفات منگنز به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار و بور از منبع اسید بوریک به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار تامین شدند و پس از کاشت در مرحله ۸-۶ برگه شدن به همراه کود نیتروژنه سرک به روش کناری در سطح کرت‌های آزمایشی به کار رفتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	بر (پی‌پی‌ام)	منگنز (پی‌پی‌ام)	مس (پی‌پی‌ام)	روی (پی‌پی‌ام)	آهن (پی‌پی‌ام)	پتاسیم (پی‌پی‌ام)	فسفر (پی‌پی‌ام)	نیتروژن (درصد)
۷/۸	۰/۴۱	۰/۴	۰/۵	۶/۷۴	۰/۵۲	۰/۳	۳/۱	۲۳۰	۸/۸	۰/۰۳

قبل از پیاده نمودن طرح در حین عملیات تهیه بستر کاشت با توجه به تجزیه آنالیز خاک کودهای پایه شامل: نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تأمین شدند. در طی دوره داشت آفتابگردان نیز یک نوبت کود نیتروژنه سرک به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان ۸-۶ برگگی شدن گیاه به هنگام عملیات وجین به روش کناری همراه با کودهای ریز

مغذی مصرفی به کار رفت. به منظور جلوگیری از خسارات پرندگان پس از دانه بستن، طبقه‌ها در سه ردیف کاشت میانی (که مورد یادداشت برداری قرار می گرفتند) در روزنامه سوراخ دار پوشانده شدند. رقم آفتابگردان مورد کشت، رقم روغنی رکورد انتخاب شد که از بیشترین سازگاری و سطح زیر کشت در استان خراسان برخوردار است. عملیات کاشت در تاریخ ۲۵ اردیبهشت و برداشت ۲۸ شهریور انجام پذیرفت. صفات آزمایشی مورد بررسی ارتفاع ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، در صد روغن دانه و میزان کلروفیل برگ بودند. جهت تعیین عملکرد دانه (با رطوبت ۱۳ درصد) پس از رسیدن کامل گیاهان در هر کرت، مساحتی معادل ۲ متر مربع به وسیله دست برداشته شدند و سپس دانه‌ها از طبق جدا و توزین گردیدند. برای اندازه‌گیری وزن دانه سه تکرار صدتایی دانه از هر تیمار جدا و پس از توزین با ترازوی دقیق، میانگین آن‌ها به‌عنوان وزن دانه تعیین گردید. برای بدست آوردن تعداد دانه در طبق، تعداد کل دانه‌های شمارش شده بر تعداد طبق‌ها تقسیم گردید. اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ‌ها نیز با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (SPAD-502) در مرحله پر شدن دانه‌ها، در شرایط صبح زود و با ایجاد اندکی سایه بر روی دستگاه صورت پذیرفت. به این منظور در هر کرت آزمایشی، برای ۴ برگ انتهایی ۵ بوته عدد دستگاه قرائت گردید که میانگین آنها ثبت شد.

تمامی داده‌های به‌دست آمده برای صفات مورد اندازه‌گیری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده برای هر صفت نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

**ارتفاع ساقه:** نتایج آزمایش نشان داد که تنش خشکی اثر بسیار معنی‌داری بر ارتفاع ساقه داشت (جدول ۲). کمترین ارتفاع ساقه در تیمار تنش شدید خشکی مشاهده گردید که ۲۵٪ کمتر از تیمار شاهد (بدون تنش) بود و اختلاف معنی‌داری با شاهد و تنش خشکی متوسط داشت (جدول ۳). قاعدتاً در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با کمک مکانیسم‌های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابدگی 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. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش با نتایج سایر محققین از جمله غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶) و گکسوی و همکاران (۲۰۰۴)

مطابقت دارد. علاوه بر این نتایج نشان داد که مصرف کودهای ریز مغذی اثر معنی داری بر ارتفاع ساقه آفتابگردان نداشت (جدول ۲). نتایج مطالعات سپهر و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان داده است که مصرف کودهای ریز مغذی اثر معنی داری بر ارتفاع ساقه آفتابگردان ندارد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان.

