بررسی اثرات برگ‌زدایی برخصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آفتابگردان درشرایط تنش قطع آبیاری در منطقه ورامین

Analyzing the effects of defoliation on physiological and biochemical characteristics of sunflower under cut irrigation.

فرشاد قوشچی

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین- پیشوا، ورامین، تهران، ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: ghooshchi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۱۲ تاریخ پذیرش:۹۶/۷/۲۵

چکیده

در آفتابگردان، حساسیت به تنش قطع آب مدتی پیش از ظهور طبق‌ها تا زمان رنگ‌گیری کامل دانه‌ها زیاد است، اما بیش‌ترین حساسیت به تنش کمبود آب، در مرحله گرده افشانی است. کاهش سطح برگ‌ها نخستین راهکاری گیاه و یکی از مهم‌ترین سازوکارهای سازگاری گیاه به تنش کم آبی است .به منظور اثرات برگ‌زدایی بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان در شرایط قطع آبیاری آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده (اسپیلت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. عامل اصلی تنش قطع آبیاری در چهار سطح شامل آبیاری مطلوب (S_1) قطع آبیاری از مرحله غنچه‌دهی تا گلدهی (S_2)، قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پرشدن دانه (S_3) و قطع آبیاری از ابتدای پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک (S_4) و عامل فرعی برگ‌زدایی در سه سطح شامل عدم حذف برگ‌ها (F_1) حذف ۲۵ درصد برگ‌ها (F_2) و حذف ۵۰ درصد برگ (F_3) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش قطع آبیاری برتمام صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه عملکرد بیولوژیک، میزان روغن، پایداری غشای سیتوپلاسمی، محتوی رطوبت نسبی، کلروفیل کل و پرولین در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی برگ‌زدایی نیز غیر از صفات عملکرد دانه و بیولوژیک در سایر صفات در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اما اثرات متقابل تیمارها بر صفات مورد آزمایش معنی‌دار نبود. قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه به‌میزان ۴۴ درصد موجب کاهش عملکرد دانه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. همچنین دراین شرایط میزان پرولین به تعداد قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد و به ۵۶/۸ میکرومول برگرم وزن تر رسید که ۴۹ درصد بیش از شرایط آبیاری معمول بود. از طرفی با حذف ۵۰ درصد برگ‌ها به‌طور معنی‌داری کلرفیل کل و محتوی آب نسبی گیاه افزایش یافت.

واژگان کلیدی: عملکرد دانه، پرولین، حذف برگ، محتوی آب نسبی.

مقدمه

تنش کم آبی مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که سبب محدودیت در تولید محصولات زراعی می‌گردد. در هنگام بروز خشکی گیاهان یا باید مراحل رشد نمو خود را جهت اجتناب از خشکی، با توجه به شدت تنش تنظیم نمایند یا این که تنش را تحمل نمایند. اصولا در آفتابگردان (*Heliantus annus* L.) حساسیت تنش کم آبی، مدتی پیش از ظهور طبق تا زمان رنگ‌گیری کامل دانه‌ها یا زمان کاهش رنگ سبز پشت طبق زیاد است، اما بیش‌ترین حساسیت به تنش آب در مرحله گرده‌افشانی مشاهده می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). از طرفی در آفتابگردان کارآیی فتوسنتز نسبتا بالا همراه با مصرف زیاد آب حاکی ازآن است که برگ های این گیاه دارای مقاومت انتشاری بسیار کمتری نسبت به ورود دی اکسید کربن و خروج بخار آب هستند. تا زمان ظهور طبق قسمت عمده مواد فتوسنتزی به ریشه انتقال یافته، پس از این مرحله، مسیر انتقال تغییر یافته و آسیمیلات‌ها به طبق انتقال می‌یابند. انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها ی تلقیح یافته در مرحله ظهور گل از طریق برگ‌ها کامل می‌گردد. بنابراین اندازه‌گیری و محاسبه میزان فتوسنتز جاری جهت ارسال مواد آسیمیلاتی به دانه‌ها و همچنین مقدار آب جذب شده در آفتابگردان از اهمیت زیادی برخوردار است. در طی سازگاری، روزنه ممکن است کمتر به تنش حساس شود و بنابراین تعرق ادامه می‌یابد. همچنین برگ‌ها ممکن است سرعت تعرق و تشعشع وارده را توسط لوله شدن که سطح برگ در معرض نور را کاهش داده و روزنه‌های بالایی را از تابش مستقیم آفتاب حفظ می نمایند، کنترل کنند (Byrne *et al*.1995).

