



تغییرات ضریب استهلاک نور و نسبت نور قرمز به مادون قرمز در تاج پوشش برخی هیبریدهای آفتابگردان در شرایط تنش خشکی

* حمید جباری^۱، غلامعباس اکبری^۲، جهانفر دانشیان^۳، ایرج اله‌دادی^۴ و معصومه نعیمی^۴
دانشجوی دکتری زراعت پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، دانشیار گروه
زراعت و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران،^۲ دانشیار پژوهش بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه
تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر،^۴ دانشجوی دکتری زراعت پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

چکیده

به منظور بررسی تغییرات ضریب استهلاک نور و نسبت نور قرمز به مادون قرمز در هیبریدهای آفتابگردان در شرایط تنش خشکی، در سال ۱۳۸۵ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعداد نه هیبرید آفتابگردان در سه آزمایش هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مقایسه شدند. در آزمایش اول به عنوان شرایط آبیاری مناسب، زمان آبیاری کلیه کرت‌ها از زمان کاشت تا پایان دوره رشد گیاه بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تعیین شد. در دو آزمایش دوم و سوم که به ترتیب به عنوان شرایط تنش متوسط و شدید خشکی اجرا شد، آبیاری کلیه کرت‌های آزمایشی به ترتیب بر اساس ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. تفاوت میانگین شدت تشعشع خورشیدی و نسبت نور قرمز به نور مادون قرمز (نسبت طول موج ۶۶۰ به ۷۳۰ نانومتر) در کف جامعه گیاهی در مرحله پر شدن دانه، ضریب استهلاک نور، تعداد برگ فعال، وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه و عملکرد دانه در بین تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود. تنش شدید خشکی سبب افزایش شدت تشعشع خورشیدی و نسبت نور قرمز به نور مادون قرمز در کف جامعه گیاهی به ترتیب به میزان ۳۵ و ۴۵ درصد شد، در حالی که باعث کاهش ضریب استهلاک نور از ۰/۹۵ در تیمار شاهد به ۰/۸۸ در تیمار تنش شدید خشکی گردید. نتایج کلی

* - مسئول مکاتبه: shenghar021@yahoo.com

آزمایش نشان داد که در شرایط تنش خشکی هیبرید آلتار با شاخص سطح برگ و تعداد برگ فعال مناسب و ضریب استهلاک نور زیاد، بیشترین وزن خشک و عملکرد دانه را تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تنش خشکی، دوره پر شدن دانه، ضریب استهلاک نور

مقدمه

ایران یک کشور خشک به حساب می‌آید و خشکسالی و تنش ناشی از آن مهمترین و رایج ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی ما را با محدودیت روبرو ساخته و بازده استفاده از مناطق نیمه خشک و دیم را کاهش می‌دهد. در میان گیاهان زراعی دانه‌های روغنی جزء مهم‌ترین محصولات زراعی می‌باشند و با توجه به واردات ۹۰ درصدی روغن نباتی کشور جایگاه ویژه‌ای دارند. آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که بعد از سویا، کلزا، پنبه و بادام زمینی از مهم‌ترین منابع تولید روغن خوراکی در جهان می‌باشد و با توجه به مقاومت این گیاه به شرایط خشکی، کشت آن در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا بیشتر رایج است (آنگادی و انتز، ۲۰۰۲ و فائو، ۲۰۰۶).

با وجود تحمل به خشکی گیاه آفتابگردان مطالعات نشان داده است که سطح برگ، تعداد برگ، خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی کاهش می‌یابد (گوکسوی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کالوینو و همکاران، ۲۰۰۴؛ جباری و همکاران، ۲۰۰۸). در این زمینه گوکسوی و همکاران (۲۰۰۴) و کرم و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که اعمال آبیاری محدود در مراحل گلدهی و پر شدن دانه سبب کاهش سطح برگ ارقام آفتابگردان می‌شود. همچنین در آفتابگردان سرعت گسترش برگ‌ها علاوه بر شدت تنش خشکی تحت تأثیر شدت تشعشع خورشید نیز قرار دارد (تاردیو و همکاران، ۱۹۹۹). مطالعات نشان داده است که در شرایط تنش خشکی راندمان مصرف نور و عملکرد دانه کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش شدید سطح برگ و جذب نور توسط جامعه گیاهی می‌باشد (نادری درباغشاهی و همکاران، ۲۰۰۴). در گیاه آفتابگردان تغییرات سطح برگ و تعداد برگ عامل تعیین کننده ضریب استهلاک نور می‌باشد و ضریب استهلاک نور به عنوان شاخصی برای توزیع نور در جامعه گیاهی عامل تعیین کننده‌ای در تولید ماده خشک در گیاه آفتابگردان است (هال، ۲۰۰۴؛ بانگ و همکاران، ۱۹۹۷). در بررسی آندراده و همکاران (۲۰۰۲) نیز افزایش ضریب استهلاک نور از

۸۰ به ۹۳ درصد سبب افزایش عملکرد دانه هیبریدهای آفتابگردان شد. کالوینو و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی تغییرات ضریب استهلاک نور در ارقام دیررس و زودرس آفتابگردان در شرایط تنش خشکی بیان کردند که به طور کلی تنش سبب کاهش ضریب استهلاک نور در همه ارقام شد ولی با این حال ارقامی با ضریب استهلاک نور بالا توانستند عملکرد دانه بیشتری تولید کنند.

نسبت نور قرمز به مادون قرمز از جمله صفات فیزیولوژیک است که همواره در طول جامعه گیاهی کاهش می‌یابد و رقابت برای جذب نور قرمز بیشتر توسط برگ‌ها زودتر از جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) رخ می‌دهد (بالار و همکاران، ۱۹۸۷). بررسی‌های روسئوکس و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان داده است که تأثیر نسبت نور قرمز به مادون قرمز در کف جامعه گیاهی آفتابگردان در مقایسه با تشعشع فعال فتوسنتزی بر دوام برگ‌های پایین جامعه گیاهی بیشتر است. یکی از مطمئن ترین روش‌ها برای ارزیابی میزان رشد گیاه اندازه‌گیری وزن خشک می‌باشد. بنابراین گیاهانی که از وزن خشک کمتری برخوردارند، احتمالاً توانایی کمتری برای استفاده از منابع محیطی داشته و یا شرایط نامناسب محیطی سبب کاهش فرایندهای فیزیولوژیک دخیل در فرآیند آسمیلاسیون آن‌ها گردیده است. چیممتی 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. نتایج آزمایش‌های گیمنز و فررز (۱۹۸۶) نیز نشان داد که توزیع ماده خشک در بین اندام‌های مختلف ارقام آفتابگردان در شرایط تنش خشکی متفاوت است.

با توجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق سعی شده است تا چگونگی توزیع نور در هیبریدهای آفتابگردان در شرایط مختلف رطوبتی بررسی شود و هیبریدهای برتر از نظر استفاده از نور شناسایی و ارتباط ضریب استهلاک نور با عملکرد دانه و تجمع ماده خشک تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تغییرات ضریب استهلاک نور و نسبت نور قرمز به مادون قرمز در هیبریدهای آفتابگردان در شرایط تنش خشکی در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در سه آزمایش هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار تعداد نه هیبرید آفتابگردان در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج مقایسه شدند (جدول ۱).