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن دانه	عملکرد دانه	درصد روغن دانه	میزان کلروفیل برگ
عامل اصلی (دور آبیاری)	۲	۶۷۵۰/۴۳**	۲۳/۳۵۱*	۲۷۱۸۷۷/۵۹۷*	۳۹۳/۰۹۸ <sup>ns</sup>	۱۲۲۷۶۷۲۹/۹۵۷*	۲۱/۸۳۹ <sup>ns</sup>	۵۹/۴۱۵**
خطا	۶	۲۹۶/۶۸۰	۴/۹۳۴	۵۳۰۲۴/۸۳۸	۱۵۲/۷۲۶	۲۳۰۱۹۶۰/۴۷۵	۳۷/۰۳۳	۷/۳۶۸
عامل فرعی (کود ریز مغذی)	۵	۵۰/۴۴۸ <sup>ns</sup>	۳/۱۵۶ <sup>ns</sup>	۴۶۵۱۶/۱۲۲*	۴۸/۶۴۸ <sup>ns</sup>	۲۴۱۰۷۹۰/۲۹۱**	۹/۷۵۰*	۲/۰۳۷ <sup>ns</sup>
اثر متقابل دور آبیاری و کود ریز مغذی	۱۰	۱۰۲/۹۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۹۷۵ <sup>ns</sup>	۱۴۴۳۶/۵۳۱*	۷۴/۸۳۰ <sup>ns</sup>	۴۰۹۰۸۵/۶۵۶*	۲/۳۸۲ <sup>ns</sup>	۴/۱۲۸ <sup>ns</sup>
خطا	۴۵	۹۰/۴۹۹	۱/۸۷۹	۷۰۲۷/۲۹۸	۶۲/۱۲۳	۲۰۱۶۱۳/۰۷۲	۳/۴۲۰	۲/۳۱۸
ضریب تغییرات		۶/۴۸	۹/۱۵	۱۳/۶۷	۱۳/۱۵	۱۵/۶۲	۴/۲۱	۴/۶۱

جدول ۳- مقایسه میانگین های صفات مورد بررسی تحت تاثیر اثر ساده دور آبیاری.

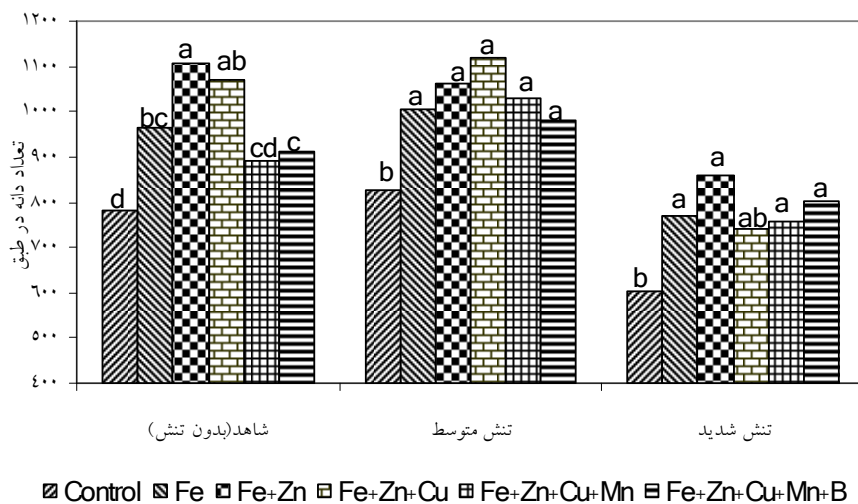
تیمار آبیاری	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	قطر طبق (سانتی متر)	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان کلروفیل برگ (SPAD Unit)
شاهد (بدون تنش)	۱۶۰/۳ <sup>a</sup>	۱۵/۸۳ <sup>a</sup>	۹۰۵/۵ <sup>ab</sup>	۴۶۴۸ <sup>a</sup>	۳۱/۵۰ <sup>b</sup>
تنش متوسط خشکی	۱۵۱/۸ <sup>a</sup>	۱۵/۲۲ <sup>ab</sup>	۹۸۸/۸ <sup>a</sup>	۴۷۴۵ <sup>a</sup>	۳۲/۰۰ <sup>ab</sup>
تنش شدید خشکی	۱۲۸/۰ <sup>b</sup>	۱۳/۹۰ <sup>b</sup>	۷۷۷/۵ <sup>b</sup>	۳۴۶۱ <sup>b</sup>	۳۴/۶۰ <sup>a</sup>

**قطر طبق:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که دور آبیاری اثر معنی داری بر قطر طبق آفتابگردان داشت ولی بین تیمارهای کودی ریز مغذی از نظر صفت قطر طبق اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲). کمترین قطر طبق در تیمار تنش شدید خشکی مشاهده شد که ۱۴ درصد کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). همچنین در شرایط تنش شدید خشکی قطر طبق آفتابگردان و بالطبع تعداد دانه در طبق دچار کاهش شدید می‌شود. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط گکسوی