تنش خشکی در طول دوره رویش باعث کوچک‌شدن برگ‌ها می‌شود؛ در نتیجه شاخص سطح برگ، دوره رسیدن و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد (Levitt, 1980). ازجمله راهکارهای موجود برای گیاه در زمان وقوع تنش کم آبی، کاهش سطح و تعداد برگ می باشد. برگ‌ها به‌عنوان واحد فتوسنتزی درگیاه نقش ویژه‌ای دارند، ارقام دارای برگ بیشتر در شرایط تنش، پتانسیل فتوسنتزی بالاتری دارند، اما این موضوع باتعرق زیاد گیاه در شرایط مذکور از نظر تولید در تضاد است (Palled *et al*., 1985). از نظر تئوری کاهش سطح برگ در شرایط تنش کم آبی، سازوکار سازگاری مهمی به شمار می‌رود. زیرا کاهش سطح برگ اولین راهکاری است که گیاهان در مقابل محدودیت آب انتخاب می‌نماید (Hossain *et al*., 1990)، میزان فتوسنتز تا زمانی‌که تمام تشعشع توسط سطح فتوسنتزی گیاه دریافت شود، افزایش می‌یابد. اگر سطح برگ‌ها بیش از این تعداد افزایش یابد، برگ‌های اضافی موجب سایه‌اندازی بر برگ‌های پایینی شده، دراین شرایط برگ‌ها مصرف کننده شده و تنفس آنها از فتوسنتز بیشتر می‌شود و در نتیجه سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد. اگر شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی به حد مطلوب برسد برای تولید حداکثر ماده خشک برسد، ممکن است گیاهان حداکثر عملکرد دانه را تولید نمایند اما اگر شاخص سطح برگ در مرحله پیش از گلدهی به سطحی بیش از حد مطلوب افزایش یابد، سایه انداز برگ‌ها موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Borras and Otegui, 2006).

نتایج نشان داد افزایش شدت تنش آب باعث کاهش معنی‌دار قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه، درصد وزنی، شاخص برداشت و عملکرد دانه گردید. نکته مهم آنکه حساس‌ترین صفت مورفولوژیکی به تنش آب شاخص سطح برگ بود که با افزایش شدت تنش، کاهش معنی‌داری داشت (عباسی سیه‌جانی و همکاران، ۱۳۹۱)، محققان گزارش کردند حذف برگ پرچم درگیاه جو در شرائط عدم تنش و تنش کم آبی سبب افزایش سرعت فتوسنتز در برگ‌های باقی مانده در مقایسه با شاهد به‌ترتیب با ۲۸/۸ و ۱۰/۸ درصد بود. درشرایط کنترل رطوبتی بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه از تیمار حذف برگ‌های زیرین برگ پرچم با ۲۷/۶ درصد حاصل شد. تنش پس از گرده‌افشانی موجب کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه در ۱۲ رقم مورد مطالعه، گردید (سعیدی و آژند، ۱۳۹۳). تحت شرایط تنش خشکی، با قطع یک سوم برگ‌ها در مرحله کاکل‌دهی، عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۸ درصد افزایش یافت. بنابراین برگ‌زدایی نه تنها موجب کاهش قدرت منبع یا کارآیی تولید بیوماس و فتوسنتز جاری نشد، بلکه در شرایط تنش خشکی ماده خشک بیش‌تری به دانه اختصاص داد (اویسی و همکاران، ۱۳۸۹). برخی از محققان گزارش کردند که برگ‌زدایی تمام فرآیندهای رشد و نمو و در نتیجه توسعه اندام‌های گل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص سطح برگ، فتوسنتز، جذب نور، وزن خشک گیاه

و عملکرد اقتصادی تحت تأثیر برگ‌زدایی دچار نوسان و کاهش گردید (Morodino *et al*., 2003 & Kruck *et al*., 1997). باید توجه کرد پس از گرده افشانی، رابطه بین منبع و مخزن مهم‌ترین تأثیر را بر عملکرد می‌گذارد، وجود یک حد آستانه از مواد پرورده برای تشکیل هر واحد زایشی بارور ضروری است و در کمتر از آن میزان دانه‌ای تشکیل نخواهد شد (Rodrigo *et al*., 2007).

سیف و واسیلاس (Seif & Vasilas, 1985) بیان کردند که در شدت‌های ۵۰ و۱۰۰ درصد برگ‌زدایی در مرحله گرده افشانی عملکرد دانه به‌ترتیب ۴/۶ و ۵۲ درصد کاهش یافت. بورد (Board, 2009) در مطالعـــه‌ای اثر برگ‌زدایی بر گیاه سویا اظهار کرد که با حذف یک سوم برگ‌ها در اواسط پر شدن دانه، شاخص سطح برگ ۴۱ در صد کاهش پیدا کرد. در رابطه با اثر کاهش منبع بر میزان فتوسنتز گزارش شد که تیمارهای حذف ۵۰ و ۲۵ درصد از کل مساحت پهنک برگ‌ها، میزان فتوسنتز برگ پرچم را در مرحله پنج روز پس از گرده‌افشانی به‌ترتیب ۱۸و ۱۳درصد افزایش داد (Gregersen and Hilm, 2007).

