بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات

بررسی مقاومت به خشکی چند واریته سورگوم

نگارنده: حسن بنائیان سفید

اساتید راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

دکتر مصطفی حیدری

استاد مشاور

دکتر مهدی برادران

شهریور ۱۳۹۷

تقدیم به خدا

که هر جا من خواستم او بود اما هر جا او خواست من نبودم...

مرحوم پدرم و مادر مهربانم و همسر عزیزم و سرمایه های زندگیم امیرحسین و اتنا

تشکر و قدر دانی

خدایا تو خود خوب می دانی که همه اعضا و جوارح من با مهر تو آمیخته است. از هنگامی که چشم بر این سرای تو باز کردم برق بودنت تو را در چشم دلم احساس کردم. و زمانی که به نغمه های دلنواز اذان را در گوشم جاری شد به گمانم تمام ذرات وجودم به یک باره تسلیم عشق تو شد.و اما نمی دانم چه شد که الان این دل به بند مادیات دنیایی اسیر گشته؟ خدا یا اگر عاشقم می کنی تنها مرا اسیر عشق خودت کن که تشنه وصل تو باشم و عشق نا متجانس دنیوی را از نهادم بردار و بر دلم عشق محبانت را هک کن تا به نشان گمراهی دل نمیرم.خدایا تو مرا خلق کردی و به من همه چیز عطا کردی، در همه حال وجود بی مقدارم را در حمایت خود قرار دادی.و روزهایی که در این دنیا در خلوت تنهایی به سر می بردم تنها فانوس کوچه تنهای و خانه دلتنگی هایم بودی.خدایا تو خود به من آموختی که چگونه نفس بکشم و چگونه با عشق به دیدارت روزهارا با امید زندگی را سپری کنم.خدا یا تو درهای معرفت شناخت خودت را برویم باز کن و زنجیر های هوی و هوس را از پاهایم بگسل ؛ چرا که مشتاق حرکت به سوی تو شدم.

اکنون که به حول قوه الهی و با استعانت از ذات باری تعالی و با کمک و مساعدت فرهیختگان عرصه علم و دانش این پایان نامه به اتمام رسید بر خود واجب دیدم از زحمات بی دریغ استادان، دوستان و عزیزانی که مرا در تهیه، نگارش و تنظیم این پایان نامه یاری نمودند تشکر و سپاسگزاری کنم.

استاتید گرانقدر و فرهیخته جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور و جناب دکتر مصطفی حیدری که در تمام طول تحصیل و نیز تمام مراحل تهیه پایان نامه یار و مددکار این حقیر بودند و مرا با راهنمایی-های مجدانه و دلسوزانه یاری نمودند کمال تشکر و قدر دانی را دارم و از خداوند متعال پیروزی و کامیابی در تمام مراحل زندگی را برای ایشان خواستارم.

از استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر مهدی برادران که با همکاری و راهنمایی مرا در مراحل تهیه و تنظیم پایان نامه یاری نمودند و بعنوان استاد مشاور مرا کمک کردند کمال سپاسگزاری را دارم.

از اساتید خودم در طی تحصیل جناب دکتر حمید عباس دخت، دکتر مکاریان و دکتر غلامی و ریاست محترم دانشکده دکتر عامریان تشکر و قدردانی می کنم امیدوارم در زندگی خود موفق موید باشند.از خانواده‌ام، همسر عزیزم سپاسگزارم که در تمام مراحل زندگی پشتوانه‌ای گرم برای من بودند، از کلیه همکاران تولیدات گیاهی جهاد کشاورزی شهرستان دامغان که در طی تحصیل از هیچ کمکی دریغ نکردند، تشکر و قدردارنی می نمایم .

و در انتها از همکلاسی‌ها آقای مهندس حسن حبیبی، آقای مهندس حسن سعیدی، شوریده دل و حسینی پور، و دوست خوبم مهندس روح اله بنائیان سفید، که مرا در تهیه و تنظیم پایان نامه یاری نمودند تشکر می کنم.

زمستان ۹۶

حسن بنائیان سفید

تعهدنامه

اینجانب **حسن بنائیان سفید** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد **رشته زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی**

دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با موضوع **بررسی مقاومت به خشکی چند واریته سورگوم**

تحت راهنمایی **دکتر منوچهر قلی پور و دکتر مصطفی حیدری** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است و مقالات مستخرج با نام **دانشگاه صنعتی شاهرود** و یا **Shahrood University of Technology** به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده(یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ :

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات، مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

- استفاده از اطلاعات نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی مقاومت به خشکی چند واریته سورگوم به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان دامغان انجام شد. فاکتور آبیاری در دو سطح (دور آبیاری متداول منطقه یعنی نه روز به عنوان شاهد، و دور آبیاری هیجده روز به عنوان کم‌آبیاری) درکرت‌های اصلی و شش واریته سورگوم (اسپیدفید۱، سپیده، کیمیا، پیام، اسپیدفید۲ و پگاه) در کرت‌های فرعی قرارگرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر کلیه صفات معنی‌دار شد. بجز وزن ۱۰۰۰ دانه، برهمکنش واریته و تنش خشکی بر کلیه صفات معنی‌دار بدست آمد. از لحاظ رشد و عملکرد دانه، واریته کیمیا بر واریته‌های دیگر برتری داشت. میزان پایداری غشاء در شرایط کم‌آبیاری بالاتر از شرایط آبیاری نرمال بود. بالاترین میزان پایداری غشاء در واریته تنش دیده سپیده اندازه‌گیری شد. تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ در کلیه واریته‌های مورد بررسی گردید. در شرایط کم‌آبیاری، کمترین محتوای نسبی آب برگ به واریته‌های پگاه و اسپیدفید۱ اختصاص داشت. بالاترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در واریته سپیده در شرایط کم‌آبیاری بدست آمد. برای واریته‌های کیمیا و سپیده، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاهان تنش دیده بیشتر از گیاهان تنش ندیده بود. در واریته‌های دیگر، این اختلاف معنی‌دار بدست نیامد. بین فعالیت این آنزیم در گیاهان تنش دیده و تأثیرپذیری از تنش خشکی رابطه معنی‌داری بدست نیامد. از لحاظ رشد و عملکرد دانه، واریته کیمیا بر واریته‌های دیگر برتری داشت.

کلمات کلیدی: آبیاری متداول، کاتالاز، گایاکول پراکسیداز.

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه ---------- ۱
۱-۱ مقدمه ---------- ۲
۱-۲ اهداف پژوهش : ---------- ۷
فصل دوم مروری بر منابع ---------- ۹
۲- ۱- کلیاتی در مورد سورگوم ---------- ۱۰
۲-۲ – خواص گیاه شناسی ---------- ۱۱
۲-۳- تقسیم بندی سورگوم ---------- ۱۳
۲-۴- آب و هوا و خاک ---------- ۱۴
۲-۵-کاشت سورگوم ---------- ۱۵
۲-۶- آفات و بیماریهای سورگوم ---------- ۱۶
۲- ۷- برداشت سورگوم ---------- ۱۶
۲-۸- موارد مصرف سورگوم ---------- ۱۷
۲- ۹- تنش ---------- ۱۸
۲-۹-۱- تنش خشکی ---------- ۱۸
۲-۹-۲- اثرات تنش خشکی ---------- ۲۲
۲-۱۱- مکانیسم های مقاومت به خشکی ---------- ۲۶
۲-۱۱-۲- اجتناب از پسابیدگی ---------- ۲۹
۲-۱۱-۲-۱- هدایت روزنه ای ---------- ۲۹
۲-۱۱-۲-۲- اندازه و فراوانی روزنه ---------- ۲۹
۲-۱۱-۲-۳- تجمع ابسیزیک اسید ---------- ۳۰
۲- ۱۱- ۲- ۴- ضخامت کوتیکول و قشر مومی روی برگ ---------- ۳۰
۲- ۱۱- ۲- ۵ - ریزش برگ‌ها---------- ۳۱
۲-۱۱-۲-۶ - تحرکات برگ‌ها ---------- ۳۱
۲- ۱۱- ۲- ۷- حرکت فعال برگ‌ها ---------- ۳۱
۲-۱۲- سازگاری مرتبط با سیستم ریشه ای ---------- ۳۱
۲-۱۳- تنظیم اسمزی ---------- ۳۲
۲- ۱۴- محلول پاشی برای مقاومت به تنش کم آبی ---------- ۳۳
۲-۱۵- شاخص حساسیت به تنش ---------- ۳۴
۲-۱۶-تنش خشکی در گیاه سورگوم ---------- ۳۵
فصل سوم مواد و روشها ---------- ۳۷
۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش ---------- ۳۸

