Archive of SID

اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و کم‌آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد، فلورسانس کلروفیل و پارامترهای رشد آفتابگردان

علی قدمی فیروزآبادی[۱] *، علی شاهنظری ، محمود رائینی سرجاز و حمید زارع ابیانه

دکتری آبیاری و زهکشی و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان.
aghadami@gmail.com
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
aliponh@yahoo.com & Raeini@ yahoo.com
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
Raeini@ yahoo.com
دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه بوعلی سینا.
zareabyaneh@gmail.com

چکیده

کم‌آبیاری به‌عنوان یک عامل تنش‌زا بر ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی گیاهان اثر می‌گذارد. آبیاری ناقص ناحیه ریشه (PRD) یکی از مدیریت‌های آبیاری است تا با کاهش مصرف آب شدت تنش وارده بر گیاه را بکاهد. هدف این پژوهش بررسی اثر کم‌آبیاری بر فلورسانس کلروفیل، وزن خشک طبق، ساقه، برگ، نمایه سطح برگ و عملکرد دانه آفتابگردان (Helianths annus L.) رقم آذرگل در اقلیم ساری می‌باشد. این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با پنج تیمار و در سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای پروژه عبارت بودند از (۱) آبیاری کامل (۱۰۰ درصد جبران کاهش رطوبتی خاک)، (۲) کم‌آبیاری تنظیم شده (DI) در دو سطح ۷۵ و ۵۵ درصد، و (۳) آبیاری ناقص ریشه نیز در دو سطح ۷۵ و ۵۵ درصد جبران کاهش رطوبتی خاک .یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه، کارایی فتوسنتز، فلورسانس بیشینه و کمینه، شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه، طبق و برگ می‌باشد. تنش آبی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه، شاخص عملکرد کوانتومی (Y_{II}) و فلورسانس بیشینه F_m را کاسته و از سویی دیگر موجب افزایش میزان فلورسانس کمینه F_0 شد. بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار آبیاری کامل و به میزان ۵۱۴۸ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار آبیاری PRD_{75} تفاوت معنی¬داری نداشت. بیشترین شاخص سطح برگ در پایان فصل رشد مربوط به تیمار آبیاری FI با ۴/۳ بود که با تیمارهای PRD_{75}، DI_{75} و PRD_{55} تفاوت معنی‌داری نداشت. در مجموع، کم-آبیاری تا حد ۷۵ درصد نیاز آبی بصورت خشکی ناحیه ریشه توصیه می‌شود زیرا باعث کاهش ۱۶/۸ درصدی در آب مصرفی شد و با تیمار آبیاری کامل از نظر عملکرد دانه، عملکرد کوانتومی و سایر پارامترهای رشد تفاوت معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، شاخص سطح برگ، عملکرد کوانتمی، ویژگی فیزیولوژیکی.

---

[۱]– آدرس نویسنده مسئول: همدان کیلومتر ۷ جاده تهران، پایینتر از فرودگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

*– دریافت:تیر ۱۳۹۳ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، یکی از مهم‌ترین منابع تولید روغن در ایران و چهارمین دانه روغنی یکساله جهان است، که به‌خاطر روغن خوراکی آن کشت می‌شود (رشدی و رضادوست، ۱۳۸٤). نیاز به تامین روغن خوراکی سبب افزایش قابل توجه کشت آفتابگردان در ایران و جهان طی سال‌های اخیر شده است. بر اساس آخرین آمار سطح زیر کشت آفتابگردان در ایران و جهان به‌ترتیب ۷۰ هزار و ۲۵ میلیون هکتار است (فائو، ۲۰۱۲).سطح زیر کشت دانه‌های روغنی (بغیر از سویا و کلزا) در ایران در سال زراعی ۱۳۹۱ـ۱۳۹۲، ۱٤٥٤۷٦ هکتار بوده که از این میزان، سطح زیر کشت آبی ۱۰۱۲۸٥ هکتار است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲).

از طرفی در حال حاضر کشاورزی تکیه‌گاه مهم امنیت غذایی و حیات اقتصادی کشور است و کمبود آب به‌عنوان مهمترین و محدودکننده‌ترین عامل تولید، در این بخش مطرح می‌باشد، بنابراین توجه بیشتر به مطالعه در مورد آثار تنش خشکی در تولید گیاهان زراعی و همچنین ذخیره آب و مصرف کارآمد آن را طلب می‌کند. یکی از روش‌های بهبود بهره‌وری آب اتخاذ سیاستهای کم‌آبیاری است، در این روش گیاه در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می‌گیرد. کم‌آبیاری می‌تواند بسته به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آنها داشته باشند که این تأثیر عمدتاً از طریق افت فتوسنتز صورت می‌گیرد (کوچک زاده و همکاران،۲۰۰۰).