مواد وروش‌ها

آزمایشی جهت بررسی اثر تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آفتابگردان در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین ـ پیشوا در سال زراعی ۹۳ـ ۱۳۹۲ به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده (اسپیلت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. مختصات جغرافیایی مزرعه پژوهشی با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی با ۱۰۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا است. اقلیم ورامین براساس طبقه‌بندی به روش گوسن جزو مناطق نیمه بیابانی و خشک است. متوسط بارندگی سالیانه این منطقه ۱۷۵ میلی‌متر، میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه برابر با ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن برابر با ۹/۱ درجه سانتی‌گراد است. خاک مزرعه از نوع لومی ـ رسی بوده و کود مورد نیاز براساس توصیه آزمون خاک (جدول یک) استفاده شد.

جدول ۱- آزمون خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil test experimental farm

بافت خاک	شن	سیلیت	رس	K پتاسیم	P فسفر	N نیتروژن کل	O.C کربن آلی	(PH) اسیدیته	Ec هدایت الکتریکی	Depth عمق
	(٪)	(٪)	(٪)	(p.p.m)	(p.p.m)	(٪)	(٪)		(dS/m)	(Cm)
لومی-رسی	45	30	25	350	24	0.13	1.03	7.68	2.53	0-۰30

عامل اصلی تنش قطع آبیاری، در چهار سطح شامل: آبیاری مطلوب (S_1)، قطع آبیاری از مرحله غنچه دهی تا گلدهی (S_2)، قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پرشدن دانه (S_3) و قطع آبیاری از ابتدای پرشدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزلوژیک (S_4) و عامل فرعی برگ‌زدایی در سه سطح شامل: شاهد یا عدم حذف برگ (F_1) حذف ۲۵ درصد برگ‌ها (F_2) و حذف ۵۰ درصد برگ‌ها (F_3) بود. پس از آماده‌سازی زمین، کاشت در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۲ در سه تکرار اجرا شد و در هر تکرار ۱۲ کرت قرار داشت. در مجموع واحد آزمایشی شامل ۳۶ کرت بود. در هر کرت پنج خط کاشت به طول پنج متر و با فاصله بین ردیـــف ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برگ‌زدایی در کلیه تیمارها قبل از اعمال اولین مرحله تنش قطع آبیاری صورت گرفت. عملکرد دانه و بیولوژیک با برداشت نهایی دو متر مربع درهر کرت تعیین شد. اندازه‌گیری کلروفیل با روش آرنون(Arnon, 1975)) توسط اسپکتروفتومتر انجام شد. پرولین برگ با روش باتس و همکاران (Bates *et al*., 1973) محاسبه گردید. و محتوی آب نسبی طبق روش اسـمارت و بینگـام (Smart&Bingham, 1974) محاسبه شد.

محتوای آب نسبی= وزن تر برگ – وزن خشک برگ / وزن اشباع برگ – وزن خشک برگ * ۱۰۰

برای اندازه گیری میزان روغن دانه از شیوه استخراج روغن به روش سوکسله استفاده شد (پروانه، ۱۳۷۱).

تجزیه واریانس داده‌هـای آزمایش مذکور با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌های صفات مورد

آزمایش به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج و یک درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول دو) نشان داد که اثر اصلی تنش قطع آبیاری در سطح یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. اما اثر اصلی برگ‌زدایی و اثرات متقابل تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. مطابق جدول مقایسه میانگین اثرات ساده تنش کم آبی (جدول سه)، بیش‌ترین عملکرد دانه با ۴۲۲۵/۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به آبیاری معمول و کمترین آن با ۲۳۷۲/۱ کیلوگرم درهکتار مربوط به قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه است. تنش خشکی در مراحل مختلف رشد با تأثیر بر فتوسنتز موجب کاهش عملکرد شد، اما شدت کاهش عملکرد دانه با وقوع تنش در طی دوره‌ی زایشی گیاه از سایر مراحل رشدی، بیشتر بود. در این مرحله تنش کم آبی تاثیر منفی بر اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه می‌گذارد. به خصوص اعمال تنش از گلدهی تا مرحله رسیدگی دانه پیری برگ‌ها را تسریع و دوره‌ی پر شدن دانه را کوتاه نموده و از این طریق بر کاهش وزن هزار دانه موثر است. کمبود آب پس از گلدهی از طریق آسیب رساندن، به لقاح دانه‌ها می‌تواند تعداد دانه در هر طبق را کاهش دهد (Royo *et al.*,2000 & Schneiter *et al*, 1992). نتایج اثر تنش کم آبی بر مراحل مختلف رشد کلزا نشان داد کمترین عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری درمرحله گلدهی کلزا به‌دست آمد (شیرانی‌راد و متقی، ۱۳۸۵). در بررسی واکنش سویا به تنش خشکی مشخص شد که کاهش عملکرد دانه در سطوح مختلف تنش در مراحل نمو زایشی ناشی از کاهش تعداد دانه درگیاه و وزن هزار دانه است (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۱)؛ ازطرفی سیه جانی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه آفتابگردان نتیجه گرفتند که با افزایش شدت کم آبی، اجزای عملکرد آفتابگردان نظیر تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه تحت تأثیر قرارگرفت که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه گردید. همچنین طی تحقیقی مشخصی شد برگ‌زدایی تا ۶۶ درصد، تاثیرمعنی‌داری بر تعداد برگ در هر بوته نداشت، بنابراین تا این سطح از برگ‌زدایی را گیاه توانسته است کاهش برگ‌های خود را جبران کند و در نتیجه فتوسنتز جاری را به سطح پیش از برگ‌زدایی افزایش دهد (محمودی و همکاران، ۱۳۸۷).