۳-۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب وهوایی محل اجرا ---------- ۳۸
۳-۴- مشخصات طرح آزمایش ---------- ۳۸
۳-۵- مشخصات پلاتها ---------- ۳۹
۳-۶- آماده سازی زمین ---------- ۳۹
۳-۷- مراحل اجرای آزمایش ---------- ۴۰
۳-۷-۱-کاشت بذر ---------- ۴۰
۳-۷-۲- داشت و مبارزه با علفهای هرز و آفات ---------- ۴۰
۳-۸- آبیاری ---------- ۴۰
۳-۹- نمونه برداری ---------- ۴۱
۳-۱۰- اندازه‌گیری پایداری غشا ---------- ۴۱
۳-۱۱- تعیین محتوای نسبی آب برگ ---------- ۴۲
۳-۱۲- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز ---------- ۴۲
۳-۱۳-استخراج عصاره برای سنجش فعالیت آنزیمهای کاتالاز و پراکسیداز :---------- ۴۲
۳-۱۴- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ---------- ۴۳
۳-۱۵- تعیین فعالیت آنزیم پلیفنل اکسیداز ---------- ۴۳
۳-۱۶- تجزیه آماری نتایج ---------- ۴۴
فصل چهارم نتایج و بحث ---------- ۴۵
۴-۱- وزن تر برگ ---------- ۴۶
۴-۲- وزن تر ساقه ---------- ۴۹
۴-۳- وزن تر کل (ساقه و برگ و دانه) ---------- ۵۲
۴-۴- وزن خشک کل ---------- ۵۴
۴-۵- وزن هزار دانه ---------- ۵۶
۴-۶ - عملکرد دانه---------- ۵۸
۴-۷- شاخص پایداری غشا ---------- ۶۰
۴-۸- محتوای نسبی آب برگ ---------- ۶۳
۴-۹- فعالیت آنزیم کاتالاز ---------- ۶۵
۴-۱۰- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز ---------- ۶۷
۴-۱۱- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ---------- ۶۹
نتیجه‌گیری کلی---------- ۷۲

فهرست تصاویر

شکل۴-۱- مقایسه میانگین وزن تر برگ ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۴۸
شکل ۴-۲- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با وزن تر برگ گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.---------- ۴۹
شکل۴-۳- مقایسه میانگین وزن تر ساقه ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۵۱
شکل ۴-۴- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با نسبت وزنی برگ به ساقه در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری. ---------- ۵۱
شکل۴-۵- مقایسه میانگین وزن تر کل ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۵۳
شکل۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک کل برای ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۵۵
شکل ۴-۷- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با وزن خشک کل گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری. ---------- ۵۶
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰۰ دانه ۶ واریته سورگوم. ---------- ۵۸
شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰۰ دانه سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).---------- ۵۸
شکل۴-۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۶۰
شکل۴-۱۱- مقایسه میانگین پایداری غشاء ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۶۲
شکل۴-۱۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۶۴
شکل۴-۱۳- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).----------۶۶
شکل ۴-۱۴- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری. ---------- ۶۷
شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۶۸
شکل ۴-۱۶- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری. ---------- ۶۹

شکل۴-۱۷- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم گایا کول پراکسیداز در ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز). ---------- ۷۰
شکل ۴- ۱۸- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری. ---------- ۷۱

فهرست جداول

جدول ۳-۱- نقشه کشت ---------- ۳۹
جدول ۳- ۲- مشخصات واریته های سورگوم مورد آزمایش ---------- ۴۰
جدول۴-۱ تجزیه واریانس وزن تر برگ ---------- ۴۸
جدول۴-۲ تجزیه واریانس وزن تر ساقه ---------- ۵۰
جدول۴-۳ تجزیه واریانس وزن تر کل ---------- ۵۳
جدول۴-۴- تجزیه واریانس وزن خشک کل ---------- ۵۵
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس وزن هزار دانه. ---------- ۵۷
جدول ۴-۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه ---------- ۶۰
جدول ۴-۷ تجزیه واریانس پایداری غشاء ---------- ۶۲
جدول۴- ۸ تجزیه واریانس محتوی نسبی آب برگ ---------- ۶۴
جدول۴-۹ تجزیه واریانس آنزیم کاتالاز ---------- ۶۶
جدول۴-۱۰ تجزیه واریانس آنزیم پلی فنل اکسیداز ---------- ۶۸
جدول۴-۱۱ تجزیه واریانس آنزیم گایاکول پراکسیداز ---------- ۷۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

رشد فزاینده جمعیت جهان همواره دغدغه تولید غذا برای بشر را بهمراه داشته و گسترش کمی و کیفی محصولات زراعی و فرآورده های کشاورزی را می‌طلبد، اگرچه علوم و فنون کشاورزی ظرفیت و قابلیت آنرا دارد که برای تمامی مردم دنیا فراوانی را به ارمغان آورد (قدیرمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷). کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان بوده، کارایی بیشتری دراستفاده از منابع داشته و با محیط در توازن است، به عبارتی کشاورزی پایدار باید از نظر اکولوژی مناسب، از نظر اقتصادی توجیه پذیر، از نظر اجتماعی مطلوب و از نظر فرهنگی مورد قبول و قابل اجرا باشد (کهنسال و زارع، ۱۳۷۸), گیاهان زراعی بخش اعظم آب مورد نیاز خود را از نزولات جوی بدست می آورند. در حال حاضر هیچ راه منطقی برای افزایش نزولات جوی در خلال دوره های خشکی وجود ندارد و بهترین راه مبارزه با خشکی همراهی با آن است. یعنی کاربرد عملیات زراعی به نحوی که میزان ذخیره آب خاک را افزایش دهد و نیز توسعه واریته های و هیبریدهائی که تحمل بیشتری نسبت به دوره خشکی داشته و یا توانائی اجتناب از آن را داشته باشد.

توانایی سورگوم از نظر رشد در مناطقی که برای هر گیاه دیگری نامساعد است، باعث شده که به آن لقب شتر گیاهان زراعی داده شود. مقاومت به خشکی سورگوم به علت سیستم گسترده ریشه آن و همچنین خصوصیات مروفولوژیکی برگها و ساقه آن از نظر کاهش تعرق است. سیستم ریشه سورگوم از نظر جذب آب دو برابر ریشه ذرت موثر است در حالیکه سطح برگ آن به مقدار قابل ملاحظه ای کمتر از ذرت است.

سورگوم زراعی با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench گیاهی از خانواده غلات است که قبلاً در ایران ذرت خوشه ای نامیده می شد. با توجه به تشابهات ظاهری این گیاه با ذرت و ارزن که باعث شده است آمار سطح کشت این گیاهان با هم مخلوط شود. جهت تمایز آن از اسم سورگوم که یک اسم جهانی برای این گیاه است استفاده می شود. سورگوم با توجه به شواهد

باستان شناسی همزمان با اهلی کردن سایر غلات (سه هزار سال قبل ازمیلادمسیح) اهلی شده است و عده ای قدمت آن را به ۷۰۰ سال قبل از میلاد مسیح نسبت می دهند.

سورگوم از نظر اهمیت در بین غلات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد. در بعضی از کشورها از جمله سودان در مقام اول و ایالات متحده آمریکا بعد از گندم و ذرت در مقام سوم قرار گرفته است. سطح زیر کشت سورگوم در جهان در سال ۲۰۰۳ میلادی ۴۵/۸ میلیون هکتار بوده که ۹۰٪ این سطح زیر کشت را واریته های سورگوم دانه ای به خود اختصاص داده است. آمار سطح زیر کشت سورگوم در ایران در سال ۱۳۶۵ فقط شش هزار هکتار گزارش شده که در سال ۱۳۸۲ به حدود ۴۰ هزار هکتار افزایش یافته است و طبق برنامه موجود تا ۱۰ سال آینده باید به ۱۰۰ هزار هکتار برسد (بنائیان و کوچکی، ۱۳۸۶).

سورگوم بومی قاره آفریقا و جنوب آسیا بوده و از قدیم الایام در ایران وجود داشته است. در خاورمیانه نیز بعد از کشور یمن، بیشترین توده بومی از ایران به تعداد ۴۲۱ توده جمع آوری شده است. علاوه بر سایر مصارف معمول، اولین بار ایرانیان باستان شیره این گیاه را به منظور تهیه شکر مورد استفاده قرار دادند. توده های زراعی بومی سورگوم در ایران در مناطق جنوب خراسان، سیستان، بلوچستان، کرمان، اصفهان، یزد، گیلان، مازندران و بنادر جنوبی به طور پراکنده وجود دارد. سورگوم با شرایط آب و هوایی ایران به خصوص مناطق گرم و خشک و معتدل آن سازگاری خوبی دارد. این گیاه درمقایسه با ذرت دارای سیستم ریشه ای افشان خیلی وسیع است که در حجم زیادی از خاک نفوذ کرده و رطوبت بیشتری جذب می کند. این گیاه جهت رشد و نمو نسبت به سایر غلات به آب کمتری نیاز دارد. چنانکه آزمایشات نشان داده است که سورگوم برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک به ۳۳۲ لیتر آب نیاز دارد در صورتی که این نیاز آبی برای ذرت ۳۶۸ لیتر، جو ۴۳۴ لیتر و گندم ۵۱۴ لیتر است. رشد سورگوم در دوره خشک در مواجه با کم آبی متوقف می شود و با شروع بارندگی یا آبیاری، دوباره شروع می شود. این گیاه رطوبت بیش از حد را نیز بهتر از سایر غلات منهای برنج تحمل می کند. مخصوصاً در مقایسه با ذرت که در

زیادی آب در پای بوته از بین می رود ولی سورگوم در چنین شرایطی مقاومت بیشتری از خود نشان می دهد. سورگوم تحمل خوبی نسبت به شوری آب و خاک، خشکی و مسمومیت آلومینیوم دارد. جالب توجه اینکه موقعی که دانه سورگوم آماده برداشت می شود ساقه و برگ این گیاه هنوز سبز و آبدار است که با توجه به کمبود علوفه در ایران از آن ها می توان به عنوان علوفه استفاده کرد. البته در کشورهای پیشرفته این بقایا را با ماشین آلات خرد کرده و به خاک برمیگردانند که ضمن افزایش کیفیت خاک از فرسایش بادی و آبی نیز جلوگیری می کند.

