Archive of SID

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۹۷
۷۷-۹۰
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:

اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد آفتاب‌گردان

راحله عرب[۱]، *علیرضا یدوی[۲]، حمیدرضا بلوچی[۲] و حمیدرضا خادم حمزه[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه یاسوج، [۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، [۳]مربی پژوهشی تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: آفتاب‌گردان یکی از پنج گیاه روغنی مهم ایران بوده که به‌دلیل داشتن مقاومت نسبی در برابر خشکی و بالا بودن کیفیت روغن (عدم وجود کلسترول) سطح وسیعی از اراضی کشور را به کشت خود اختصاص می‌دهد. تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود. کاربرد عناصر کم مصرف یکی از راه‌های کاهش اثرات منفی تنش رطوبتی بر گیاهان زراعی می‌باشد. این پژوهش به‌منظور بررسی پاسخ آفتاب‌گردان به محلول‌پاشی کودهای کم‌مصرف آهن و روی در شرایط تنش خشکی و ارزیابی نقش این عناصر در کاهش خسارات ناشی از تنش و تحمل گیاه به تنش خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان فارس در بهار و تابستان ۱۳۹۳ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دور آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به‌عنوان کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب (شاهد)، سولفات آهن سه گرم در لیتر، سولفات روی سه گرم در لیتر و ترکیب سولفات آهن و سولفات روی هرکدام به میزان سه گرم در لیتر) به‌عنوان کرت فرعی به‌کار برده شدند. در این آزمایش صفات فیزیولوژیک (محتوای کلروفیل، پرولین، قندهای محلول، محتوای آب نسبی و درصد نشت الکترولیت برگ) و صفات مورفولوژیک (شاخص سطح برگ و ارتفاع) به‌همراه عملکرد دانه ارزیابی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثرات اصلی دور آبیاری و محلول‌پاشی برای تمامی صفات مورد ارزیابی معنی‌دار گردید؛ ولی برهم‌کنش آن‌ها تنها برای صفات میزان پرولین و قندهای محلول برگ معنی‌دار شد. تأخیر در آبیاری از ۶۰ میلی‌متر به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر باعث کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل، عملکرد دانه، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ به‌ترتیب ۵/۶، ۳۱/۲، ۳۷/۵، ۱۷ و ۳۷ درصد گردید. همچنین این میزان تأخیر در آبیاری باعث افزایش ۲۰ درصدی نشت الکترولیت برگی شد. در بین تیمارهای محلول‌پاشی نیز، محلول‌پاشی عناصر آهن و

*مسئول مکاتبه: Yadavi@yu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

روی باعث افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه و روغن و همچنین کاهش معنی‌دار میزان نشت الکترولیت برگی نسبت به تیمار شاهد شد. مقایسه میانگین برهم‌کنش دور آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان پرولین و قندهای محلول برگ نشان داد که در هر سه سطح آبیاری کاربرد توأم آهن و روی باعث افزایش این صفات گردید.

نتیجه‌گیری: محلول‌پاشی عناصر آهن و روی موجب بهبود صفات مورد اندازه‌گیری، تحت شرایط تنش رطوبتی گردید. از این‌رو، افزایش متابولیت‌ها به‌ویژه قندهای محلول برگ و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در اثر محلول‌پاشی این دو عنصر، می‌تواند تأثیر مثبتی بر سازوکارهای تحمل به خشکی و افزایش عملکرد دانه و روغن آفتاب‌گردان داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: پایداری غشاء، پرولین، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، قند محلول

مقدمه

آفتاب‌گردان یکی از پنج گیاه روغنی مهم ایران بوده که به‌دلیل داشتن مقاومت نسبی در برابر خشکی، بالا بودن کیفیت روغن (عدم وجود کلسترول) و امکان کشت آن به‌عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو سالانه بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص می‌دهد (٤). تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. کاهش سطح برگ، خود می‌تواند ناشی از تغییر فرآیندهایی درونی گیاه باشد که عمدتا مربوط به فتوسنتز است. پاندی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند که کاهش آبیاری در اوایل رشد رویشی، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و سرعت رشد گیاه و ماده خشک گیاه ذرت به مقدار کمی کاهش داد، ولی در مرحله رشد زایشی، باعث کاهش شدید این صفات شد (٢٤). گیاهان با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی خود ایجاد می‌کنند، به تنش‌های مختلف پاسخ می‌دهند. دانشمند و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تنش آب بر محتوای نسبی آب برگ دو رقم کلزا گزارش کردند که کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش، زمینه کاهش فتوسنتز برگ را فراهم می‌کند و به تبع آن کم‌ترین میزان عملکرد دانه را باعث می‌شود (۸). کاهش پتانسیل آب برگ در اثر تنش خشکی بسته شدن روزنه‌ها را به دنبال داشته و با توجه به جذب نور می‌تواند تولید گونه‌های فعال اکسیژن (رادیکال‌های آزاد) را به دنبال داشته باشد که باعث صدمه دیدن غشاء سلولی می‌شود. در همین رابطه میراخوری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی در گیاه سویا به واسطه تولید گونه‌های فعال اکسیژن و خسارت غشاء سلولی، میزان نشت الکترولیت از سلول‌های برگ افزایش پیدا کرد (۱۸). تجمع محافظت‌کننده‌های اسمزی یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ گیاهان در مقابل تنش‌های غیرزنده است. عابدی باباعربی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند تنش خشکی سبب افزایش میزان پرولین و قندهای محلول کل برگ در همه مراحل رشد گلرنگ شدند (۱). بابائیان و همکاران (۲۰۱۱) نیز اظهار داشتند که نسبت به آبیاری کامل، تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پر شدن دانه آفتاب‌گردان، افزایش معنی‌دار محتوای پرولین برگی را باعث شده است (٦). شرایط تنش کاهش میزان فتوسنتز به‌علت بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد

www.SID.ir

Archive of SID

فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها از مهم‌ترین اثرات خشکی بر عملکرد گیاهان است (۲۹). عناصر کم‌مصرف با وجود این‌که به مقدار کم موردنیاز گیاهان می‌باشند؛ ولی نقش‌های برجسته‌ای در رشد و نمو گیاهان به‌عهده دارند که از جمله نقش آن‌ها در فعالیت آنزیمی، رشد، تمایز سلولی، تشکیل گل، میوه و بهبود کیفیت محصول را می‌توان ذکر کرد (۱۷). همچنین نقش اساسی این عناصر به‌خصوص آهن، مس، بر، روی و منگنز در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفات، امراض و تنش‌های محیطی در خور اهمیت است (۲۱). عنصر روی جزیی از ساختار چندین آنزیم است و همچنین به‌عنوان کوفاکتور برای فعالیت برخی آنزیم‌ها موردنیاز است. با وجود نیاز کم گیاهان به عنصر روی، نبود مقدار کافی از این عنصر در داخل خاک سبب می‌شود، گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی رنج ببرند (۱۷). تحقیقات پوتارزیچی و گرزبیز (۲۰۰۹) نشان داد که عنصر روی موجب افزایش مقدار کلروفیل موجود در واحد سطح برگ می‌شود و بازدهی کلروپلاست در جذب انرژی خورشیدی را افزایش داده و موجب بازدهی مطلوب‌تر فتوسنتز در گیاه می‌شود که این امر می‌تواند سبب افزایش ارتفاع بوته گیاه شود (۲۶). آهن در ساخت کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز نقش حیاتی دارد و فردوکسین، پروتئین حامل آهن است که در انتقال الکترون درگیر است، بنابراین طبیعی است که با افزایش مقدار آهن در برگ میزان کلروفیل برگ نیز افزایش یافته، فعالیت فتوسنتزی بیش‌تر شده و در نهایت موجب افزایش سطح برگ و عملکرد شود (۱۷). در شرایط تنش با افزایش آهن در برگ میزان کلروفیل برگ نیز افزایش یافته، فعالیت فتوسنتزی بیش‌تر شده و در نهایت سطح برگ افزایش می‌یابد (۱۷). آزمایش ادولی و انیماشون (۲۰۰۷) نشان داد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در شروع گل‌دهی سویا باعث افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش خشکی گردید و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه را باعث شد (۲۳). این پژوهش به‌منظور بررسی پاسخ آفتاب‌گردان به محلول‌پاشی کودهای کم‌مصرف آهن و روی در شرایط تنش خشکی و ارزیابی نقش این عناصر در کاهش خسارات ناشی از تنش و تحمل گیاه به تنش خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (ایستگاه زرقان) با مختصات جغرافیایی ۲۹ درجه و ٤٦ دقیقه طول شرقی ۵۲ درجه و ٤۳ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ١٦٠٤ متری از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بارخردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم‌های آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح: آبیاری پس از تبخیر ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر آب از تشتک تبخیر کلاس A و تیمارهای محلول‌پاشی در چهار سطح محلول‌پاشی آب (شاهد)، محلول‌پاشی سولفات آهن (ساخت شرکت Merck آلمان) ۳ گرم در لیتر، سولفات روی (ساخت شرکت Merck آلمان) سه گرم در لیتر و ترکیب سولفات آهن و سولفات روی هرکدام به میزان سه گرم در لیتر به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. محلول سولفات روی و سولفات آهن به‌ترتیب از انحلال سه گرم سولفات روی ۹۹ درصد ($ZnSo_4.7H_2o$) و سولفات آهن ۹۹ درصد ($FeSo_4.7H_2o$) در یک لیتر آب تهیه گردید. تیمارهای محلول‌پاشی در دو نوبت (مرحله ۸-٦ برگی و ۱۲-۱۰ برگی) انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

محلول‌پاشی با دستگاه سمپاش دستی ۱۲ لیتری پشتی با نازل مخروطی شکل (مدل سولو کد ٤٦٢ ساخت کشور آلمان با فشار سه بار) به میزان ۱/۵ لیتر در هر کرت (به مساحت ١٤/٤ مترمربع) انجام شد. شروع اعمال تیمارهای آبیاری نیز در مرحله ٦ برگی صورت گرفت که فواصل آبیاری بر اساس میزان تبخیر روزانه از تشتک تبخیر برای تیمارهای مختلف آبیاری متفاوت بود. آبیاری نیز به‌صورت جوی و پشته‌ای اعمال می‌گردید. هر کرت آزمایشی شامل چهار پشته به عرض ٦٠ سانتی‌متر و طول ٦ متر بود. فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر، فاصله بین کرت‌های فرعی ٦٠ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۳ متر لحاظ گردید. زمین مورد آزمایش در سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بوده و در بهار و ۱۰ روز قبل از کاشت توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد و پس از شخم مقادیر کود توصیه شده (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) به زمین افزوده شد. کود اوره در سه مرحله یک مرحله قبل از کاشت و دو مرحله بعد از کاشت (مرحله ٦-٤ برگی و مرحله ستاره‌ای) داده شد (٤). بذر آفتاب‌گردان کشت شده نیز از رقم هایسان ۲۵ بود که یک رقم روغنی با طول دوره رسیدگی متوسط رس بود. کاشت بذر نیز به صورت هیرم‌کاری و کپه‌ای (سه بذر در هر کپه) در ۱۵ خرداد ماه صورت گرفت که پس از سبز شدن بوته‌های اضافی حذف گردید و در هر نقطه یک بوته باقی ماند. به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیک، در مرحله گل‌دهی از هر کدام از تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌برداری‌ها از دو برگ بالایی کامل شده بوته‌ها و معمولا قبل از انجام آبیاری انجام شدند. برای اندازه‌گیری پرولین از روش پاکوئین و لچاژر (۱۹۷۹)، قندهای محلول از روش ایریگوئن و همکاران (۱۹۹۲)، میزان کلروفیل موجود در برگ گیاه به روش آرنون (۱۹٦۷)، انجام شد (۲۵، ۱۳ و ۵).