جدول ۱- اسامی و تیپ رشد هیبریدهای مورد آزمایش

شماره	هیبرید	مبدأ	تیپ رشد
۱	SHF8108	ایران	زودرس
۲	CMS ₂₆ ×R ₁₀₃	ایران	زودرس
۳	ایروفلور	فرانسه	دیررس
۴	آلستار	فرانسه	زودرس
۵	هایسان ۳۳	استرالیا	دیررس
۶	مهر	ایران	دیررس
۷	آذرگل	ایران	دیررس
۸	هایسان ۳۶	استرالیا	دیررس
۹	بروکار	فرانسه	دیررس

در آزمایش اول (تیمار بدون تنش) زمان آبیاری کلیه کرت‌ها بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A از زمان کاشت تا پایان دوره رشد گیاه تعیین شد. در دو آزمایش دوم و سوم برای شرایط تنش متوسط و شدید خشکی، زمان آبیاری کلیه کرت‌های آزمایشی به ترتیب بر اساس ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تعیین شد (دانشیان، ۲۰۰۷). زمان اعمال تیمار تنش خشکی پس از استقرار گیاه در مرحله ۶-۸ برگی در کرت‌های آزمایشی بود (چیممتی و هال، ۲۰۰۲). خاک محل آزمایش دارای بافت لومی شنی، وزن مخصوص ظاهری ۱/۴۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب، میزان هدایت الکتریکی حدود ۱/۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر و میانگین اسیدیته آن تا عمق ۸۰ سانتی‌متری حدود ۷/۸ بود. قبل از آماده کردن زمین برای تعیین کود از خاک نمونه برداری شد و براساس توصیه مؤسسه خاک و آب، کود مورد نیاز به زمین اضافه شد. بدین‌منظور ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۱۰۰ کیلوگرم قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم به‌عنوان کود سرک در مرحله هشت برگی گیاه) به زمین داده شد. پس از شخم و تسطیح زمین و اضافه کردن کود مورد نظر، با دستگاه شیار ساز جوی و پشته روی زمین ایجاد شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط به طول پنج متر و فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت بذر در هر سه آزمایش به‌طور همزمان و در تاریخ ۸۵/۳/۱ انجام شد. تاریخ برداشت نیز از تاریخ ۸۵/۶/۱۶ تا اواسط مهر ماه براساس زمان رسیدگی هر هیبرید در

کرت‌های آزمایشی انجام شد. آبیاری هر کرت به وسیله سیفون انجام شد و میزان کل آب آبیاری در آزمایش‌های آبیاری براساس ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر به ترتیب برابر با ۵۴۴۲، ۳۰۶۱ و ۲۳۸۱ متر مکعب در هکتار بود. در مرحله پر شدن دانه در هر کرت و در چهار بوته میانگین برگ‌هایی که بیش از ۵۰ درصد از سطح آن‌ها سبز بود به عنوان برگ فعال تعیین شد. سطح برگ نیز از مرحله گلدهی تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک به وسیله دستگاه سطح برگ سنج مدل ΔT .Area Meter HVN₁₂₂₃ از چهار بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد (گوکسوی و همکاران، ۲۰۰۴). برای اندازه‌گیری شدت تشعشع خورشید و نسبت نور قرمز به مادون قرمز (نسبت طول موج ۶۶۰ به ۷۳۰ نانومتر) در مرحله پر شدن دانه از ۵ نقطه در کف و بالای جامعه گیاهی به‌ترتیب از دستگاه‌های Solarimeter مدل Solar 118 و SKR 110 مدل 660/730 (Red/ Infra red) Sensor استفاده شد (کالوینو و همکاران، ۲۰۰۴). ضریب استهلاک نور نیز از معادله زیر محاسبه شد (کالوینو و همکاران، ۲۰۰۴):

$$RI = [1 - (I_t/I_0)] \times 100 \quad (1)$$

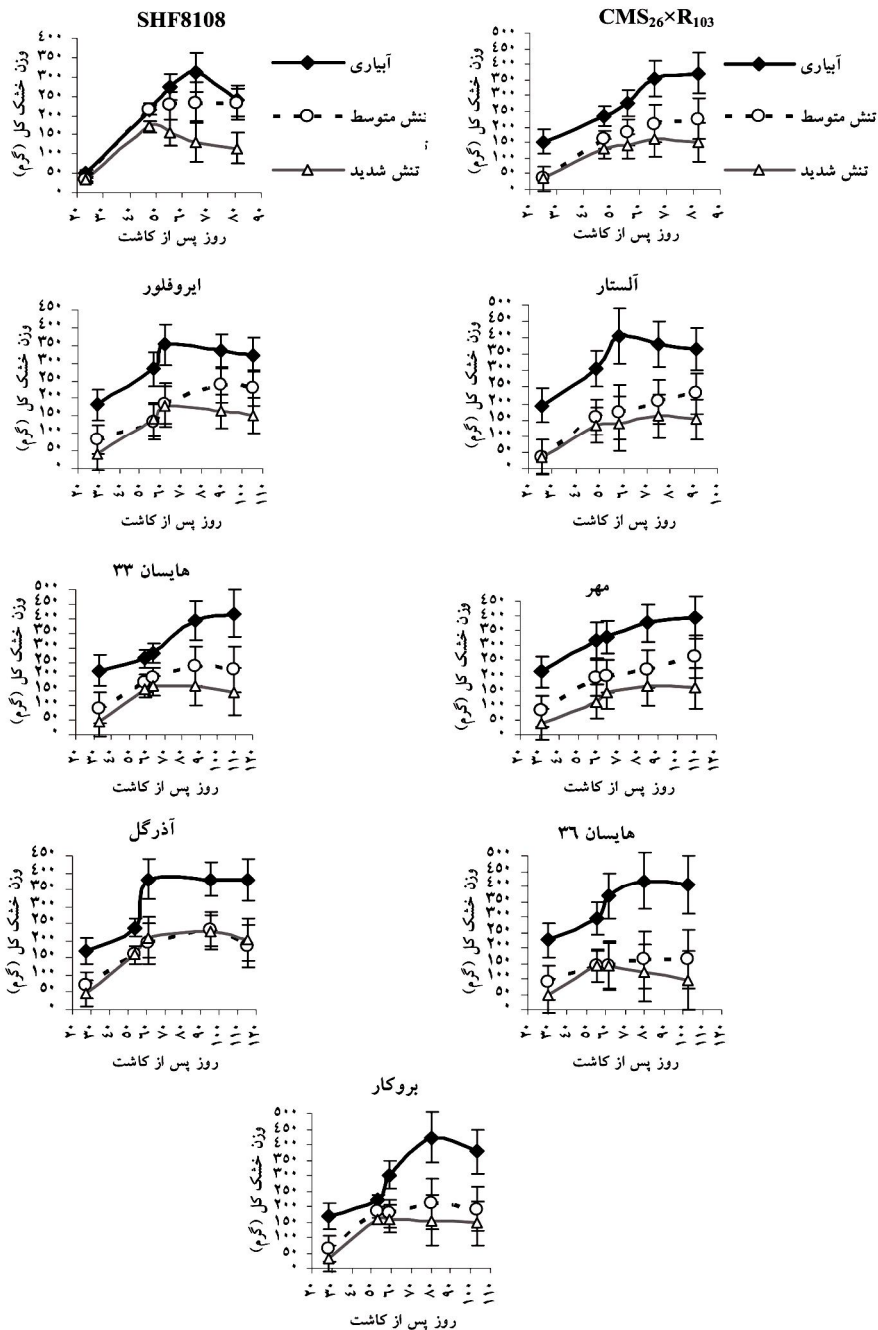
در این فرمول RI ضریب استهلاک نوری، I_t میزان شدت تشعشع فعال فتوسنتزی در کف جامعه گیاهی و I_0 میزان شدت تشعشع فعال فتوسنتزی در بالای جامعه گیاهی می‌باشد (کالوینو و همکاران، ۲۰۰۴). برای تعیین وزن خشک گیاه براساس روش درودریگوئز و همکاران (۲۰۰۲) در مراحل نموی R1, R5, R6, R7 و R8 چهار بوته از هر کرت برداشت گردید و نمونه‌ها به ساقه، برگ، دم‌برگ و طبق تفکیک و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند، سپس نمونه‌ها به طور جداگانه توزین شدند و میانگین مجموع وزن خشک آن‌ها، به عنوان وزن خشک کل تک گیاه در نظر گرفته شد. همچنین، ۴/۵ متر مربع از هر کرت با رطوبت دانه ۱۳ درصد برای ارزیابی عملکرد برداشت شد.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه واریانس مرکب شده و در مورد ضریب استهلاک نور تجزیه واریانس ساده نیز انجام شد.