و همکاران (۲۰۰۴) و کاراتا (۱۹۹۱) مطابقت دارد. به نظر غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶) با توجه به همبستگی بالای قطر طبق با عملکرد در شرایط تنش می توان از این صفت به عنوان معیاری با ارزش در جهت شناسایی ارقام مقاوم به خشکی استفاده نمود. در این آزمایش تاثیر تغذیه عناصر ریز مغذی بر قطر طبق معنی دار نبود هرچند سایر محققین سپهر (۱۹۹۹) و گانگاردهارا و همکاران (۱۹۹۰) گزارش نموده اند که با کاربرد کودهای ریز مغذی در زراعت آفتابگردان قطر طبق افزایش می یابد.

**تعداد دانه در طبق:** نتایج نشان داد که اثر دور آبیاری (تنش خشکی)، اثر مصرف کودهای ریز مغذی و اثر متقابل آن ها بر تعداد دانه در طبق معنی دار بود (جدول ۲). کمترین تعداد دانه در طبق در شرایط تنش شدید خشکی به دست آمد که ۲۷ درصد کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). تعداد دانه در طبق تاثیر قابل توجهی بر عملکرد بذر آفتابگردان داشته و بیش از وزن دانه ها تحت تاثیر شرایط محیط رشد قرار می گیرد. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط گکسوی و همکاران (۲۰۰۴) و چیمستی و همکاران (۲۰۰۲) در مورد اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان مطابقت دارد. در عین حال این نتیجه به طور مشابه در مورد اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در خورجین کلزا و تعداد دانه در طبق گلرنگ نیز گزارش گردیده است (ابوالحسنی و سعیدی، ۲۰۰۴؛ یحیوی تبریز و صدرآبادی حقیقی، ۲۰۰۴). غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶) اعلام نمودند که در شرایط تنش، تعداد دانه در طبق یک عامل تثبیت کننده عملکرد ارقام مقاوم می باشد. ابوالحسنی و سعیدی (۲۰۰۴) نیز در گیاه گلرنگ نتیجه گرفتند که در شرایط تنش رطوبتی صفت تعداد دانه در طبق بالاترین اثر مستقیم مثبت را روی عملکرد دانه در بوته داشت.

مصرف کودهای ریز مغذی (آهن + روی) در شرایط تنش شدید خشکی تاثیر قابل توجهی بر افزایش تعداد دانه ها در طبق داشت و نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود ریز مغذی) تعداد دانه ها در طبق ۲۲ درصد افزایش پیدا نمود (شکل ۱). نتیجه مهم به دست آمده آن است که در شرایط تنش شدید خشکی مصرف کودهای ریز مغذی (آهن + روی + مس) موجب افزایش ۱۷ درصدی تعداد دانه در طبق گردید (شکل ۲). نتایج به دست آمده از آزمایشات میرزا پور و همکاران (۲۰۰۵) نیز حاکی از اثر مثبت مصرف کودهای ریز مغذی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان می باشد. علاوه بر این در مورد نقش مثبت کودهای ریز مغذی بر تعداد دانه ایجاد شده در بوته های گندم، کلزا و گلرنگ گزارشاتی ارائه شده است (یاری و همکاران، ۲۰۰۵؛ مرشدی و همکاران، ۲۰۰۱؛ بای بوردی، ۲۰۰۴).



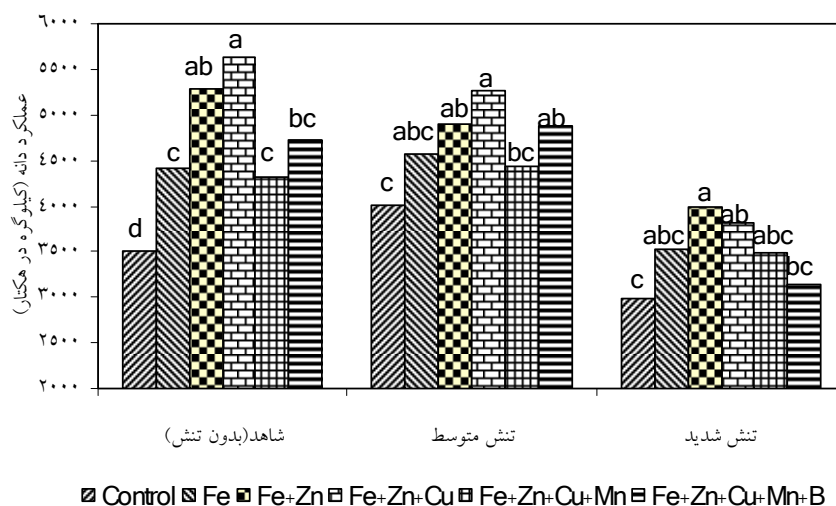
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و عناصر ریزمغذی بر تعداد دانه در طبق