عملکرد بیولوژیک

اثر اصلی تنش قطع آبیاری درسطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان تاثیر معنی‌داری داشت. اما اثر اصلی برگ‌زدایی و تاثیرات متقابل تنش تیمارها بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول دو). مقایسه میانگین اثر ساده تنش کم آبی (جدول سه) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک با ۹۴۵۱/۲ کیلوگرم درهکتار به آبیاری معمول (S_1) و کمترین آن با ۵۱۷۲/۴ کیلوگرم درهکتار به قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه (S_3) تعلق دارد. از طرفی قطع آبیاری در مرحله ابتدای پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیکی(S_4) نسبت به آبیاری معمول کاهش قابل ملاحظه‌ای نداشت و در این شرایط، عملکرد بیولوژیک به ۸۱۴۶/۲ کیلوگرم در هکتار رسید. نتایج فوق نشان داد که بیش‌ترین درصد کاهش عملکرد بیولوژیک مربوط به تنش کم آبی در اوایل مرحله زایشی است، در مرحله (S_2 و S_3) به‌ترتیب ۳۵ و ۴۵ درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک اتفاق افتاد، اما در اواخر مرحله زایشی یعنی مرحله (S_4) میزان کاهش عملکرد بیولوژیک نسبت به آبیاری معمول تنها ۱۴ درصد است. درتحقیقات انجام گرفته بر طیف وسیعی از گیاهان زراعی مشخص شد با افـزایش شدت تنش خشکی، روند نزولی وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه گسترش یافت. برخی از محققان نیز بین عملکرد دانه و تولید ماده خشک در شرایط تنش، همبستگی بـالایی گزارش کردند (Serraj *et al*., 2004). در این آزمایش نیز روند کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک تحت تنش کم آبی مشابه بود، در هر دو صفت حداکثر عملکرد مربوط به تیمار (S_1) و حداقل آن مربوط به تیمار (S_3) است. اکبری مقدم و همکاران (۱۳۸۱) گزارش کردند قطع آبیاری در مرحله تشکیل سنبله و بلافاصله پس از گرده‌افشانی، بیش‌ترین خسارت را در عملکرد بیولوژیک گندم داشت. نتایج آزمایشی روی آفتابگردان در شرایط تنش کمبود آب نشان داد که اعمال تنش کمبود آب باعث کاهش معنی‌داری در صفات وزن خشک ساقه، برگ و عملکرد بیولوژیک گردید و حداکثر کاهش تحت

شرایط ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد (خلیل وند بهروزیار و همکاران، ۱۳۸۹).

درصد روغن دانه

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول دو) اثرات اصلی تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی بر میزان روغن دانه تاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شد. اما اثرات متقابل تیمارها بر درصد روغن معنی‌دار نبود. جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش قطع آبیاری مشخص کرد که بیش‌ترین میزان روغن با ۳۹/۱ درصد از تیمار آبیاری معمول (S_1) و کمترین میزان با ۳۶/۳ درصد از تیمار قطع آبیاری ازمرحل گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه (S_3) حاصل شد (جدول سه). به‌نظر می‌رسد با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل دانه‌ها به‌دلیل نوسان فتوسنتز جاری در نتیجه کمبود آب، ارسال مواد پرورده به دانه‌ها کاهش داشت، بنابراین توانایی دانه‌ها در تبدیل ساکارز به نشاسته و در نهایت روغن کاهش می‌یابد. براساس جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی برگ‌زدایی نشان داد که بیش‌ترین میزان روغن مربوط به عدم برگ‌زدایی با ۴۱/۶ درصد و کمترین میزان روغن در حداکثر برگ‌زدایی یعنی ۵۰ درصد با ۳۵/۸ درصد به‌دست آمد (جدول چهار). می‌توان نتیجه گرفت قطع آبیاری و برگ‌زدایی، موجب غلبه محدودیت منبع می‌گردد، تأثیر اجتناب ناپذیری بر کاهش انتقال مواد فتوسنتز به دانه‌ها داشت (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). در بررسی اثر دورهای مختلف آبیاری بر صفات کمی درسه رقم آفتابگردان مشخص گردید با افزایش دور آبیاری یا اعمال تنش کم آبیاری در تمام ارقام آفتابگردان، درصد روغن کاهش یافت (شریفی و تاج بخش، ۱۳۸۵). تحقیقات نشان داد با افزایش شدت تنش آب درصد روغن دانه آفتابگردان به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داشت (سیه جانی و همکاران، ۱۳۹۱). محققان گزارش کردند در شرایط تنش کم آبی، برگ‌زدایی موجب روند نزولی درکاهش درصد روغن دانه می‌شود (Yang and Mildmore, 2004)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

