"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۴ زمستان ۱۳۸۹

اثر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)

Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological cahracteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.)

مهدی بابائیان[۱]، مصطفی حیدری[۲] و احمد قنبری[۳]

چکیده

بابائیان، م. م. حیدری و ا. قنبری. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۴) ۳۹۱-۳۷۷.**

به منظور بررسی اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز بر میزان کلروفیل، فلورسانس کلروفیل، مقادیر کربوهیدرات و پرولین برگ، جذب عناصر غذایی و ارتباط آنها با عملکرد دانه گیاه آفتابگردان (رقم آلستر) در دو مرحله تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در دانشگاه زابل انجام گرفت. تیمار خشکی بصورت قطع آبیاری در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه به همراه تیمار شاهد (بدون قطع آبیاری) بعنوان عامل اصلی و محلول پاشی عناصر کم مصرف به صورت های مصرف آهن، روی، منگنز، آهن+روی، آهن+منگنز، روی+منگنز، آهن+روی+منگنز بعنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه آماری داده ها نشان داد تنش خشکی عملکرد دانه آفتابگردان را به صورت معنی داری کاهش داد و بیشترین میزان کاهش مربوط به مرحله پر شدن دانه ها بود. میزان کاهش عملکرد دانه در این مرحله نسبت به تیمار شاهد معادل ۲۴/۳ درصد بود. استفاده از عناصر کم مصرف سبب تغییر معنی داری در افزایش عملکرد دانه نشد. با اعمال تنش خشکی میزان فلورسانس کلروفیل، عدد کلروفیل متر، کربوهیدرات‌های محلول و پرولین تغییر یافت و بیشترین مقادیر آنها در تیمار خشکی مرحله گلدهی بدست آمد. در بین عناصر کم مصرف بیشترین میزان فلورسانس کلروفیل مربوط به تیمار محلول پاشی آهن، میزان کلروفیل مربوط به تیمار آهن+ منگنز، پرولین مربوط به تیمار روی و کربوهیدرات مربوط به تیمار آهن+روی+منگنز بودند. در این آزمایش برخلاف عنصر روی، بالاترین مقدار عناصر آهن و منگنز در تیمار شاهد و کمترین آنها در طی اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ها بدست آمدند . از نتایج بدست آمده در این آزمایش می توان نتیجه گیری کرد که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ها بیشترین کاهش را در عملکرد دانه آفتابگردان باعث شود. هر چند بیشترین میزان فلورسانس کلروفیل و غلظت کربوهیدرات و پرولین در مرحله گلدهی بدست آمد، اما به علت کاهش طول دوره پر شدن دانه ها و نیز عدم جذب کافی عناصر کم مصرف به خصوص منگنز، تاثیر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ها بیشتر از مرحله گلدهی بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تنظیم کننده‌های اسمزی، تنش خشکی، عناصر کم مصرف و ویژگی‌های فیزیولوژیک.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۱/۷

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زابل

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: Haydari2005@yahoo.com)

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

مقدمه

گیاهان در طی رشد خود با تنش های متعدد محیطی مواجه می شوند، هر یک از این تنش ها می توانند بسته به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آنها داشته باشند(Heidari, 2006). تنش خشکی از مهم ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می شود. کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه ها از مهم ترین اثرات خشکی بر گیاهان است (Reddy *et al*., 2004).

یکی از عوامل تاثیر گذار تنش خشکی بر فتوسنتز، کاهش میزان کارایی فتوسنتز از طریق افزایش فلورسانس کلروفیل است (Vazan, 2000). فالگلا و همکاران (Flagella *et al*., 1995) گزارش کردند که همبستگی معنی داری بین عملکرد کوانتومی فتوسنتز (تولید O_2 یا جذب CO_2 در شدت نور پائین) با فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) وجود دارد. اندازه گیری مقدار فلورسانس کلروفیل می تواند ارزیابی مناسبی از عملکرد کوانتومی وجریان الکترون در نظام نوری ۲ را نشان دهد (Reddy *et al*., 2004). براساس گزارش وزان (Vazan, 2000) تنش خشکی موجب کاهش عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) در ژنوتیپ های مختلف چغندرقند می شود. علیرغم اینکه فلورسانس کلروفیل اغلب بعنوان یک ابزار سودمند برای اصلاح ارقام گندم تحت شرایط خشکی و مقاومت به دماهای بالا در نظر گرفته می شود، اما یک شاخص قوی برای برنامه های اصلاحی محسوب نمی شود، زیرا همبستگی آن با عملکرد دانه در اکثر مطالعات صورت گرفته کم بوده است (Flagella *et al*., 1995).

برای مقابله با تنش خشکی، گیاهان از سازوکارهای مختلفی استفاده می کنند. یکی از این سازوکارها تنظیم اسمزی است. با تنظیم اسمزی تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه، حفظ و ادامه آماس سلول فراهم می شود (Good and Zaplachiniski, 1994). برای این منظور گیاهان از ترکیبات آلی و معدنی استفاده می کنند. انواعی از کربوهیدرات ها در بین ترکیبات از اهمیت زیادتری برخوردار هستند، زیرا با فتوسنتز مرتبط می باشند (Parakas *et al*., 2002). برخی از گزارش ها نشان می دهد در شرایط تنش خشکی کربوهیدرات های مرکب به کربوهیدرات های ساده تجزیه می شوند. مثلا نسبت ساکارز به نشاسته در بافت سبز برگها افزایش می یابد، این موضوع باعث افزایش میزان کربوهیدرات های محلول در سلول خواهد شد (Khanna-Chopra, 1999).