**وزن دانه:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که دور آبیاری (تنش خشکی) و مصرف کودهای ریز مغذی اثر معنی‌داری بر وزن دانه نداشتند (جدول ۲). کمترین وزن هزار دانه (۵۶۷/۳۱ گرم) در تیمار تنش شدید خشکی مشاهده شد که ۱۴ درصد سبکتر از حداکثر وزن هزار دانه (در تیمار تنش متوسط خشکی) بود. اگر چه اثر کودهای ریز مغذی مصرفی بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشده است ولی بیشترین وزن هزار دانه در تیمار آهن+ روی + مس مشاهده شد.

بین وزن دانه‌ها و تعداد دانه در طبق رابطه معکوس وجود دارد و وزن دانه‌ها نسبت به تعداد دانه در طبق نقش کمتری در عملکرد داشته و کمتر تحت تاثیر محیط قرار می‌گیرد. نتایج سایر مطالعات نشان داده است که اجزایی از عملکردی که سهم کمتری در تولید دارند (وزن دانه‌ها) کمتر تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند (ابوالحسنی و سعیدی، ۲۰۰۴). یحیوی تبریز و صدر آبادی حقیقی (۲۰۰۴) نیز در مورد کلزا به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی بر وزن دانه‌ها تاثیر معنی‌داری نداشته است. در عین حال نتایج دیگری نیز حاکی از تحت تاثیر قرار گرفتن وزن هزار دانه آفتابگردان نسبت به دور آبیاری وجود دارد (گکسوی و همکاران ۲۰۰۴). وجود نتایج متفاوت در این خصوص می‌تواند ناشی از اختلاف در نوع رقم، مرحله رشدی گیاه در مواجهه با تنش خشکی، شدت و مدت تنش خشکی باشد.



**عملکرد دانه:** اثر دور آبیاری، کودهای ریز مغذی و اثر متقابل بین دور آبیاری و کودهای ریز مغذی بر عملکرد دانه معنی دار بودند (جدول ۲). تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان گردید و کمترین عملکرد در شرایط تنش خشکی شدید حاصل شد (جدول ۳). عملکرد تیمار شاهد و تنش ملایم خشکی اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند و به نظر می رسد گیاه به خوبی توانسته شرایط تنش ملایم را سپری نماید. عدم وجود اختلاف معنی دار میان تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) و تنش ملایم خشکی به طور مشابه در سایر صفات مانند ارتفاع ساقه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق نیز مشاهده گردید. اما، در شرایط تنش شدید خشکی گیاه قادر به تحمل تنش نبود و عملکرد به میزان ۳۷ درصد کاهش داشت. کاهش عملکرد در شرایط تنش شدید متاثر از کاهش تعداد دانه در طبق بوده است. اغلب نتایج محققین نیز حاکی از تاثیر منفی و معنی دار تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان به خصوص در دوره گلدهی گیاه می باشد و قاعدتاً برای دستیابی به حداکثر عملکرد می بایست از برخورد گیاه با تنش خشکی به خصوص در سه مرحله ظهور طبق ها، گلدهی و شیرینی شدن دانه ها اجتناب نمود (گکسوی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کاراتا، ۱۹۹۱). عثمان و تالها (۱۹۷۵) نیز گزارش نمودند که با افزایش مقدار آب مصرفی و نوبت های آبیاری عملکرد دانه آفتابگردان به میزان چشمگیری افزایش یافت. بعلاوه تان و همکاران (۲۰۰۰) و رینالدی (۲۰۰۱) پیشنهاد نمودند که انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور طبق ها و یا گلدهی می تواند در افزایش چشمگیری عملکرد دانه آفتابگردان دیم موثر باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه آفتابگردان