افزایش روزافزون جمعیت انسانی باعث شده کمبود فرآورده های دام و طیور روز به روز بیشتر احساس شود و تولید و تامین این فرآورده ها نیاز مبرم به تولید علوفه اعم از دانه و علوفه تر و خشک دارد. با توجه به خصوصیات بارز سورگوم، این گیاه می تواند نقش اساسی در تولید علوفه و در نهایت فراهم نمودن زمینه تولید فرآورده های دام و طیور داشته باشد. کم بودن منابع آب شیرین از یک طرف و افزایش جمعیت از طرف دیگر نیاز به استفاده موثرتر از آب برای افزایش عملکرد را اجتناب ناپذیر می سازد. تنش خشکی مهم ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد غلات دانه ای از جمله سورگوم است. تنش خشکی یکی از مهم ترین تنش های غیر زنده است که بسته به فصل و زمانی که واقع می شود، می تواند به صورت جدی به کاهش محصول گیاه منجر شود. در مناطق خشک و نیمه خشک، گیاه در طول رشد خود با دوره های کم آبی روبرو می شود و برای تولید عملکرد مناسب باید بتواند این دوره ها را تحمل کند (مورگان و همکاران، ۱۹۹۱).

در ایران، کشت سورگوم در سال های اخیر رونق زیادی یافته و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. از طرفی، تامین آب مورد نیاز در مراحل خاص رشد رویشی و زایشی سورگوم دارای اهمیت می باشد. آثار سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد سورگوم، بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نموی و ژنوتیپ گیاه دارد. از آنجا که در ایران بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۹۰ درصد از منابع آب، عمده ترین مصرف

کننده آب به شمار می آید، هر گونه صرفه جویی در این بخش کمک موثری به صرفه جویی در منابع آب تلقی می شود (ربانی و همکاران، ۱۳۸۹).

تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، و کاهش سرعت فتوسنتز، عملکرد را کاهش می‌دهد. کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می گردد. کاربرد خارجی ترکیبات مختلف شامل محلول‌های آلی مانند اسمولیت‌های آلی و تنظیم کننده‌های رشد و مواد معدنی راهکاری برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان است. این مکانیسم اخیرا مورد توجه قرار گرفته است زیرا روشی کاربردی و کم هزینه می باشد (رودس و همکاران ،۲۰۰۴). از جمله اسمولیت‌های با وزن مولکولی کم می توان به پرولین، گلیسین بتائین و پلی‌آمین‌ها اشاره نمود.

در شرایط کمبود آب در گیاهان تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی رخ می دهد. بررسی این تغییرات از نظر شناخت چگونگی مقاومت گیاهان در مقابل تنش خشکی اهمیت دارد. گیاهان از طریق مکانیسم‌های مختلف می‌توانند در برابر تنش‌ها مقاومت نشان دهند، مانند تجمع املاح سازگار (مارسینکا و همکاران ،۲۰۱۳). املاح آلی می‌توانند جهت حفاظت از ساختارهای زیرسلولی در داخل سلول افزایش یابند و باعث کاهش آسیب اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد و حفظ فعالیت آنزیم-های مختلف در شرایط استرس‌های محیطی شوند. عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل آنها است . اگرچه همه تنش های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می شوند (انتز و فلور، ۱۹۹۰) ولی خشکسالی یکی از مهم ترین و رایج ترین تنش های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده استفاده از مناطق نیمه خشک را کاهش داده است (کردوانی، ۱۹۹۷). گیاهان زراعی به طور پیوسته در معرض تنش کمبود آب بوده و به روش های گوناگون به تنش واکنش نشان می دهند. فهم و درک این واکنش ها کمک های زیادی به تشریح نحوه رشد و میزان تولید آنها در شرایط تنش زای محیطی خواهد کرد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶). عواملی که می توانند تنش خشکی را افزایش دهند عبارتند از: شوری بالا،

پسابیدگی (دهیدراسیون)، سرما و گرما که این عوامل در نهایت بر روی رشد و تولید گیاه تأثیر می گذارند (گیریرنگ و گود، ۱۹۸۳).

سورگوم دانه ای به عنوان غذای اصلی برای میلیون ها نفر در چین، هند و آفریقا مطرح می باشد و درسایر نقاط جهان نیز برای مصارف طیور کاربرد دارد . تولید جهانی سورگوم دانه ای حدود ۸۰ میلیون تن بوده است که به ترتیب اهمیت در بین غلات جهان پس از گندم، برنج و ذرت در مقام چهارم قرار می گیرد (فائو، ۲۰۰۹). سورگوم با توجه به خصوصیات ریخت شناسی و فیزیولوژیکی منحصربه فردی که دارد به عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به خشکی معرفی شده است و نسبت به سایر گیاهان زراعی نیاز آبی کم تری دارد (معاونی، ۲۰۰۳). با توجه به سیستم فتوسنتزی، نحوه فعالیت روزنه ای و سیستم ریشه ای، این گیاه هم قادر است آب را بهتر جذب کند و هم این که تلفات آب را به اتمسفر کمتر نماید و حتی بعد از یک دوره خشکی طولانی روزنه ها قادر خواهند بود فعالیت دوباره خود را بدون آسیب شروع کنند (کوچکی، ۱۹۸۵). ویژگی دیگری که باعث افزایش این مقاومت می شود وجود پوشش مومی برسطح برگ ها می باشد که تلفات تعرقی آب را کاهش می دهد. در صورتی که سورگوم با تنش خشکی مواجه شود، اندازه بذر عموماً تحت تأثیر قرار گرفته و کوچک می شود. تعداد پانیکول در مترمربع تحت تأثیر تنش های رطوبتی قرار نمی گیرد، مگر این که تنش به حدی باشد که از شکل گیری پانیکول جلوگیری به عمل آورد (گوپتا، ۱۹۸۳). ناروئی راد (۲۰۰۳) با ارزیابی شاخص های تحمل به تنش در گیاه سورگوم گزارش نمود که بیشتر صفات و به خصوص اجزا عملکرد به خشکی عکس العمل منفی نشان می دهند که در این میان صفت عملکرد آسیب بیشتری می بیند، همچنین شاخص تحمل به تنش را در جداسازی ژنوتیپ های متحمل به خشکی از سایر شاخص ها موفق تر گزارش کرد. روزیلی و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص های تحمل و فرناندز (۱۹۹۲) شاخص SSI را برای انتخاب ژنوتیپ هایی متحمل به خشکی معرفی کردند.

۱-۲ اهداف پژوهش :

مطالعه تفاوت احتمالی چند لاین سورگوم از نظر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و ارتباط این آنزیم ها با مقاومت به خشکی (عملکرد دانه و اجزای آن) و برخی صفات کمی و کیفی سورگوم بود.

فصل دوم

مروری بر منابع

۲- ۱- کلیاتی در مورد سورگوم

سورگوم گیاهی است یکساله و بهاره که مخصوص مناطق گرم، خشک و کم آب است. سورگوم را در زمانهای خیلی قدیم در افریقا و جنوب آسیا زراعت می کردند. ذرت خوشه ای جزو قدیمی ترین غلات زراعی محسوب می شود و در قرنهای گذشته در مراکز اولیه رشد یعنی در دره رود نیل و مرکز هندوستان استفاده غذایی داشته است. قدمت سورگوم را به ۷۰۰ سال قبل از میلاد مسیح نسبت می دهند (کیونبی و ماریون،۱۹۶۶). در حال حاضر سورگوم با توسعه کشت خود سرتاسر هندوستان، افریقا، امریکا و چین را اشغال نموده است. از آرد ذرت خوشه ای جهت نان و از دانه های آن به عنوان غذا (پلو) استفاده می گردد و همچنین در آبجو سازی بکار می رود. از ساقه های بعضی از گونه های ذرت خوشه ای در دنیا و در گیلان و مازندران برای استخراج قند به خصوص شکر سرخ استفاده می نمایند. اولین توجه ای که به ذرت خوشه ای در قدیم می شد در خصوص تولید شیره و شکر آن بود ولی امروزه به واریته های علوفه ای سورگوم توجه خیلی زیادی معطوف شده است. ذرت خوشه ای در مناطق بلوچستان، سیستان و کرمان و بنادر جنوب به مصرف تغذیه می رسد. در نواحی جنوب ایران استفاده ار آن به طور محسوسی مورد توجه مسئولین امر قرار گرفته و در حال ازدیاد است.