نتایج و بحث

روند تغییرات وزن خشک کل تک گیاه در هیبریدهای آفتابگردان در تیمارهای مختلف آبیاری در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در شرایط آبیاری مطلوب و حتی تنش متوسط خشکی روند تجمع ماده خشک کل گیاه در اکثر هیبریدهای مورد مطالعه با شیب زیادی افزایش یافته ولی در مراحل آخر رشد این روند ثابت و یا حتی کاهشی می‌گردد که با نتایج حاصل از آزمایشات کرم و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. این در حالی است که روند تجمع ماده خشک کل در شرایط تنش شدید خشکی کند بوده و از مرحله گلدهی (به‌طور میانگین در هیبریدهای زودرس و دیررس به ترتیب ۴۸ و ۵۶ روز پس از کاشت) و پر شدن دانه (به‌طور میانگین در هیبریدهای زودرس و دیررس به ترتیب ۵۷ و ۶۲ روز پس از کاشت) تا مراحل پایانی رشد افت پیدا می‌کند (شکل ۱). احتمالاً دلیل روند تجمع کند و ثابت ماده خشک در شرایط تنش شدید خشکی می‌تواند کاهش بسیار معنی دار وزن خشک برگ، دم‌برگ و ساقه از مرحله پر شدن دانه به بعد به دلیل افزایش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای آن‌ها به دانه باشد که توسط آرائوس و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش شده است. آندراده (۱۹۹۵) دلیل کاهش وزن ماده خشک در مراحل پایانی رشد گیاه آفتابگردان را پیری سریع برگ‌ها بیان کرده است.

در این آزمایش با مقایسه روند تجمع ماده خشک کل هیبریدهای مورد بررسی در سطوح آبیاری مطلوب (شاهد) و تنش خشکی مشخص گردید که بجز هیبرید آلتار بطور کلی هیبریدهای زودرس SHF8108 و CMS₂₆×R₁₀₃ از تجمع ماده خشک کمتری در مقایسه با هیبریدهای دیررس برخوردار بودند. گیمنز و فررز (۱۹۸۶) نیز بیان کردند که تجمع ماده خشک در ارقام زودرس آفتابگردان بسیار کمتر از ارقام دیررس می‌باشد. در تیمار آبیاری مطلوب بیشترین تجمع ماده خشک کل متعلق به هیبریدهای دیررس بروکار، هایسان ۳۳ و هایسان ۳۶ و هیبرید زودرس آلتار بود.

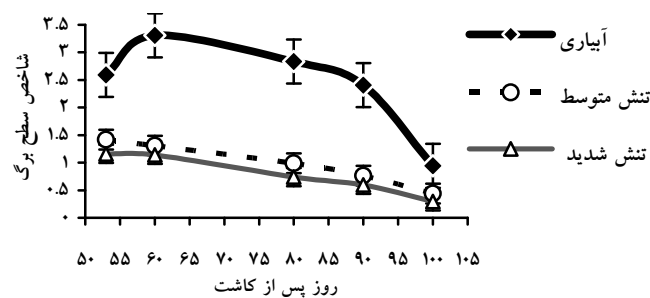


شکل ۱- روند تغییرات وزن خشک کل تک گیاه در هیبریدهای آفتابگردان در تیمارهای مختلف آبیاری.

این درحالی است که در تیمارهای تنش خشکی، هیبریدهای زودرس در مقایسه با هیبریدهای دیررس با شیب کاهشی ملایم‌تری ماده خشک تولیدی خود را کاهش دادند (شکل ۱). انگادی و انتز (۲۰۰۲) نیز هیبریدهای زودرس آفتابگردان را برای مناطق خشک و نیمه خشک مناسب ذکر کرده‌اند. روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبیاری در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ در مراحل مختلف رشدی در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب گردید (شکل ۲). البته در بین تیمارهای آبیاری بیشترین تفاوت شاخص برگ در ۶۰ روز پس از کاشت (مرحله پر شدن دانه) مشاهده شد (شکل ۲). به طوری که در این مرحله شاخص سطح برگ از ۱/۱ در تیمار تنش شدید خشکی تا ۳/۳ در تیمار آبیاری مطلوب متغیر بود (شکل ۲). محققین دیگر نیز نتایج مشابهی را در زمینه کاهش شاخص سطح برگ گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (سوریانا و همکاران، ۲۰۰۴؛ مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷). در این آزمایش شاخص سطح برگ تیمار آبیاری مطلوب از زمان ۵۳ روز پس از کاشت (مرحله گلدهی) تا ۶۰ روز پس از کاشت (مرحله پر شدن دانه) افزایش یافت و در مرحله پر شدن دانه در حداکثر میزان خود قرار داشت (شکل ۲). این درحالی بود که در تیمارهای تنش خشکی حداکثر شاخص سطح برگ در زمان ۵۳ روز پس از کاشت (مرحله گلدهی) حاصل شد و بعد از آن شاخص سطح برگ به دلیل تسریع در پیر شدن برگ‌ها در شرایط تنش خشکی (گوکسوی و همکاران، ۲۰۰۴) تقلیل یافت (شکل ۲).