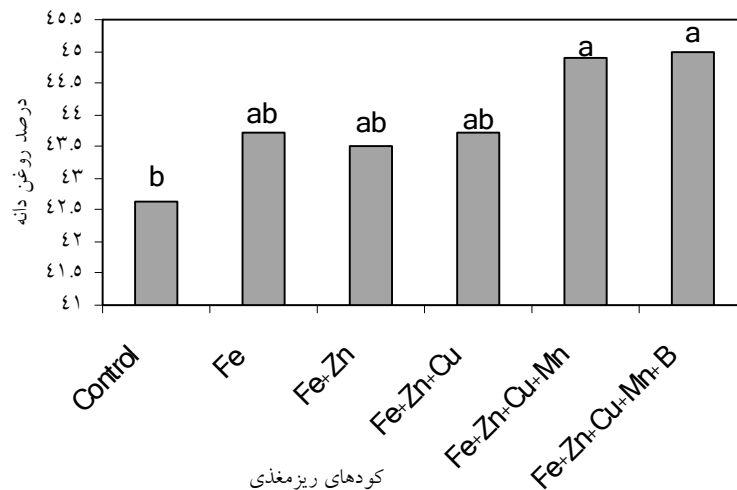
نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش مصرف ریز مغذی‌ها تاثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت (شکل ۲)، به نحوی که تیمار آهن + روی + مس توانست حدود ۶۱ درصد عملکرد محصول را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. در حالی که در شرایط تنش شدید خشکی تیمار کودی آهن + روی تنها توانست به میزان ۳۲ درصد عملکرد محصول را نسبت به شاهد (بدون کود ریزمغذی) افزایش دهد. قاعدتا در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریز مغذی‌ها در گیاهان با سهولت بیشتری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش اثر ریز مغذی‌ها بر عملکرد بیشتر باشد. در عین حال تاثیر حدود ۳۰ درصدی مصرف ریزمغذی‌ها بر عملکرد محصول در شرایط تنش خشکی بسیار امید بخش به نظر می‌رسد. تاثیر مثبت مصرف کودهای ریز مغذی چه به صورت مصرف خاکی و یا محلولپاشی بر روی برگ‌ها بر عملکرد محصول آفتابگردان توسط سپهر (۱۹۹۹) و گانگاردهارا و همکاران (۱۹۹۰) گزارش گردیده است. همچنین اثر مثبت مصرف کودهای ریزمغذی بر عملکرد سایر گیاهان روغنی مثل کلزا، گلرنگ، کنجد و سویا توسط یاری و همکاران (۲۰۰۵)، بای‌بوردی و همکاران (۲۰۰۱) و گرانت و بیلی (۱۹۹۰) گزارش شده است.

**درصد روغن و عملکرد روغن دانه:** درصد روغن دانه به عنوان یکی از اجزاء کیفی مهم بذر آفتابگردان تحت تاثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت (جدول ۲). این نتیجه با نتایج کاراتا (۱۹۹۱) و گکسوی و همکاران (۲۰۰۴) مبنی بر این که افزایش آبیاری تاثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه ندارد، مطابقت دارد. در عین حال نتایج مطالعات متعددی نیز حاکی از وجود اثر مثبت معنی‌دار حجم و دفعات آبیاری بر درصد روغن دانه انواع گیاهان روغنی می‌باشد و به ویژه انجام آبیاری پس از گلدهی یا شیری شدن دانه آفتابگردان بیشترین تاثیر را بر روغن دانه داشته است (عثمان و تالها، ۱۹۷۵؛ تان و همکاران، ۲۰۰۰). از آنجا که درصد روغن دانه متأثر از عوامل محیطی مختلف (به‌خصوص حرارت) و همچنین خصوصیات ژنتیکی هر رقم می‌باشد، بنابراین بروز اختلافات به وجود آمده در نتایج آزمایشات غالباً ناشی از اثرات محیط و رقم مورد کشت در آزمایش می‌باشد.

