تاثیر شدت برگ‌زدایی بر صفات کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشای سلولی و عملکرد دانه در سورگوم دانه‌ای(*Sorghum bicolor* L.) تحت شرایط تنش خشکی

Effect of defoliation and on morphophysiological characteristics under drought stress condition in Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)

محسن پوراحمدی[۱]، رحیم هنرنژاد[۲]، میثم اویسی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین- ایران.
۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین – ایران.
۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا، ورامین – ایران.

نویسنده مسئول مکاتبات: mohandes.porahmady@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۸

چـــکیده

آزمایشی به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و برگ‌زدایی بر گیاه سورگوم به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین انجام شد. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح (آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر، ۹۰ میلی‌متر تبخیر و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر) و برگ‌زدایی نیز در سه سطح (عدم برگ‌زدایی، حذف ۳۳ درصد برگ‌ها، حذف ۶۶ درصد برگ‌ها) بود. نتایج نشان داد اثر ساده تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر محتوای آب نسبی گذاشت. در بین سطوح مختلف برگ‌زدایی بیش‌ترین محتوای آب نسبی برگ از تیمار حذف ۳۳ درصد برگ‌ها و کم‌ترین میزان را شرایط شاهد (عـدم حـذف برگ) به دست آمد که با حـذف ۶۶ درصـد برگ‌ها در گـروه آماری یکسان قرارگرفت. اثر ساده تنش خشکی، برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل داشت در حالی‌که اثر متقابل تنش خشکی برگ‌زدایی اختلاف معنی‌داری بر میزان کلروفیل نشان نداد. اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی مشخص کرد که بیش‌ترین میزان کلروفیل را تیمار شرایط آبیاری معمول و حذف ۳۳ درصد برگ‌ها و کم‌ترین میزان را شرایط آبیاری معمول و حذف ۶۶ درصد بود. اثر ساده تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر پایداری غشای داشت. اثر ساده برگ‌زدایی اختلاف معنی‌داری را از نظر پایداری غشای نشان داد. اثر متقابل تیمارها مشخص کرد که کم‌ترین پایداری غشای مربوط به تیمار تنش خشکی ۱۳۰ میلی‌متر و حذف ۶۶ درصد برگ‌ها و بیش‌ترین میزان را تنش ۹۰ میلی‌متر و حذف ۳۳ درصد برگ‌ها داشت.

واژگان کـــلیدی: سورگوم، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشای سلولی، عملکرد دانه