سورگوم دارای خصوصیات زراعی بسیار خوب از جمله رشد سریع بوده و در مدت کوتاهی در حدود ۵۰ روز محصول می دهد و حرارت حدود ۲۷ درجه سانتی گراد جهت رشد و نمو مناسب است. ذرت خوشه ای علوفه ای است بهاره که در شرایط اقلیمی متفاوت به خوبی رشد و نمو کرده و حتی تمایل بخصوصی نسبت به خاک معینی نداشته و می توان آنرا به صورت مختلف از قبیل علوفه خشک، علوفه سبز، سیلو و حتی برای چرای مستقیم مورد استفاده قرار داد. بهترین خاک برای سورگوم خاکهای شنی لومی عمیق و حاصلخیز است (ویلر،۱۹۵۰). سورگوم بطور کلی نسبت به سایر نباتات تحمل زیادتری به خاکهای قلیایی از خود نشان می دهد. تصور می شود ریشه های ذرت خوشه ای به دلیل داشتن مواد قندی رشد و نمو موجودات ذره بینی خاک را تسریع نماید. بعضی از واریته های سورگوم

مقاومت خاصی نسبت به خشکی نشان می دهند و در مناطق گرم که میزان نزولات آسمانی کم باشد علوفه کافی تولید می کنند(اندرزیان، ۱۳۸۹).

۲-۲ – خواص گیاه شناسی

سورگوم گیاهی است از تیره گندمیان (*Gramineae*) بوده و از نظر استفاده به سورگوم دانه-ای (مانند Milo، Kafir، Hegari، Feterita)، سورگوم قندی یا Sorgas (مانند Goosenekc، Honey، Orange و Sourless)، سورگوم علوفه ای و سورگوم جارویی تقسیم بندی می‌شود(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

سورگوم گیاهی است مخصوص نواحی گرم. گونه‌های یکساله آن دارای ساقه راست و خشبی می باشند که تولید سیستم ریشه های منشعب را نموده و منجر به نگهداری و استحکام گیاه می گردد. اولین ریشه ای که در زمان جوانه زدن بذر تولید می شود در تمام طول عمر گیاه باقی می ماند. ریشه های سورگوم ساختمان سخت و رنگ روشنی دارند. ساقه های سورگوم دارای میان گره های کوتاه در قاعده و بلند در راس می باشد. گره های راس ساقه نسبت به گره های قسمت تحتانی ساقه ضخیم تر می باشد. ساقه های سخت و مغزدار سورگوم دارای مقداری قند و میان گره ها دارای شیار است. برگهای سورگوم دارای غلاف بلندی است بطوریکه این غلاف بلند میان گره ها و تمام ساقه را در آغوش دارد. سطح برگهای سورگوم صاف و مومی و گل آذین آن خوشه ای متراکم است . طول خوشه ها و انشعابات آن در واریته های و گونه های مختلف متفاوت می باشد. محور خوشه اصلی شیاردار و در محل گره های محور خوشه اصلی کرک وجود دارد. از محل گره های محور اصلی خوشه انشعابات متعددی خارج می گردد که یا بصورت حلقه ای و یا پراکنده دیده می شوند. خوشه های فرعی به نوبه خود به انشعابات زیادی تقسیم می گردد که بالاخره در محل آخرین تقسیم خوشه چه قرار دارد. خوشچه های سورگوم معمولا"بصورت جفت قرار دارند که یکی از آنها فاقد دم گل بوده و معمولا" بذر تولید می کند و جفت دیگر دارای دم گل کوتاهی بوده و بلند و باریک به نظر می رسد

که معمولا" عقیم و غیر بارور است. خوشچه های بدون دم گل یا بارور اصولا" پهن و بلند بوده بطوریکه بلندی آن به اندازه پوشینه های تحتانی و فوقانی (گلوم) می رسد و گلها را کاملا" در بر می گیرد(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

گلوم تحتانی نسبت به گلوم فوقانی محکم تر و اغلب راست و دارای چندین رگبرگ برجسته است در حالیکه گلوم فوقانی تا حدودی بوسیله گلوم تحتانی پوشیده شده و دارای راس می باشد. گلوم تحتانی و فوقانی اندامهای نر و ماده و بالاخره بذر را احاطه نموده و برای حفاظت بذر به کار می رود. گل کامل دارای پوشینه وسط (گلومل یا لما) یا گلومل باریک و نازک می باشد که معمولا" در راس چاک خورده و بعضی اوقات ریشک دار است. پالئا یا پوشینه داخلی کوچک و باریک و هر سه پرچم را در بر می گیرد. در روی تخمدان دو خامه با دو کلاله پر مانند قرار دارد. گلوم سورگوم دارای رنگ سیاه،قرمز کاهی و غیره می باشد(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

بذر سورگوم گندمه گرد و نوک دار است که از نقطه نظر اندازه، شکل و رنگ با هم اختلاف دارند. قطر بذر بین ۴-۸ میلی متر و تا حدودی پهن و یک سطح آن کم و بیش مقعر می باشد بخصوص در محلی که جنین بوسیله پوسته میوه و بذر پوشیده شده است. بذر در سطح دیگر و در نزدیک قاعده باریک شده و علامت قهوه ای رنگ کوچکی دارد که مشخصه محل اتصال بذر است. دانه سورگوم دارای رنگ سفید، قرمز، زرد و قهوه ای می باشد و دانه های رنگ قهوه ای حاوی میزان متنابهی تانین است (هادی کریمی، ۱۳۷۹).

سورگوم گیاهی است خودگشن ولی دگرگشنی آن به حدود ۶ درصد می رسد. برای کنترل نمودن گرده افشانی سورگوم باید از پاکت های مخصوص جهت حفاظت گلهای سورگوم از گرده افشانی غیر مستقیم استفاده نمود. سورگوم بعد از ۴۰ تا ۱۰۰ روز به گل نشسته و یا ۲۰-۳۰ روز بعد از ساقه رفتن شروع به گل‌دهی می کند. گلدهی سورگوم از انتهای خوشه شروع و به طرف قاعده خوشه ادامه می‌یابد. گلدهی کامل خوشه مدت ۶ تا ۱۰ روز طول می کشد ودر بعضی واریته های که گل آذین بلند تر و بزرگتر می باشد این مدت ممکن است تا ۱۵ روز برسد. دما یکی از عوامل مهم در

گلدهی سورگوم است و چنانچه دمای محیط پائین باشد موجب تاخیر در گلدهی می گردد. در طول مدت گل کردن گلوم با متورم شدن شهدگاه باز شده و پرچم از لابلای آن خارج می گردد. سی روز بعد از خارج شدن خوشه از غلاف، بذر سورگوم از نظر فیزیولوژیکی در مرحله رسیدگی قرار دارد و رسیدن بذر از انتها خوشه به قسمت تحتانی دنبال می گردد(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲-۳- تقسیم بندی سورگوم

سورگوم (*Sorghum vulgare*) برحسب نوع استفاده به پنج گروه زیر تقسیم بندی می شود:

*سورگوم دانه ای(*GrainSorghum*)

*سورگوم علوفه ای (*Forage Sorghum*)

*سورگوم علفی (*Grass Sorghum*)

*سورگوم قندی(*SirupSorghum*)

*سورگوم جاروئی(*Broom Sorghum*)

ذرت خوشه ای(سورگوم) علوفه ای و قندی به علت داشتن ساقه های شیرین بیشتر به منظور استفاده از علوفه آن به خصوص سیلو کشت و کار می گردد. سورگوم قندی و علوفه ای دارای ساقه هائی است که محتوی ماده شیرینی بوده و ارتفاع آن به ۵-۳ متر می رسد. دانه های بعضی واریته های این نوع سورگوم دارای مزه تلخی بوده و کمتر به تغذیه احشام مورد استفاده قرار می گیرد. سورگوم دانه ای را به منظور استفاده از دانه کشت می نمایند ولی در مواقع بحرانی که در اثر خشک سالی عملکرد دانه کاهش می یابد آن را برای علوفه و سیلو به کار می برند. میزان عملکرد سورگوم تابع واریته های و هیبریدهای انتخاب شده برای هر محل می باشد (لیونارد وارن ،۱۹۸۴).