عملکرد روغن تحت تاثیر آبیاری قرار گرفت. زیرا عملکرد بذر در شرایط تنش شدید خشکی نسبت به شاهد (بدون تنش) با ۳۷ درصد نقصان مواجه بود. هرچند اختلاف سطوح خشکی بر روی عملکرد روغن معنی‌دار نبود ولی بیشترین عملکرد روغن در تیمار تنش متوسط با ۲۰۵۳ کیلوگرم در

هکتار و کمترین عملکرد روغن در تیمار تنش خشکی شدید با ۱۵۰۴ کیلوگرم در هکتار حاصل گشت که نشان دهنده آن است که تنش شدید خشکی موجب کاهش ۳۶/۵ درصدی عملکرد روغن گردیده است. به علاوه نتایج آزمایش حاکی از وجود اثر مثبت معنی دار مصرف کودهای ریز مغذی بر درصد روغن دانه با ۵/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد (بدون مصرف کود) می‌باشد (شکل ۳). نتایج مطالعات مرشدی و همکاران (۲۰۰۱) و بای بوردی و همکاران (۲۰۰۱) و گرانت و بیلی (۱۹۹۰) نیز حاکی از وجود اثرات مثبت عناصر ریزمغذی مصرفی چه به صورت خاک مصرف و یا محلولپاشی بر درصد روغن دانه در نباتات روغنی می‌باشد.

اثر مصرف کودهای ریزمغذی بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که تیمار مصرف آهن + روی + مس + منگنز و آهن + روی + مس + منگنز + بور بیشترین درصد روغن (به ترتیب ۴۴/۹۱ و ۴۴/۹۹ درصد) و تیمار شاهد کمترین درصد روغن (۴۲/۶۲) را داشتند (شکل ۳). با توجه این که مصرف عناصر ریزمغذی علاوه بر اثر مثبت بر درصد روغن، بر عملکرد دانه نیز اثر معنی دار داشته و موجب افزایش عملکرد به میزان ۳۲ درصد گردیده است، لذا عملکرد روغن به میزان قابل توجهی تحت تاثیر مثبت مصرف عناصر ریزمغذی قرار گرفت. بیشترین عملکرد روغن در تیمار آهن + روی + مس به میزان ۲۱۳۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نشان می‌دهد مصرف عناصر ریز مغذی ۳۸ درصد عملکرد روغن را افزایش می‌دهد.



شکل ۳- اثر مصرف عناصر ریزمغذی بر درصد روغن دانه آفتابگردان.

**میزان کلروفیل برگ‌ها:** نتایج نشان داد که دور آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ‌ها دارد (جدول ۲) و با افزایش سطح تنش خشکی میزان کلروفیل برگ‌ها بر اساس واحد SPAD افزایش یافت (جدول ۳). به‌نحوی که در شرایط تنش شدید خشکی میزان عدد SPAD ۱۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد (بدون تنش) بود. او من و همکاران (۱۹۹۹)، بلوم (۱۹۹۸) و صالحی و همکاران (۱۳۸۲) نیز دریافتند که میزان SPAD اندازه‌گیری شده با دستگاه کلروفیل‌متر، با افزایش تنش خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. افزایش میزان SPAD اندازه‌گیری شده در شرایط تنش می‌تواند ناشی از عدم انتقال مواد فتوسنتزی (بلوم، ۱۹۹۸) یا افزایش نسبت کلروفیل a/b (آنتولین و همکاران، ۱۹۹۵) و یا افزایش وزن ویژه برگ SLW (موچو و همکاران، ۱۹۸۶) و در نتیجه تیره شدن برگ‌ها باشد.

احمدی و بیکر (۱۳۷۹) گزارش کردند که در شرایط خشکی طولانی مدت، سنتز کلروفیل کاهش و تخریب آن توسط آنزیم‌هایی چون کلروفیل‌لاز و پراکسیداز افزایش می‌یابد. بسیاری از محققین عقیده دارند که پایداری کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی، جهت تداوم فتوسنتز ضروری است و این صفت به عنوان یک شاخص مقاومت گیاه به تنش خشکی محسوب می‌گردد (مودهان و همکاران، ۲۰۰۰). صالحی و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که کلروفیل برگ به‌عنوان شاخص غیر روزنه‌ای معیاری دقیق و در عین حال سریع و ارزان جهت برآورد شدت تاثیر خشکی بر گندم است. اگر چه نتایج گویای آن است که مصرف کودهای ریز مغذی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ‌ها نداشته است ولی با مصرف آهن + روی، بیشترین میزان شاخص SPAD حاصل گردید (جدول ۳). لذا به نظر می‌رسد در شرایط تنش شدید خشکی، مصرف کودهای ریز مغذی اثر مثبتی بر پایداری کلروفیل برگ‌ها و کاهش اثرات تنش بر دستگاه فتوسنتزی خواهد داشت.

از نتایج به دست آمده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که استفاده از عناصر ریزمغذی (آهن + روی + مس) در تغذیه گیاه آفتابگردان تحت شرایط مناطق خشک و کم آب نقش قابل ملاحظه‌ای در کاهش اثرات سوء تنش خشکی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارد، البته استفاده از ترکیب تیمار ریزمغذی بستگی به شدت تنش خشکی داشت.