پایداری غشای سیتوپلاسمی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی در سطح یک و پنج درصد بر پایداری غشای سیتوپلاسمی تاثیر معنی‌داری داشتند، اما اثرات متقابل تیمارها بر پایداری غشای سیتوپلاسمی معنی‌دار نبود (جدول دو). مطابق جدول مقایسه میانگین اثر تنش قطع آبیاری مشخص شد که بیش‌ترین پایداری غشای سیتوپلاسمی با ۳/۹ دسی زیمنس بر متر مربوط به تیمار آبیاری معمول (S_1) و کمترین آن با ۲/۹ دسی زیمنس بر متر مربوط به قطع آبیاری از مرحله غنچه‌دهی تا گلدهی (S_2) به‌دست آمـــد (جدول سه)، همچنین بیش‌ترین میزان پایداری غشای سیتوپلاسمی با ۳/۷ دسی زیمنس بر متر مربوطه به عدم برگ‌زدایی (F_1) و کمترین پایداری غشای سیتوپلاسمی با ۳/۱ دسی زیمنس بر متر مربوط به تیمار حذف ۵۰ درصد برگ‌ها (F_3) بود (جدول چهار). تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و به‌دنبال آن کاهش شاخص پایداری غشای سیتوپلاسمی در گیاهان مختلف می‌شود (Sairam and Saxena., 2000) بنابراین اعمال قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی تا گلدهی که از مراحل بسیار حساس زایشی درگیاه آفتابگردان است، باعث کاهش پایداری غشای سیتوپلاسمی گردید؛ از طرفی برگ‌زدایی باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه گردید و بر پایداری غشای سیتوپلاسمی اثر منفی گذاشت. طی آزمایشی بر روی چهار رقم سورگوم مشخص گردید که با افزایش تنش کم آبی در ارقام، پایداری غشای سیتوپلاسمی کاهش یافت از طرفی مشخص شد که پایداری غشای سیتوپلاسمی تحت تأثیر پتانسیل آب برگ‌ها قرارگرفت (Premachandra *et al*., 1992)

محتوی نسبی آب برگ (RWC)

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی بر محتوی نسبی آب برگ آفتابگردان تاثیرگزار شد و اختلافات به‌وجود آمده از نظر اماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اما اثرات متقابل عوامل مورد تحقیق، بر محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار نبود (جدول دو). بیش‌ترین محتوی نسبی آب برگ در شرایط آبیاری معمول (S_1) با ۸۳/۴ درصد و کم‌ترین میزان در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه (S_3) با ۷۳/۲ درصد به‌دست آمد (جدول سه). همچنین جدول مقایسه میانگین اثر برگ‌زدایی مشخص کرد که بیش‌ترین محتوی نسبی آب برگ با ۸۴/۶ درصد

مربوطه تیمار حذف ۵۰ درصد برگ‌ها (F_3) و کمترین آن مربوط به تیمار عدم حذف برگ (F_1) با ۷۹/۸ درصد بود (جدول چهار). افزایش شدت تنش موجب کاهش محتوی رطوبت نسبی گیاهان گردید، در این میان ارقامی که قادر هستند بدون بستن روزنه‌ها، آب بیش‌تری را در خود نگه دارند برای مناطق تحت تنش خشکی مناسب‌تر هستند، RWC بالاتر ممکن است از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه درجذب آب به‌دست آید (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). طی آزمایش در بررسی اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک ذرت شیرین مشخص شد که تنش کم آبی اثر معنی‌داری بر محتوی نسبی آب برگ دارد و موجب کاهش آن می‌گردد (فارسیانی و همکاران، ۱۳۸۹). در شرایط تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (زبرجدی و همکاران، ۱۳۸۹). لازم به ذکر است با حذف بخشی از برگ‌ها درگیاه ، مابقی برگ‌ها از نظر جذب آب در شرایط بهتری قرار می‌گیرند، بنابراین محتوای نسبی آب برگ گیاه در صورت حذف ۵۰ درصد برگ‌ها، افزایش داشت.

کلروفیل کل

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص شد که اثر اصلی تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی در سطح یک و پنج درصد بر کلروفیل کل معنی‌دار بود. اما اثرات متقابل تیمارها، بر کلروفیل کل معنی‌دار نشد (جدول دو). جدول مقـایسه میانگین اثر تنش قطع آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل با ۱۴/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در شرایط آبیاری معمول (S_1) و کمترین آن در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه (S_3) با ۱۰/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد (جدول سه). درشرایط تنش کم آبی غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a و b کاهش می‌یابد. با کاهش کلروفیل، از میزان هدایت مزوفیلی در برگ کاسته می‌شود، مجموع این عوامل سبب گردید به‌طور اجتناب ناپذیری ظرفیت فتوسنتزی گیاه دچار نقصان شـــــود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج به‌دست آمده از اثر تنش خشکی بر میزان کلرفیل در گیاه آفتابگردان نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از حد ظرفیت زراعی مزرعه تا رطوبت به میزان ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b درهر دومرحله ظهور جوانه گل (غنچه‌دهی) و گلدهی کامل دچار کاهش شد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۵)؛ همچنین سیه جانی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که افزایش شدت تنش کمبود آب در برگ‌های ارقام آفتاب گـردان به‌طور معنی‌داری میزان کلروفیل برگ‌های میانی بوته را کاهش داد.