سورگوم علوفه ای هیبرید اسپیدفید: این هیبرید جزء انواع زودگل و چندچین بوده که در شرایط مختلف کشور بعد از ۷۰-۵۰ روز به گل میرود. از سرعت رشد بالایی برخوردارست بطوری که پس از کاشت حدود هفت هفته بعد میتوان اولین چین را برداشت کرد. مزایای هیبریدهای سورگوم نسبت به دیگر گیاهان علوفه ای به شرح زیر است:

- دارا بودن پتانسیل تولید بالای علوفه در مدت زمان کوتاه.
- بالا بودن نسبت برگ به ساقه و پائین بودن میزان ضایعات در برگ که باعث افزایش کیفیت می شود.
- بهترین گیاه جهت کشت در مناطق با خاک فقیر و کم بازده می باشند.

مقاوم بودن نسبت به شرایط غرقابی(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲-۴- آب و هوا و خاک

سورگوم یکی از نباتات گرامینه ای است که به سرما حساس تر از ذرت بوده و بهترین منطقه کشت آن نواحی است که حرارت آن در دوره رشد کمتر از ۲۵ درجه سانتی گراد نباشد. مقاومت سورگوم به خشکی نسبتا زیاد و در مناطقی که نزولات آسمانی حدود ۵۰۰ میلی متر باشد به خوبی رشد و نمو می‌نماید. سورگوم حتی در مناطقی با بارندگی حدود ۳۰۰ میلی متر می تواند علوفه رضایت بخشی تولید نماید. از سورگوم برای علوفه می توان در آب و هوای گرم مانند سواحل جنوبی کشور بهترین عملکرد را بدست آورد و حدود ۵ چین برداشت نمود. در نواحی که میزان بارندگی سالیانه آن منطقه کافی نیست کشت سورگوم مناسب بوده بطوریکه در مواقع خشکی و کم آبی به حالت خفته در آمده و پس از مرطوب شدن مجدد خاک رشد و نمو خود را از سر خواهد گرفت. سورگوم گیاهی است روز کوتاه ولی اکثر واریته های علوفه ای آن نسبت به فتوپریود غیر حساس می باشند.

سورگوم در خاکهای شنی رسی و یا رسی یا لومی شنی حاصلخیز بهترین عملکرد را تولید می کند. سورگوم در اکثر نقاط با آب و هوای گرم و خشک و خاکهای رسی سنگین محصول رضایت بخشی تولید می نماید. سورگوم نسبت به سایر نباتات زراعی بردباری خاصی نسبت به قلیایی بودن و حتی شوری خاک نشان می دهد. سورگوم مواد غذایی خاک را به خصوص نیترات ها را در خاک کاهش داده بطوریکه محصول بعدی اکثرا کمبود ازت را نشان می دهند(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲-۵-کاشت سورگوم

زمین محل کشت سورگوم را باید در پائیز با یک شخم عمیق برای کشت در بهار تهیه و آماده نمود. بعد از انجام شخم عمیق در پائیز و گذشت زمستان، کلوخه های زمین را در موقع مناسب بوسیله دیسک خرد کرده و به کمک دندانه علفهای هرز را جمع آوری می نمایند. بعد از آماده کردن زمین، اقدام به کشت می‌گردد. در خاکهای فقیر از لحاظ مواد غذایی و فاقد ساختمان مناسب باید در صورت امکان ۵۰-۲۵ تن کود دامی در پائیز برای اصلاح و تقویت خاک به زمین داد. با توجه به نتایج آزمایش خاک، کودهای ماکرو و میکرو به خاک اضافه می‌گردد. به عنوان یک توصیه عمومی، سورگوم دانه ای به ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل ، ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار کود اوره نیاز دارد. کود های فسفره و پتاسه و یک سوم کود اوره هنگام کاشت استفاده می شود و مابقی کود اوره به صورت سرک در دو نوبت ، زمان ۷-۵ برگی و شروع گلدهی مورد استفاده قرار می گیرد(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲-۵-۱-روش کاشت

طریقه کشت سورگوم بر حسب نوع استفاده از آن فرق می کند. کشت روی پشته بیشتر برای مناطقی مناسب است که دارای میزان بارندگی کمتری بوده و برای بذرگیری انتخاب می گردد. مناسب ترین روش کاشت سورگوم، کاشت خطی (ردیفی) است. فواصل خطوط کاشت سورگوم علوفه ای در کشور از ۷۵-۳۰ سانتیمتر متغیر است که مناسبترین فاصله بین ردیفهای کاشت ۵۰-۴۵ سانتی متر است. هیرم کاری و خشکه کاری را می توان مانند کشت گندم و جو در برنامه کاشت سورگوم گنجاند. میزان بذر در هکتار حدود ۳۰-۱۵ کیلو گرم یا ۵۰ کیلو گرم می‌باشد. حداقل میزان بذر برای مناطق خشک و کم آب و حداکثر آن را برای زراعتهای فاریاب به کار می برند. حداکثر محصول علوفه ای را موقعی می توان بدست آورد که فاصله بوته ها در روی ردیفها بین ۱۰-۵ سانتی متر باشد . عمق کشت بذر به نوع خاک و میزان رطوبت متفاوت است. اصولا" باید عمق به اندازه ای

باشد که رطوبت کافی در دسترس سورگوم قرار گرفته و بتواند بسهولت جوانه بزند. عمق بذر را معمولا ۳-۱ سانتی متر در نظر می گیرند. در زمینهای سنگین و مرطوب عمق بذر را کم و در زمینهای سبک عمق آنرا زیادتر انتخاب می کنند. مزرعه سورگوم را باید پس از بذرکاری بلافاصله آبیاری نمود. زمان آبیاری بستگی به نوع ساختمان و بافت خاک دارد(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲-۶- آفات و بیماریهای سورگوم

آفاتی از قبیل کرم طوقه بر، ساقه خوار، برگخوار و شته ها بعضی مواقع در برخی مناطق در روی سورگوم دیده میشود که خوشبختانه تا بحال خسارت آنها به حدی نبوده که محدودیتی برای کشت سورگوم بوجود بیاورد. اگر زمانی خسارت آنها در منطقه ای بیشتر باشد میتوان از سموم آندرین یا سوین بر علیه ساقه خوارها استفاده کرد و سم متاسیستوکس را جهت مبارزه با شته ها بکار برد. اگر این صدمات نزدیک زمان چین برداری شروع شده باشد میتوان با چین برداری آنها را کنترل کرد. تعدادی بیماری از جمله ویروس موزاییک نیشکر، پوسیدگی سیاه، آنتراکتوز، زنگها و سایر لکه برگیها در بعضی از کشورها باعث خسارت میشوند و خوشبختانه این بیماریها به جز لکه برگی و ویروس موزاییک نیشکر هنوز در ایران وجود ندارد و خسارت بیماریهای مشاهده شده هم به حدی نبوده که محدودیتی برای کشت سورگوم علوفه ای ایجاد کند. (هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲- ۷- برداشت سورگوم

زمان برداشت سورگوم علوفه ای با توجه به تعداد چین برداری بسته به واریته های مختلف متفاوت است. چین اول حدود ۷۰ روز بعد از کاشت قابل برداشت است و چین دوم حدود ۵۰ روز بعد از چین اول برداشت میشود. زمان برداشت چین سوم را شرایط آب و هوایی پایان فصل زراعی تعیین می کند که باید قبل از شروع سرما و رسیدن درجه حرارت به ۱۲درجه سانتیگراد برداشت انجام

بگیرد. بطور کلی در چرای مستقیم در همه واریته های از نظر اقتصادی باید ارتفاع بوته ها به یک متر رسیده باشد. از چرای مزارع سورگوم با ارتفاع بوته زیر نیم متر باید خودداری کرد.

برداشت سورگوم علوفه ای ممکن است بوسیله ماشین آلات یا دستی انجام گیرد. برای سیلو کردن، برداشت با دستگاه چاپر انجام میگیرد.

در هر حال ارتفاع برداشت از سطح زمین باید حدود ۱۵-۱۰ سانتی متر باشد تا رشد وپنجه دهی مجدد به راحتی امکان پذیر و تسریع گردد.توصیه میشود این گیاه مطلقاً کف بر نشود مگر در چین آخر که زمین بلافاصله بعد از آن شخم زده میشود. بعد از هر چین (بجز چین آخر)، بلافاصله کود اوره به میزان ۱۰۰کیلوگرم در هکتار به زمین داده می‌شود.

زمان برداشت به فاکتورهایی نظیر کیفیت علوفه ، میزان اسید پروسیک و همچنین کمیت تولید علوفه بستگی دارد. بر اساس تحقیقات بهترین زمان برداشت سورگوم علوفه ای از جمله هیبرید اسپیدفید شروع گلدهی (۱۰-۵ درصد گلدهی) و در واریته های دیرگل مثل جامبو ارتفاع ۱۸۰-۱۵۰ سانتی متری است. بطور کل برداشت زودهنگام (قبل از رسیدن به ارتفاع یک متری) بعلت احتمال مسمومیت و برداشت دیرهنگام بعلت کاهش کیفیت توصیه نمی شود.