به‌منظور اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها مطابق روش بلترانو و رانکو (۲۰۰۸) از برگ‌های هر نمونه (بین رگبرگ‌ها) ۱۰ دیسکت دایره‌ای (به قطر ۰/۸ سانتی‌متر) تهیه شد و با آب مقطر شستشو، سپس در داخل لوله های آزمایش حاوی ۱۰ سی‌سی آب مقطر به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. بعد از گذشت ٢٤ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مدل Inolab-Cond 720 ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد (EC_1). به‌منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول‌ها، لوله‌های آزمایش در حمام آب جوش با دمای ۹۰ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شدند و مجددا هدایت الکتریکی نمونه‌ها بعد از سرد شدن اندازه‌گیری شدند (EC_2). درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شدند (۷):

رابطه (۱)

$$\text{درصد نشت الکترولیت} = (EC_1/EC_2)\times 100$$

از برگ‌های انتخابی از هر کرت مطابق روش تئولات و همکاران (۱۹۹۷) با استفاده از رابطه شماره (۲) محتوای آب نسبی برگ (RWC) به‌دست آمد (۳۳).

رابطه (۲)

$$RWC\ (\%) = ((FW-DW)/\ (TW-DW))*100$$

که در آن FW وزن تر بافت گیاه، DW وزن خشک بافت گیاه، و TW وزن آماس یافته بافت گیاه است. پس از نمونه‌گیری برگی به‌ترتیب وزن تر، وزن آماس و وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن آماس‌یافته برگ، برگ‌ها در ظروف پتری‌دیش سربسته

www.SID.ir

Archive of SID

و حاوی آب مقطر و تاریک با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ٤ ساعت قرار گرفتند، سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، برگ‌ها به‌مدت ٤٨ ساعت در درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن شدند.

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، در مرحله گلدهی ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع و سطح برگ آن‌ها (به‌وسیله دستگاه سطح برگ‌سنج مدل LiCor-3100) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از حذف دو خط حاشیه هر کرت و ۵۰ سانتی‌متر از هر طرف کرت، طبق‌ها از سطحی معادل ۳ مترمربع برداشت گردید. با جدا کردن دانه‌ها از طبق‌ها عملکرد دانه محاسبه گردید. آنالیز داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physicochemical characteristics of the experiment site soil.

بافت خاک Soil texture	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر p	نیتروژن (درصد) N (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter %	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
				(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)									
لومی سیلتی Lomy Silty	14	54	32	7.9	1.1	0.8	7.9	314	12	0.09	1.7	8.0	0.97

نتایج و بحث

نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن‌ها بر میزان پرولین برگ می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش دور آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان پرولین برگ آفتاب‌گردان نشان داد که در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی با تأخیر در آبیاری میزان پرولین روند صعودی پیدا کرد و در هر سه سطح آبیاری محلول‌پاشی عناصر، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد در این صفت ایجاد کردند به‌طوری‌که در سطوح آبیاری پس از ٦٠ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بیش‌ترین مقدار پرولین مربوط به محلول‌پاشی سولفات آهن + روی بود و در سطح آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر حداکثر پرولین مربوط به محلول‌پاشی سولفات آهن بود (جدول ۳). با توجه به نقش عناصر آهن و روی در آنزیم‌های مختلف مسیرهای متابولیسمی فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها و همچنین نقش آن‌ها به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌های مختلف این نتایج قابل توجیه می‌باشد (۱۷). نیاکان و قربانلی (۲۰۰۷) بیان کردند که با تشدید میزان تنش در سویا، مقدار کل پروتئین‌های محلول، هم در بخش هوایی ساقه و برگ و هم در ریشه، کاهش یافت که این روند با افزایش غلظت پرولین همراه بود. آنان افزایش پرولین را به کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نیز نسبت دادند؛ چرا که آنزیم نیترات ردوکتاز حساس به تغییرات وضعیت رطوبت برگ بوده و فعالیت آن با کاهش شدید پتانسیل آبی در برگ، مهار می‌شود (۲۲). بابائیان و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که با اعمال تنش خشکی میزان پرولین تغییر یافت و بیش‌ترین مقادیر آن‌ها در تیمار خشکی مرحله گل‌دهی آفتاب‌گردان به‌دست آمد (٦). عابدی باباعربی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی با

www.SID.ir

Archive of SID

سولفات روی به نسبت سه در هزار در دو مرحله بعد از ساقه رفتن گلرنگ، سبب افزایش معنی‌دار محتوای پرولین برگ در شرایط تنش خشکی شد (۱).

سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر میزان قندهای محلول برگ آفتاب‌گردان داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش دور آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان قندهای محلول برگ آفتاب‌گردان نشان داد که در تمامی تیمارهای محلول‌پاشی با تأخیر در آبیاری میزان قندهای محلول روند صعودی پیدا کرد و محلول‌پاشی سولفات آهن+ روی در دو سطح آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین میزان قند محلول برگ را باعث شده و در سطح آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر، بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به محلول‌پاشی سولفات روی بوده است (جدول ۳). قندهای محلول طی تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول و تبدیل به قندهای محلول، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی و متوقف شدن رشد افزایش یابد. نتایج آزمایش بابائیان و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که با اعمال تنش خشکی میزان کربوهیدرات‌های محلول تغییر یافت و بیش‌ترین مقادیر آن‌ها در تیمار خشکی مرحله گل‌دهی به‌دست آمد (٦). سعیدی ابواسحقی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که محلول‌پاشی با سولفات آهن و روی باعث تجمع بیشتر قندهای محلول در لوبیای قرمز شد (۳۰). با توجه به نقش عناصر آهن و روی به‌عنوان کوفاکتور برخی از آنزیم‌های دخیل در تولید قندهای محلول تأثیر مثبت محلول‌پاشی این عناصر در افزایش قندهای محلول به‌خصوص در شرایط تنش خشکی دور از انتظار نیست (۱۷).

نتایج حاصله بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان نشت الکترولیت‌ها از برگ بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر نشت الکترولیت‌ها از برگ نشان داد که تأخیر در آبیاری افزایش معنی‌داری را در این صفت ایجاد کرد به‌طوری‌که بیش‌ترین نشت الکترولیت‌ها از برگ در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقدار آن در تیمار آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد. این نتایج همچنین نشان داد که تأخیر در آبیاری تا تبخیر ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ایجاد شرایط تنش رطوبتی نسبت به آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب میزان نشت الکترولیت‌های برگ آفتاب‌گردان را ۱۱/۸ و ۲۰ درصد افزایش داد (جدول ٤). موسوی‌فر و همکاران (۲۰۱۰) نیز در آزمایش خود روی گلرنگ نتیجه مشابهی مبنی بر افزایش میزان نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی ارائه کردند، ایشان گزارش دادند که تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی کاهش‌دهنده فعالیت اکسیژن فعال و افزایش پراکسیداسیون چربی‌های غشاء و در نتیجه خسارت به غشای سلولی می‌شود و میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد (۲۰). مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر درصد نشت الکترولیت نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی با سولفات آهن، سولفات روی و ترکیب سولفات آهن و روی نسبت به تیمار محلول‌پاشی شاهد با آب مقطر مقدار نشت الکترولیت‌های برگ را به‌ترتیب ۵/۱، ۸/۵ و ۲۳/٦ درصد کاهش دادند (جدول ٤). نشت الکترولیت‌های برگ نشان‌دهنده صدمات غشایی می‌باشد که از اکسیداسیون لیپیدهای غشایی در حضور رادیکال‌های آزاد حاصل می‌شود (۱٤). بر این اساس تعادل بین رادیکال‌های آزاد تولیدی و دفاع در برابر این رادیکال‌های آزاد تعیین‌کننده بقاء سیستم گیاهی می‌باشد. ژاگو و اوتیزا (۲۰۰۱) اظهار داشته‌اند عناصر روی و آهن از طریق افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان در

www.SID.ir

Archive of SID

تعدیل رادیکال‌های آزاد و اثرات تخریبی آن‌ها در سیستم‌های غشایی نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۳۵). لذا بر این اساس به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی آهن و روی با افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش رطوبتی از طریق افزایش تولید آنزیم‌های حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد باعث گردید گیاه کمتر با شرایط تنش مواجه شود و در نتیجه درصد نشت کم‌تری داشته باشد. در همین راستا سعیدی ابواسحقی و همکاران (۲۰۱٤) نیز کاهش نشت الکترولیت برگ‌های لوبیا قرمز در اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی را گزارش نموده‌اند (۳۰).

دور آبیاری و محلول‌پاشی بر محتوای آب نسبی برگ آفتاب‌گردان تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر محتوای آب نسبی برگ نشان داد که تأخیر در آبیاری کاهش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد، به‌طوری‌که بیش‌ترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقدار آن در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد. البته بین تیمارهای آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤). طبق گزارش خان و همکاران (۲۰۰۷) گیاهانی که تحت تنش رطوبتی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آن‌ها شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (۱۵). به‌نظر می‌رسد بین میزان محتوای آب نسبی برگ و میزان رطوبت خاک رابطه مستقیم وجود دارد که با کاهش رطوبت خاک و ایجاد تنش، محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد. همچنین، بررسی اثر محلول‌پاشی بر محتوای آب نسبی برگ نشان داد که بیش‌ترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن+روی مشاهده شد که البته با تیمار محلول‌پاشی سولفات روی اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن نداشت (جدول ٤). در همین راستا میثاق و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش نمودند که محلول‌پاشی عناصر روی و بر در شرایط تنش رطوبتی، محتوای آب نسبی برگ کنجد را افزایش داده است (۱۹). به عقیده ویسانی و همکاران (۲۰۱۱) عنصر روی نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها دارد، به‌این دلیل که این عنصر در نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه نقش دارد و از طریق کاهش تلفات آب برگ باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ می‌شود (۳٤). ایشان مشاهده نمودند که تحت تنش خشکی محتوای پتاسیم سلول‌های محافظ روزنه در گیاهان تیمار نشده با عنصر روی کاهش می‌یابد که علت آن را کاهش یکپارچگی غشاء سلول‌های محافظ در شرایط عدم مصرف عنصر روی و در نتیجه نشت پتاسیم از غشای سلولی بیان کردند و این مسئله به کاهش محتوای آب برگ ختم می‌گردد.