پرولین

اثرات اصلی تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی بر میزان پرولین برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثرات متقابل تنش قطع آبیاری و برگ‌زدایی بر میزان پرولین برگ از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول دو). نتایج مقایسه میانگین اثرت تنش قطع آبیاری (جدول سه) مشخص نمود که بیش‌ترین میزان پرولین در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پرشدن دانه (S_3) با ۵۶/۸ میکرومول بر گرم وزن تر و کمترین آن در تیمار آبیاری معمول (S_1) با ۲۸/۷ میکرومول برگرم وزن تر گیاه به‌دست آمد. همـچنین مقایسه میانگین اثرات اصلی برگ‌زدایی نشان داد که با ۳۷/۲ میکرومول برگرم وزن تر بیش‌ترین میزان پرولین در شرایط عدم حذف برگ‌ها (F_1) و کمترین آن با میزان ۳۱/۲ میکرومول بر گرم وزن تر در شرایط حذف ۵۰ درصد برگ‌ها (F_3) به‌دست آمد (جدول چهار). تجمع پرولین در زمان کم آبی حداقل تا چند روز ادامه دارد و غلظت آن ممکن است تا ۱۰ درصد وزن خشک کل برگ افزایش یابد. اصولا در زمانی‌که گیاه درمعرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، تجزیه پروتئین‌ها و افزایش پرولین تسریع می‌شود (Barker *et al*,1993)، پرولین، اسید آمینه شاخص تنش کم آبی درگیاهان است، بنابراین وقتی با حذف برگ‌ها در شرایط تنش خشکی برای سایر برگ‌ها شرایط بهتری از نظر تأمین آب فراهم می‌شود، مقدار این اسید آمینه کاهش می‌یابد. در آزمایشی جهت بررسی اثر تنش خشکی بر کلزا در شرایط آبی و دیم مشخص شد که با اعمال تنش میزان اسید-آمینه پرولین افزایش یافت (زبرجدی و همکاران، ۱۳۸۹). فارسیانی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که با اعمال تنش شدید خشکی به‌میزان ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر در ذرت شیرین، میزان تولید پرولین به‌طورمعنی داری نسبت به آبیاری مطلوب افزایش یافت.

نتیجه گیری کلی

مهم‌ترین مرحله تنش قطع آبیاری، قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه بود که صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آفتابـــــــگردان را تحت تاثیر قرار داد. به‌طوری‌که در این مرحله کم‌ترین عملکرد دانه با ۲۸۶۴/۵ کیلوگرم درهکتار به‌دست آمد. همچنین کمترین عملکرد بیولوژیک، محتوی آب نسبی، درصد روغن و کلروفیل کل گیاه مربوط نیز از قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه بود. از طرفی در این مرحله از تنش قطع آبیاری، بیش‌ترین میزان پرولین با ۵۶/۸ میکرومول بر گرم وزن تر به‌دست آمد. اما اثرات برگ‌زدایی تا میزان ۵۰ درصد برگ‌ها، به شدت تنش قطع آبیاری بر صفات مورد بررسی آفتابگردان معنی‌دار نبود. به‌طوری‌که فقط درصد روغن دانه، پایداری غشای سیتوپلاسمی، محتوی آب نسبی، کلروفیل کل و پرولین تحت تأثیر این عامل قرارگرفت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تنش قطع آبیاری بیش‌ترین اثر منفی بر صفات مورد ارزیابی را درمرحله زایشی و گرده افشانی یعنی از زمان گلدهی تا ابتدای پرشدن دانه و رنگ‌گیری کامل دانه‌ها در آفتابگردان می‌گذارد.

جدول ۲ـ تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آفتابگردان تحت تنش قطع آبیاری و برگ زدایی

Table 2- Analysis of variance of physiological and biochemical traits of sunflowers under cut irrigation and defoliation.

		مربعات	میانگین	M.S					
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد دانه G. yield	عملکردبیولوژیک B. yield	درصد روغن P.oil	پایداری غشاء سیتوپلاسمی Ec	محتوی نسبی آب برگ RWC	کلروفیل کل Total chol	پرولین Proline
Replication	تکرار	2	60847.24 $^{n.s}$	31920660.71 $^{n.s}$	3.01^{ns}	0.008^{ns}	0.42 ^{ns}	0.48^{ns}	18.65^{ns}
Cut Irr	قطع آبیاری	3	7378440.17**	41002663.83**	8.95*	1.47**	81.40 **	25.05**	1501.17**
Error A	خطای عامل اصلی	6	263869.24	292077.84	1.76	0.092	2.39	1.99	14.03
Defoliation	برگ زدایی	2	13786.47 $^{n.s}$	719154.41 $^{n.s}$	86.65**	0.53*	50.78 **	11.05*	1705.67**
Cut*Def	قطع‌آبیاری* برگزدایی	6	145298.88 $^{n.s}$	430824.33 $^{n.s}$	5.96^{ns}	0.18^{ns}	9.99 ^{ns}	3.57 ^{ns}	9.48^{ns}
Total Error	خطای کل	16	1368472.99	1066299.72	4.91	0.100	5.33	2.16	24.33
C.v	ضریب تغییرات		16.51	14.46	5.72	9.72	3.87	11.45	12.35

ns و* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: Not significant, significant at 5 % and 1 % levels of probability, respectively