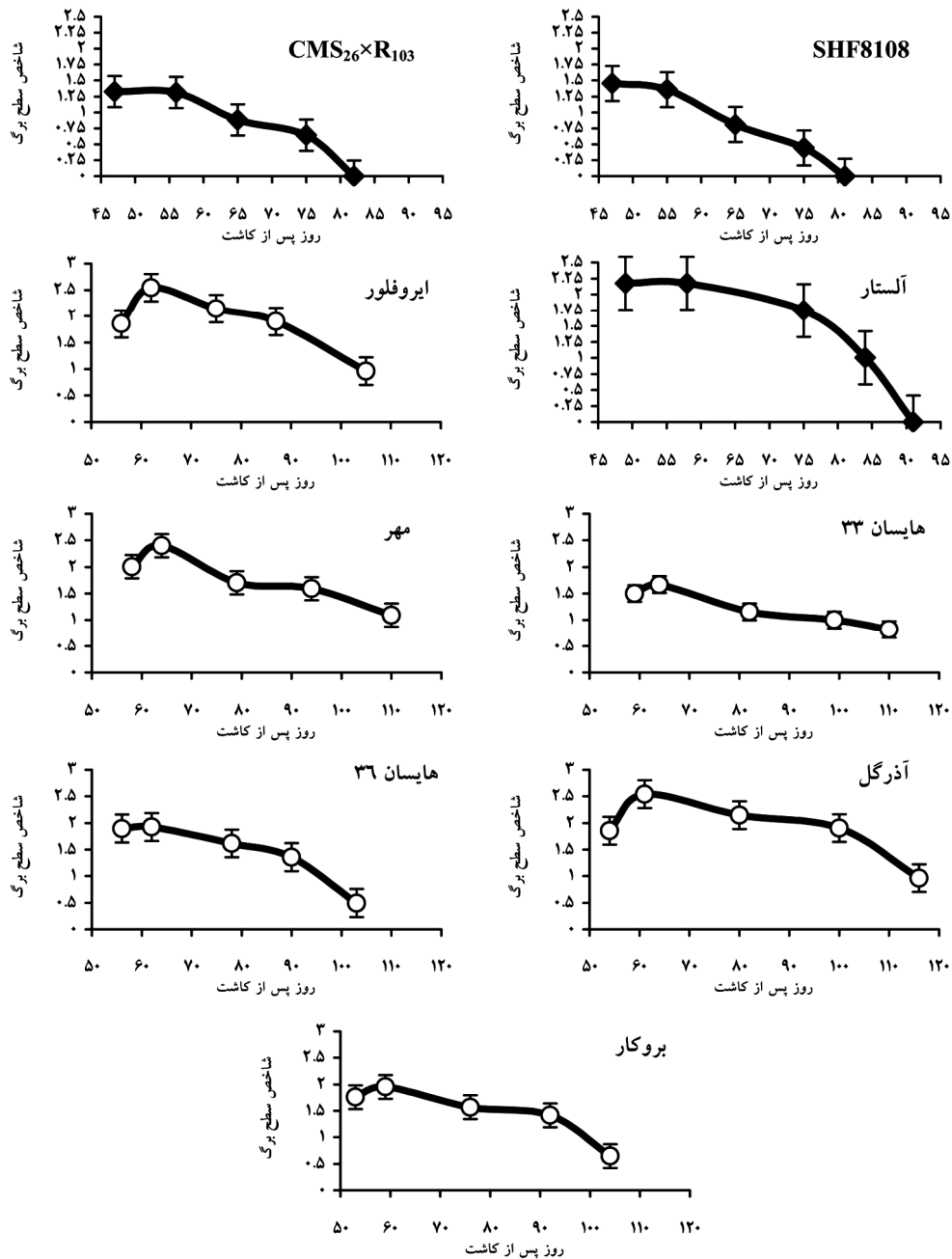
روند تغییرات شاخص سطح برگ هیبریدهای مورد بررسی نیز در شکل (۳) ارائه شده است. هیبریدهای زودرس CMS₂₆×R₁₀₃ و SHF8108 (بجز هیبرید آلستار) در مقایسه با سایر هیبریدها از شاخص سطح برگ کمی برخوردار بودند (شکل ۳) که می‌تواند به دلیل تعداد کم برگ و برگ‌های کوچک آن‌ها باشد. همچنین در مرحله آخر رشد شاخص سطح برگ کلیه هیبریدهای زودرس به صفر تنزل یافت، درحالی که در هیبریدهای دیررس این حالت مشاهده نشد (جدول ۳). در میان هیبریدهای مورد بررسی هیبرید دیررس ایروفلور بیشترین شاخص سطح برگ را در مرحله پر شدن دانه (۶۲ روز پس از کاشت) به میزان ۲/۶ به خود اختصاص داد، درحالی که هیبرید آلستار در مرحله گلدهی (۴۹ روز پس از کاشت) از نظر شاخص سطح برگ (به میزان ۲/۲) برتر از سایر هیبریدهای مورد بررسی بود (شکل ۳). در آفتابگردان شاخص سطح برگ پس از مرحله پر شدن دانه تا مرحله رسیدن فیزیولوژیک سریعاً کاهش می‌یابد (کرم و همکاران، ۲۰۰۷). این درحالی است که گیمنز و فررز

(۱۹۸۶) و گوکسوی و همکاران (۲۰۰۴) این گونه بیان کردند که حداکثر شاخص سطح برگ در هیبریدهای متوسطرس و دیررس آفتابگردان بعد از مرحله گلدهی یعنی مرحله پر شدن دانه و در هیبریدهای زودرس در مرحله گلدهی حادث می‌شود. در این آزمایش نیز حداکثر شاخص سطح برگ در تمام هیبریدهای دیررس در مرحله پر شدن دانه حاصل گردید، درحالی‌که در هر سه هیبرید زودرس مورد بررسی بیشترین شاخص سطح برگ از مرحله گلدهی به دست آمد (شکل ۳).

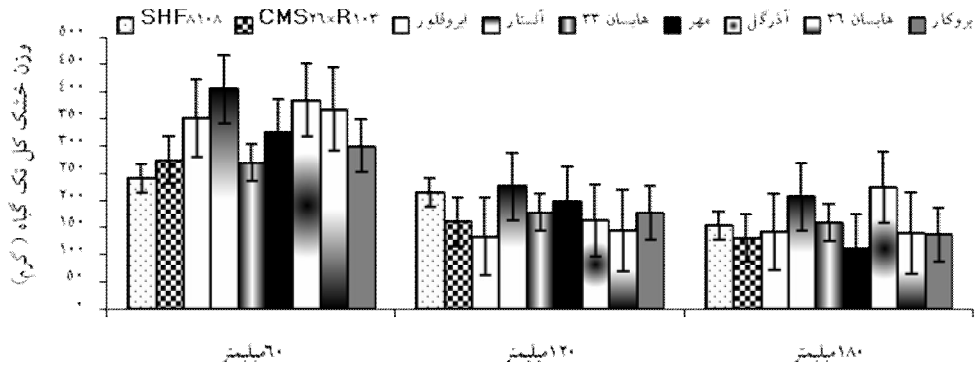


شکل ۲- تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبیاری

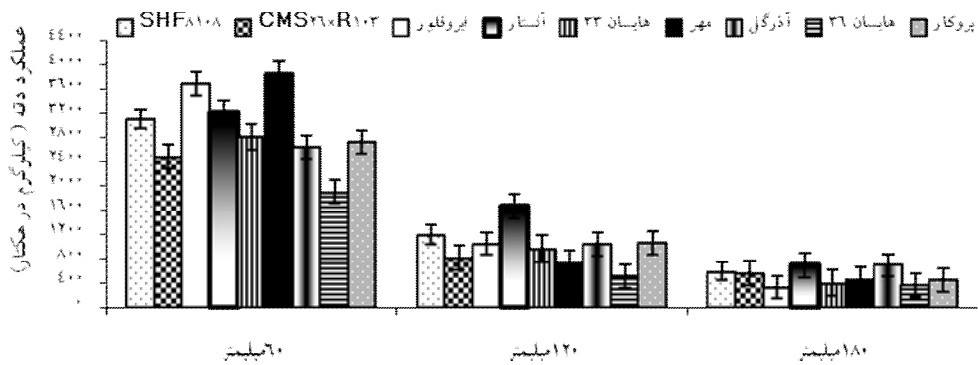
اثر تنش خشکی بر صفات تعداد برگ فعال در مرحله پر شدن دانه، نسبت نور قرمز به مادون قرمز و ضریب استهلاک نور در کف جامعه گیاهی در سطح پنج درصد و میانگین وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه، شدت تشعشع خورشید در کف جامعه گیاهی و عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین در میان هیبریدهای مورد بررسی از نظر تعداد برگ فعال و میانگین وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه، نسبت نور قرمز به مادون قرمز و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. اثر متقابل تنش و هیبرید بر میانگین وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود و هیبریدهای مورد بررسی تنها از نظر صفات مذکور عکس‌العمل‌های متفاوتی به سطوح مختلف آبیاری نشان دادند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).



شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ در هیبریدهای مورد بررسی (◆: هیبریدهای زودرس و ○: هیبریدهای دیررس).



شکل ۴ - اثر متقابل آبیاری و هیبریدهای آفتابگردان بر وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه



شکل ۵ - اثر متقابل آبیاری و هیبریدهای آفتابگردان بر عملکرد دانه

بررسی مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد برگ فعال از تیمار آبیاری مطلوب به میزان ۱۵/۶ برگ به دست آمد و کمترین آن از تیمار تنش متوسط خشکی به میزان ۱۲/۷ برگ حاصل شد که نسبت به شرایط آبیاری مطلوب ۲۰ درصد کاهش یافته بود. دوام برگ در گیاه به آب قابل دسترسی بستگی داشته و در شرایط تنش خشکی، برگ‌های گیاه به‌خصوص برگ‌های پایینی آن به دلیل نرسیدن آسمیلات‌های کافی، کاهش و یا عدم ساخت کلروفیل، سریع‌تر به مرحله پیری رسیده و خشک و غیر فعال می‌گردند. همچنین عکس‌العمل گیاه در خشک کردن برگ‌ها، برای کاهش سطح تعرق‌کننده و تمایل گیاه به کاهش دوره رشد برای فرار از خشکی

می‌باشد. گوکسوی و همکاران (۲۰۰۴) نیز اعلام داشتند که تنش خشکی به واسطه زردی و ریزش زودرس برگ‌ها باعث کاهش سطح برگ می‌گردد که با نتیجه حاصل از این آزمایش مطابقت داشت. همچنین در این آزمایش با زیاد شدن شدت تنش خشکی در تیمار آبیاری بر اساس ۱۸۰ میلی‌متر، شدت تشعشع خورشید و نسبت نور قرمز به مادون قرمز در مرحله پر شدن دانه در کف جامعه گیاهی به ترتیب به میزان ۳۵ و ۴۵ درصد افزایش یافت که می‌تواند به دلیل کاهش شدید سطح برگ (شکل ۲) و تعداد برگ فعال در شرایط تنش خشکی باشد (جدول ۲). لازم به ذکر است که در این آزمایش میزان شدت تشعشع خورشید و میزان نسبت نور قرمز به مادون قرمز در بالای جامعه گیاهی به ترتیب برابر با ۸۵۵ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و ۲/۸۹ بود. مقدار اشعه جذب شده به طور خطی با میزان پوشش برگ یک پوشش گیاهی همبستگی داشته و علاوه بر آن تحت تأثیر شدت تنش خشکی نیز قرار دارد (تاردیو و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین در شرایط آبیاری مطلوب به دلیل بیشتر بودن تعداد برگ فعال (جدول ۲) و سطح برگ (شکل ۲)، نور بیشتری توسط سطح بالایی جامعه گیاهی جذب شده است، در حالی که در شرایط تنش خشکی کاهش تعداد برگ فعال (جدول ۲) و سطح برگ (شکل ۲) در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش کرائی استفاده از نور در هیبریدهای آفتابگردان شد (جدول ۲). به عبارتی در شرایط تنش خشکی سطح برگ با سرعت بیشتر از بین می‌رود و توانایی دریافت نور آن کمتر می‌گردد (بل و همکاران، ۱۹۸۷). کالوینو و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کرده‌اند که تنش خشکی سبب افزایش نفوذ نور به کف پوشش گیاهی ارقام آفتابگردان می‌شود.

در این آزمایش علاوه بر نمایش روند تغییرات وزن خشک کل گیاه در شکل ۱، میزان وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه نیز بطور جداگانه تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین‌های این صفت نشان داد که وزن خشک کل تک گیاه در مرحله پر شدن دانه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری بود، به طوری که بیشترین وزن خشک کل تک گیاه با میانگین ۳۲۵ گرم در شرایط آبیاری مطلوب به دست آمد و در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی وزن خشک کل تک گیاه به ترتیب ۴۵ و ۵۲ درصد کاهش یافت (جدول ۲). درودریگوئز و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای بر روی شش رقم آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گزارش دادند که در مراحل ستاره‌ای شدن و غنچه‌دهی هر شش رقم از وزن خشک مشابه و کمی برخوردار بودند اما در ابتدا و انتهای مرحله گلدهی در بین ارقام از لحاظ وزن خشک اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و در مرحله برداشت این اختلاف بین بالاترین و پائین ترین رتبه از لحاظ وزن خشک ۵۸ درصد بود.

جدول ۲ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی هیبریدهای آفتابگردان در سطح مختلف آبیاری

عملکرد دانه	ضرب‌ب	وزن خشک	نسبت نور	شدت تشعشع	تعداد برگ فعال	آبیاری براساس تیخیر از
(کیلوگرم در هکتار)	استهلاک نور	کل تک گیاه (گرم)	قرمز به مادون قرمز	خورشید (میکرومول بر متر مربع در ثانیه)	تیخیر	تیخیر (میلی متر)
۲۹۳۲ ^a ± ۱۵۹	۰/۹۵ ^a ± ۰/۰۰۱	۳۲۵ ^a ± ۳/۵۷	۰/۵۸ ^a ± ۰/۰۰۵	۷۳/۵ ^c ± ۰/۶۸۶	۱۵۶ ^a ± ۰/۱۳۵	۶۰ (شاهد)
۱۰۰۴ ^b ± ۸۰	۰/۷۵ ^b ± ۰/۰۰۶	۱۷۷ ^b ± ۱/۷۱	۰/۸۶ ^b ± ۰/۰۱۴	۱۰۰۹ ^b ± ۰/۸۱۰	۱۲۷ ^b ± ۰/۱۳۴	۱۲۰ (تنش متوسط خشکی)
۵۰۰ ^c ± ۳۳	۰/۷۷ ^b ± ۰/۰۰۲	۱۵۶ ^b ± ۲/۱۴	۱/۰ ^b ± ۰/۰۱۱	۱۳۵/۵ ^a ± ۱/۳۲۳	۱۳/۵ ^{ab} ± ۰/۱۰۴	۱۸۰ (تنش شدید خشکی)
هیبرید						
۱۶۳۴ ^{ab} ± ۴۰۳	۰/۹۱ ^a ± ۰/۰۰۴	۲۰۱ ^b ± ۷/۷۷	۱/۰۸ ^a ± ۰/۰۶۵	۱۱۵/۳ ^a ± ۵/۹۳	۱۱۱/۹ ^c ± ۰/۲۱۳	SHF8108
۱۳۳۸ ^{cd} ± ۳۱۱	۰/۷۷ ^a ± ۰/۰۰۶	۱۸۹ ^b ± ۱۲/۹۲	۱/۰۰ ^{ab} ± ۰/۰۴۰	۱۱۶/۰ ^a ± ۵/۵۹	۸۶ ^d ± ۰/۳۴۴	CMS ₂₆ × R ₁₀₃
۱۶۹۲ ^{ab} ± ۵۵	۰/۷۹ ^b ± ۰/۰۲۵	۲۰۹ ^b ± ۱۹/۰۰	۰/۷۰ ^{cd} ± ۰/۰۲۳	۱۰۷/۸ ^a ± ۶/۲۸	۱۶۱ ^a ± ۰/۲۶۰	ایروفلور
۲۰۱۲ ^a ± ۴۲۱	۰/۹۲ ^a ± ۰/۰۰۶	۲۸۰ ^a ± ۱۶/۷۳	۰/۹۲ ^{abc} ± ۰/۰۳۶	۹۷/۵ ^a ± ۵/۶۱	۱۵۳ ^{ab} ± ۰/۳۱۵	آلستار
۱۳۹۵ ^{bc} ± ۳۶۵	۰/۹۱ ^a ± ۰/۰۰۰	۲۰۲ ^b ± ۹/۲۳	۰/۷۴ ^{cd} ± ۰/۰۲۴	۱۰۶/۶ ^a ± ۴/۳۳	۱۶۰ ^a ± ۰/۳۴۱	هایسان ۳۳
۱۴۰۲ ^{bc} ± ۵۴۲	۰/۹۱ ^a ± ۰/۰۰۰	۲۱۲ ^b ± ۱۶/۷۵	۰/۷۹ ^{bcd} ± ۰/۰۳۶	۱۰۳/۵ ^a ± ۳/۷۲	۱۳/۴ ^{bc} ± ۰/۱۷۳	مهر
۱۳۱۲ ^{bcd} ± ۳۰۷	۰/۹۲ ^a ± ۰/۰۰۶	۲۵۷ ^a ± ۱۷/۳۷	۰/۶۴ ^d ± ۰/۰۵۹	۱۰۸/۷ ^a ± ۵/۵۹	۱۱/۶ ^c ± ۰/۶۱۶	آدرگل
۹۳۳ ^d ± ۲۷۰	۰/۹۱ ^a ± ۰/۰۰۶	۲۱۷ ^b ± ۱۹/۷۵	۰/۷۰ ^{bcd} ± ۰/۰۳۳	۱۰۱/۶ ^a ± ۶/۱۴	۱۵/۳ ^a ± ۰/۳۰۵	هایسان ۳۶
۱۴۱۶ ^{bc} ± ۳۴۲	۰/۹۱ ^a ± ۰/۰۰۷	۲۰۵ ^b ± ۱۲/۷۷	۰/۷۲ ^{bcd} ± ۰/۰۳۹	۹۸/۴ ^a ± ۳/۹۳	۱۷/۲ ^a ± ۰/۳۱۶	بروکار