از جمله بارزترین واکنش‌های گیاهان به عامل تنش‌زای محیطی افت فتوسنتز ناشی از اختلال در فعالیت نور سامانه II[2] می‌باشد. هنگامیکه نور در سطح معمول باشد، بخش غالب آن در فعالیت‌های فتوشیمیایی به مصرف فتوسنتز می‌رسد و در نهایت بخش کمی از انرژی نورانی به صورت فلورسانس گسیلیده می‌شود، که به آن فلورسانس کمینه (F_0) می‌گویند. هنگامی که برگ در معرض پالسی از نور اشباع کننده قرار می‌گیرد تمامی مولکول‌های اولین دریافت کننده الکترون یا انرژی، یعنی کوئینون آ (QA) دست کم به صورت موقت به صورت احیا در آمده و به دلیل تداوم واکنش‌های فتوشیمیایی نورسامانه II، فلورسانس به میزان زیاد افزایش می‌یابد، که به آن فلورسانس بیشینه (F_m) گفته می‌شود (پاک‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۷). مهمترین پارامتر مورد ارزیابی فلورسانس کلروفیل در گیاهان تحت تنش، کارایی و عملکرد نورسامانه دو ($Y_{II}=(F_m-F_o)/F_m$) می‌باشد، که معرف میزان کیفی تأثیر تنش محیطی در اختلال ترابری الکترونی، برای پیشبرد واکنش‌های فتوشیمیایی در مراحل مختلف نورسامانه I و II می‌باشد. این پارامتر برای گیاهان آوندی در بازه ۰/۷٥ تا ۰/۸٥، و در شرایط بهینه حدود ۰/۸۲ می‌باشد (سلطانی، ۲۰۰٤).

برپایه نظر یوردانو و همکاران (۲۰۰۳) هر چند نورسامانه II تا اندازه زیادی نسبت به خشکی مقاوم است، اما خشکی میتواند مانع انتقال الکترون در فتوسیستم II شود، از این رو از کارایی فتوستنز کاسته شده و بر میزان فلورسانس کلروفیل افزوده شود. در گندم مشاهده شد که با اعمال تنش خشکی در کشت گلدانی تغییری در نسبت F_v/F_m برگ‌های سازگار شده به تاریکی ایجاد نمی‌شود، بنابراین در طی تنش کارآیی کوانتوم فتوسیستم دو (F_v/F_m) کاهش نمی‌یابد (گال و همکاران،۲۰۰۲).

باسو و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر کارائی سامانه فتوسنتزی در سیب‌زمینی دارد و با افزایش شدت تنش مقدار (Y_{II}) کاهش می‌یابد. اما با رفع تنش و بازگشت گیاه به حالت عادی مقدار (Y_{II}) به حالت اولیه برمی‌گردد. در پژوهشی دیگر دیده شد که با افزایش شدت تنش خشکی و شوری، کارایی سامانه فتوسنتزی در گیاه سویا کاهش می‌یابد (بحرالعلومی، ۲۰۱۳). برپایه گزارش وزان (۲۰۰۰) تنش خشکی موجب کاهش عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) در ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند می‌شود. ممنوعی و

[2] Photosystem II

www.SID.ir

Archive of SID

سیدشریفی (۲۰۱۰) در پژوهشی دیگر، اثر کم‌آبیاری بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل شش ژنوتیپ جو را بررسی کردند. آنان دریافتند که کم آبیاری اثر معنی‌داری بر کارایی سامانه فتوسنتزی II می‌گذارد، و با کاهش آبیاری مقدار (Y_{II}) روندی کاهشی داشت.

تنش آبی علاوه بر تاثیر بر میزان فلورسانس کلروفیل برگ، نمایه سطح برگ را تحت تاثیر قرار می-دهد. مطالعات انجام شده بر روی گیاهان مختلف حاکی از کاهش نمایه سطح برگ به‌دلیل کاهش اندازه و تولید برگهای جدید و افزایش ریزش آنها می‌باشد. و چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی حساسیت زیادی دارد، بنابراین در اثر تنش کمبود آب شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (پاگتور، ۲۰۰۵).

شاهنظری و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که که اعمال تیمار آبیاری ناقص ریشه موجب کاهش سطح برگ در طول فصل رشد می-شود، اما مقدار شاخص سطح برگ در آخرین برداشت در انتهای فصل رشد تا حدی بالاتر از مقدار آن در تیمار آبیاری کامل بوده است. یازار و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که اعمال تیمار آبیاری ناقص ریشه تا ۵۰ درصد کاهش سطح آب آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، موجب اختلاف معنی‌داری در مقادیر شاخص سطح برگ می‌شود.

دیویس و همکاران(۱۹۹۷) بیان داشتند که گیاه در مقابله با اثرات منفی کاهش سطح برگ، روزنه‌های خود را به‌طور نسبی بسته و زمینه لازم برای حفظ فتوسنتز و در نتیجه عدم کاهش معنی‌دار محصول را فراهم می-آورد. دیویس و هارتونگ(۲۰۰٤) گزارش نمودند که کاهش سطح برگ موجب کاهش تعرق و در نتیجه حفظ آب جذب شده از خاک در گیاه و حفظ شادابی گیاه می-شود. ترنر و همکاران (۱۹۸۷) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کمبود آب در آفتابگردان، وزن خشک برگ‌ها، ساقه و ریشه را کاهش می‌دهد و درنتیجه وزن خشک کل گیاه کاهش می‌یابد. مطالعات دیگری نیز نشان داده است که سطح برگ، تعداد برگ، خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی کاهش می‌یابد (گوکسوی و همکاران، ۲۰۰٤؛ جباری و همکاران،۲۰۰۸). چیمنتی و هال (۲۰۰۲) اظهار داشتند که اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ماده خشک در انتهای مرحله گلدهی و مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ارقام آفتابگردان می‌شود

در آزمایش فررز و همکاران (۱۹۸٦) معلوم شد که کمبود آب از طریق کاهش تعداد دانه در طبق، کاهش فتوسنتز و افزایش درصد پوکی دانه‌ها سبب افت عملکرد دانه گردید. پانکوویچ و همکاران (۱۹۹۹) اظهار داشتند که کمبود رطوبت طی مرحله غنچه‌دهی تا پایان گلدهی به-خاطر کاهش قطر طبق و تعداد دانه در طبق بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد آفتابگردان داشته است. به‌نظر می‌رسد مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو از جمله گلدهی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌گردد. مظاهری لقب و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که تنش کمبود آب ضمن کاهش سطح برگ و پیری زودرس برگ ، باعث افت عملکرد دانه را باعث می‌شود.