دور آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل کل آفتاب‌گردان تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر میزان کلروفیل آفتاب‌گردان نشان داد که تأخیر در آبیاری کاهش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد، به‌طوری‌که در مقایسه با آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر، محتوای کلروفیل برگ آفتاب‌گردان در تیمارهای آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۱۲ و ۳۱/۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ٤). مقایسه میانگین اثر

www.SID.ir

Archive of SID

محلول‌پاشی بر این صفت نیز نشان داد که تمامی تیمارهای محلول‌پاشی عناصر آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ آفتاب‌گردان شده است. به‌طوری‌که، این افزایش برای تیمارهای محلول‌پاشی سولفات آهن، سولفات روی و ترکیب آن‌ها به‌ترتیب برابر ۱۰، ۱۹ و ۱۰/۹ درصد بود (جدول ٤).

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی صفات آفتاب‌گردان در سطوح مختلف دور آبیاری و محلول‌پاشی.

Table 2. Analysis of variance for some traits of sunflower at different levels of irrigation interval and foliar application.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squars									
		پرولین Prolin	قندهای محلول Soluble sugars	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	محتوای آب نسبی RWC	کلروفیل کل Total chlorophyll	عملکرد دانه Grain yield	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ LAI	روغن دانه Seed oil	عملکرد روغن Oil yeild
تکرار Rep	2	0.25ns	0.20ns	45.35ns	0.33 ns	0.001ns	1066.85ns	40.75ns	0.003ns	4.20 ns	317.22ns
دور آبیاری Irrigation Interval(I)	2	81.13**	84.32**	703.59**	57.72**	0.590**	53357.00 **	238.25**	10.040**	54.57**	12836.21**
خطای اصلی Main Error	4	0.70	0.40	22.32	1.38	0.003	722.80	16.98	0.230	1.95	172.23
محلول‌پاشی Foliar application(F)	3	11.35**	4.83**	184.20**	32.12**	0.060**	4626.88**	135.93**	0.520*	23.81**	1623.94**
محلول‌پاشی×دورآبیاری I×F	6	4.52**	4.76**	1.34ns	2.38ns	0.005ns	1335.46ns	21.13ns	0.230ns	15.60**	312.26ns
خطای فرعی Sub Error	18	0.13	0.18	1.92	1.90	0.003	907.73	22.79	0.100	1.18	81.00
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		4.33	2.71	4.65	3.96	4.53	10.34	3.29	8.54	2.70	11.37

ns، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, * and ** not significant, significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively.
LAI=Leaf area index, RWC= Relative water contant

طبق گزارش سینگ (۲۰۰۷) در تنش‌های طولانی‌مدت، دهیدراسیون بافت‌ها منجر به افزایش فرآیند اکسیداتیو شده که باعث زوال ساختار کلروپلاست و کاهش کلروفیل و در نهایت کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود (۳۱). به‌نظر می‌رسد کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش رطوبتی به واسطه اثر کلروفیلاز و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در شرایط خشکی طولانی‌مدت، سنتز کلروفیل کاهش و تخریب آن توسط آنزیم‌هایی چون کلروفیلاز و پراکسیداز افزایش می‌یابد و پایداری کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی، جهت تداوم فتوسنتز ضروری است و این صفت به‌عنوان یک شاخص مقاومت گیاه به تنش خشکی محسوب می‌گردد (۳۲). معلوم شده است که مقدار کلروفیل گیاهان به در دسترس بودن مدوام آهن بستگی دارد و می‌تواند به‌عنوان یک عامل کمکی برای فعال کردن آنزیم نیترات‌ردوکتاز به‌کار رود. با توجه به این‌که عنصر آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی دارد، وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل‌سازی در گیاه می‌گردد و وضعیت گیاه می‌تواند در میزان

www.SID.ir

Archive of SID

فتوسنتز تأثیرگذار باشد. عنصر روی هم در راه‌اندازی برخی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و نیز برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن نقش اساسی دارد (۱۷). مطالعه بابائیان و همکاران (۲۰۱۱) بر روی آفتاب‌گردان نیز نشان داد با محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز میزان کلروفیل کل در برگ به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (٦).

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای دور آبیاری و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته آفتاب‌گردان معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که تأخیر در آبیاری کاهش معنی‌دار این صفت را باعث شده است، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۵۹/۰۲ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین ارتفاع بوته (۱۳۱/۷۷ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد (جدول ٤)، همچنین مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته نشان داد که در تمام تیمارهای محلول‌پاشی عناصر آهن و روی، ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) افزایش یافت ولی بین تیمارهای محلول‌پاشی عناصر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤). رحیمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش دادند که با تأخیر در آبیاری بر اساس تبخیر از تشتک تبخیر، ارتفاع بوته آفتاب‌گردان کاهش معنی‌داری را نشان داد (۲۷). امانیان و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که با مصرف سولفات روی ارتفاع بوته آفتاب‌گردان نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف) افزایش یافت و بیش‌ترین مقادیر این صفات در تیمار ۹۰ کیلوگرم سولفات روی حاصل شد (٤).