در زمان رسیدگی و آماده برداشت شدن، ساقه و برگ این گیاه هنوز سبز و آبدار است که با توجه به کمبود علوفه در ایران از آنها می‌توان به عنوان علوفه استفاده کرد. در کشورهای پیشرفته این بقایا را با ماشین‌آلات خرد کرده و به خاک برمی‌گردانند که ضمن افزایش کیفیت خاک از فرسایش بادی و آبی نیز جلوگیری به عمل می‌آورند(هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲-۸- موارد مصرف سورگوم

موارد مصرف دانه سورگوم به موازات مصارف ذرت و جو است. از آن به عنوان غذای انسان و تهیه خوراک برای دام و طیور و همچنین در صنایع نشاسته و الکل سازی استفاده می‌شود. ترکیبات شیمیایی دانه سورگوم بسته به واریته های مختلف، متفاوت است. میزان پروتئین آن از ۸ تا

۱۶ درصد تغییر می‌کند و واریته های تجارتی دارای ۱۰ تا ۱۳ درصد پروتئین می‌باشند. مقادیر لیزین، میتونین، فیبر خام، خاکستر و فسفر سورگوم به طور متوسط مشابه ذرت است. سورگوم در کشورهای پیشرفته به عنوان خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان تانن واریته های موجود در کشور کمتر از یک درصد و در واریته های اصلاح شده در ایران کمتر از ۰/۵ درصد است. امروزه تانن در تغذیه نشخوارکنندگان باعث جذب بیشتر پروتئین و نشاسته خوراک دام می‌شود و به عنوان یک آنتی اکسیدان و آنتی بیوتیک طبیعی عمل می‌کند و ضمن پیشگیری از عارضه اسیدوز، باعث افزایش تولید شیر، درصد چربی، پروتئین و لاکتوز شیر می‌شود. زمانی که ۵۰ درصد خوراک ماکیان از سورگوم دانه‌ای تشکیل شده باشد در مرغهای گوشتی باعث بهبود صفات کیفی نظیر کاهش چربی محوطه بطنی و افزایش کیفیت گوشت می‌شود. عملکرد سورگوم دانه‌ای بسته به واریته های مختلف، حاصلخیزی خاک، شرایط آب و هوایی از ۱۱–۲ تن در هکتار متغیر است و عملکرد واریته های اصلاح شده در ایران ۱۱–۵ تن در هکتار است. (هادی کریمی، ۱۳۷۹).

۲- ۹- تنش

تنش در نتیجه روند غیر عادی فرایندهای فیزیولوژیکی بوده و از تاثیر یک یا چند عامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود. به عبارت دیگر تنش عبارت است از قرار گرفتن ارگانیسم تحت تاثیر شدتی از یک عامل محیطی که موجب افت ظاهری، بازده و یا ارزش آن می‌شود (اندرزیان، ۱۳۸۹).

۲-۹-۱- تنش خشکی

کمبود آب پدیده‌ای رایج در کشت گیاهان است و می‌تواند اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای را بر رشد و نمو آن‌ها بجای گذارد (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۹). خشکی یک اصطلاح هواشناسی است که در مدت زمانی مشخص، مقدار بارندگی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه می‌شود. خشکی، موقعی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در داخل گیاه شده و در

نتیجه تولید را کاهش می‌دهد. این کاهش در نتیجه تاخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف و یا از بین رفتن گیاهان استقرار یافته، مستعد شدن گیاه نسبت به حمله بیماری‌ها و آفات گیاهی، تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در سوخت و ساز گیاهان، تغییرات در کیفیت دانه، علوفه، الیاف، روغن و سایر محصولات اقتصادی گیاه به وجود می‌آید (لارسون وایستین، ۱۹۷۱). خشکی غالبا یک عامل کاهش دهنده عملکرد می‌باشد و این حتی در مواردی که صدمه وارده مشهود نباشد نیز صادق است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶). همه تنش‌های زنده و غیر زنده باعث کاهش محصول می‌شوند (ابرهارت و راسل، ۱۹۹۶). اما تنش خشکی عامل مهم کاهش تولید در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (دباک و عبدالله، ۲۰۰۴). در بین تنش‌های غیر زنده موجود در طبیعت، کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش رشد تولیدات گیاهان زراعی است (تئودور و جکسون، ۱۹۹۹). تنش خشکی، رایج‌ترین عامل محدودیت تولیدات گیاهی در جهان می‌باشد (صباغ پور، ۱۳۸۵). تنش خشکی زمانی که آب موجود در خاک کاهش می‌یابد و شرایط جوی به دفع آب از طریق تبخیر و تعرق کمک می‌کند، اتفاق می-افتد (چارلیز، ۱۹۹۷). تنش خشکی کمبود آب در گیاه است که بر اثر بیشتر شدن مقدار تعرق از میزان جذب آب صورت می‌گیرد (بری، ۱۹۹۷).

عدم بارندگی کافی و توزیع غیریکنواخت آن در طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث شده است که کشت بیشتر محصولات کشاورزی فقط توسط آبیاری امکان‌پذیر گردد. از طرف دیگر بعلت محدود بودن منابع آب در چنین مناطقی، استفاده صحیح از آن حائز اهمیت بوده و تعیین برنامه صحیح و دقیق برای آبیاری بطوریکه گیاه از یک طرف دچار تنش رطوبتی نگردد و از طرف دیگر با مصرف بی‌رویه آب، موجبات هدر رفت این ماده حیاتی و مسائل عدیده دیگر همچون آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی توسط نیترات و شستشوی عناصر غذائی خاک و کاهش کارآئی مصرف آب و کود است فراهم نشود، اولویت خاصی می‌یابد. گیاهان زراعی بخش اعظم آب مورد نیاز خود را از نزولات جوی بدست می آورند. در حال حاضر هیچ راه منطقی برای افزایش نزولات جوی در خلال دوره های خشکی وجود ندارد و بهترین راه مبارزه با خشکی همراهی با آن است.

مقاومت به خشکی سورگوم به علت سیستم گسترده ریشه آن و همچنین خصوصیات مروفولوژیکی برگها و ساقه آن از نظر کاهش تعرق است. سیستم ریشه سورگوم از نظر جذب آب دو برابر ریشه ذرت موثر است در حالیکه سطح برگ آن به مقدار قابل ملاحظه ای کمتر از ذرت است. میزان کم نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می-شود(گاپتا،۱۹۸۰). خشکسالی و تنش ناشی از آن مهمترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که هر ساله خسارت‌های هنگفتی به این محصولات در جهان بخصوص ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید(صباغ پور، ۱۳۸۲). تنش خشکی بر روی سه مرحله مهم از رشد اثرات شدیدی می‌گذارد. این مراحل عبارتند از:

الف)پیدایش و تشکیل گل

ب)گرده افشانی و لقاح

ج)تشکیل دانه

در مرحله زایشی،گیاه حساسیت خاصی نسبت به تنش آب دارد. تنش خشکی از میزان ظهور سلول-های بنیادی گل جلوگیری می‌کند. با این حال ثابت شده است که با رفع تنش سلول‌های بنیادی در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با سرعت بیشتری تشکیل می‌گردند (سرمدنیا، ۱۳۷۲).

تنش در مرحله گرده افشانی و لقاح، تعداد دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد. بعلاوه تنش خشکی رشد دانه‌های گرده و رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین پژمردگی کلاله مانع رشد لوله گرده می‌شود. اثر تنش در مرحله پرشدن دانه‌ها بسیار بارز است چون عملکرد بالقوه بستگی به وزن و تعداد دانه دارد که این امر مستلزم گرده افشانی کامل و تجمع مواد فتوسنتزی در دانه می‌باشد. مواد جمع شونده در دانه‌ها از طریق فتوسنتز در خود دانه و انتقال مواد غذایی از سایر قسمت‌های گیاه به دانه تامین می‌شوند.

یکی از تغییرات فیزیولوژیکی که به هنگام خشکی ممکن است روی دهد، تنظیم فشار اسمزی می-باشد. هر نوع افزایش در فشار اسمزی سلول در شرایط تنش، به حفظ تورژسانس سلول کمک می‌کند

و درحقیقت تغییرات اندک در وضعیت تورژسانس گیاه متحمل وسیله‌ای است که متابولیسم گیاه را به طور مثبت متأثر می‌سازد (باقری، ۱۳۷۵).