کامل و خیاوی(۲۰۰۲) طی بررسی اثر تنش خشکی در برخی از صفات فیزیولوژیکی و اجزاء عملکرد آفتابگردان گزارش نمودند که تنش آبی سبب کاهش شدید عملکرد دانه، ماده خشک و طول دوره رویشی شده است. برخی از مطالعات، علت عمده افت عملکرد دانه در اثر تنش خشکی را کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد طی دوره پرشدن دانه می‌دانند (جعفرزاده ۱۹۹۷ و کلهری ۲۰۰۲). هدف این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری در دو روش کم آبیاری تنظیم شده و کم آبیاری ناقص ناحیه ریشه برعملکرد دانه، فلورسانس کلروفیل و پارامترهای رشد گیاه آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲ درمزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بر

www.SID.ir

Archive of SID

روی گیاه آفتابگردان رقم آذرگل انجام شد. طول و عرض جغرافیایی منطقه به‌ترتیب ۵۳/۰٤ درجه شرقی و ۳٦/۳۹ درجه شمالی می‌باشد. طبق آمار هواشناسی موجود، متوسط بارندگی منطقه ٦۷۳ میلی‌متر و متوسط، حداقل و حداکثر دمای هوا بترتیب ۱۷/۵۷، ۱۲/۹٦ و ۲۲/۲ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار آبی، آبیاری کامل، کم‌آبیاری تنظیم شده و کم آبیاری ناقص ناحیه ریشه در دو سطح ۵۵ و ۷۵ ٪ نیاز آبی در سه تکرار انجام شد. نیاز آبیاری (D_n)، با استفاده از رابطه (۱) تعیین و بسته به نوع تیمار مورد بررسی در هر بار آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت.

$$D_n = \sum_{i=1}^{m}\left[(\theta_{Fci} - \theta_{1i}) \times Bd_i \times D_i\right] \qquad (۱)$$

که در آن:

θ_{Fci}: درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_{1i}: درصد رطوبت وزنی خاک پیش از آبیاری، D_i: عمق توسعه ریشه (cm) و Bd_i: چگالی خاک ($gr.cm^{-3}$) می‌باشد. مقدار رطوبت خاک با استفاده از رطوبت سنج الکترومغناطیس (TDR- Decagon 10HS) بصورت روزانه سنجیده شد. روش آبیاری در این تحقیق، آبیاری قطره‌ای سطحی (TAPE) به فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتیمتر بود. در تمام تیمارهای آبی از دو لوله جانبی در دو سوی ردیف‌های کشت جهت انجام آبیاری استفاده شد. در آبیاری ناقص ریشه در هر بار آبیاری ، آب تنها در یکی از آنها جریان داشت تا از خشک بودن نیمی دیگر از سامانه ریشه اطمینان حاصل کرد. جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها و انجام کود آبیاری از سیستم کنترل مرکزی شامل هیدروسیکلون، دو صافی شن، دو صافی توری و یک تانک کود در این مزرعه استفاده شد. در این سیستم به‌منظور تامین فشار مورد نیاز، یک پمپ گریز از مرکز بکار برده شد.

طول ردیف‌های کاشت هفت‌متر و فاصله ردیف‌های کشت ۷۵ سانتیمتر منظور شد. اعمال تیمارهای آبیاری ٤۰ روز بعد از انجام کشت شروع شد. با توجه به آزمایش خاک میزان مصرف کود ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول (۱) آمده است. فلورسانس کلروفیل بوته‌ها، در مرحله گل‌دهی توسط دستگاه فلورسانس‌متر (مدل PAM-2500، ساخت شرکت WALZ) از آخرین برگ توسعه یافته هر گیاه، اندازه-گیری شد. فلورسانس کلروفیل با استفاده از نسبت (Fv/Fm) محاسبه شد.

به‌این منظور، در ابتدا بخشی از برگ گیاه آفتابگردان، توسط گیره‌های مخصوص به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد، سپس اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای فلورانس کلروفیل شد. آنگاه، ۱۰ روز پس از آغاز اعمال تیمار آبی، در پنج بازه زمانی ۱۰ روزه، ۹۲/٤/۸، ۹۲/٤/۱۸، ۹۲/٤/۲۸، ۹۲/۵/۷ و ۹۲/۵/۱۷، به-تصادف نمونه‌برداری‌هایی از واحدهای آزمایشی مختلف انجام شد. برای این منظور گیاه برگزیده کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس برگ‌ها، ساقه‌ها و طبق‌ها جداسازی شده و به‌مدت ٤۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. وزن خشک نمونه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم سنجیده شد. برای برآورد مساحت هر برگ از رابطه (۲) که از یافته‌های این پژوهش به دست آمده است استفاده شد.