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار دور آبیاری و محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ آفتاب‌گردان بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر شاخص سطح برگ نشان داد که تأخیر در آبیاری کاهش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد به‌طوری‌که بیش‌ترین (٤/۷۸) شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین (۳/۰۲) در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد، ولی بین تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤). همچنین بررسی اثر محلول‌پاشی بر شاخص سطح برگ نشان داد که در تمام تیمارهای محلول‌پاشی عناصر آهن و روی شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) افزایش یافت ولی بین تیمارهای محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که اعمال تنش خشکی موجب کاهش شاخص سطح برگ آفتاب‌گردان شد (۹). قطاوی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند در شرایط آبیاری ١٤ روزه و دوبار محلول‌پاشی روی، نسبت به شرایط آبیاری‌های ۸، ۱۰ و ۱۲ روزه ذرت شاخص سطح برگ کاهش معنی‌داری نشان داد (۱۰).

نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای دور آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه آفتاب‌گردان بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه نشان داد که تأخیر در آبیاری کاهش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۵۲/۵۸ گرم در مترمربع) در تیمار آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین عملکرد دانه (۲۲۰/۲۸ گرم در مترمربع) در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد و عملکرد دانه در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر، ۳۷/۵ درصد کاهش داشت (جدول ٤). همچنین بررسی اثر محلول‌پاشی بر عملکرد دانه نشان داد که در تمام تیمارهای محلول‌پاشی عناصر آهن و روی، عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی

www.SID.ir

Archive of SID

با آب) افزایش یافت ولی بین تیمارهای محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤). اغلب نتایج محققین نیز حاکی از تأثیر منفی و معنی‌دار تنش خشکی بر عملکرد دانه به‌خصوص در دوره گلدهی گیاه می‌باشد و قاعدتا برای دستیابی به حداکثر عملکرد می‌بایست از برخورد گیاه با تنش خشکی به‌خصوص در سه مرحله ظهور طبق‌ها، گل‌دهی و شیری‌شدن دانه‌ها اجتناب نمود (۱۲). بابائیان و همکاران (۲۰۱۱) در این رابطه اظهار نمودند که رژیم آبیاری نامطلوب ضمن کاهش سطح برگ‌ها و پیری زودرس آن‌ها، باعث افت عملکرد نیز می‌گردد (٦). ایشان ضمن تأکید بر افزایش عملکرد حاصله از مصرف کودهای کم‌مصرف در آفتاب‌گردان، افزایش سبزینگی و شادابی بیشتر برگ‌های آفتاب‌گردان در تیمارهای تحت مصرف این عناصر را گزارش کردند (٦).

جدول ۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش بین دور آبیاری و محلول‌پاشی برای صفات روغن دانه، پرولین و قند محلول برگ‌های آفتاب‌گردان.

Table 3. The mean comparison of the interaction between irrigation interval and foliar application on oil seed, prolin and soluble sugars of sunflower leaves.

دور آبیاری Irrigation interval	محلول‌پاشی Foliar application	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر برگ) Prolin (µmol g^{-1} leaf fresh weight)	قندهای محلول (میکرومول بر گرم وزن تر برگ) Soluble sugars (mg g^{1} leaf fresh weight)	درصد روغن دانه Oil seed percent (%)
آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر (شاهد) Irrigation after 50 mm evaporation (control)	شاهد Control	5.01 c	11.95 c	39.06 c
	آهن Fe	5.61 bc	12.79 b	42.33 b
	روی Zn	6.13 ab	13.71 a	42.46 b
	آهن + روی Fe+Zn	6.43 a	12.72 b	44.86 a
آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 120 mm evaporation	شاهد Control	7.35 c	13.88 d	36.53 c
	آهن Fe	7.84 c	15.90 c	40.26 b
	روی Zn	8.50 b	16.64 b	42.26 a
	آهن + روی Fe+Zn	10.71 a	17.93 a	43.31 a
آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر Irrigation after 180 mm evaporation	شاهد Control	8.07 d	16.79 c	35.73 c
	آهن Fe	12.76 a	18.43 b	36.73 bc
	روی Zn	11.19 c	17.41 bc	39.13 a
	آهن + روی Fe+Zn	11.95 b	19.48 a	40.20 a

در هر ستون و در هر تیمار رژیم آبیاری میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری بر اساس رویه L.S.Means ندارند.

In each column and in each irrigation level, the means that have at least the same letters are not significantly different by L.S.Means test.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی و برهم‌کنش بین آن‌ها بر میزان روغن دانه بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش بین دور آبیاری و محلول‌پاشی بر میزان روغن دانه نشان داد که در هر سه تیمار دور آبیاری، محلول‌پاشی عناصر آهن و روی نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب) افزایش معنی‌داری در محتوای روغن دانه آفتاب‌گردان ایجاد کردند، به‌طوری‌که این میزان افزایش برای محلول‌پاشی آهن+روی نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب) در تیمارهای آبیاری پس از ٦٠، ١٢٠ و ١٨٠ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب برابر با ١٢/٨، ١٨/٥ و ١٢/٥ درصد بود (جدول ٣).

همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد روغن آفتاب‌گردان نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار دور آبیاری و محلول‌پاشی و عدم تأثیر معنی‌دار برهم‌کنش بین این تیمارها بر صفت مذکور بود (جدول ٢). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر عملکرد روغن نشان داد که تأخیر در آبیاری کاهش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد به‌طوری‌که بیشترین عملکرد روغن (١٤٨/٨٩ گرم در مترمربع) در تیمار آبیاری پس از ٦٠ میلی‌متر تبخیر و کمترین عملکرد روغن (٨٣/٨٢ گرم در مترمربع) در تیمار آبیاری پس از ١٨٠ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد و تأخیر آبیاری از ٦٠ به ١٨٠ میلی‌متر تبخیر، کاهش ٤٣/٧ درصدی عملکرد روغن آفتاب‌گردان را باعث شد (جدول ٤). همچنین، بررسی اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر عملکرد روغن نشان داد که بیشترین عملکرد روغن در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی مشاهده شد که از لحاظ آماری با تیمار محلول‌پاشی روی اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد روغن در تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) مشاهده شد (جدول ٤). قلی‌نژاد و همکاران (٢٠١٢) با بررسی تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی ملایم و شدید (آبیاری پس از تخلیه ٥٠، ٧٠ و ٩٠ درصد آب قابل استفاده خاک) در آفتابگردان گزارش کردند که در شرایط تنش رطوبتی شدید میزان درصد روغن دانه ٤ درصد کاهش یافت که علت آن را افزایش ضخامت پوسته و کاهش نسبت مغز به دانه آفتابگردان بیان کردند (١١). افشانی و همکاران (٢٠١٥) نیز با بررسی اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر کلزا در شرایط کم آبیاری بیان داشتند که بیشترین درصد روغن دانه کلزا از تیمار آبیاری کامل به‌همراه محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بود. که البته بین تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی تفاوت معنی‌داری حاصل نشده است (٢). عناصر آهن و روی باعث افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش تولید کربوهیدرات‌ها شده که از این طریق درصد روغن دانه را افزایش می‌دهند.

عملکرد روغن برابر با حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه است. مکی و همکاران (١٩٩٩) نشان دادند، کاهش زیاد عملکرد روغن ارقام آفتاب‌گردان در تنش شدید خشکی به‌دلیل کاهش ظرفیت دانه‌ها برای تجمع روغن و کاهش درصد روغن دانه‌ها و همچنین کاهش عملکرد دانه است (١٦). افزایش عملکرد روغن در اثر کاربرد عناصر ریزمغذی به‌دلیل نقش آن‌ها به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌های مهم متابولیسمی در فتوسنتز و تولید هورمون‌های گیاهی توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (٣ و ٢٨).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی بر برخی صفات آفتاب‌گردان.

Table 4. Mean comparisons effect of irrigation interval and foliar application on some traits of sunflower.

	تیمارهای آزمایشی Treatments	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	محتوای آب نسبی RWC (%)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1} leaf fresh weight)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	عملکرد دانه Grain yield (g m^{-2})	عملکرد روغن Oil yield (g m^{-2})
آبیاری Irrigation	پس از ٦٠ میلی‌متر تبخیر After 60 mm evaporation	75.89 c	72.77 a	1.41 a	159.02 a	4.78 a	352.58 a	148.89 a
	پس از ١٢٠ میلی‌متر تبخیر After 120 mm evaporation	84.88 b	69.37 b	1.24 b	143.77 b	3.48 b	300.93 b	122.13 b
	پس از ١٨٠ میلی‌متر تبخیر After 180 mm evaporation	91.13 a	68.67 b	0.97 c	131.77 c	3.02 b	220.28 c	83.82 c
محلول‌پاشی Foliar application	محلول‌پاشی با آب (شاهد) (Control)	89.68 a	68.07 b	1.10 c	139.50 b	3.45 b	259.48 b	100.10 c
	آهن Iron	85.08 b	69.32 b	1.21 b	144.66 a	3.78 a	294.44 a	117.11 b
	روی Zinc	82.02 c	71.77 a	1.31 a	148.41 a	3.77 a	298.04 a	124.64 ab
	آهن + روی Iron + Zin	79.09 d	71.92 a	1.22 b	146.83 a	4.04 a	313.08 a	131.28 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد ندارند.

In each column, the means with same letters are not significantly different by LSD test LAI=Leaf area index, RWC= Relative water contant.

نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی عناصر آهن و روی موجب بهبود صفات مورد اندازه‌گیری، تحت شرایط تنش رطوبتی گردید. از این‌رو، افزایش متابولیت‌ها به‌ویژه قندهای محلول برگ و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در اثر محلول‌پاشی این دو عنصر می‌تواند تأثیر مثبتی‌بر سازوکارهای تحمل به خشکی و افزایش عملکرد آفتاب‌گردان داشته باشند.

منابع

1- Abedi Baba-Arabi, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A., and Adhami, E. 2011. Effects of Zn and K foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. J. Crop Prod., 4(1): 75-95. (In Persian)

2-Afshani, S., Amirnia, R., and Hadi, H. 2015. Study effect of foliar application of iron and zinc on yield and yield components of autumn rapeseed (*Brassica napus* L.) under limited irrigation. Iran. J. Field Crops Res., 13(1): 43-52. (In Persian)

3-Ahmadi, J., Seyfi, M.M., and. Amini, M. 2012. Effect of spraying micronutrients Fe, Zn and Ca on grain and oil yield of sesame (*sesamus indicum* l.) Varieties. elec. J. Crop Prod., 5(3): 115-130. (In Persian)

4-Amaniyan, A., Armin, M., and Filekesh, E. 2014. Effect of different zinc amounts application on yield and yield components of sunflower under drought stress conditions. J. Crop Prod. Res., 5(3): 287-298. (In Persian)

5-Arnon, D.I. 1967. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. J. Plant Physiol., 24: 1-15.