توزیع مواد هیدروکربنی به طورمستقیم تحت تاثیر کمبود آب و به طور غیر مستقیم تحت تاثیر هورمون های گیاهی قرار می گیرند. تجمع ترکیبات آلی مانند کربوهیدرات‌ها و آمینو اسیدها در سیتوپلاسم نقش مهمی در تنظیم فشار اسمزی گیاهان دارند (Flagella *et al*., 1995). در طی بروز تنش خشکی به علت بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می شود. در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می شود (Grattan and Grieve, 1999). تاکنون در مورد مصرف عناصر کم مصرف در گیاهان زراعی و باغی تحقیقات زیادی صورت گرفته، اما در شرایط تنش خشکی به خوبی مشخص نیست که استفاده از این عناصر بصورت منفرد و ترکیبی بر کدام ویژگی فیزیولوژیک گیاهان بیشترین تاثیر را داشته و تا چه حدی اثرات خسارت‌زای تنش را کاهش می‌دهند. آقائی سربرزه (Aghei Sarbarzeh, 1995) در بررسی ارتباط بین عنصر روی با شاخص های تحمل به خشکی در گندم نشان داد که عنصر روی تحمل به خشکی در ارقام مختلف گندم نان

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

و دوروم را افزایش می دهد.

هدف از این آزمایش بررسی اثرات محلول پاشی سه عنصر آهن، روی و منگنز بصورت منفرد و ترکیبی بر ویژگی های فیزیولوژیک، تنظیم کننده های اسمزی و جذب عناصر غذایی در گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی بوده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۶- ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۷ متر از سطح دریا انجام گرفت. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۶۳ میلی متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۱۶ و ۳۰ درجه سانتیگراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک به شمار می رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول یک ارائه شده است.

این آزمایش به صورت کرت های یک بارخرد شده و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای خشکی بصورت شاهد [(آبیاری در تمام فصل رشد (W_1)]، قطع آبیاری در مرحله گلدهی (W_2) و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه (W_3) به عنوان عامل اصلی و ۷ سطح محلول پاشی عناصر کم مصرف آهن (b_1)، روی (b_2)، منگنز (b_3)، آهن+ روی (b_4)، آهن+ منگنز (b_5)، روی+ منگنز (b_6) و آهن+ روی+ منگنز (b_7) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در این آزمایش تیمار بدون استفاده از عناصر کم مصرف در نظر گرفته نشد و تنها به بررسی نقش هر کدام از عناصر به تنهایی و یا بصورت ترکیبی در طی اعمال تنش خشکی در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه ها پرداخته شد. جهت اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی، بعد از ظهور این مرحله تیمار خشکی با قطع کامل آب در آن دوره شروع و بعد از اتمام این مرحله رشد، مجدا آبیاری به صورت معمول ادامه یافت. در مرحله پر شدن دانه ها قطع آبیاری در طول این دوره و تا زمان برداشت ادامه داشت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری

Table1. Physical and chemical properties of soil (0-30cm)

بافت خاک	شن	رس	لای	منگنز	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		هدایت الکتریکی
Soil Texture	Sand	Clay	Loam	Mn	Zn	Fe	K	P	N		
لومی- شنی		درصد (%)		میلی گرم در کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)						pH	EC ($dS.m^{-1}$)
Sandy loam	41	32	27	3.1	4.1	2.2	185	12	6.3	7.4	1.8

در این آزمایش، رقم آفتابگردان آلستر مورد استفاده قرار گرفت و محلول پاشی عناصر کم مصرف در مراحل ۴ و ۸ برگی (پیش از اعمال تنش خشکی) انجام شد. جهت محلول پاشی عناصر روی، منگنز و آهن به ترتیب از کلات روی، کلات منگنز و کلات آهن به میزان ۳ در هزار استفاده شد. دور آبیاری براساس ۶۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت و در طول دوره آزمایش گیاهان با استفاده از سیفون آبیاری شدند. قبل از اجرای طرح براساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفر به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و کود پتاس به میزان ۲۰۰ کیلوگرم از منبع سولفات پتاسیم مصرف شد. کود نیتروژن در سه مرحله (یک سوم پیش از کاشت، یک سوم در مرحله ۴ برگی و یک سوم در مرحله ۸ برگی) و کودهای فسفر و پتاس پیش از کاشت به

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

خاک اضافه شدند. عملیات کاشت در ۱۵ اسفند ماه ۱۳۸۵با قرار دادن دو بذر در هر کپه با عمق ۵-۶ سانتیمتر با دست انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۳×۳ متر، فاصله روی ردیف ها ۲۵ سانتیمتر و فاصله بین ردیف ها ۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته شدند. پس از جوانه زنی و استقرار بوته ها در مرحله ۲-۴ برگی گیاهان تنک و به یک بوته در هر کپه رسانده شدند. در این مرحله با علف هرز نیز به وسیله وجین دستی مبارزه گردید. در پایان دوره و پس از رسیدگی نهایی برای تعیین عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، بوته های واقع در یک متر مربع وسط هر کرت برداشت شدند.