این رابطه با جمع‌آوری برگ‌های منفرد در طول فصل رشد، اندازه‌گیری مساحت برگ‌ها در فواصل زمانی مختلف و کالیبره نمودن معادلات متعدد برای محاسبه سطح برگ بدست آمد. در نهایت مجموع مساحت برگ-های هر گیاه اندازه‌گیری شد. با در دست داشتن سطح زمین اختصاص یافته به هرگیاه (۷۵cm×۲۰cm)، مقدار شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه (۳) برآورد شد.

$$LA = 0.619\ [(L.W)\ 0.5]^{2.019} \qquad R^2 = 0.993$$
$$RMSE = 0.06 \quad cm \qquad (۲)$$

$$LAI = \frac{A_{Leaves}}{A_{Plant}} \qquad (۳)$$

که در آن:

www.SID.ir

Archive of SID

LA: مساحت هر برگ (سانتی‌متر مربع)، L: طول بیشینه (cm)، W: عرض بیشینه (cm)، LAI شاخص سطح برگ، A_{Leaves}: مجموع مساحت برگ‌های هر گیاه (سانتی‌متر مربع) و A_{plant}، سطح زمین اختصاص یافته به هر گیاه (سانتی‌متر مربع) می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	عناصر میکرو(mg/kg)				عناصر ماکرو(meq/lit)			NPK (p.p.m)			OC%	OM%	PH	EC(ds/m)
	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg	Na	N	P	K				
لوم شنی	۱۵	۱/۸۶	۰/۹	۱۵/۴۷	۵۶۳۶/۴	۱۷۸۴/۹	۳۴۳	۰/۰۴۶	۳/۵۹	۱۲۱/۵۴	۰/۶۲	۱/۰۷	۷/۲	۳/۹۷

جدول ۲- مقایسه درصد متوسط آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبی	میزان آب مصرفی(m^3/ha)	درصد کاهش نسبت به شاهد
FI	۴۲۷۸	۰
PRD75	۳۵۶۰	۱۶/۸
DI75	۳۵۶۰	۱۶/۸
PRD55	۲۹۸۵	۳۰/۲
DI55	۲۹۸۵	۳۰/۲

پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ

اثر تیمارهای آبیاری بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ پس از مرحله گل‌دهی بسیار معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۱$) بود. مقایسه میانگین پارامترهای فلورسانس کلروفیل نشان داد که بیشترین مقدار فلورسانس کمینه مربوط به تیمارهایPRD_{55} و DI_{55} بود، در حالی که میان تیمارهای ۷۵٪ و آبیاری کامل تفاوتی دیده نشد جدول (۳). داده‌های جدول (۳) نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش آبی مقدار فلورسانس کمینه روندی افزایشی، در حالی که فلورسانس بیشینه و کارایی سامانه فتوسنتزی روندی کاهشی داشتند جدول (۳). غیرمعنی‌دار بودن روند کاهشی عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) در تیمار PRD_{75} و DI_{75}، مقاومت دستگاه انتقال الکترون فتوسنتزی به تنش کمبود آب در سطح ۷۵٪ نیاز آبی را نشان می‌دهد. یوردانو و همکاران (۲۰۰۳) بیان داشتند که هر چند نور سیستم II تا حد زیادی نسبت به خشکی مقاوم است اما خشکی میتواند مانع انتقال الکترون در فتوسیستم II شود، از این رو از کارایی فتوستنز کاسته می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. هر چه اثر تخریبی تنش محیطی بر گیاه بیشتر باشد از مقدار Y_{II} به میزان بیشتری نسبت به شرایط مساعد فتوسنتزی کاسته می‌شود، که منطبق با نتایج حاصل در این پژوهش است جدول (۳). به‌طوری که کاهش مقدار (Y_{II}) برای تیمارهای PRD_{55} و DI_{55} نسبت به تیمار FI از تیمارهای PRD_{75} و DI_{75} بیشتر بود. باسو و همکاران (۱۹۹۸) برای سیب زمینی، بحرالعلومی(۱۳۹۲) در سویا ، ممنوعی و سیدشریفی (۱۳۸۹) در جو، وزان (۲۰۰۰) برای چغندر قند به نتایج مشابه رسیدند.

حجم آب مصرفی

میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبی در جدول (۲) آورده شده است. نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار اثر تیمارهای مختلف آبی بر میزان حجم آب مصرفی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تیمار PRD_{75} نسبت به تیمار آبیاری FI باعث کاهش ۱٦/۸ درصدی در آب مصرفی شد. کمترین میزان آب مصرفی مربوط به تیمارهای PRD_{55} و DI_{55} به میزان ۲۹۸۵ متر مکعب در هکتار بود. بعبارتی این دو تیمار باعث کاهش ۳۰/۲ درصدی نسبت به آبیاری کامل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای فلورسانس کلروفیل، در سطوح مختلف آبیاری

تیمار آبی	فلورسانس کمینه (Fo)	فلورسانس بیشینه (Fm)	کارایی سامانه نوری فتوسنتز (Fv/Fm=YII)
FI	۱/۰۸^{b}	۶/۹۰^{a}	۰/۸۴۴^{a}
PRD_{75}	۱/۱۵^{b}	۶/۱۸^{a}	۰/۸۱۳^{ab}
DI_{75}	۱/۲۰^{b}	۵/۸۱^{ab}	۰/۷۹۳^{ab}
PRD_{55}	۱/۳۰^{ab}	۵/۶۶^{ab}	۰/۷۷۰^{ab}
DI_{55}	۱/۴۴^{a}	۴/۵۰^{b}	۰/۶۶۹^{b}