## منابع

Abolhasani, K., and Saeidi, G. 2004. Relationships between agronomic characteristic of safflower under water stress and control. Iran J. Field Cops Res. 1: 127-138. (in Persian)

- Ahmadi, A. and Backer, A. 2000. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress condition in wheat plant. *Iran J. Agric. Sci.* 31(4): 813-825. (*in Persian*)
- Antolin, M.C., Yoller, J. and Sanches-Diaze, M. 1995. Effect of temporary drought on nitrat-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Sci.* 107:159-165.
- Baybordi, A. 2004. Effect of Fe, Mn, Zn and Cu on the quality and quantity of wheat under salinity stress. *J. Water and Soil Sci.* 17: 140-150. (*in Persian*)
- Baybordi, A., Malakouti, M.J. and Rezai, H. 2001. Effect of Zn, B and Mn with soil application and foliar application methods on seed yield of canola in Miane. *J. Water and Soil Sci.* 12: 158-169. (*In Persian*)
- Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphtica.* 100: 77-83.
- Çakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.*146: 85-200.
- Çakmak, I., Kalayci, M., Brauni, H.J, Kilinc, Y. and Yilmaz, A. 1999. Zn deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: A Nato-Science for stability project. *Field Crop Res.* 60: 175-188.
- Chimenti, C.A., Pearson, J. and Hall, A.J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crop Res.* 75: 235-246.
- Gangardhara, G.A., Manju, H.M. and Satyanarayana, T. 1990. Effect of micronutrients on the yield and uptake by sunflower. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 40: 591-593.
- Ghafari, M. and Pashapur, H. 2006. Evaluation of variety and inbreed lines of sunflower for drought tolerance. Scientific and Applications of oil plant industrial Congress, Tehran, Iran. (*In Persian*)
- Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Da ustü, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crop Res.* 87: 167-178.
- Graham, R.D., Alscher, J.S., and Haynes, S.C. 1992. Selecting Zinc-efficient cereals genotypes for soils of low Zn status. *Plant Soil.* 146: 241-250.
- Grant,C.A; and L.D,Baily. 1990. Fertility management in Canola production. *Can. J. Plant Sci.* 73: 651-670.
- Joleini, M. 2005. Determining of the best sowing depth and drip irrigation method on the rootstocks of malling apple and grape in research station of Golmakan. Research center of Agriculture and Natural Resources Press, Khorasan Razavi. Final reporting.
- Karaata, H. 1991. Water- production functions of sunflower under Kirklareli condition. *Journal of Atathurk Village Affair Research Institute,* 25: 92pp.
- Malakouti, M.J. and Tehrani, M.M. 2001. Role of micronutrients on yield increasing and quality improving in agricultural production. Tarbiat Modares University press, Tehran.

- Malakouti, M.J. and Sepehr, 2004. Optimize nourishment for oil seeds (effective step to attained oil independence in country). Khaniran press, Tehran. 464 p. (*in Persian*)
- Marschner, H. and Cakmak, I. 1989. High light intensity enhances chlorosis in leaves of Zn,K and Mg deficient bean plants. J. Plant Physiol. 134: 308-315.
- Mirzapour, M.H., Kouchebaghi, A.H., Vakil, R. and Naeini, M.R. 2005. Effect of using iron chelate on the growth and yield of sunflower variety Rackord in saline calcareous soils in Ghom. 1<sup>th</sup> oil seeds international Congress, Gorgan. (*In Persian*).
- Modhan, M.M., Narayanan., S.L. and Ibrahim, S.M. 2000. Chlorophyll stability indexes (CSI): Its impacts on salt tolerance in rice. International Rice Res. Inst. Notes. 25: 38-40.
- Morshedi, A., Malakouti, M.J., Naghibi, H. and Rezai, H. 2001. Effect of iron foliar application on yield, quality and quantity characteristic and enrichment of canola grains in Bardisar, Kerman. J. Water and Soil Sci. 12: 56-68. (*in Persian*)
- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., Bennet, J.M. and Hammond, L.C. 1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen and stomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field – grown soybean. Crop Sci. 26: 1190-1195.
- Oman, A., Habibi, D., Akbarbujar, M.M. and Khodabande, N. 2006. Antioxidants enzymes and index to selection different genotype of sunflower for drought tolerance. Iran J. Agron. Plant breed. 1: 1-12. (*In Persian*)
- Ommen, O.E., Donnely, A.D., Vanhoutvin, S., Vanoijen, M., and Manderscheid, R. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO<sub>2</sub> concentration and other environmental stress within 'ESPAGE- WHEAT' Project. Eur.J. Agron, 10: 197-203.
- Osman, F., and Talha, M. 1975. The effect of irrigation regime on yield and consumption of sunflower seed oil. Egypt. J. Soil. Sci, 15: 211-218.
- Rengel, Z. 1995. Carbonic anhydrase activity in leaves of wheat genotypes differing in Zn efficiency. J. Plant. Physiol. 147: 251-256.
- Rinaldi, M. 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. Agric. Water Manag. 49: 185-196.
- Roshdi, M., and Rezadoost, S. 2005. Effects of K and micronutrients of Zn, B and Fe on the quality and quantity characteristics of sunflower. 8<sup>th</sup> Crop Science and Plant breeding Congress, Rasht, Iran. (*in Persian*)
- Salehi, M., Koocheki, A. and Nassiri Mahalati, M. 2004. Leaf Nitrogen and Chlorophyll as indicators for salt stress in wheat. J. Iran Field Crops Res. 2: 25-33. (*In Persian*)