مقدمه

سورگوم گیاهی است یک‌ساله، از تیره غلات *Gramineae* و از جنس سورگوم *Sorghum* گونه‌های یک ساله آن دارای۲۰ = ۲n کروموزوم می‌باشند (خدابنده، ۱۳۷۸). شواهد تجربی حاکی از آن است که انتقال در آوند آبکش می‌تواند تا فواصل زیادی صورت گیرد اما هر مقصد معمولا توسط مبدا نزدیک به آن تامین می‌شود. تسهیم مواد پرورده به شرایط محیطی نیز حساس است. برای مثال در خلال رشد رویشی، تنش آبی و مقدار کم نیتروژن خاک باعث تقدم تخصیص ماده خشک به ریشه‌ها می‌شود (Madani *et al*., 2010). به‌منظور شناسایی سازوکارهای کنترل کننده پر شدن دانه، دستکاری قدرت مبدا و اندازه مقصد بررسی شد. شواهد اخیر نشان می‌دهد بیش‌ترین عملکرد دانه با تعادل بین مبدا و مقصد همراه است، به‌گونه‌ای که موجب تجمع ماده خشک در ساقه‌ها و تخلیه‌ی ماده خشک از ساقه‌ها در خلال پر شدن دانه شود (Rodrigo *et al*., 2007, Madani *et al*., 2010). از اثرات مهم تنش آب در مرحلهٔ رویشی، کاهش سطح برگ است. در شروع تنش آب ممانعت از رشد سلولی منجر به کاهش توسعهٔ برگ‌ها می‌شود، از این رو کاهش سطح برگ به‌عنوان یک واکنش اولیه به کمبود آب مطرح است. گرچه مقدار سطح برگ در رابطه با میزان فتوسنتز حائز اهمیت است ولی سطح برگ کم، موجب جذب آب کم‌تر از خاک و کاهش تعرق شده و این محدودیت می‌تواند اولین خط دفاعی برای مقابله با خشکی در گیاه باشد (Cakir, 2004). این اصل کلی مورد قبول همگان قرار دارد که دوام سطح برگ (LAD) به پر شدن دانه‌ها و افزایش عملکرد کمک شایانی می‌نماید. صفت دوام سطح سبز به‌عنوان یک منبع با ثبات فتوسنتز جاری از یک طرف و مصرف ذخایر ساقه از طرف دیگر، می‌تواند برای افزایش عملکرد سودمند باشد (Barnabas *et al*., 2008). در شرایط تنش، برگ‌ها اغلب کوچک‌تر و کانوپی عمودی تر ایجاد می‌شود. به‌علاوه ممکن است با کاهش سطح برگ و در نتیجه تسریع پیری برگ‌ها و کاهش دوام سطح سبز، توانایی گیاه برای انجام فتوسنتز کاهش یابد (Araus *et al*., 2008). ساختار کانوپی ایده آل تحت شرایط تنش بسته به درجه سختی محیط کشت، متفاوت خواهدبود. نکته اصلی، به حداکثر رساندن میزان جذب نور مولد و اجتناب از ایجاد محدودیت نوری و پژمردگی می‌باشد. سرعت استقرار کانوپی می‌تواند برای افزایش میزان جذب تشعشع و کاهش میزان تبخیر از سطح خاک موثر باشد، چنان‌چه شرایط محیطی در بخش اول چرخه زندگی گیاه مناسب باشد (Ahmadi *et al*., 2009). در مجموع پیری برگ‌ها به‌علت کم بودن نسبت منبع- مخزن (در شرایط گرسنگی فیزیولوژیک) و یا به‌علت بیش‌تر بودن نسبت منبع- مخزن (در شرایط تجمع مواد پرورده بیش از حد) رخ می‌دهد. افزایش عملکرد همراه با افزایش ماده خشک کل و تجمع کل نیتروژن در برگ‌ها است. انتقال نیتروژن از برگ و ساقه تحت شرایط محدودیت منبع افزایش می‌یابد و در شرایطی که تعداد دانه کاهش یابد، نیتروژن کم‌تری انتقال می‌یابد (Echarte *et al*., 2008). پاسیورا و انگوس (Passioura and Angus, 2010) بر کاهش تعداد دانه و وزن دانه در تنش کمبود آب قبل از گرده افشانی تأکید کردند، به گزارش این محققان در برخی هیبریدها تعداد دانه می‌تواند تحت تأثیر تنش کمبود آب در ۳۰ روز قبل از گرده‌افشانی قرار گیرد، تعداد دانه‌هایی نیز که وزن آنها در چنین شرایطی کاهش می‌یابد، بیش‌تر است ولی عکس العمل‌ها در هیبریدهای مختلف می‌تواند متفاوت باشد، از سوی دیگر اندازهٔ دانه در میان تیمارهای بدون تنش و تنش آب یکسان نیست، بنابراین اعلام نمودند فقدان یک آستانهٔ استاندارد برای اندازه دانه‌هایی که بایستی در محاسبهٔ میانگین وزن دانه در نظر گرفته شود، باعث شد تا در گزارش‌های مختلف، حساسیت اجزای عملکرد (تعداد دانه و وزن دانه) نسبت به تنش‌ها متفاوت اعلام گردد.