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ در پنج مرحله اندازه‌گیری شد. تفاوت بین تیمارها از نظر شاخص سطح برگ در مرحله یک و دوم با وجود روند افزایشی تفاوت معنی-داری نداشت، اما از مرحله سوم به بعد تفاوت بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و در مرحله سوم به بعد روند تغییرات شاخص سطح برگ کاهشی بود شکل(۱). صرف‌نظر از نوع تیمار، روند تغییرات شاخص سطح برگ در آغاز افزایشی بود و در ادامه روند کاهشی خود را آغاز کرد، سیر نزولی شاخص سطح برگ در تیمارهای کم آبیاری تنظیم شده زودتر از تیمارهای کم-آبیاری ناقص ریشه و آبیاری کامل شروع شد. علت این امر می‌تواند ناشی از پیری زود رس برگ‌ها به‌واسطه کمبودهای ناشی از کم‌آبیاری یا تنش خشکی باشد. در مرحله پایانی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری کامل بود، که با تیمارهای PRD_{75} و DI_{75} در یک گروه آماری قرار گرفته است جدول (٤). نتایج نشان داد، اگر چه اعمال آبیاری ناقص ریشه باعث کاهش سطح برگ شده است، با این وجود روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمار PRD_{75} مشابه تیمار FI بوده و با اختلاف کمتری از آن نسبت به سایر تیمارها تغییر می‌کند شکل(۱). نتایج همچنین نشان داد که مقادیر شاخص سطح برگ در تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه در مقایسه با تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده بالاتر بود شکل(۱). این نتایج تمایز این دو شیوه آبیاری را به اثبات می‌رساند و با یافته‌های یازار و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

کمترین میزان شاخص سطح برگ در پایان فصل رشد، مربوط به تیمار DI_{55} بود که در یک گروه آماری مجزا قرار گرفت جدول (٤). زیرا تنش رطوبتی در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها و ریزش آنها شده و شاخص سطح برگ گیاه را کاهش می-دهد.پاکتور و همکاران(۲۰۰۵) ، (نسمیت و ریچی، ۱۹۹۲) ، شاهنظری و همکاران (۲۰۰۷) به نتایجی مشابه رسیدند.

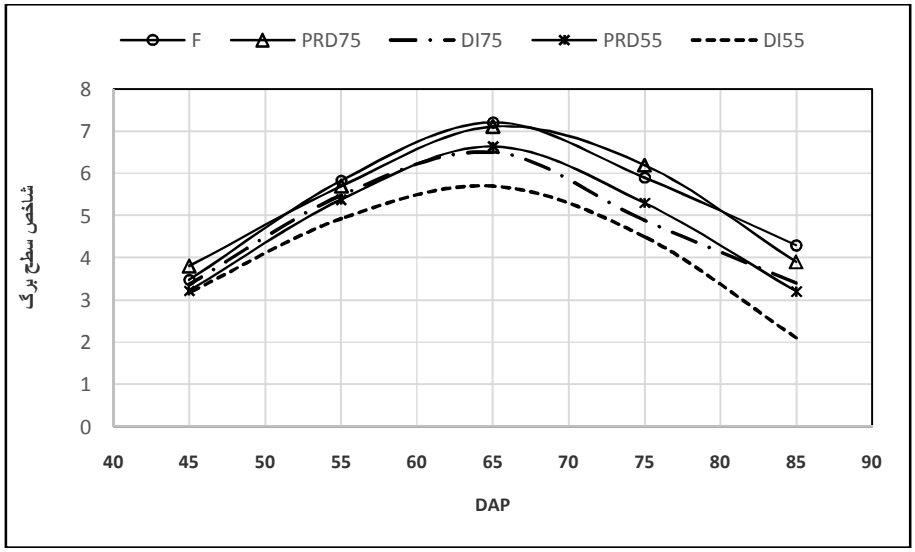
جدول ۴- تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبیاری و در مراحل مختلف

تیمار	مرحله ۱	مرحله۲	مرحله ۳	مرحله ۴	مرحله ۵
F	۳/۴۸ ^{a}	۵/۸۳^{a}	۷/۲^{a}	۵/۹^{ab}	۴/۳^{a}
PRD75	۳/۸ ^{a}	۵/۶۹^{a}	۷/۱^{ab}	۶/۲^{a}	۳/۹^{a}
DI75	۳/۳۷ ^{a}	۵/۴۸^{a}	۶/۵^{ab}	۴/۸۹^{ab}	۳/۴ ^{ab}
PRD55	۳/۲۲ ^{a}	۵/۳۸^{a}	۶/۶۴^{ab}	۵/۳^{ab}	۳/۲ ^{ab}
DI55	۳/۱۷ ^{a}	۴/۹۲^{a}	۵/۷^{b}	۴/۵^{b}	۲/۱^{b}

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۵٪

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱-روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبی

بطور میانگین بیشترین میزان وزن خشک ساقه در مرحله سوم حاصل شد و در ادامه رشد گیاه همزمان با پر شدن دانه وزن خشک ساقه به دلیل انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای تقریبا روندی کاهشی هر چند جزئی داشت.اگرچه انتقال مجدد مواد فتوسنزی یک جز مهم عملکرد و کاهش وزن خشک ساقه و برگ محسوب می-شود، اما فتوسنتزی که در طول پرشدن دانه‌ها انجام می-گیرد.معمولاً مهمترین منبع تشکیل‌دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می‌باشد، زیرا اغلب مواد فتوسنتزی قبل از پرشدن دانه در رشد رویشی یا گلدهی مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که در طول پرشدن دانه اغلب مواد فتوسنتزی به فرآیند پرشدن دانه اختصاص می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۲۰۰۰). افزایش وزن خشک ساقه و شاخه‌ها تا مرحله گرده‌افشانی و کاهش آن در مرحله پر شدن دانه در گیاهان زراعی دیگر نیز اثبات شده است، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (مالکی و همکاران، ۱۹۸٤، و سیمونز و جونز ، ۱۹۸۵ و بهدانی و موسوی فر، ۱۳۹۰) .

وزن خشک برگ

اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر وزن خشک برگ در مراحل مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار شد. حداکثر وزن خشک برگ‌ها در تمام تیمارهای آبیاری در مرحله سوم حاصل شد و پس از این مرحله کاهش یافت. در تمام مراحل نمونه‌گیری گیاه تیمار آبیاری FI و PRD_{75} بیشترین مقدار وزن خشک برگ را دارا بود جدول (۵).کمترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار DI_{55} و PRD_{55} است. از مرحله سوم به بعد وزن خشک برگ‌های هر گیاه به‌دلیل پیرشدن برگ‌ها و ریزش آنها کاهش یافت.این مکانیسم برای فرار گیاه از خشکی و تحمل تنش آبی است، که گیاه می‌خواهد هر چه سریعتر دوره رشد خود را تمام کند. از علل کاهش وزن خشک برگ در گیاه در هنگام تنش خشکی، کاهش تعداد و سطح برگ‌ها و پیری و ریزش آنها می‌باشد که این تنظیم میزان سطح برگ باعث سازگاری بیشتر گیاه با شرایط کم‌آبی می‌شود (امام و زواره، ۲۰۰۵).

دلیل ریزش برگ‌ها در طی مدت تنش خشکی تا حدودی حاصل افزایش سنتز و حساسیت به هورمون اتیلن در درون گیاه می‌باشد(موسوی نیک و مبصر ۲۰۰۸).نتایج حاکی از کاهش وزن خشک برگ در همه تیمارها پس از پایان مرحله گل‌دهی بود جدول (٦). علت کاهش وزن خشک و سطح برگ پس از گل‌دهی توسط بعضی از محققین پیری برگ (راوسون و کانستبل، ۱۹۸۰) و تخصیص انرژی و عناصر در دسترس به دانه (آندرد،۱۹۹٤، سیریلو و آندرد، ۱۹۹۵) بیان شده است.نتایج این مطالعه با مطالعات فررز و همکاران ۱۹۸٦،

www.SID.ir

Archive of SID

کریم‌زاده اصل و همکاران ۲۰۰٤، کرم و همکاران ۲۰۰۷ و کریمی کاخکی و همکاران، ۱۳۸۹ مطابقت دارد.

جدول ۵- تغییرات وزن خشک برگ در تیمارهای مختلف آبیاری (گرم)

تیمار آبی	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴	مرحله ۵
FI	۵۶^{a}	۷۴^{a}	۹۸/۲^{a}	۷۶/۸^{a}	۵۱/۶^{a}
PRD_{75}	۵۲/۳^{a}	۶۸^{ab}	۹۳/۱^{a}	۷۱/۷^{a}	۴۶/۲^{ab}
DI_{75}	۴۸/۷^{a}	۶۰^{ab}	۸۸/۲^{a}	۷۰/۶^{a}	۴۴/۹^{ab}
PRD_{55}	۳۴/۷^{b}	۵۵/۳^{b}	۶۱/۹^{b}	۵۱/۷^{b}	۴۱/۶^{b}
DI_{55}	۳۶/۳^{b}	۵۱/۳^{b}	۵۸/۶^{b}	۴۸/۷^{b}	۳۹/۵^{b}

وزن خشک طبق

همچنین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر وزن خشک طبق در تمام مراحل نمونه برداری معنی‌دار شد.بیشترین و کمترین وزن خشک طبق در تمام مراحل نمونه‌برداری مربوط به تیمار آبیاری کامل FI و تیمار DI_{55} بود جدول(۷). در تمام مراحل نمونه‌برداری تفاوت بین وزن خشک طبق در تیمارهای FI وPRD_{75} در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشد. روند تغییرات وزن خشک طبق در تمام تیمارهای آبیاری افزایشی است. که افزایش وزن طبق‌ها با پیشرفت مراحل نموی گیاه، ناشی از تخصیص بیشتر فتوسنتز جاری و نیز انتقال مجدد از ساقه و شاخه‌ها به این بخش می‌باشد. کولر و همکاران (۱۹۷۰) در سویا مالکی و همکاران(۱۹۸۲) در کنجد و بهدانی و همکاران(۱۳۹۰) در گلرنگ چنین روندی را در افزایش وزن اندام‌های زایشی مربوطه گزارش کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان وزن خشک طبق در تیمارهای PRD_{55} و DI_{55} با افزایش سطح تنش خشکی کاهش یافت که با مطالعات چیمنتی و هال (۲۰۰۲) همخوانی دارد جدول (٦).