در هر ستون تفاوت میانگین‌ها با حروف مشابه معنی‌دار نیست ($p \geq 0.05$). همچنین میانگین ارقام همراه با خطای معیار به صورت ($\bar{X} \pm SE$) برای هر زیر گروه در جدول ارائه شده است.

بیشترین ضریب استهلاک نور به واسطه بالا بودن شاخص سطح برگ و تعداد برگ فعال از تیمار آبیاری مطلوب (به میزان ۰/۹۵) حاصل شد و اعمال تنش خشکی سبب کاهش ۷-۱۱ درصدی ضریب استهلاک نور در کف جامعه گیاهی هیبریدهای آفتابگردان شد (جدول ۲). در تحقیق کالوینو و همکاران (۲۰۰۴) نیز کاهش ضریب استهلاک نور در هیبریدهای زودرس و دیررس آفتابگردان در شرایط تنش کم آبی گزارش شده است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که اعمال تنش خشکی سبب تقلیل عملکرد دانه از ۲۹۳۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری مطلوب به ۱۰۰۴ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی گردید. محققین بسیاری کاهش عملکرد دانه ارقام و هیبریدهای آفتابگردان را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (گیمنز و فررز، ۱۹۸۶؛ گوکسوی و همکاران، ۲۰۰۴؛ کرم و همکاران، ۲۰۰۷). به نظر می‌رسد که در این آزمایش تنش خشکی به سبب کاهش سطح سبز جذب کننده نور نقش مهمی در کاهش عملکرد ایفا نموده است زیرا میزان جذب نور توسط گیاه ارتباط زیادی با افزایش عملکرد دانه دارد (بانگ و همکاران، ۱۹۹۷).

ظهور برگ، توسعه و پیری آن فرآیندهای مهمی در تولید و ناپدید شدن پوشش گیاهی گیاه زراعی به حساب می‌آیند (هال، ۲۰۰۴). در میان هیبریدهای مورد بررسی هیبریدهای دیررس بیشترین و هیبریدهای زودرس کمترین تعداد برگ فعال را داشتند ولی با این وجود هیبرید زودرس آلستار با داشتن ۱۵/۳ برگ از تعداد برگ فعال مناسبی در مرحله پر شدن دانه برخوردار بود (جدول ۲). نتایج حاصل بیان کننده این مطلب است که خصوصیات ژنتیکی ارقام بیشترین تأثیر را در تولید برگ گیاه آفتابگردان دارا می‌باشد. گیمنز و فررز (۱۹۸۶) نیز در آزمایشات خود پر برگ بودن هیبریدهای دیررس را نسبت به هیبریدهای زودرس تأیید کرده‌اند و بیان نمودند که هیبریدهای دیررس به میزان ۳۰ درصد تعداد برگ بیشتری نسبت به هیبریدهای زودرس دارند. دلاوگا و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که نسبت پیری برگ‌های گیاه آفتابگردان در زمان گلدهی تا مرحله پر شدن دانه در میان ژنوتیپ‌ها متغیر می‌باشد.

حمید جباری و همکاران

جدول ۳- مقایسه میانگین صفت ضریب استهلاک نور در آزمایش‌های آبیاری براساس ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (نتایج تجزیه ساده).

هیبرید	ضریب استهلاک نور		
	آبیاری براساس ۶۰ میلی‌متر	آبیاری براساس ۱۲۰ میلی‌متر	آبیاری براساس ۱۸۰ میلی‌متر
SHF8108	۰/۹۴۹ ^b ± ۰/۰۰۰۷	۰/۹۰۱ ^a ± ۰/۰۱۰۶	۰/۸۹۶ ^a ± ۰/۰۰۲۱
CMS ₂₆ ×R ₁₀₃	۰/۹۱۱ ^c ± ۰/۰۰۱۴	۰/۹۰۰ ^a ± ۰/۰۱۰۶	۰/۸۲۸ ^a ± ۰/۰۰۶۷
ایروفلور	۰/۹۶۷ ^{ab} ± ۰/۰۰۰۱	۰/۷۷۰ ^b ± ۰/۰۱۰۶	۰/۶۳۶ ^a ± ۰/۰۰۶۷
آلستار	۰/۹۵۹ ^{ab} ± ۰/۰۰۶۷	۰/۹۱۶ ^a ± ۰/۰۰۸۸	۰/۸۷۱ ^a ± ۰/۱۷۰۴
هایسان ۳۳	۰/۹۷۴ ^{ab} ± ۰/۰۰۶۷	۰/۸۹۸ ^a ± ۰/۰۰۲۱	۰/۸۷۴ ^a ± ۰/۰۰۸۴
مهر	۰/۹۷۹ ^a ± ۰/۰۰۲۸	۰/۸۹۴ ^a ± ۰/۰۲۴۷	۰/۸۷۰ ^a ± ۰/۰۰۲۴
آذرگل	۰/۹۶۴ ^{ab} ± ۰/۰۰۶۰	۰/۹۱۹ ^a ± ۰/۰۰۱۴	۰/۸۷۸ ^a ± ۰/۰۰۴۲
هایسان ۳۶	۰/۹۶۴ ^{ab} ± ۰/۰۰۳۸	۰/۸۹۸ ^a ± ۰/۰۰۵۳	۰/۸۸۰ ^a ± ۰/۰۰۵۶
بروکار	۰/۹۶۷ ^{ab} ± ۰/۰۱۰۶	۰/۹۰۰ ^a ± ۰/۰۱۶۶	۰/۸۷۸ ^a ± ۰/۰۰۳۵