جونز و سیمون (Jones and Simmon, 2009) با اعمال تیمارهای مختلف برگ‌زدایی به این نتیجه رسیدند که در برگ‌زدایی‌های اولیه پس از ۵۰ درصد کاکل‌دهی اعمال شد سرعت رشد دانه تغییری نکرد ولی طول دوره پر شدن دانه و عملکرد نهایی در تمام حالات کاهش نشان داد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. رقم مورد آزمایش رقم دانه‌ای کیمیا بود. این رقم یک رقم پایه کوتاه بوده که ابتدایی‌ترین نژاد در بین نژادهای سورگوم است. دارای دانه‌های بلند و تخم‌مرغی شکل، دانه‌ها کاملاً توسط پوشه پوشیده شده ولی ممکن است یک چهارم آن از پوشه بیرون باشد. پوشه‌ها بلند و به‌هم متصل هستند. به منظور بررسی کمبودهای مواد غذایی از خاک، قبل از کاشت و در مرحله آماده‌سازی زمین جهت تعیین کود مصرفی نمونه‌برداری از خاک انجام شد و بر اساس نتایج حاصل از نمونه‌برداری توصیه‌های کودی ارایه شده از سوی موسسه خاک وآب، کود مورد نیاز به زمین اضافه گردید. آبیاری تا زمان اعمال تنش که در زمان گل‌دهی می‌باشد به‌طور معمول منطقه صورت گرفت و پس از آن اعمال تنش اجرا شد.

جدول ۱- نتایج آزمون نمونه خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

Table 1. The optimal level of the soil

کربن آلی (C)	شن (درصد) Sand(%)	سیلت (درصد) Silt(%)	رس (درصد) Clay(%)	درصد مواد خنثی شونده (%)	واکنش خاک Reaction Soil	هدایت الکتریکی ($ms.cm^2$)
0.92	23	44	33	20.8	7.66	1.95
منگنز (Mn) (ppm)	**مس (Cu) (ppm)**	**روی (Zn) (ppm)**	**آهن (Fe) (ppm)**	**پتاسیم (K) (ppm)**	**فسفر (P) (ppm)**	**نیتروژن کل (N) (Total)**
3.55	1.19	1.02	3.55	452	20	0.1

برگ‌زدایی به‌صورت دستی و توسط قیچی باغبانی صورت گرفت بدین صورت که با خط‌کش اندازه هر برگ گرفته شد و بعد از محاسبه طول برگ، برگ مورد نظر جدا شد. این تحقیق به‌منظور درک استفاده بهینه و مطلوب گیاه از برگ مورد استفاده در شرایط عادی و کمبود آب، بر عملکرد اقتصادی و بیولوژیک در گیاه زراعی سورگوم انجام شد تا براساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردد که در شرایط تنش محدودیت به نفع کدامیک (از سطوح برگ‌زدایی) تغییر خواهدکرد تا در صورت وقوع شرایط تنش در منطقه راه‌کارهای مدیریتی لازم اعمال گردد. متغیرهای مورد بررسی شامل موارد زیر است: عامل اصلی به‌صورت S_1: آبیاری مطلوب در کل فصل رشد (۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، S_2: آبیاری مطلوب از کاشت تا ابتدای گل‌دهی و اعمال تنش خشکی در مرحله ظهور گل‌دهی تا رسیدگی کامل (۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، S_3: آبیاری مطلوب از کاشت تا ابتدای گل‌دهی و اعمال تنش خشکی در مرحله ظهور گل‌دهی تا رسیدگی کامل (۱۳۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و عامل فرعی به‌صورت D_1: شاهد (عدم حذف برگ)، D_2: حذف۳۳٪ برگ‌های بوته در مرحله گل‌دهی، D_3: حذف ۶۶٪ برگ‌های بوته در مرحله گل‌دهی بود. بذرهای مورد استفاده از موسسه اصلاح بذر و نبات کرج تهیه گردید بذرها به‌صورت گواهی شده و پایه مادری می‌باشد و بعد از توزین برای کاشت آماده شد. کاشت در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۱ توسط کارگران به صورت خطی که توسط اندازه‌گیری به‌وسیله‌ی خط‌کش و در هر ۷/۵ سانتی‌متر به‌منظور جوانه‌زنی بهتر انجام شد. تعداد ردیف کاشت چهار عدد و فاصله بین ردیف‌ها ۰/۷۰ متر و فاصله بین دو بوته ۰/۱۵ متر در نظر گرفته شد. طول خطوط کاشت هفت متر بود که دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف به‌عنوان حاشیه بود. اولین آبیاری بلافاصله پس از اتمام کاشت صورت گرفت. کود نیتروژن توسط آب آبیاری و در چند نوبت به توصیه موسسه آب و خاک و کودهای ریزمغذی را قبل از گل‌دهی به‌صورت محلول‌پاشی و طبق کمبود عناصر داخل خاک محل آزمایش انجام شد. صفات مورد مطالعه محتوای نسبی آب برگ در مرحله خمیری، اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، پایداری غشای سلولی و عملکرد دانه بود.