در طی انجام آزمایش و پس از هر بار اعمال تیمارهای خشکی، مقادیر کربوهیدرات ها و پرولین در جوان‌ترین برگ‌های توسعه یافته اندازه گیری شدند. کربوهیدرات‌های محلول با استفاده از اتانول و اسید سولفوریک (Schlegel, 1956) و پرولین با استفاده از روش بیتز و همکاران (Bates *et al*., 1973) در انتهای مرحله گلدهی که تیمار خشکی اول اعمال شده بود و اواخر مرحله رسیدگی که تیمار خشکی در مرحله پر شدن دانه ها اعمال شده بود، اندازه گیری شدند. میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی(SPAD) و فلورسانس کلروفیل با دستگاه اندازه‌گیری شدت تنش (Plant stress meter Biomontor AB, Effeltrich, Germany) انجام گرفت. حداکثر کارایی فتوسنتز با استفاده از نسبت $^{Fv}/_{Fm}$ در برگهایی که میزان کلروفیل آنها اندازه گیری شده بود، صورت گرفت. داده های حاصل با استفاده از نرم افزارSAS تجزیه و مقایسه میانگین ها براساس آزمون چند دامنه ای دانکن انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

الف- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان می دهد که اعمال تنش خشکی تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه آفتابگردان داشته است. از آنجایی که در هر یک از مراحل گلدهی و پرشدن دانه‌ها بخش های خاصی از اجزای عملکرد شکل می‌گیرند، تاثیر خشکی بر هر یک از این مراحل متفاوت بود. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه دارای بیشترین تاثیر بر عملکرد دانه آفتابگردان بوده است (جدول ۳). میزان کاهش عملکرد دانه در این مرحله نسبت به تیمار شاهد حدود ۲۴/۳ درصد بود که از لحاظ آماری نیز معنی دار بود. از دلایل کاهش عملکرد در این مرحله می‌توان به کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و پیری زودرس برگ‌ها اشاره کرد (Whitfield *et al*., 1989).

در ارزیابی اثر اصلی محلول پاشی عناصر کم مصرف مشخص گردید که استفاده از عناصر کم مصرف بصورت منفرد و ترکیبی باعث تغییراتی در عملکرد دانه می گردد، اگرچه تفاوت معنی داری بین میزان عملکرد در انواع عناصر کم مصرف دیده نشد (جدول ۲)، اما میزان عملکرد در زمانی که عناصر به صورت منفرد مصرف شدند بیش از حالات ترکیبی آنها بود (جدول ۳). با این وجود در شرایط اعمال تنش خشکی در هریک از مراحل رشد گیاه (گلدهی و پر شدن دانه ها)، عناصر کم مصرف باعث تغییرات معنی داری در عملکرد دانه شدند (جدول ۲). همانطور که در شکل یک مشاهده می شود، تیمار W_1b_3 (منگنز در تیمار شاهد) با میانگین ۱۵۵/۹ و تیمار W_3b_3 (منگنز در مرحله پر شدن دانه) با میانگین ۶۶/۳ گرم در متر مربع، به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه بودند. ویلسون و همکاران (Wilson *et al*., 1982) بیان کردند که منگنز در فرآیند فتوسنتز دخالت دارد. آنها اعلام نمودند که منگنز در آزاد سازی اکسیژن مولکولی در فرآیند فتولیز آب، سنتز کربوهیدرات و متابولیسم چربی ها نقش دارد.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

مارشنر (Marschner, 1995) اعلام کرد که منگنز از عناصر ضروری برای تشکیل و پایداری کلروپلاست و سنتز برخی از پروتئین ها به شمار می رود و اثرات این عنصر در افزایش عملکرد دانه در گیاهان مربوط به نقش هر کدام از عناصر بر فعالیت آنزیم ها است. در این آزمایش به علت تاثیر بالای خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها که همراه با پیری زود هنگام برگ ها بود، کمترین میزان عملکرد دانه دیده شد. اثر تنش خشکی در این مرحله را می توان به بالا بودن غلظت پرولین در بافت سبز برگ ها در مقایسه با سایر مراحل نسبت داد (شکل ۴).

ب- فلورسانس کلروفیل و میزان کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تنش خشکی، محلول پاشی عناصر کم مصرف و اثر متقابل آنها تاثیر معنی داری بر عدد کلروفیل متر و فلورسانس کلروفیل برگ گیاه آفتابگردان داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین صفات نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی دارای بیشترین و در مرحله پرشدن دانه دارای کمترین میزان فلورسانس کلروفیل بود. بالاترین میزان کلروفیل برگ مربوط به مرحله پرشدن دانه و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳).

ژائو و همکارن (Zhao *et al*., 2007) گزارش کردند که شوری باعث کاهش میزان کلروفیل برگ در گیاه یولاف می شود. این موضوع مربوط به ممانعت شوری از سنتز و یا افزایش تجزیه کلروفیل در برگ می باشد. در مقابل موریلو-آمادات و همکارن (Murillo-Amadot *et al*., 2002) افزایش میزان کلروفیل در ژنوتیپ های لوبیا چشم بلبلی در اثر تنش شوری را گزارش کردند. آنجام و همکاران (Anjum *et al*., 2003) گزارش کردند که تنش خشکی باعث افزایش مقدار کل کلروفیل در جو می شود. آنها بیان کردند که در گیاه جو، تنش خشکی منجر به کاهش میزان کلروفیل b می شود، اما بر پایداری کلروفیل a می افزاید. این موضوع باعث افزایش مقدار کل کلروفیل می گردد.

در بین تیمارهای محلول پاشی بیشترین میزان کلروفیل مربوط به تیمارهای b_5 (آهن + منگنز)، b_6 (روی + منگنز) و b_3 (منگنز) وکمترین آن مربوط به تیمار b_2 (روی) بود. این در حالی است که بیشترین میزان فلورسانس کلروفیل نیز (F_v/F_m) در تیمار b_1 (آهن) و کمترین آن در b_6 (روی+ منگنز) بدست آمد (جدول ۳). مارشنر (Marschner, 1995) اعلام کرد که عنصر روی به عنوان یک کوفاکتور در فعال کردن چندین آنزیم دخالت می کند. این آنزیم ها در متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین نقش دارند. در این آزمایش علت کم بودن میزان کلروفیل و F_v/F_m در تیمار روی می تواند به نقش این عنصر که در سنتز کلروفیل دخالت زیادی ندارد، ارتباط داشته باشد.