در هر ستون تفاوت میانگین‌ها با حروف مشابه معنی‌دار نیست ($P \geq 0.05$). همچنین میانگین ارقام همراه با خطای معیار به صورت ($\bar{X} \pm SE$) برای هر زیر گروه در جدول ارائه شده است.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین برخی از صفات مورد بررسی

۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
						۱	شاخص سطح برگ در مرحله پر شدن دانه
					۱	۰/۵۰ **	تعداد برگ فعال
				۱	۰/۳۲	۰/۸۶ **	وزن خشک کل تک گیاه
			۱	-۰/۷۲ **	-۰/۴۴ *	-۰/۶۵ **	شدت تشعشع خورشید
		۱	۰/۵۱ **	-۰/۶۵ **	-۰/۴ *	-۰/۷۳ **	نسبت نور قرمز به مادون قرمز
	۱	-۰/۱۸	-۰/۶۳ **	۰/۶۴ **	۰/۲۱	۰/۵۳ **	ضریب استهلاک نور
۱	۰/۵۵ **	-۰/۶۹ **	-۰/۶۷ **	۰/۸۵ **	۰/۳۱	۰/۷۸ **	عملکرد دانه

* و **: به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

کمترین میزان تشعشع خورشید و نسبت نور قرمز به مادون قرمز در کف جامعه گیاهی به ترتیب به هیبریدهای آلتار و آزرگل تعلق داشت که دلیل این امر می‌تواند برخورداری از شاخص سطح برگ زیاد و تعداد برگ فعال نسبتاً زیاد در هیبرید آلتار و شاخص سطح برگ بالا و برگ‌های بزرگ (با طول و عرض زیاد) ولی با تعداد کم در هیبرید آزرگل باشد (جدول ۲). ساختار کانوپی گیاه آفتابگردان بر اساس نوع رقم متغیر است (میلر، ۱۹۹۲). کانوپی برخی از ارقام می‌تواند بیشتر باز باشد که به برگ‌های کوچک و دم‌برگ دراز آن‌ها بستگی دارد و این کانوپی باز عبور نور را از درون آن افزایش می‌دهد (نابل، ۱۹۹۹). در این آزمایش نیز هیبرید زودرس SHF8108 به واسطه پایین بودن شاخص سطح برگ و تعداد برگ فعال کم در مرحله پر شدن دانه از بیشترین نسبت نور قرمز به مادون قرمز در کف جامعه گیاهی برخوردار بود (جدول ۲).

تفاوت میانگین ضریب استهلاك نور در میان هیبریدهای آفتابگردان معنی‌دار نبود ($P \geq 0/05$), ولی با این وجود هیبرید آلتار و آزرگل به دلیل تعداد برگ فعال مناسب یا شاخص سطح برگ زیاد بیشترین ضریب استهلاك نوری را به میزان ۰/۹۲ دارا بودند (جدول ۲). سطح برگ در گیاهان به طور عمده میزان استهلاك نوری در جامعه گیاهی را تعیین می‌کند و گیاهان با شاخص سطح برگ و تعداد برگ مناسب می‌توانند ضریب استهلاك نوری زیادی داشته باشند (کالوینو و همکاران، ۲۰۰۴ و تاردیو و همکاران، ۱۹۹۹).

ارقام مربوط به مقایسه میانگین ضریب استهلاك نور در هر آزمایش به صورت جداگانه (نتایج تجزیه واریانس ساده) در جدول (۳) ارائه شده است. تفاوت میانگین ضریب استهلاك نور هیبریدهای آفتابگردان در هر دو آزمایش آبیاری براساس ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر معنی‌دار بود ($P \geq 0/01$), ولی در آزمایش آبیاری براساس ۱۸۰ میلی‌متر تفاوت میانگین ضریب استهلاك نور در هیبریدهای مورد بررسی به دلیل شدت تنش ایجاد شده معنی‌دار نبود ($P \geq 0/05$). در آزمایش آبیاری براساس ۶۰ میلی‌متر هیبریدهای دیررس آزمایشی و بخصوص هیبرید مهر به دلیل شاخص سطح برگ یا تعداد برگ فعال زیاد از بیشترین ضریب استهلاك نور برخوردار بودند و هیبریدهای زودرس به غیر از آلتار دارای کمترین میزان ضریب استهلاك نور بودند (جدول ۳). در آزمایش آبیاری براساس ۱۲۰ میلی‌متر به جز هیبرید ایروفلور که کمترین میزان ضریب استهلاك نور را داشت تفاوت میانگین این صفت در بین سایر هیبریدها معنی‌دار نبود (جدول ۳).

در این تحقیق هیبریدهای آلتار و آذرگل به واسطه ضریب استهلاک نور زیاد، بیشترین ماده خشک تولیدی در مرحله پر شدن دانه را به ترتیب با میانگین ۲۸۰ و ۲۵۷ گرم در تک گیاه تولید کردند (جدول ۲). تحقیقات انجام شده نیز نشان می‌دهد افزایش ماده خشک تولیدی در هیبریدهای آفتابگردان بیشتر از همه تحت تأثیر استهلاک نور در جامعه گیاهی می‌باشد (بانگ و همکاران، ۱۹۹۷).

میانگین وزن خشک کل گیاه در مرحله پر شدن دانه و عملکرد دانه هیبریدهای مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری در شکل‌های ۴ و ۵ مندرج گردیده است. براین اساس در تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش متوسط خشکی، هیبرید آلتار تجمع ماده خشک کل بیشتری را در میان هیبریدهای مورد بررسی داشت، درحالی‌که در شرایط تنش شدید خشکی، هیبرید آذرگل و آلتار برتر از سایر هیبریدها بودند (شکل ۴). تفاوت در ماده خشک تولید شده هیبریدهای آفتابگردان در شرایط مختلف آبیاری در تحقیق حاضر مطابق با ارقام ارائه شده در تحقیق درودریگوئز و همکاران (۲۰۰۲) است.

در تیمار آبیاری مطلوب، هیبریدهای مهر و ایروفلور به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۳۸۶۱ و ۳۶۹۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند، درحالی‌که در شرایط تنش متوسط خشکی، هیبرید آلتار با میانگین عملکرد ۱۶۷۱ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش شدید خشکی، هیبریدهای آلتار و آذرگل به ترتیب با میانگین عملکرد ۷۰۱ و ۶۹۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند (شکل ۴). در تحقیقات مختلف تفاوت میانگین عملکرد دانه ارقام آفتابگردان در تیمارهای مختلف آبیاری گزارش شده است (فررز و همکاران، ۱۹۸۶؛ آنگادی و انتز، ۲۰۰۲؛ گوکسوی و همکاران، ۲۰۰۴؛ دانشیان، ۲۰۰۷).

بررسی ضرایب همبستگی در جدول ۴ نشان می‌دهد که شاخص سطح برگ و تعداد برگ فعال در مرحله پر شدن دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص‌های نوری از قبیل شدت تشعشع خورشید و نسبت نور قرمز به مادون قرمز داشتند ولی شاخص سطح برگ در مقایسه با تعداد برگ فعال همبستگی بیشتری با شاخص‌های نوری داشت (جدول ۴). با توجه به ارقام مندرج در جدول ۴، ضریب استهلاک نور با شاخص سطح برگ و وزن خشک کل تک گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت ($P \geq 0/01$)، که مطابق با ارقام ارائه شده در سایر تحقیقات است (تاردیو و همکاران، ۱۹۹۹؛ کالوینو و همکاران، ۲۰۰۴).