در محاسبه محتوای نسبی آب برگ (RWC)، پس از اعمال تنش پنج برگ به‌طور تصادفی از هرکرت انتخاب و داخل کیسه پلاستیکی قرار گرفت. ابتدا وزن اولیه برگ‌ها اندازه‌گیری و بعد در داخل ظرف حاوی آب مقطر به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شد. سپس برگ‌ها را بیرون آورده و با کاغذ صافی خشک کرده و وزن آماس یافته تعیین و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه خشک شد و وزن خشک اندازه‌گیری شد (Gupta, 2000). زمان اندازه‌گیری شاخص‌های تنش مانند RWC در ساعت ۱۲-۱۴ است یعنی زمانی که تنش به‌وجود آمد، می‌باشد. که در این رابطه FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و SW وزن اشباع برگ است.

پایداری غشای سلولی با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد بدین ترتیب برگ‌های نمونه‌برداری شده را توسط یک شکل مربعی شکل یک سانتی‌متر مربع یک مقوا برش داده و هر یک را درون نایلون پلاستیکی مخصوص با مقدار مشخصی آب مقطر ریخته و پس از مدت زمان ۲۴ ساعت آن‌ها را در تاریکی قرار داده و سپس محتوای محلول را درون آزمایشگاه توسط EC متر اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، سه برگ در هر بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد به‌طوری‌که یکی در پایین بوته و دیگری در وسط و دیگری در قسمت بالایی گیاه و سپس توسط دستگاه دیجیتالی سنجش کلروفیل SPAD اندازه‌گیری شد و پس از اندازه‌گیری چهار بوته در هر کرت آزمایشی میانگین سه برگ در هر بوته که نمایانگر کلروفیل هر بوته می‌باشد در چهار بوته با هم جمع شد و در انتها میانگین عدد کلروفیل‌متر برای هر تیمار مشخص شد.

برای تعیین عملکرد دانه در هکتار پس از جداسازی بوته‌های برداشت شده به‌طول سه متر در یک خط کاشت (به‌طول هفت متر) که معادل دو مترمربع بود، بذور را جدا کرده و عملکرد بذر هر تیمار به‌طور مجزا توزین و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. اعداد خام حاصل از این آزمایش را وارد برنامه Excel کرده و توسط نرم افزار SAS تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوی نسبی آب برگ