چنانکه در شکل های ۳ و ۲ دیده می شود، هر چند خشکی باعث افزایش میزان کلروفیل برگ گردید، اما این موضوع به خصوص در مرحله پر شدن دانه ها با کاهش عملکرد کوانتومی کلروفیل (افزایش میزان فلورسانس کلروفیل) همراه بود. براساس نظر یوردانف و همکاران (Yordanov *et al*., 2003) هر چند نظام نوری ۲ تا حد زیادی نسبت به خشکی مقاوم است، اما خشکی می تواند مانع انتقال الکترون در این نظام نوری شود، از این رو از کارایی فتوسنتز کاسته شده و بر میزان فلورسانس کلروفیل افزوده می شود.

محلول پاشی عناصر کم مصرف به ویژه منگنز به صورت تنها و ترکیبی باعث افزایش عدد کلروفیل متر وکاهش میزان فلورسانس کلروفیل درشرایط تنش خشکی گردید. براساس نظر مارشنر (Marschner, 1995) منگنز جزء ترکیبات ساختمانی کلروفیل بوده کمبود آن باعث کاهش میزان سنتز کلروفیل می شود. در این آزمایش محلول پاشی منگنز تا حد زیادی اثرات خسارت‌زای خشکی در هر دو مرحله را کاهش داد و میزان کلروفیل و کارایی کوانتومی آن را افزایش داد. بین عدد کلروفیل متر و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه، عددکلروفیل متر، فلورسانس کلروفیل، میزان عناصر غذایی، کربوهیدرات‌ها و پرولین در تیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی عناصرکم مصرف در آفتابگردان

Table2. Analysis of variance for grain yield, SPAD value, chlorophyll fluorescence, micronutrients, carbohydrate and proline content in sunflower in water stress and foliar micronutrient application treatments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	کربوهیدرات Carbohydrate	پرولین Proline	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	فلورسانس کلروفیل Fv/Fm	عددکلروفیل متر SPAD	عملکرد دانه Grain yield
					میانگین مربعات (MS)					
Replication	تکرار	2	0.05	70.2	281.6	222.3	1149.7	0.002	1.6	235.2
Water stress	تنش خشکی	2	26.9**	132.8**	1687.9*	54797.9**	7368.4*	0.02**	14.9**	5398.5**
Error a	خطای الف	4	0.3	26.2	1235.1	10643.7	672.2	0.0007	0.76	764.9
Micronutrient	ریزمغذی	6	1.6**	128.1**	1180.3 *	19880.2**	11491.9**	0.0053*	13.3**	525.2
Water stress×Micronutrient	خشکی×ریزمغذی	12	1.8**	216.2**	796.1	15261.8**	16024.8**	0.0057**	7.04 **	1185.7**
Error b	خطای ب	36	0.2	21.1	473.4	3393.8	1460.2	0.0017	1.27	428
CV (%)	ضریب تغییرات		4.2	12	7.24	7.09	10.4	5.8	7.5	19.5

ns: Non-significat

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیر معنی دار

* و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، عدد کلروفیل متر، فلورسانس کلروفیل، میزان عناصر غذایی، کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در اثر اصلی تیمارهای تش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف در آفتابگردان

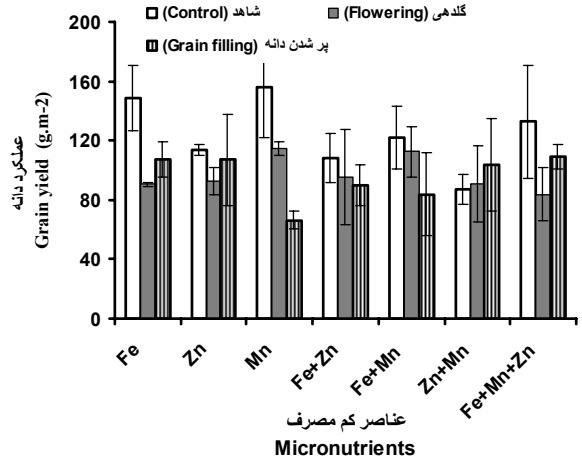
Table 3. Mean comparision of grain yield, SPAD value, chlorophyll fluorescence, micronutrients, carbohydrate and proline content in sunflower in water stress and foliar micronutrient application treatments

Treatment	تیمارهای آزمایشی	کربوهیدرات Carbohydrate (µg Glucose.g^{-1}.FW)	پرولین Proline (µmol.g^{-1}. FW)	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	فلورسانس کلروفیل Fv/Fm	عدد کلروفیل متر SPAD value	عملکرد دانه Grain yield (g.m^{-2})
					mg.kg^{-1}. DW				
Water stress	تنش خشکی								
Control	شاهد (بدون تنش)	10.1 c	38.6 b	310.7 a	770.1 b	387.4 a	0.71b	14.1 b	126.1 a
Water stress at flowering	تنش خشکی در مرحله گلدهی	12.4 a	43.5 a	296.9a	821.9 b	354.6 b	0.75a	15.4 a	97.3b
Water stress at grain filling	تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه	11.1 b	39.9 ab	293.9 a	872.2 a	355.4 b	0.69 b	15.6 a	95.3 b
Foliar micronutrient application	محلول پاشی عناصر کم مصرف								
Fe	آهن	11.4 ab	39.7dc	291.9bc	786.1b	377.6ab	0.74a	14.4b	115.5a
Zn	روی	11.52 ab	45.7a	315.5a	798.3b	412.6a	0.72a	13.1c	104.4a
Mn	منگنز	11.3 ab	42.9abc	298.2abc	795.7b	385.5ab	0.73a	15.9a	112.4a
Fe+Zn	آهن+ روی	10.4c	36.5d	311.1ab	792.4b	315.9c	0.72a	14.7 b	97.8a
Fe+Mn	آهن+ منگنز	11.1b	36.55d	285.2c	797.5b	321.3c	0.715a	16.4a	106.2a
Zn+Mn	روی+ منگنز	11.2ab	44.56ab	291.9bc	884.3a	360.9b	0.67b	16.2a	94.1a
Fe+Zn+Mn	آهن+روی+ منگنز	11.66a	38.68dc	309.1ab	895.2a	386.9ab	0.71a	14.2ab	108.6a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