جدول ۳ـ مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش قطع آبیاری درگیاه آفتابگردان

Table 3. Comparison of the average of the main effects of cut irrigation on sunflower plant.

Treatment	تیمار	عملکرد دانه G. Yield (Kg.ha)	عملکردبیولوژیک B. yield (Kg.ha)	درصد روغن P.oil (%)	پایداری غشاء سیتوپلاسمی Ec (dS/m)	محتوی نسبی آب برگ RWC(%)	کلروفیل کل Total chol (mg.gfw)	پرولین Proline (µmol.gfw)
Normal Irr (s_1)	آبیاری مطلوب	4225.6 a	9450.2 a	39.1 a	3.9 a	83.4 a	14.3 a	28.7 d
Cut Irr from budding to flowering stage(s_2)	قطع آبیاری از مرحله غنچه دهی تا گلدهی	2864.5 b	6154.5 c	38.2 ab	2.9 ab	77.3 c	11.6 b	42.5 b
Cut Irr from flowering stage to the beginning of seed filling stage(s_3)	قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ابتدای پر شدن دانه	2372.1 b	5172.4 d	36.3 b	3.2 b	73.2 a	10.4 b	56.8 a
Cut Irr from the beginning of grain filling to physiological maturity(s_4)	قطع آبیاری از ابتدای پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک	3624.8 a	8146.2 b	38.9 ab	3.5 b	79.6 b	13.7 a	32.4 c

حروف مشترک در هرستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5 % probability level

جدول ۴ـ مقایسه میانگین اثرات اصلی برگ زدایی درگیاه آفتابگردان

Table 4. Comparison of the average of the main effects of defoliation on sunflower plant.

Treatment	تیمار	درصد روغن P.oil (%)	پایداری غشاء سیتوپلاسمی Ec (dS/m)	محتوی نسبی آب برگ RWC (%)	کلروفیل کل Total chol (mg.gfw)	پرولین Proline (µmol.gfw)
No defoliation(f1)	عدم حذف برگ ها	41.6 a	3.7 a	79.8 b	11.3 b	37.2 a
25% defoliation (f2)	حذف ۲۵ درصد برگ ها	39.1 b	3.4b	81.3 b	12.8 ab	33.7 b
50% defoliation (f3)	حذف ۵۰ درصد برگ ها	35.8 c	3.1b	84.6 a	13.4 a	31.2 b

حروف مشترک در هرستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Means with similar letters in each column are not significantly different at 5 % probability level

منابع مورد استفاده **References**

ابراهیمی، م.، لطیفی، ن. و ابهری، ع. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل کل، کلروفیل a وb آفتابگردان. نهمین گنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پردیس ابوریحان ـ دانشگاه تهران، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۸۵.

اکبری مقدم، ح.، اعتصام، غ.ر.، کوهکن، ش.ع.، رستمی، ح. و کیخا، غ.ع. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش رطوبتی (قطع آب) در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ارقام گندم. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ۲تا ۴ شهریور ۱۳۸۱.

پروانه، و. ۱۳۷۱. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران، ایران.

دانشیان، ج.، نورمحمدی، ق. و جنوبی، پ. ۱۳۸۱. بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ۲ تا ۴ شهریور ۱۳۸۱.

اویسی، م.، میرهادی، م.ح.، مدنی، ح. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۹. تاثیر محدودیت منبع بر عملکرد و شاخص‌های رشد ذرت دانه‌ای Ksc 704 در شرایط تنش خشکی. مجله یافته‌ها ی نوین کشاورزی. ۵ (۲): ۱۲۴-۱۱۳.

زبرجدی، ع.ر.، معتمدی، ج. و زبرجدی، م. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات برخی صفات مهم فیزیولوژیک کلزا در شرایط تنش خشکی. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.۲ تا ۴ مرداد ۱۳۸۹.

خلیل‌وند بهروزیار، ا.، یارنیا، آ.، آقایی، ب.، دل‌طلب، پ. و خامورچیان، ا. ۱۳۸۹. تأثیر تنش کمبود آب و تراکم بوته بر برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آفتابگردان. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی. ۲ تا ۴ مرداد ۱۳۸۹.

خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی، انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۶۴ ص.

سعیدی، م.، آژند، م. ۱۳۹۳. اثر محدودیت منابع فتوسنتزی و تنش کم آبی پس از گرده‌افشانی بر عملکرد دانه و تبادلات گازی ارقام مختلف جو. مجله به زراعی کشاورزی . ۱۶(۴): ۸۵۶ ـ ۸۳۹.