اثر ساده تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر محتوی نسبی آب برگ داشت. در شرایط تنش ۹۰ میلی‌متر، که محتوی نسبی آب برگ بیش‌تر بود گیاه با تلاش در جهت سازگاری با تنش با بستن روزنه‌های خود مانع خروج آب و کاهش محتوی آب برگ شد، به‌همین دلیل از شرایط آبیاری معمول میزان بیش‌تری دارد و از طرفی با افزایش بر شدت تنش و محدود شدن رطوبت در دسترس گیاه گیاه به‌تدریج رطوبت نبسی آب برگ خود را از دست داده و میزان آن کاهش-یافت. در بین سطوح مختلف برگ‌زدایی بیش‌ترین محتوی آب نسبی برگ مربوط به‌تیمار حذف ۳۳ درصد برگ‌ها با مقدار ۸۶/۸۸۳ درصد و کم‌ترین میزان را شرایط شاهد (عدم حذف برگ) با مقدار ۸۵/۲۲۵ داشت که با حذف ۶۶ درصد برگ‌ها در گروه آماری مشابهی قرار گرفت. در حالتی که تمام برگ‌های گیاه موجود است گیاه از نظر محیطی در حالتی است که در رقابت با سایر اجزای خود و گیاهان مجاور در کسب عوامل محیطی بوده، بنابراین میزان محتوی رطوبتی گیاه کم می‌شود ولی با حذف بخشی از برگ‌ها رطوبت باقیمانده در اختیار سایر برگ‌ها قرارگرفته و محتوای رطوبتی افزایش نشان داد. همچنین دلیل این‌که با حذف ۶۶ برگ‌ها محتوی رطوبتی گیاه کاهش یافت، این است که گیاه یک‌باره با حذف برگ‌ها دچار تنش شده و حتی در محل قطع برگ‌ها نیز مقداری از رطوبت گیاه هدر می‌رود، بنابراین در این تیمار نیز کاهش رطوبت مشهود بود. اثر متقابل عوامل مورد بررسی مشخص کرد که بیش‌ترین محتوی نسبی آب برگ مربوط به تیمار تنش خشکی ۹۰ میلی‌متر و حذف ۳۳ درصد برگ‌ها با مقدار ۹۰/۴۰۰ درصد بود و کم‌ترین میزان را شرایط آبیاری معمول و عدم برگ‌زدایی با مقدار ۸۳/۱۰۰ درصد داشت. در نهایت نیز با توجه به این

که در تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر و حذف ۳۳ درصد برگ‌ها بیش‌ترین محتوی رطوبتی را داشت مربوط به شـرایط خاص گیاه است که در برآینـد این دو حالت رخ می‌دهد و از طرفی در شرایط معمول آبیاری و عدم حذف برگ که هیچ تنشی به گیاه از نظر حذف برگ و کمبود آب وارد نمی‌شود بنابراین گیاه با محیط در تبادل رطوبتی است و میزان رطوبت آن کاهش می‌یابد.

جدول ۲– خلاصه جدول تجزیه واریانس
Table 2. Summary of analysis of variance

			میانگین مربعات (MS)			
S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ RWC	کلروفیل برگ Chlorophyll	پایداری غشای سلولی EC	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	3	12.396	7.529	163.138	669.546
Factor(Ws)	تنش	2	29.977*	49.563**	3747.194*	547381.194**
Error A	خطای الف	6	2.876	15,112	463.194	5905.175
Factor(D)	برگ زدایی	2	8.875*	35.631*	31665.527**	150727.528**
(Ws*D)	تنش×برگ زدایی	4	15.144*	12.388	11249.527**	109739.528**
Error B	خطای ب	18	3.996	8.159	183.231	7380.676
C.V	ضریب تغییرات (%)		4.32	4.98	6.21	6.13

*،**، ns: نشان دهنده معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ^{ns}: Significant at 5 and 1% Level and No significant of Probability, Respectively.

کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس مشخص کرد که اثر ساده تنش خشکی، برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل داشت در حالی‌که اثر متقابل تنش خشکی برگ‌زدایی اختلاف معنی‌داری بر میزان عدد کلروفیل متر نشان نداد. براساس اثر ساده تنش خشکی مشخص شد که بیش‌ترین میزان عددکلروفیل متر متعـلـق به‌تیمـار شـرایـط آبیـاری معمـول با مقدار ۵۹/۴۰۵ اسپاد و کم‌ترین میزان عدد کلروفیل متر را تیمار شرایط تنش خشکی ۱۳۰ میلی‌متر با مقدار ۵۵/۹ اسپاد بود. اثر ساده برگ‌زدایی مشخص کرد که بیش‌ترین میزان عددکلروفیل متر را با مقدار ۵۸/۴۰۰ اسپاد از تیمار حذف ۳۳ درصد برگ‌ها به‌دست آمد و کم‌ترین میزان را تیمار حذف ۶۶ درصد برگ‌ها با مقدار ۵۵/۳۶۷ اسپاد داشت. اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی مشخص کرد که بیش‌ترین میزان عددکلروفیل متر را تیمار شرایط آبیاری معمول و حذف ۳۳ درصد برگ‌ها با مقدار ۶۰/۸۲۵ اسپاد داشت و کم‌ترین میزان را شرایط آبیاری معمول و حذف ۶۶ درصد برگ‌ها با مقدار ۵۳/۵۲۵ اسپاد به‌خود اختصاص داد. کلروفیل برگ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان‌دهنده تنش‌های محیطی بر گیاهان است و مقدار کلروفیل در گیاهان، تحت تنش کاهش یافته و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کـل جـذب نـور توسـط گیـاه شـد. ایرل و داویـس (Earl and Davis, 2003) پاسخ‌های فیزیولوژیک ارقام مختلف ذرت به تنش رطوبتی را در مرحلهٔ گیاهچه مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند بر اثر قطع آبیاری بعد از جوانه‌زدن به‌مدت ۱۰ روز یا نگهداری گیاهچه‌ها درمحیط‌های کشت محلول تیمار شده با پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰، پتانسیل آبی گیاهان از ۳/۵- بار به ۲۶/۵- بار کاهش یافته و همراه با آن محتوای کلروفیلی برگ نیز ۲۱ تا ۳۹ درصد نقصان یافت. بنا به گزارش ژیانشی و همکاران (Xianshi *et al*., 1998) کلروفیل برگ ذرت در قبل و بعد از گل‌دهی (ابریشم‌دهی بلال) می‌تواند اطـلاعات با ارزشی در رابطـه با رشد و عملکـرد ارائه دهد. با توجه به اهمیت تعیین میزان تنش‌های وارد به گیاهان در مراحل قبل از ظهور علائم خسارت زا، بررسی وضعیت کلروفیل برگ از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. استاتر(Setter ,1993) با بررسی اثرات تنش خشکی محتـوی و ترکیب کلروفیـل‌های

مزوفیلی و غلاف آوندی برگ‌های ذرت، اظهار داشت در اثر خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد و این کاهش کلروفیل در اثر نقصان در لاملای کلروپلاست‌ها می‌باشد.

پایداری غشای سلولی

اثر ساده تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی برگ‌زدایی تاثیر معنی‌داری بر پایداری غشای سلولی داشت. اثر ساده برگ‌زدایی اختلاف معنی‌داری را از نظر پایداری غشای نشان داد. اثر متقابل مشخص کرد که کم‌ترین پایداری غشای مربوط به تیمار تنش خشکی ۱۳۰ میلی‌متر و حذف ۶۶ درصد برگ‌ها با مقدار ۳۰۹ میکروزیمنس بر متر بود و بیش‌ترین میزان را تنش ۹۰ میلی‌متر و حذف ۳۳ درصد برگ‌ها با مقدار ۱۲۸/۲۵۰ میکروزیمنس بر متر داشت. با توجه به این‌که در شرایط تنش خشکی ساختار غشای سلول‌ها دچار آسیب می‌شود بنابراین با افزایش شدت تنش خشکی میزان پایداری غشای کاهش یافته و میزان هدایت الکتریکی محلول تراوش یافته از گیاه افزایش داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده تنش خشکی و برگ‌زدایی بر محتوای آب نسبی، کلروفیل و پایداری غشای گیاه سورگوم دانه‌ای

Table 3. A simple comparison of Defoliation on relative water content, EC, Chlorophyll on grain sorghum

تیمار Treatment	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	کلروفیل برگ Chlorophyll (SPAD)	پایداری غشای سلولی EC ($ms.cm^2$)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
تنش خشکی Water stress				
(شاهد) 50 mm	85.007^{b}	59.450^{a}	242.750^{a}	1643.50^{a}
90mm	85.033^{b}	57.225 ^{ab}	212.500^{b}	1317.75^{b}
130mm	85.875^{a}	55.392^{b}	198.333^{b}	1041.33^{c}
برگ‌زدایی Defoliation(%)				
شاهد Control	82.225^{b}	58.300^{a}	176.417^{c}	1623.33^{a}
33%	84.883^{ab}	58.400^{a}	201.833^{b}	1375.83^{b}
66%	86.691^{a}	55.673^{b}	275.333^{a}	1103.42^{c}