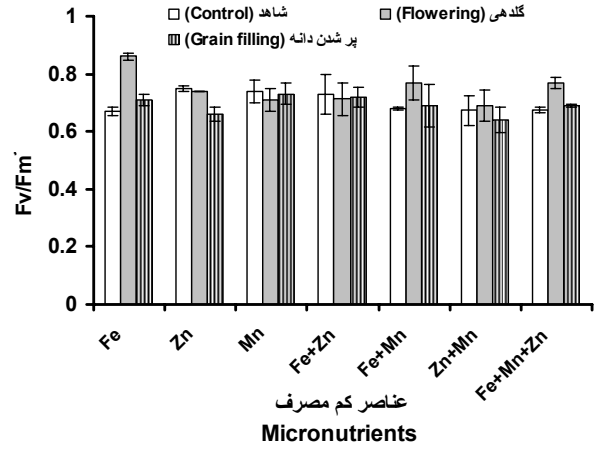
Means in each column and for each treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% of probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]



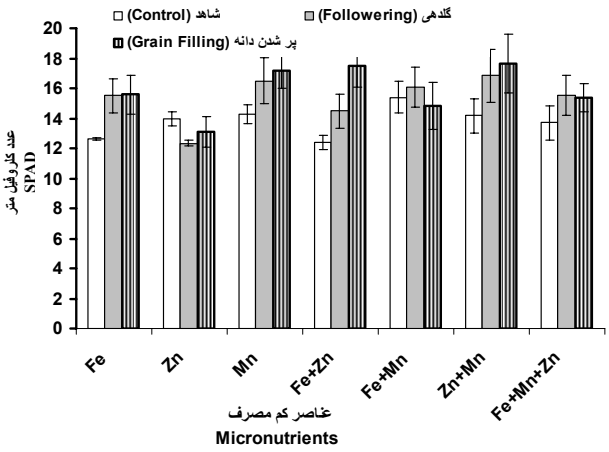
شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد دانه آفتابگردان

Fig 1. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on grain yield in sunflower



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر میزان فلورسانس کلروفیل در آفتابگردان

Fig 2. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on chlorophyll fluorescence in sunflower



شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر عدد کلروفیل متر در آفتابگردان

Fig 3. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on SPAD chlorophyll value in sunflower

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی آفتابگردان درتیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی عناصرکم مصرف

Table 4- Correlation coefficients between grain yield and physiological parameters in sunflower in water stress and foliar micronutrient application treatments

Plant characteristic	صفات گیاهی	1	2	3	4	5	6	7	8
(1) Grain yield	عملکرد دانه	1							
(2) Chlorophylla fluorescence	فلورسانس کلروفیل	-0.082 ns	1						
(3) SPAD value	عددکلروفیل متر	0.182 ns	-0.044 ns	1					
(4) Proline	پرولین	-0.115 ns	0.179 ns	0.084 ns	1				
(5) Carbohydrate	کربوهیدرات‌ها	-0.27*	0.23*	0.074 ns	0.14 ns	1			
(6) Fe	آهن	0.27*	-0.116 ns	0.17*	0.08 ns	0.06 ns	1		
(7) Zn	روی	0.23*	-0.16 ns	0.142 ns	0.31*	0.14 ns	-0.02 ns	1	
(8) Mn	منگنز	0.25*	-0.02ns	0.24*	0.039 ns	0.095 ns	0.15 ns	-0.07 ns	1

ns: Non-significat — ns : غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively — * و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

فلورسانس آن همبستگی منفی وجود داشت (جدول ۴).

ج- تنظیم کننده‌های اسمزی

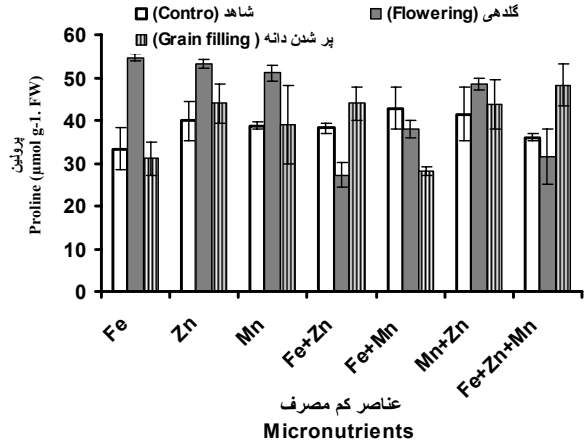
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی داری بر میزان تجمع کربوهیدرات ها و پرولین در آفتابگردان داشت (جدول ۲). بالاترین میزان کربوهیدرات ها با میانگین های ۱۲/۴ میکروگرم گلوکز در گرم وزن تر و پرولین با میانگین ۴۳/۴ میکرومول در گرم وزن تر در زمان اعمال خشکی در مرحله گلدهی بدست آمد (جدول ۳). نتایج تحقیقات هیر(Heuer, 1994) نشان داد که تجمع پرولین درتمام اندام های گیاهی در طی تنش خشکی افزایش می یابد، با این وجود میزان تجمع آن در برگ ها بیش از سایر اندام هاست. پرولین اسیدآمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم بوده و احتمالا در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول های درون سلول در طی تنش خشکی نقش موثری دارد. گود و زاپل چینیسکی (Good and Zaplachiniski, 1994) اعلام کردند که تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت های سبز گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی می تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم نماید. اما اتکای گیاهان به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی هزینه بر بوده و باعث کاهش عملکرد آن می شود. نتایج بدست آمده در این آزمایش نیز بیانگر وجود همبستگی معنی دار و منفی بین این تجمع کربوهیدرات ها و پرولین با عملکرد دانه آفتابگردان بود (جدول ۴).