جدول۶- تغییرات وزن خشک طبق در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبی	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۴	مرحله ۵
FI	۴۶/۲^{a}	۶۴/۱^{a}	۸۴/۷^{a}	۱۰۳/۵^{a}	۱۳۲/۳^{a}
PRD_{75}	۴۴/۸^{a}	۵۸/۱^{a}	۷۷/۴^{a}	۹۸/۹^{ab}	۱۲۴/۶^{a}
DI_{75}	۴۵/۶^{a}	۵۵/۱^{a}	۶۶/۱^{b}	۸۹/۶^{b}	۱۰۹/۵^{b}
PRD_{55}	۲۴/۲^{b}	۴۲/۴^{b}	۴۹/۱^{c}	۵۹/۹^{c}	۷۱/۷^{c}
DI_{55}	۲۴/۴^{b}	۳۹/۸^{b}	۴۷/۵^{c}	۵۷/۳^{c}	۶۸/۴^{c}

عملکرد محصول

مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبی در جدول (۸) ارائه شده است. بیشترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار آبیاری کامل و به میزان ۵۱٤۸ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار آبیاری PRD_{75} تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار عملکرد دانه ، مربوط به تیمار PRD_{55} و DI_{55} به‌ترتیب به میزان ۳٦۲۲ و ۳۱۸٦ کیلوگرم در هکتار است جدول (۷). با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت که می‌تواند ناشی از تأثیر تنش رطوبتی بر اجزاء عملکرد گیاه آفتابگردان باشد. کاهش عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود را می‌توان به کاهش طول دوره رشد و کاهش وزن و تعداد دانه‌های طبق نسبت داد. نتایج فررز و همکاران (۱۹۸٦)، پانکوویچ و همکاران (۱۹۹۹)، مظاهری لقب و همکاران (۲۰۰۱) نیز حاکی از افت عملکرد دانه تحت تنش رطوبتی است. کامل و خیاوی(۲۰۰۲) گزارش نمودند که تنش آبی سبب کاهش شدید عملکرد دانه، بیوماس و طول دوره رویشی گیاه آفتابگردان می‌شود. البته برخی از مطالعات، علت عمده افت عملکرد دانه در اثر تنش خشکی را کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد طی دوره پرشدن دانه می‌دانند (جعفرزاده ۱۹۹۷و کلهری ۲۰۰۲). بنابراین علت عملکرد مطلوب دانه در تیمار

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری FI و PRD_{75}، تخصیص بهتر و بیشتر مواد فتوسنتزی به نفع مرحله زایشی و پر شدن دانه و کاهش عملکرد در دو تیمار PRD_{55} و DI_{55} را می‌توان چنین بیان نمود که رژیم آبیاری نامطلوب، ضمن کاهش سطح برگ-ها و مقدار فتوسنتز، پیری برگ‌ها را سرعت بخشیده و میزان تولید را کاهش می‌دهد.

جدول ۷- مقایسه عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبی	متوسط عملکرد(kg/ha)	افت عملکرد نسبت به شاهد	آب مصرفی	بهره وری آب
FI	۵۱۴۸ a	۰	۴۲۷۸	۱/۲۰
PRD_{75}	۴۷۰۶ ab	۸/۶	۳۵۶۰	۱/۳۲
DI_{75}	۴۴۲۵ b	۱۴/۰۴	۳۵۶۰	۱/۲۴
PRD_{55}	۳۶۲۲ c	۲۹/۶۴	۲۹۸۵	۱/۲۱
DI_{55}	۳۱۸۶ c	۳۸/۱	۲۹۸۵	۱/۰۷

فهرست منابع

۱. بحرالعلومی، س. م. ج. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش‌های آبی و شوری بر تولید گونه‌های اکسیژن‌های واکنشگر و ویژگی‌های فلورسانس برگ سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. بهدانی، م. و ا، موسوی فر. ۱۳۹۰. اثر کم آبیاری بر انتقال مجدد و وزن خشک اندام‌های گیاهی سه ژنو تیپ گلرنگ بهاره (carthamus tinctorius L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۳. شماره ۳. پاییز ۱۳۹۰. ص ۲۷۷-۲۸۹.

۳. جباری، ح.، اکبری.، غ. ع.، دانشیان، ج.، الهدادی، ا .، و شهبازیان، ن. ۱۳۸٦. اثرات تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی هیبریدهای آفتابگردان. مجله کشاورزی، دوره ۹، شماره ۱، ص ۱۳-۲۲.

٤. جعفر زاده کنارسری.، م ، .و پوستینی،ک .۱۳۷٦. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر برخی از ویژگیهای مرفولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان(رقم رکورد). مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۹: (۲). ۳۵۳-۳٦۱.

۵. خلیل راد، ر.، میر نیا، خ.، و بهرامی، ح. ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر مختلف آب خاک بر توسعه ریشه ذرت. نشریه آب و خاک. شماره ۳. صفحات ۵۵۷-٥٦٤.

٦. رشدی، م.، حیدری، ح.، کریمی، م.، نور محمدی، ق.، درویش، ف. ۱۳۸۵. علوم کشاورزی. بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام آفتابگردان.۱۲ (۱)-۱۰۹-۱۲۲.