هر صفت سطوح تیماری که دارای حروف مشابه هستند با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

Means with the same letter in each column have not statistically significant difference

عملکرد دانه

اثر ساده تنش خشکی، حذف برگ و اثر متقابل تنش خشکی و حذف برگ تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح پنج درصد نشان داد که شرایط آبیاری معمول بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را با مقدار ۱۶۴۳/۵ کیلوگرم در هکتار و تنش خشکی ۱۳۰ میلی‌متر کم‌ترین میزان را با مقدار ۱۲۴۱ کیلوگرم در هکتار داشت و با تنش خشکی ۹۰ میلی‌متر در گروه آماری مشابهی قرارگرفت. با فراهم بودن شرایط محیطی مخصوصا آب که عامل مورد نیاز برای رشد گیاه است، عمل فتوسنتز و تبادلات گازی گیاه صورت گرفته و فرآورده فتوسنتزی تولید شده در اختیار مقاصد قرار می‌گیرد، آغازین‌های گل و پانیکول که به‌صورت پتانسیل در گیاه وجود دارد به بالفعل تبدیل گشته و به‌ترتیب با انجام عمل گرده‌افشانی و تلقیح در زمان مناسب میزان دانه بیش‌تر و با وزن بالاتر روی گیاه شکل می‌گیرد در حالی‌که با کاهش عامل آب امکان تشکیل گل‌های کم‌تر و انجام عمل گرده‌افشانی و تلقیح کم‌تر شده و از میزان دانه تولیدی کاسته می‌شود. در حالت عدم برگ‌زدایی بیش‌ترین میزان عملکرد دانه با مقدار ۱۵۲۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و در تیمار حذف ۶۶٪ برگ‌ها کم‌ترین عملکرد دانه با میزان

۱۳۰۳/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و تیمارهای حذف ۳۳ و ۶۶ درصد برگ‌ها در گروه آماری مشابهی قرارگرفتند. در حالت وجود تمام منابع تولیدکننده مواد فتوسنتزی گیاه، تنشی به گیاه از این نظر وارد نشده و تمام مواد گیاهی در صورت فراهم بودن عوامل محیطی و تغذیه‌ای و نبود رقابت درون و برون گونه‌ای در اختیار مقاصد واقع شد و تعداد دانه‌های بیش‌تر و با وزن بالاتر شکل گرفت در حالی‌که با حذف بخشی از منابع به‌ترتیب مقدار مواد پرورده کم‌تری دراختیار گیاه قرار می‌گیرد و عملکرد دانه کم‌تری را تولید می‌کند. شرایط آبیاری معمول و بدون حذف برگ‌ها بیش‌ترین میزان را با مقدار ۱۷۱۵ کیلوگرم در هکتار داشت و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تنش خشکی ۱۳۰ میلی‌متر و حذف ۶۶ درصد برگ‌ها با مقدار ۱۰۱۱ کیلوگرم در هکتار بود. با فراهم بودن عوامل محیطی و تغذیه‌ای گیاه بیش‌ترین عملکرد دانه برای گیاه فراهم شده در حالی‌که با کاهش آب مورد نیاز گیاه میزان آن کاهش یافت. در این آزمایش به نظر می‌رسد که عدم تنش کم آبی و از طرفی حذف شدید منابع فتوسنتزی گیاه باعث افزایش میزان عملکرد دانه می‌گردد و مربوط به این مورد است در حالت کمبود آب رخ نداد و با حذف بخش زیادی از برگ‌های گیاه، برگ‌های باقیمانده که رقابت با سایر منابع نیستند و در شرایط فضایی بهتری قرار گرفت، نور و عوامل محیطی بیش‌تری را گیاه می‌گیرد و بنابراین عملکرد دانه بیش‌تری را گیاه تولید می‌کند ولی با حذف رطوبت مورد نیاز گیاه و بخش زیادی از برگ‌ها، منابع باقیمانده امکان تولید مواد پرورده را ندارد و بنابراین از عملکرد دانه کم می‌شود.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی بر محتوای آب نسبی، کلروفیل و پایداری غشای گیاه سورگوم دانه‌ای