بروز شرایط نامساعد محیطی مثل خشکی، شوری، گرما برگیاهان تنش وارد نموده و تاثیرات نامطلوبی را بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی بجای می گذارند. مطابق برآوردهای انجام شده در حدود ۴۰ درصد از اراضی کره زمین در مناطق نیمه خشک قرار دارند (سیناکی، ۲۰۰۷). با توجه به کمبود منابع آب، خشکی بعنوان یک عامل تنش زای اصلی غیرزیستی شدیدترین تهدید برای امنیت غذایی جهان می باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸)، که مسئول بسیاری از کمبود های تولیدی در گیاه است (ریکی آردی و همکاران، ۲۰۰۱، خان و همکاران، ۲۰۰۷). امروزه، مهمترین چالش پیش روی کشاورزی، تامین آب کافی برای تولید غذا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است (دیوف ۲۰۰۳). علیرغم بارز بودن جایگاه گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام؛ در ایران نسبت به تولید و مدیریت این گیاهان در مقایسه با دیگر محصولات زراعی کمتر توجه شده و این امر به کمبود پروتئین حیوانی توام با کاستی در کیفیت آنها در کشور منجر شده است. مقاومت به خشکی سورگوم و عملکرد قابل قبول آن در چنین شرایطی این گیاه را برای تولید علوفه، در مناطق نیمه خشک دنیا مناسب میسازد (راتور، ۲۰۰۲ و زربینی و توماس، ۲۰۰۳). این گیاه تحت شرایط خشکی و یا گرمای شدید به خوبی محصول تولید می کند در حالی که ذرت و غلات دیگر غیر از ارزن عملکرد رضایت بخشی ندارند.

ارزش غذائی علوفه سبز سورگوم بسیار نزدیک به علوفه ذرت می‌باشد. بوکستون و همکاران (۱۹۹۶) گزارش دادند که ارزش غذایی یک مفهوم کلی است که تمامی خصوصیات غذایی یک علوفه را در رابطه با تامین نیازهای تغذیه ای دام تعیین می کند. شش عامل زیستی و تکنیکی که بر کیفیت علوفه تأثیر می‌گذارد شامل گونه گیاهی، واریته، مرحله رشدی گیاه و میزان رسیدگی، برداشت و انبار کردن، حاصلخیزی خاک و عوامل محیطی (شامل رطوبت، دما و نور خورشید) می‌باشند. طبق تحقیقات صورت گرفته (دفور و همکاران، ۲۰۰۱) تراکم کاشت بالا جذب ظاهری فسفر را نسبت به تراکم کاشت طبیعی، در گیاه افزایش می دهد و جمعیت های متراکم مقدار رطوبت مواد غذایی قابل

دسترس را سریعتر از جمعیت‌های با تراکم کمتر مورد استفاده قرار می دهند (جونز و جانسون، ۱۹۹۱). بر اساس یافته‌های کاسلر (۲۰۰۰) یکی از معیار های اصلی برای افزایش ارزش غذایی علوفه، افزایش ماده خشک قابل هضم و کاهش مقدارلیگنین می باشد (کارمی و همکاران، ۲۰۰۵ و میرون و همکاران، ۲۰۰۶). این مهم بوسیله متخصصان، از طریق تعیین مناسب ترین مرحله برداشت و ارائه روش های مناسب آبیاری و تعیین تراکم کشت مناسب احراز شده است (کاسیکانکوی و لائور ۱۹۹۹ و سینگ و سینگ، ۱۹۹۵).

۲-۹-۲- اثرات تنش خشکی

نیلسن (۲۰۰۱) عقیده دارد واکنش‌های سازگاری در برابر کم آبی به شدت و مدت دوره کم آبی، مرحله رشد و پارامترهای مورفولوژیکی و آناتومیکی گیاه بستگی دارد. واکنش‌های گیاه به تنش آب در سطح سلول به صورت کاهش پتانسیل آب یا فعالیت سلولی، افت فشار تورژسانس سلول، تراکم مولکول‌های کوچک و درشت، به هم خوردن روابط فضای پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانلی بر اثر تغییرات حجمی و تغییر در ساختمان و شکل ماکرو مولکول‌ها مشاهده می گردد(جونز و جانسون ۱۹۹۱).

تنش خشکی سنتز اسیدهای نوکلئیک را که ارتباط نزدیکی با ساخت پروتئین دارند مختل می کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). واکوئل‌ها در برخورد با خشکی به سرعت آب خود را از دست می‌دهند. آب سیتوپلاسم با ثبات تر از آب واکوئل است و کلروپلاست حداکثر قدرت حفظ آب را دارد (حیدری شریف آباد، ۲۰۰۸). در شرایط تنش کمبود آب، سلول و بافت گیاه آماس کامل ندارد. کاهش رشد بر اثر کاهش آماس سلولی از عمده‌ترین آسیب‌های وارده به گیاه بر اثر کمبود آب است که تا حدودی قابل برگشت می‌باشد. اندازه سلول و تقسیم آن به تنش خشکی حساس است. ولی تعداد سلول برگ در گیاهان تحت تنش و غیر تنش مشابه بوده است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶).

انتقال فسفر از برگ‌های مسن به ساقه و بافت‌های مریستمی از اولین علائم تنش خشکی است. جذب فسفر به علت از بین رفتن ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (فورد، ۱۹۷۲). تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب برگ و وزن خشک دانه در ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی می‌شود (سانتوز و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش فتوسنتز بر اثر افت پتانسیل آب ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای برگ‌ها و افت میزان کلروفیل صورت می‌گیرد. تنش خشکی با ارسال پیام‌های ویژه‌ای باعث تبدیل فرم رویشی به زایشی در گیاه می‌شود و مراحل رشد گیاه تسریع می‌گردد (دسکلاکس و همکاران، ۲۰۰۰). طول دوره رشد و تغییر مراحل رشد باعث تغییر اجزای عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی گیاه می شود (رزالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۴). معمولا در اثر تنش آب مقدار کل ریشه کاهش می‌یابد ولی نسبت ریشه به شاخه و برگ افزایش می‌یابد (سینگ، ۱۹۹۱). تأثیر مهم تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و سبز شدن، کاهش تعداد بوته در واحد سطح است. با افزایش مقدار رطوبت خاک، درصد سبز شدن افزایش یافته و زمان لازم تا رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن کاهش می یابد. اهمیت کمبود آب، زمانی بیشتر است که آب کافی برای جوانه زنی وجود داشته باشد ولی رشد جوانه‌ها و گیاهچه‌های تازه استقرار یافته با کمبود آب مواجه می‌گردد (فرجی، ۱۳۸۸).

تنش رطوبت و کمبود مولیبدن باعث کاهش مقدار تثبیت نیتروژن می‌شود(اسواراج، ۱۹۸۷). خشکی از سه طریق عملکرد گیاه را کاهش می دهد: ۱- با کاهش سطح برگ که ناشی از پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری زودرس برگ‌های گیاه می‌باشد و جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی کاهش می‌یابد(ایرل و دیویس،۲۰۰۳). ۲- کارایی مصرف نور به ازای واحد نور جذب شده کاهش می‌یابد. این کاهش توسط سنجش میزان ماده خشک تجمع یافته به ازای واحد نور جذبی در یک دوره زمانی خاص بدست می‌آید(استون و همکاران، ۲۰۰۲). ۳- کاهش سریع گاز کربنیک تبادلی به ازای واحد نور جذب شده (کرامر، ۱۹۸۳).

تنش خشکی در دوره پر شدن دانه کلزا باعث تسریع در پیر شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ، تولید ماده خشک، وزن دانه و عملکرد شد(بی نام، ۲۰۰۹). عملکرد دانه در نخود ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بر اثر

خشکی کاهش می‌یابد(توکر و کانسی، ۲۰۰۶). در تحقیق سه ساله‌ای که روی واریته های لوبیا صورت گرفت تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، میزان تجمع بیوماس، سرعت تجمع ماده خشک و شاخص برداشت شد(پادیلا- رامیرز و همکاران، ۲۰۰۵). کمبود آب در دوره گلدهی کلزا، از طریق کاهش سطح برگ، دوام سطح برگ، تعرق، فتوسنتز و تولید ماده خشک، طول دوره گلدهی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (فرجی، ۱۳۸۸). تنش خشکی در طی مرحله رویشی ممکن است سبب تحریک و سرعت بخشیدن به رشد زایشی شود(فرجی، ۱۳۸۸).

خشکی اغلب با درجه حرارت بالا و کمبود مواد غذایی، باعث افت شدید عملکرد گیاه می‌شود(علیزاده، ۱۳۸۳). تنش خشکی از شرایط محیطی موثر بر تغییر مقدار تثبیت انرژی خورشید در نباتات است(وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷). در سالهای اخیر تحقیقات فراوانی روی اثر تنش بر متابولیسم گیاهان، از جمله در زمینه محتوای آب برگ و پتانسیل آبی انجام شده است. (کامرون، ۱۹۹۹) نشان داد که میزان و زمان تنش خشکی اثر بسیار مشخصی روی موقعیت آبی و رشد گیاه داشته به طوری که خشکی شدید در طی خرداد تا تیرماه، توسعه و گسترش شاخه‌ها را تا پایان فصل باز داشته و موجب شده که گیاهان همچنان کوچک و فشرده بمانند (راموس وگاردون، ۱۹۹۹) کاهش آبیاری در گیاه *Medicago sativa* باعث می شود که پتانسیل آب برگ از ۰/۴- مگاپاسکال تا ۲- کاهش یابد (گیرویس، ۱۹۹۶). کاهش آبیاری تا حد ۳۰% ظرفیت زراعی در طی ده روز، موجب کاهش شدید پتانسیل آب در گیاه *Phaseolus vulgaris* گردید (راموس وگاردون، ۱۹۹۹). همچنین خشکی بر فرایند فتوسنتز در گیاهان تأثیر مهمی گذاشته، انتقال الکترون‌ها را کاهش داده و تشکیل مواد اولیه فتوسنتز را تغییر می‌دهد. کربوهیدرات‌های مرکب به کربوهیدرات‌های ساده تجزیه شده و بنابراین در اثر خشکی بر میزان قندهای محلول اضافه می‌شود.