6-Babaeian, M., Heidari, M., and Ghanbari, A. 2011. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological cahracteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus*

www.SID.ir

Archive of SID

15-Khan, H., Link, U., Hocking, W., and Stoddard, F. 2007. Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*vicia faba* L.). Plant Soil Sci., 292: 205-217.

16-Mekki, B.B., EL- Kholy, M.A., and Mohamad, E.M. 1999. Yield, oil and fatty acids contents as affected by water deficit and Potassium fertilization in tow sunflower cultivars. Egyptian J. Agr., 21: 67- 85.

17-Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. 2nd edition. Academic Press. UK.

18-Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M.R., Nazeri, P., and Esmaeilpor jahromi, M. 2010. Effect of drought stress and methanol on chlorophyll parameters, chlorophyll content and relative water content of soybean (*Glycine max* L., var. L 17). Iran. J. Field Crops Res., 8(3): 531-541. (In Persian)

19-Misagh, M., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A., and Khadem-Hamze, H. 2014. Effect of zinc and boron foliar application on some physiological traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) under drought stress. 13th Iranian Crop Sci. Congress and 3rd Iranian Seed Sci. Tech. Conference. (In Persian)

20-Moosavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Alahmadi, M., and Hosaini Bojd, M.S. 2010. Effect of deficit irrigation on some morphological characteristics and biological yield of spring safflower cultivars. Environ. Stress Crop Sci., 3(2): 105-114. (In Persian)

21-Mosavi, S.R., Galavi, M., and Ahmadvand, G. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum L.*). Asian J. Plant Sci., 6: 1256- 1260.

22-Niakan, M., and Ghorbanli, M. 2007. The effect of drought stress on growth parameteres, photosynthetic factors, content of protein, Na and K in shoot and root in two soybean cultivars. Bot. J. Iran., 8(1): 17-32. (In Persian)

23-Odeley, F., and Animashaun, M.O. 2007. Effects of nutrient foliar spray on *annus* L.) Iran. J. Crop Sci., 12(4): 377-391. (In Persian)

7-Beltrano, J., and Ronco, M.G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and dewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum.* J. Plant Physiol., 20: 29-31.

8-Daneshmand, A.R., Shirani-Rad, A.H., Nour-Mohammadi, Gh., Zarei, Gh., and Daneshian, J. 2008. Effect of irrigation regiems and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran. J. Crop. Sci., 10(3): 244-261 (In Persian)

9-Ebrahimian, E., and Bybordi, A. 2011. Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. Middle-East J. Sci. Res., 9 (5): 621-627.

10-Ghattavi, H., Moafporian, Gh., and Bahrani, A. 2012. Effect of zinc sulfate spraying and irrigation intervals on yield, yield components and protein content of grain corn. J. Plant Ecophysiol., 4(1)38-48. (In Persian)

11-Gholinezhad, E., Aynaband, A., Hassanzade Ghorthapeh, A., Noormohamadi G., and Bernousi, I. 2012. Effects of drought stress, nitrogen amounts and plant densities on grain yield, rapidity and period of grain filing in sunflower. J. Agric. Sci. Sustain. Prod., 22(1): 129-143. (In Persian)

12- Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., and Da ustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crop Res., 87: 167-178.

13-Irigoyen, J., Emerich, D.W., and Sanchesdiaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant., 84: 55-60.

14-Jiang, Y., and Huang, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Sci., 41: 436-442.

www.SID.ir

Archive of SID

soybean growth and yield (*Glycine max* L.) in south west Nigeria. Aust. J. Crop Sci., 41: 1842-1850.

24-Pandey, R.K., Marienville, J.W., and Chetima, M.M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. Agric. Water Manag., 46(1): 15-27.

25-Paquine, R., and Lechasser, P. 1979. Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Can. J. Bot., 57(17): 1851-1854.

26-Potarzycki, J., and Grzebisz, W. 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. Plant Soil Environ., 55: 519-527.

27-Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H., and Soltani, E. 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. J. Crop. Prod., 3(1): 72-75. (In Persian)

28-Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., and Dharmatti, P.R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*carthamus tinctorius* L.). Karnataka J. Agric. Sci., 21(3): 382-385.

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

30-Saeidi Aboueshaghi, R., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Baluchi, H. 2014. Effect of irrigation intervals and foliar application of iron and zinc on some physiological and morphological characteristics of red bean (*Phaseolous vulgaris* L.). J. Plant Proc. Fun., 3(7): 27-41. (In Persian)

31-Singh, S.H. 2007. Drought resistances in the race Durango dry bean landraces and cultivars. Agr., J., 99(5): 1919-1925.

32-Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Ebrahimzadeh, H. 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iran. J. Agric. Sci., 34(4): 93-106

33- Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A., and This, D. 1997. Relationships between relative water content and growth parameters and water stress in barley, A QTL study. New Physiol., 137: 99-107.

34-Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., and Ghasemi-Golezani, K. 2011. Physiological response of soybean (*Glycine max* L.) to zinc application under salinity stress. Aust. J. Crop Sci., 5: 1441-1447.

35-Zago, M.P., and Oteiza, P.I. 2001. The antioxidant properties of zinc: Interactions with iron and antioxidants. Free Radic. Biol. Med., 31: 266-274.

www.SID.ir