تیمارهای محلول پاشی اثر معنی داری بر سنتز و تجمع کربوهیدرات ها و پرولین در این رقم از آفتابگردان داشت (جدول ۲). تیمارهای کودی b_2 (روی) و b_7 (آهن+روی+منگنز) به ترتیب دارای بیشترین تاثیر بر سنتز و تجمع پرولین و کربوهیدرات ها بودند (جدول ۳). براساس نظر مارشنر (Marschner, 1995) عناصر آهن، روی و منگنز در فرآیند فتوسنتز و تولید کربوهیدرات ها دخالت دارند. در این آزمایش نیز مشخص گردید که تیمار ترکیبی این سه عنصر بیشترین تاثیر بر تولید کربوهیدرات ها در آفتابگردان داشتند (جدول ۳). در بین این سه عنصر، منگنز در متابولیسم کربوهیدرات و سنتز چربی ها نقش داشته و درسنتز پروتئین‌ها نیز به کار می رود. عنصر روی نیز در سنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین ها نقش دارد. همانطور که در این آزمایش نیز مشاهده شد، ترکیبات اسمزی مانند کربوهیدرات ها و پرولین در تیمار تلفیقی عناصر روی، آهن و منگنز در مقایسه با تیمار منفرد آنها، افزایش بیشتری داشتند.

علاوه بر اثرات ساده هر کدام از تیمارهای خشکی و محلول پاشی عناصر، اثرات متقابل آن دو نیز تاثیر معنی داری بر سنتز و تجمع این دو ترکیب در

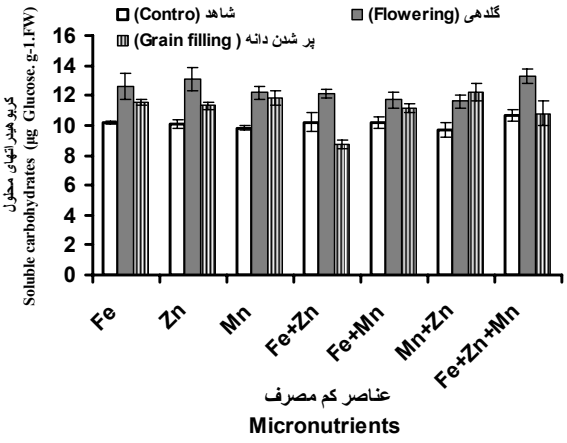
[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

آفتابگردان داشت (جدول ۲). در این آزمایش پرولین در تیمار W_2b_1 (تنش خشکی در مرحله گلدهی و تیمار کودی آهن) و کربوهیدرات در تیمار W_2b_7 (تنش خشکی در مرحله گلدهی و تیمار کودی روی+آهن+منگنز) دارای بیشترین غلظت در بافت سبز برگ ها بودند (شکل‌های ۵ و ۶).



شکل ۴- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر میزان پرولین برگ در آفتابگردان

Fig 4. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on leaf praline content in sunflower



شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر میزان کربوهیدرات های محلول برگ در آفتابگردان

Fig 5. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on leaf soluble carbohydrates in sunflower

دلانی و همکاران (Delaney *et al*., 1993) اعلام کردند عناصر روی و منگنز بخصوص در ارقام متحمل به خشکی در شرایط تنش نقش افزایش دهنده در فرآیند تنظیم اسمزی (بواسطه افزایش میزان پرولین و یا قندهای محلول) دارند. پرولین بطور کلی از دو مسیر عمده ساخته می شود: مسیر گلوتامات که آنزیم های آن در سیتوپلاسم قرار دارند و مسیر اورنتین که آنزیم‌های آن در میتوکندری واقع هستند. مسیر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

گلوتامات در گیاهان آلی اهمیت بیشتری دارد و به نظر می رسد آنزیم های کلیدی این مسیر به محلول پاشی روی و آهن واکنش مثبت نشان می دهند (Delaney *et al*., 1993).

مارشنر (Marschner, 1995) اعلام کرد که عنصر روی نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین وکربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشاء در مقابل رادیکال های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با سازگاری گیاهان به تنش ها دارد. نامبرده نقش آهن و منگنز و ویلسون همکاران (Wilson *et al*., 1982) نقش منگنز در تولید کربوهیدرات ها را گزارش کرده اند. در این آزمایش نیز مشخص گردید که حتی در شرایط تنش خشکی ترکیب این سه عنصر بالاترین تاثیر را در سنتز کربوهیدرات ها داشته اند.

د- میزان عناصر غذایی

نتایج تجزیه آماری داده ها نشان داد که تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف تاثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در دانه داشته است (جدول ۲). در این بین بجز منگنز اثر متقابل تنش خشکی و عناصر کم مصرف در مورد آهن و روی معنی دار بود. مقایسه میانگین ها نشان داد که برخلاف عنصر روی، بیشترین میزان عناصر آهن و منگنز در تیمار شاهد و کمترین آنها در طی اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ها بوده است (جدول ۳). موحدی دهنوی (Movahdi Dehnavi, 2001) نیز افزایش میزان روی در مرحله پر شدن دانه ها را در گلرنگ در شرایط تنش خشکی گزارش کرد. براساس نظر این محقق، تنش خشکی در مرحله زایشی انتقال عناصرآهن و منگنز به دانه را محدود می کند. در پژوهش حاضر نیز مشخص گردید که با اعمال تنش خشکی در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه ها از میزان این عناصر نسبت به تیمار شاهد در دانه ها کاسته می شود.