بررسی نتایج کلی این آزمایش نشان داد که بیشتر بودن شاخص سطح برگ در مراحل گلدهی و پر شدن دانه به همراه تعداد برگ فعال زیاد در مرحله پر شدن دانه می‌تواند سبب افزایش ضریب

استهلاک نور در جامعه گیاهی آفتابگردان شود. همچنین اکثر هیبریدهای زودرس به دلیل شاخص سطح برگ و تعداد برگ کم از بیشترین نسبت نور قرمز به مادون قرمز در کف جامعه گیاهی برخوردار بودند. تفاوت میانگین ضریب استهلاک نور در بین هیبریدها در تیمارهای بدون تنش و تنش متوسط خشکی معنی‌دار بود اما در تیمار تنش شدید خشکی به دلیل شدت تنش ایجاد شده، تفاوت میانگین ضریب استهلاک نور معنی‌دار نبود. همچنین در این آزمایش هیبرید آلتار با دارا بودن شاخص سطح برگ مناسب، تعداد برگ فعال نسبتاً زیاد در مرحله پر شدن دانه و ضریب استهلاک نور زیاد، بیشترین تولید ماده خشک و عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی دارا بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات آقایان علیرضا مقدم خمسه و کیوان حسین زاده تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- Andrade, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Res.* 41: 1-12.
- Andrade, F.H., Calvinio, P.A., Cirilo, A., and Barbieri, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agron. J.* 94: 975-980.
- Angadi, S.V., and Entz, M.H. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agron. J.* 94:136-145.
- Araus, L.A., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* 89: 925-940.
- Ballare, C.L., Sanchez, R.A., Scopel, A.L., Casal, J.J., and Chersa, C.M. 1987. Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. *Plant Cell Environ.* 10: 551-557.
- Bange, M.P., Hammer, G.L., and Rickert, K.G. 1997. Environmental control of potential yield of sunflower in the subtropic. *Aust. J. Agric. Res.* 48: 231-240.
- Bell, M.J., Muchow, R.C., and Willson, G.L. 1987. The effect of plant population on peanuts in monsoonal tropical environment. *Field Crop Res.* 17:91-107.
- Calvino, P., Sadras, V., Redolatti, M., and Canepa, M. 2004. Yield responses to narrow rows as related to interception of radiation and water deficit in sunflower hybrids of varying cycle. *Field Crops Res.* 88: 261-267.
- 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.
- Daneshian, J. 2007. Effect of water deficit stress on sunflower hybrids. Ministry of jihad-agriculture, agricultural research and education organization, Seed and Plant Improvement Research Institute (SPII). 90p.
- De la Vega, A.J., and Hall, A.J. 2002. Effect of planting date, genotype and their interaction on sunflower yield. I. Determinants of oil-corrected grain yield. *Crop Sci.* 42: 1191-1201.

- De Rodriguez, J., Philips, D.B.S., Rodriguez-Garcia, R., and Angulo-sanchez, J.L. 2002. Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land Condition. P139-142, In: Janick, J., and A. whipkey (eds), Trends in new crops and new uses. ASHS press, Alexandria, VA.
- FAO. 2006. Oilseeds: world market and trades. Current World Production, Market and trade reports. <http://www.fas.usda.gov>.
- Fereres, E., Gimenez, C., and Fernandez, J.M. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I-Yield relationships. Aust. J. Agric. Res. 37: 573-582.
- Gimenez, C. and Fereres, E. 1986. Genetic variability of sunflower cultivars under drought. I. yield relationships. Aust. J. Agric Res. 37: 573-582.
- 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.
- Hall, A.J. 2004. Advances in the physiology of the sunflower crop: A ten-year progress report. Proc. 16th International sunflower conference, Fargo, ND USA. Pp: 29-41.
- Jabbari, H., Akbari, Gh.A., Daneshian, J., Alahdadi, I. and Shahbazian, N. 2008. Effect of water deficit stress on agronomic characteristics of sunflower hybrids. 5th International Crop Science Congress, Jeju, Korea. p: 190-191.
- Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O., and Roupheal, Y. 2007. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agric. Water Manage. 75: 226-244.
- Manivannan, P., C. Abdul Jaleel, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Somasundaram, G.M.A. Lakshmanan and R. Panneerselvam. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloid. Surface. B. 59: 141-149.
- Miller, J.F. 1992. Update on inheritance of sunflower characteristics. P905-945, Proceeding of 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy. 1475p.
- Naderi Darbaghshahi, M.R., Noormohamadi, G.H., Majidi, E., Darvish, F., Shirani rad, A.H., and Madani, H. 2004. Effect of drought stress and plant density on ecophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. J. Plant. Seed. 20: 281-296.
- Nobel, P.S. 1999. Physicochemical and environmental plant physiology. Second edition. Academy Press. San Diego, CA. 474p.
- Rousseaux, M.C., Hall, A.J., and Sanchez, R.A. 2000. Basal leaf senescence in a sunflower (*Helianthus annuus*) canopy: responses to increased R/FR ratio. Physiol. Plant. 110: 477-482.
- Soriano, M.A., Orgaz, F., Villalobos, F.J., and Fereres, E. 2004. Efficiency of water use of early plantings of sunflower. Eur. J. Agron. 21: 465-476.
- Tardieu, F., Granier, C., and Muller, B. 1999. Modelling leaf expansion in a fluctuating environment: are changes in specific leaf area a consequence of changes in expansion rate? New Phytol. 143: 33-43.



Changes of radiation interception and red to far red light ratio in some of the sunflower hybrids canopy under drought stress

* H. Jabbari¹, GH.A. Akbari², J. Daneshian³, I. Alahdadi²
and M. Naeemi⁴

¹Ph.D student, Dept. of Agronomy, College of Abureihan, University of Tehran & Lecturer in Shahr Ghods Branch, Islamic Azad University, ²Associate Prof., Dept. of Agronomy, College of Abureihan, University of Tehran, ³Research Associate Prof., Seed and Plant Improvement institute, Karaj, ⁴Ph.D student, Dept. of Agronomy, College of Abureihan, University of Tehran.

Abstract

In order to study of the radiation interception and red to far red light ratio variations in sunflower hybrids under drought stress, Nine sunflower hybrids in three separate experiments were compared as randomized complete block designs with three replications at the Research Station of Seed and Plant Improvement Institute in Karaj in 2006. First experiment (control) was irrigated based on 60 millimeter evaporation from evaporation pan. The second and third experiments were irrigated at 120 and 180 millimeter evaporation from class A evaporation pan, respectively (medium and sever drought stresses, respectively). Average of solar radiation intensity and red to far red light ratio in bottom canopy, Solar radiation interception, number of active leaves, total dry weight per plant at seed filling stage and seed yield showed significant difference among irrigation treatments. The intensity of drought stress increased the solar at the bottom of canopy and red to far red ratio by 35 and 45 percentages, whereas caused to decrease the radiation interception of control treatment as 0.95 to 0.88 in sever drought stress. Results indicated that Allstar hybrid with appropriate leaf area index (LAI) and number of active leaves and maximum radiation interception produced the highest dry weight and seed yield, in drought stress conditions.

Keywords: Sunflower; Drought stress; Seed filling stage; Solar radiation interception

* - Corresponding author; Email: shenghar021@yahoo.com