Table 4. Comparison interaction of drought stress and defoliation on relative water content, membrane stability, chlorophyll and grain sorghum

تنش خشکی Water stress (mm)	برگ‌زدایی Defoliation (%)	پایداری غشای سلولی EC(ms.cm^2)	کلروفیل برگ (SPAD)Chlorophyll	محتوای نسبی آب برگ RWC(%)	عملکرد دانه yield Grain (kg.ha^{-1})
50 (شاهد)	شاهد	177.500 ^{d}	60.375^{ab}	83.100^{c}	1715.00 ^{a}
	33	219.750 ^{c}	60.825^{a}	85.350^{bc}	1645.50 ^{ab}
	66	301.000 ^{a}	57.150 $^{a-e}$	86.650^{b}	1570.00 ^{bc}
90	شاهد	250.750 ^{b}	59.750 ^{abc}	86.375^{bc}	1503.75 ^{c}
	33	128.250 ^{e}	58.400 $^{a-d}$	86.500^{b}	1272.25 ^{d}
	66	216.000 ^{c}	53.525^{e}	90.400 ^{a}	1184.25 ^{d}
130	شاهد	177.250 ^{d}	54.775^{de}	86.200 ^{bc}	1496.25 ^{c}
	33	181.250 ^{d}	55.975 $^{b-e}$	84.900^{bc}	1209.75 ^{d}
	66	309.000 ^{a}	55.425^{cde}	83.925^{bc}	1011.00 ^{e}

هر صفت سطوح تیماری که دارای حروف مشابه هستند با آزمون دانکن در سطح پنج درصد در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

Means with the same letter in each column have not statistically significant difference

نتیجه‌گیری نهایی

تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. برگ‌زدایی نیز اختلاف معنی‌داری بر عملکرد دانه گذاشت. میزان کلروفیل، پایداری غشای، عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی در مقایسه با آبیاری معمول به ترتیب پنج، ۳۶، پنج درصد کاهش یافت. با افزایش شدت کم‌آبی و برگ‌زدایی و ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه کاهش یافت.

منـابع

خدابنده، ن. ۱۳۷۸. غلات، چاپ مجدد، انتشارات دانشگاه تهران.۳۱۲ صفحه.

References

Ahmadi, A., Joudi, M., and Janmohammadi, M. 2009. Late defoliation and wheat yield: Little evidence of post-an thesis source limitation. Field crops research. 113: 90-93.

Ararus, J.l., Slafer, G.A., Royo, C., and Serret, M.D. 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. Critical reviews in Plant science. 27: 377-412.

Barnabas, B., Jager, K., and Fesher, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell & Env. 31: 11-38.

Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth corn. Field. Crop. Res. 89(1): 21-26.

Earl, H., and Davis, R.F. 2003. Effect of Drought Stress on Leaf and Whole Canopy Radiation Use Efficiency and Yield of Maize. Agronomy Journal. 95:688-696.

Echarte, L., Rothstein, S., and Tollenaar, M. 2008. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. Crop Sci.; 48: 656-665.

Jones, R.J., and Simmons, S.R. 2009. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. Crop sci. 23: 129- 134.

Madani, A., Shirani Rad, A.H., Pazoki, A., Nourmohammadi, Gh., and Zarghami, R. 2010. Wheat (*Tritium aestivum L.*) grain filling and dry matter partitioning responses to source: sink modifications under post an thesis water and nitrogen deficiency. Acta. Sci. Agr. 32(1): 145-151.

Passioura, J.B., and Angus, J.F. 2010. Improving Productivity of Crops in Water-Limited Environments. Advances in Agronomy. 106: 37-75.

Setter, T.L. 1993. Assimilate allocation in response to water deficit stress. p. 733–739. In D.R. Buxton *et al*. (ed.) International Crop Science I. CSSA, Madison, WI.

Xianshi, G., Sinclair, T.R., and Ray, J.D. 1998. Effect of drought history on recovery of transpiration, photosynthesis, and leaf area development in maize. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 57:83–87.