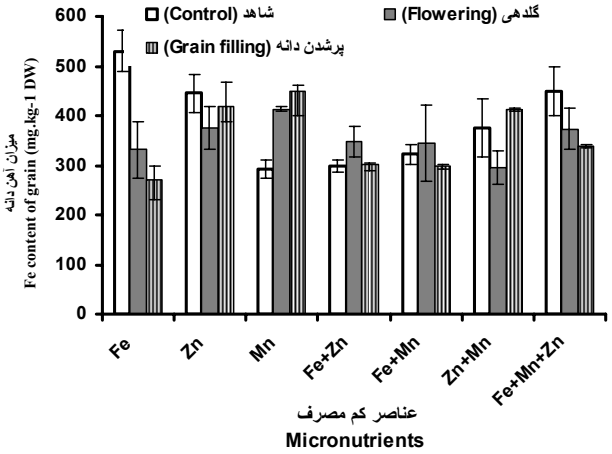
عناصر کم مصرف بصورت منفرد و یا ترکیبی، باعث افزایش میزان عناصر آهن، روی و منگنز در دانه شدند. در این بین، بیشترین میزان آهن دانه در تیمار b_1 (آهن)، روی در تیمار b_7 (آهن+روی+منگنز) و منگنز در تیمار b_3 (منگنز) بدست آمد (جدول ۳). برخلاف دو عنصر آهن و منگنز که محلول پاشی منفرد آنها باعث افزایش آنها در دانه گردید، در مورد روی، تیمار ترکیبی آهن+روی+منگنز حدود ۱۰/۸ درصد بیشتر از تیمار محلول پاشی منفرد روی باعث افزایش آن در دانه شد. بنظر می رسد که سه عنصر آهن، روی و منگنز در زمان استفاده توام اثر تشدید کننده ای بر جذب روی داشته اند.

علاوه بر اثرات ساده هر کدام از تیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی، اثرات متقابل آن دو نیز اثر معنی داری بر میزان آهن و منگنز در دانه داشت (جدول ۲). در این آزمایش میزان آهن دانه در تیمار W_1b_1 (تنش خشکی در تیمار شاهد و محلول پاشی آهن) و منگنز در تیمار W_3b_2 (تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه و محلول پاشی منگنز) دارای بیشترین غلظت در دانه بودند (شکل های ۶ و ۷).

تجزیه همبستگی نشان داد که عناصر آهن، روی و منگنز همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشتند. به نظر می رسد که این موضوع به علت تاثیر مثبت آنها بر افزایش عملکرد بیولوژیکی، میزان کربوهیدرات ها، پرولین و کلروفیل بوده است. این عناصر همچنین با کاهش میزان فلورسانس کلروفیل (همبستگی منفی) باعث افزایش کارایی فتوسنتز در گیاه شدند. براساس نظر مارشنر (Marschner, 1995) عناصر کم مصرف تاثیر مثبت بر فتوسنتز در گیاهان دارند.

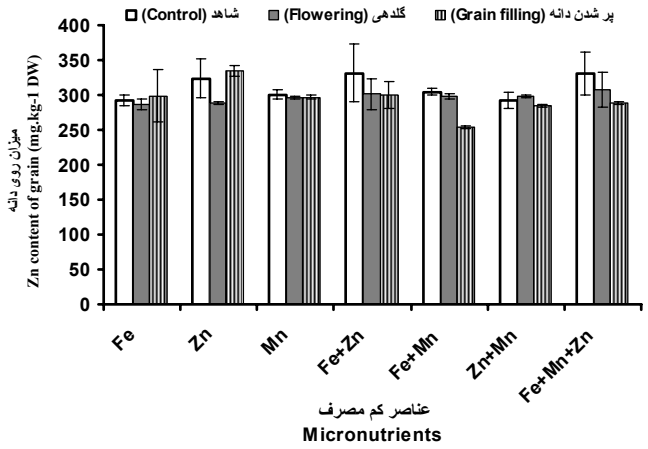
از نتایج بدست آمده در این آزمایش می توان نتیجه گیری کرد که تنش خشکی در هر دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه ها اثر معنی داری بر کاهش عملکرد دانه آفتابگردان رقم آلستر دارد. اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ها بیشتر بوده است. هر چند که بیشترین میزان فلورسانس کلروفیل و غلظت دو تنظیم کننده اسمزی (کربوهیدرات‌ها و پرولین) در مرحله گلدهی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]



شکل ۶–اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر میزان آهن دانه در آفتابگردان

Fig 6. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on Fe content of grain in sunflower



شکل ۷–اثر متقابل خشکی ومحلول پاسی عناصر کم مصرف بر میزان روی دانه

Fig 7. Interaction effect of water stress and foliar micronutrient application on Zn content of grain in sunflower

بدست آمد، اما به علت کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و نیز عدم جذب کافی عناصر کم مصرف بخصوص منگنز، اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ها بیشتر از مرحله گلدهی بود. در بین عناصر کم مصرف، عنصر منگنز بصورت منفرد و یا ترکیبی، بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه و سایر ویژگی های فیزیولوژیک مورد ارزیابی در این آزمایش را دارا بود.

منابع مورد استفاده

References

Aghei Sarbarzeh, M. 1995. Effect of Zn on yiled and relation on drought resistance in durum wheat. Agricultural Research Center of Kermanshah Press. (In Persian).