- Sepehr, A. and Malakouti, M.J. 2001. Necessaries of optimized fertilizer using for increasing yield and improved quality of sunflower. Technical J, No. 102, Agricultural educational Publication, Tehran. (*in Persian*)
- Sepehr, A. 1999. Effects of K, Mg, S and micronutrients on yield increasing and quality improving of sunflower. MS thesis, Dep. Soil Sci., Agric College, Tarbiat Modares, Tehran. (*in Persian*)
- Sepehr, A., Rasuli Sedghiani, M.H. and Malakouti, M.J. 2004. Effect of different resource of potassium and micronutrients fertilizers on quality and quantity increasing in sunflower. Optimized nourishment of oil grains. Khaniran Press, Tehran. (*in Persian*)
- Tan, B., Beyazgul, M., Avcieri, Z., Kayam, Y. and Kaya, H.G. 2000. Effect of irrigation at various growth stages on some economic characters of first crop sunflower. Anadolu 10: 1-34.
- Yahyavi Tabriz, Sh. and Sadrabadi Haghghi, R. 2004. Effect of irrigation on yield and yield component of three spring canola cultivars under environmental of Tabriz. Iran J. Field Cops Res. 1: 305-313. (*in Persian*)
- Yari, L., Modares, M.A. and Soroushzade, A. 2005. The effect of foliar application of Mn and Zn on qualitative characters in five spring safflower cultivars. J. Water and Soil Sci. 18: 143-151. (*In Persian*)



## Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition

M. Rahimizadeh<sup>1</sup>, A. Kashani<sup>2</sup>, A. zare Fizabady<sup>3</sup>,  
H. Madani<sup>4</sup> and E. Soltani<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Agronomy Islamic Azad University of Bojnord, <sup>2</sup> Agriculture Collage of Islamic Azad University of Karaj, <sup>3</sup> Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, <sup>4</sup> Agriculture and Natural Resources Collage of Islamic Azad University of Arak, <sup>5</sup> PhD student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

### Abstract

Sunflower (*Helianthus annus* L.) is the most important between oil plants in Iran. The objective of this study was to evaluate the effects of micronutrients application on the sunflower yield under drought stress. This experiment was carried out at Golmakan agriculture research station (Iran) in 2005 that using a split plot randomized complete block design with four replications. Irrigation was as a main factor at three levels (normal, low stress and high stress) and six micronutrient treatments were (control, Fe, Fe+Zn, Fe+Zn+Cu, Fe+Zn+Cu+Mn Fe+Zn+Cu+Mn+B) as sub plots within the main plots. Base fertilizers (N, P, K) and micronutrient treatments also used as required on the basis of the soil test. Results showed that the plant height, amount of chlorophyll in leaves, head diameter, seed per head and seed yield were significantly different between control and stress treatments. But irrigation treatments had no statistically significant effect on the flowering date, seed weight and oil percentage. Results also showed that micronutrient treatments increased the head diameter, seed per head, seed yield and oil percentage. Therefore, we confirm that under drought stress micronutrients application increases drought resistance in sunflower.

**Keywords:** Sunflower; Drought stress; Micronutrient.

---

\*-Corresponding Author; Email: elias.soltani@yahoo.com