شریفی، پ. و تاجبخش، م. ۱۳۸۵. اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و صفات کمی در سه رقم آفتابگردان. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران. ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۸۵.

شیرانی‌راد، ا.، ح. و متقی، س. ۱۳۸۵. بررسی اثر تنش کم آبی درمراحل مختلف رشد بر اجزای عملکرد و عملکرد نهایی ارقام مختلف کلزا، نهمین گنکره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۸۵.

عباسی سیه‌جانی، ا.، فرح وش، ف.، خورشیدی بنام، م.ب.، قیاسی، م، و صادقی، آ. ۱۳۸۹. تأثیرپذیری عملکرد ارقام آفتابگردان از صفات مرتبط با برگ در تنش کم آبی، یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.۲ تا ۴ مرداد ۱۳۸۹.

عباسی سیرجانی، ا.، فرح وش، ف.، کاظمی ربط، ح. و خورشیدی بنام، م.ب. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آفتابگردان. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۵ (۲) : ۱۹۶ ـ ۱۹۳.

فارسیانی، آ.، قبادی، م.ا. و جلالی هنرمند، س. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و تاریخ کاشت روی برخی صفات فیزیولوژیک در ذرات شیرین KSC_{403}. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی. ۲ تا ۴ مرداد ۱۳۸۹.

کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی ع.، و نباتی، ج. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی درگیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۲ ص.

محمودی، پ.، کوچکی، ع.ر.، نظامی، ا. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات شدت و زمان برگ‌زدایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶ (۲) : ۴۴۱ ـ ۴۳۳.

Barker, D,J., Sullivan, C,Y., and Moser, L.E. 1993. Water deficit effect on osmotic potential, cell wall elasticity and proline in five forage grasses. Agronomy Journal. 85: 270 – 275.

Board, J.E. 2004. Soybean cultivar differences light interception and leaf area index during seed filling. Agronomy Journal, 96: 305 – 310.

Borras , L., and Otegui, M.E. 2006. Source – sink relation and kernel weight differences in maize temperate hybrids . Field crop research .95: 316 – 326.

Byrne, P.F., Bolanos, J., Edmeades, G.O., and Eaton, D. 1995.Grains from selection under drought versus multi – location testing in related tropical maize populations. Crop Science. 35: 63 – 69.

Gregersen, D.L., and Holm, P.B. 2007. Transcript me analysis of senescence in the flag leaf of wheat. Plant Biotechnology. 5: 192-206

Hossain, A.B.S., Srars., R.G., Cox, T.S., and Paulsen, G.M. 1990. Defoliation tolerance and its relationship to assimilate Partitioning in winter wheat. Crop science. 30: 622 – 627

Kruck, B.C., Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 1997. Grain Weight in wheat cultivars released from 1920 to 1990 as affected by post – anthesis defoliation- Journal Agricultural Science. 128: 273 – 281.

Levitt, J. 1980. Response of plants to Environmental stress. Vol 2. Water, Radiation, Salt and Other stresses. Academic press.

Morodino, M,S., Orladini, P., and Villalobos, F. 2003. Modeling compensatory effects of defoliation on leaf area growth and biomass of sunflower (*Helianthus annuls* L.). Agronomy Journal, 91: 161- 170.

Palled, Y.B., Chandrashekhariah, A.M., and Rodder, G.D. 1985. Response of benegal gram to moisture stress. Indian Journal Agronomy.30: 104-106.

Premachandra, G.S., Saneoka, H., Fujita, K., and Ogata, S. 1992. Seasonal changes in leaf water relations and cell membrane Stability in orchard grass. Journal of Agriculture sciences. 121:169 – 175.

Rodrigo, G.S., Westgat, M.E., and Andrade, F.H. 2007. Source / sink ratio and the relationship between maximum water content, maximum volume, and final dry weight of maize kernels. Field Crop Research. 101:19-25.

Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., and Garcia De Moral, L.F. 2000. Triticale grain growth and morph metry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal plant of physiology. 27:1051- 1059.

Sairam, R.K., and Saxena, G.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotype: Possible mechanism of water stress tolerance. Journal Agronomy and Crop Sciences. 184: 55- 61.

Schneiter, A.A., Jon son, B.L., and Itenderson, T.L. 1992. Rooting depth and water use of different sunflower phenotype. proc .13_{th} int Sunflower conference Pisa, Italy.

Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi , J., Kumar, J., Chandra, S., and Crouch, J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought .Field Crop Research. 88: 115-127.

Smart, R.E., and Bingham, G.E. 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol. 53: 258-260.

Vasilas, B.L., and Seif, R.D. 1985. Defoliation effects on two corn hybrids and their single cross hybrid. Agronomy Journal .77: 816 – 820.

Yang, Z., and Mildmore, D. 2004. Experimental assessment of the impact of defoliation on growth and production of water stressed maize and cotton. Plant Experimental Agriculture. 40:189- 199.