Anjum, F., M. Yaseen., E. Rasool., A, Wahid and S. Anjum. 2003. water stress in barley *(Hordeum vulgare*

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

L.) II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. Pak. J. Agri. Sci. 40(1-2) 41-49.

Bates, L. S., R. P. Waldern and E. D. Teare.1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Delaney, A. J., C. A. A. Hu, K. P. B. Kishor and D. P. S. Verma. 1993. Cloning ornithine-aminotransferase cDNA from V*igna anconitifolia* by trans-complementation in *Escherichia coil* and regulation of proline biosynthesis. J. Biolo Chem. 268: 18673-18678.

Flagella, Z., D. Pastore, R. G. Campanile and N. Di Fonzo. 1995. The quantum yield or photosynthetic electron transport evaluated by cholophyll fluorescence as indicator of drought tolerance in durum wheat. J. Agric. Sci. Cambridge 125(3) 325-329.

Good, A. and S. Zaplachiniski. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum 90: 9–14.

Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. J. Sci Horticulturae 78: 127-157.

Heidari, M. 2006. Response of Plants to Environmental Stress. Arass Rayaneh Press. (In Persian).

Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. pp 363-481. In: M. Pessarkli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Pub. New York.

Khanna-Chopra, R. 1999. Osmotic adjustment and yield stability in wheat genotypes and species grown in water-limited environments. J. Plant Biol. 26: 173-178.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.

Movahdi Dehnavi, M. **2001.** Effect of water stress and foliar micronutrient application on qualtative and quantative traits in safflower. Ph.D Thesis, University of Tarbait Modaress. (In Persian).

Murillo-Amadot, B. E., R. Troyo-Dieguez, A. Lopez-Aguilar, C. L. Lopez-Cortes, H. G. Tinoco-Ojanguri and C. Kaya. 2002. Matching physiological traits and ion concentrations associated with salt stress in cowpea genotypes. Aust. J. Agric. Res. 53: 1243-1255.

Parakas, A., N. Nikolaou, E. Ziaoziou, K. Radoglou and B. Noitsakis. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. Plant Sci. 163: 361-367.

Reddy, A. R., K. V. Chaitanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant Physiol. 161: 1189-1202.

Schlegel, H. G. 1956. Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Planta 47: 510-515.

Vazan, S. 2000. Evaluation of chlorophyll fluorescence and photosynthesis efficiencies in *Beta vulgaris* genotypes under drought and non drought stress. Ph.D Thesis, Islamic Azad University, Oloum Thahghighat Tehran. (In Persian).

Whitfield, D. M., D. J. Cornner and A. J. Hall. 1989. Carbon dioide balance of sunflower subjected to water stress during grain filling. Field Crops Res. 20: 65-81.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

Wilson, D. O., F. C. Boswell, K. Ohki, M. B. Parker, L. M. Shuman and M. D. Jellum. 1982. Change in soybean seed oil and protein as influenced by manganese nutrition. Crop Sci. 22: 948-952.

Yordanov, I., V, Velikova and T. Tsonev. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue. 187-206.

Zhao, G. Q., B. L. Ma and C. Z. Ren. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Sci. 47: 123-131.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]

Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.)

Babaeian, M.[1], M. Heidari[2] and A. Ghanbari[3]

ABSTRACT

Babaeian, M., M. Heidari and A. Ghanbari. 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological caharctersitics and nutrient uptake in sunflower **(***Helianthus annus* L.**). Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (4) 377-391. (In Persian)**

To study the effect of foliar micronutrient application under water stress conditions at two stages of growth on chlorophyll fluorescence, chlorophyll, proline and carbohydrates content, nutrient uptake and relation between them with grain yield of sunflower (*cv*. Alster), a field experimental in split plot design with three replications was conducted at the University of Zabol, in 2007 growing season.. Wter stress at three levels (control, flowering and grain filling stages) were assigned as main plots and seven micronutrient treatments; Fe, Zn, Mn, Fe+Zn, Fe+Mn, Zn+Mn and Fe+Zn+Mn, were randomized in sub-plots. Results showed that water stress at two stages of growth significantly reduced grain yield. The impact of water stress was more pronounced when applied at grain filling and grain yield decreased by about %24.3. Foliar micronutrient application increased grain yield in water stress and application of Mn had the highest positive effect on grain yield. Chlorophyll fluorescence, free proline and total soluble carbohydrates content increased in water stress condition at both stages of growth. The highest concentration of these components were found in the flowering stage. Foliar application of micronutrients increased accumulation of these components, the highest chlorophyll fluorescence was found in Fe, chlorophyll in Fe+Mn, proline in Zn and carbohydrate in Fe+Zn+Mn treatments. In this study, the highest content of Fe and Mn elements were found in non-water stress (control) and the lowest of these elemnets were observed in water stress at the grain filling stage. It can be concluded that water stress at the grain filling stage had the most effect on reducing grain yield of sunflower. Although the highest chlorophyll fluorescence and concentrations of the osmotic regulators (carbohydrates and proline) were found in water stress at the flowering stage. Since water stress at the grain filling stage reduced the uptake of micronutrients, particularly Mn, therefore its effect on sunflower was more pronounced than water stress at the flowering stage.

Key words: Water stress, Micronutrient, Physiological caharcteristics, Osmotic adjustment and Sunflower

Received: April, 2009 Accepted: January, 2010

1- Former MSc student, The University of Zabol, Zabol, Iran
2-Assistant Prof., The University of Zabol, Zabol,Iran(Corresponding author) (Email: haydari2005@yahoo.com)
3- Associate Prof., The University of Zabol, Zabol, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.2.5]