۷. سلطانی، ا .فلورسانس کلروفیل و کاربرد آن.۱۳۸۳. انتشارات داخلی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۸. کامل، م .، و خیاوی، م. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تنش خشکی در برخی از صفات فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان .چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران .مؤسسه تحقیقات نهال و بذر، .کرج، صفحه ٥۹٤.

۹. کریمی کاخکی، م.، سپهری، ع.، ابوطالبیان، م ع. ۱۳۸۹. اثر کم‌آبیاری در دوران رشد زایشی بر رشد و عملکرد چهار رقم جدید آفتابگردان. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ٤۱.شماره ۳. (٦۱۲-۵۹۹).

۱۰. کوچکی، ع.، سرمدنیا، غ.. فیزیولوژی گیاهان زراعی..۱۳۹۱. انتشارات دانشگاهی دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد.٤٦۷ صفحه.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱. مظاهری لقب، ح.، نور ی، ف. ، زارع ابیانه ، ح .و وفایی ، م.ح .۱۳۸۰. اثر آبیاری تکمیلی بر صفات مهم زراعی سه رقم آفتابگردان در زراعت دیم. مجله پژوهش کشاورزی زمستان. ۳(۱): ٤۳-۳۳.

۱۲. ممنوعی، ا.، و سید شریفی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر کمبود آب بر شاخص‌های فلور سانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنو تیپ جو و رابطه آن با دمای آستانه (Canopy) و عملکرد. مجله زیست شناسی گیاهی. سال دوم، شماره پنجم، صفحه ۵۱-٦۲..

۱۳. موسوی نیک، م و مبصر، ح.۱۳۸۷ . تنش‌های محیطی و راه‌های مقابله با آن. انتشارات شورا.۳٦۸ صفحه.

۱٤. وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۲. آمار تولید محصولات کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳، مرکز فناوری اطلاعات و آمار.

۱۵. وزان، س.، رنجی، ذ.، هوشدار تهرانی، م.ح.، قلاوند، الف.، صانعی شریعت پناهی، م. ۱۳۸۳. اندازه‌گیری اسید آبسزیک در برگ‌های چغندر قند و رابطه آن با عملکرد در شرایط تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی.

16. Andrade, F. H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research, 41, 1–12.
17. Basu, P., Ashoo, S. and N.Sukumaran. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress. Photosynthetic. 35: 13-19.
18. Chimenti, C.A., Pearson, J., and Hall, A.J. 2002. Osmotic adjustment and yield. maintenance under drought in sunflower. Field Crops Res. 75: 235-246.
19. Cirilo, A. G. & Andrade, F. H. 1994. Sowing date and maize productivity. I. Crop growth and dry matter partitioning. Crop Science, 34, 1039–1043.
20. Davies, W.J. and Zhang, J.H. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 42: 55-76.
21. Davies, W.J., Hartung, W., 2004. Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity? Proceeding of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, published on CDROM, http://www.cropscience.org.au/icsc2004.
22. Emam, E., and Zavareh, M. 2005. Tolerate of Drought in Plants. Tehran University Publication, Iran p. 107-108.
23. FAOSTAT. 2012. Available in http://faostat3.fao.org/
24. Fereres, E., Gimenez, C. & Fernandez, J. M. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought I. Yield relationships. Australian Journal of Agricultural Science, 37, 573–582.
25. Gale A, Csiszar J, Tari I and Erdei L 2002 Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. 46: 85-86.
26. Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. M., and Dagustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops. Res. 87: 167-178.
27. Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C. & Rouphael, Y. (2007).Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management, 90, 213–223.
28. Kooler, H.R., Nyquist, W.E., and Chorush, I.S. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Science. 10: 407-412.

www.SID.ir

Archive of SID

29. Mulkey, Jr. H., Drawe, J., and Elledge, R.E. 1982. Planting date effects on plant growth and development in sesame. Crop Science 79: 701- 703.
30. Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H 2005. Tolerance and physiological responses of (Phragmites australis) to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.
31. Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H., and Jami Alahmadi, M. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. Journal of Biological Sciences 7(6): 841-847.
32. Pankovic, D., Sakac, Z., Kcvrosan, S. and Plesnicar, M. 1999. Acclimation to long term water deficit in the leaves of two sunflower hybrids: photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. J. Experimental Botany. 50:330, 127-138.
33. Rawson, H. M. & Constable, G. A. 1980. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. I. Photosynthesis and transpiration of leaves, stems and heads. Australian Journal of Plant Physiology, 7, 555–573.
34. Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Research, 100: 117-124
35. Simons, S.R., and Jones, R.J. 1985. Contributions of presilking assimilate of grain yield in maize. Crop Science 25: 1004- 1006.
36. Skorzynska-Polit, E. and T. Baszynski. 1997. Differences in sensitivity of the photosynthetic apparatus in Cd–stressed runner bean plants in relation to their age. J. Plant Sci. 128: 11-21.
37. Simons, S.R., and Jones, R.J. 1985. Contributions of presilking assimilate of grain yield in maize. Crop Science. 25: 1004- 1006.
38. Turner, N. C. and Sobrado, M. A. 1987. Photosynthesis dry mater accumulation and distribution in the wild sunflower and cultivated sunflower as influenced by water deficits. Field Crops, 44, 435-436
39. Yazar, A., Gokcel, F., Sezen, M.S., 2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. Plant and Soil Environ. 55(11): 494–503.
40. Yordanov, I., V, Velikova and T. Tsonev. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue. 187-206.

www.SID.ir