بررسی اثر تنش خشکی بر رشد گیاه *Lonicera japonica* نشان داد که محتوای قندهای محلول در گیاه تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافته است (ایکسوایت ال، ۱۹۹۶). پاسخهای

بیوشیمیای برگ‌های دو واریته سیب زمینی تحت تنش خشکی نشان داد که تنش‌های متو سط میزان تجمع قندهای محلول را در گیاه افزایش داده است (سیرسلج، ۱۹۹۶). همچنین بررسی‌های انجام شده بر متابولیسم قند و توسعه گل‌های گیاه گل سرخ نشان می‌دهد که تنش میزان قندهای محلول را افزوده است، در حالی که از میزان نشاسته و فروکتان کاسته است (مایاک ایت ال، ۲۰۰۱). همچنین تحقیقاتی در زمینه اثرات آبگیری در سطح سلولی انجام پذیرفته و حساسیت سنتز پروتئین‌ها به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفته است. خشکی سریع، تعداد پلی‌زومها را در سلول و نیز پروتئین‌ها را در برخی از گیاهان علفی کاهش می‌دهد. فرآورده‌های حاصل از تجزیه پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه‌ای مانند پرولین است که در طی خشکی یا تجمع حاصل می‌کنند و در تعدیل اسمزی شرکت نموده و یا ذخیره شده و به عنوان موادی جهت بازسازی ترکیب‌های ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرند (باسرا، ۱۹۹۷). در زمینه تغییرات میزان پرولین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که برگ‌های گیاهان ذرت تحت تنش، حاوی بالاترین میانگین پرولین (بین ۱۸ تا۴۱ مول بر گرم بر وزن تر دو واریته زراعی) بوده‌اند (عبد رحیم ایت ال، ۱۹۹۸). کاهش رشد از علائم بارز گیاه در مواجهه با تنش خشکی است. در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ و فشار تورژسانس سلولی که لازمه رشد سلول‌ها و بافت گیاه می‌باشد، کاهش پیدا می‌کند.

تنش‌های شدید خشکی باعث ممانعت از فتوسنتز، اختلال در متابولیسم، انتقال مواد و در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌شوند (جلیل ایت ال، ۲۰۰۷) تنش خشکی از توسعه ی سلول و به دنبال آن رشد و افزایش ارتفاع گیاه ممانعت می‌کند. فرو تنظیمی ژن‌هایی که در توسعه ی دیواره ی سلولی نقش دارند، توانایی سلول‌ها را برای توسعه کاهش می‌دهد که این مطلب با کاهش توانایی رشد گیاه تحت شرایط تنش، مطابقت دارد(قاسمیان ایت ال، ۲۰۰۸).

تأثیر خشکی بر رشد، به شدت و مدت زمان تنش، گونه گیاهی و مرحله رشد گیاه بستگی دارد (جلیل ایت ال، ۲۰۰۹) تنش خشکی موجب القاء تنش اکسیداتیو در گیاهان شده که نتیجه آن افزایش

ترکیبات ROS می‌باشد. در این شرایط فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز و کاتالاز افزایش می‌یابد.

تنش ها از مهمترین فاکتورهای محدود کننده رشد و نمو در گیاهان (روستا و سجادی نیا، ۱۳۸۹). و همچنین از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده الگوی پراکنش گیاهی در سطح جهان می باشند (ضابط، ۱۳۸۲). تحقیقات انجام شده برروی ذرت، ارزن و سورگوم نشان می دهدکه تنش کم آبی باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد دانه ذرت و تقلیل ۲۵ درصدی در عملکرد سورگوم گردیده است (ولدآبادی و همکاران، ۱۳۷۹). جهان‌بین و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که خشکی باعث کاهش ارتفاع و تعداد گره می گردد. آنها دلیل این امر را کاهش تقسیم سلولی و رشد رویشی گیاه دانستند، لذا این امر باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاه می گردد.

۲-۱۱- مکانیسم های مقاومت به خشکی

جهت اصلاح گیاه در مقابل خشکی برای هر منطقه، نیاز به اطلاعات کاملی از مجموعه عوامل محیطی و اقلیمی آن منطقه می‌باشد (گوتو و همکاران، ۱۹۷۹). برخی محققین تنش گرما را برای انتخاب واریته های مقاوم به خشکی به علت کنترل آسان‌تر آن نسبت به خشکی، به کار می‌برند. دو روش مقاومت به خشکی، اجتناب از خشکی و تحمل خشکی بیان شده است (لویت، ۱۹۸۰). تحمل خشکی از نظر متخصصین مختلف موارد زیر را در بر می گیرد:

- بیولوژی سلولی: زنده ماندن سلول به تنهایی به کمک سازگاری تنظیم اسمزی.
- بیوشیمی: تحمل بازدارندگی ساخت پروتئین و بقای MRNA در شرایط کمبود آب در موجود زنده.
- فیزیولوژی: ادامه رشد تحت شرایط تنش آب.
- زراعت: پایداری عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی.

مکانیسم فرار از خشکی از طریق رشد سریع، گلدهی زودتر و زودرسی به اجرا گذاشته می‌شود. در شرایط تنش خشکی شدید ممکن است مکانیسم فرار موفقیت آمیز نباشد ممکن است بوته‌ها زنده باشند ولی بدلیل شدت خشکی نتوانند به مرحله زایشی ورود نمایند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). در این شرایط به عقیده ترنر (۱۹۷۹) اجتناب از خشکی اهمیت پیدا می‌کند. به این صورت که گیاه با نگهداری حالت آماس توسط تغییر در سیستم ریشه یا تنظیم سطح برگ می‌تواند دوره خشکی را با کمترین اثرات ممکن سپری نماید. در هر صورت، ترکیبی از اجتناب و تحمل تنش خشکی می تواند تضمین کننده عدم از بین رفتن گیاه باشد (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵).

اصلاح برای خشکی در سویا (بویر، ۱۹۹۲)، گندم (هورد، ۱۹۷۶) از طریق اجتناب و در گندم (بویر،۱۹۸۲) از طریق تحمل انجام شده است. اصلاح برای خشکی از طریق فرار برای واریته های زودرس گندم، جو، نخود و عدس که در شرایط رطوبت ذخیره شده رشد کنند راهکاری عملی است. گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی آنها می‌باشد. عوامل مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، حجم تاج پوشش، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش، ارتفاع، قطر، طول میان گره، زاویه انشعاب شاخه با ساقه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌تواند بر میزان مقاوت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشند (صباغ پور، ۱۳۸۳).

برخی تغییرات فیزیولوژیک گیاهان مقاوم به خشکی در طی بروز تنش خشکی نیز موجب ذخیره مواد تنظیم کننده اسمزی مانند اسیدهای آمینه، قندها، برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها می‌شود (ردی، ۲۰۰۴). عکس‌العمل گیاهان دارویی مختلف به تنش خشکی در تحقیقات متعددی بررسی شده است. برای مثال بزازی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گیاه دارویی شنبلیله را ارزیابی کردند و کاهش تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن

هزار دانه) در اثر تنش خشکی را گزارش کردند. (مختاری و برادران، ۱۳۹۰) نیز بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensi* شد، به طوری که بیشترین آن‌ها مربوط به تیمار بدون تنش (آبیاری معمول منطقه هر ۵ روز یکبار) و کمترین میانگین صفات مربوط به تیمار دور آبیاری ۹ روز بود. بابایی و همکاران (۱۳۸۹) نیز اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک آویشن را بررسی و نشان دادند افزایش تنش خشکی موجب کاهش صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک و وزن تر اندام رویشی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه می شود. همچنین احیایی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی سه گیاه دارویی خارمریم، همیشه بهار و سیاه دانه نشان دادند که بیشترین ماده خشک تولیدی، تعداد برگ، دانه، وزن هزار دانه در تک بوته، ساقه و برگ در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار در تیمار ۲۵ درصد مشاهده شد.

تغییرات فیزیولوژیکی گیاهان در مواجهه با تنش خشکی موضوع مطالعات متعدد دانشمندان بوده است. عباس زاده و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک بادرنجبویه(*Melissa officinalis*) بیان کردند که بیشترین کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰۰، ۲۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین تجمع پرولین مربوط به تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی بود. بالاترین قندهای محلول مربوط به تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و حداکثر محتوای آب نسبی بافت مربوط به تیمار شاهد می‌باشد.

تکمیل دوره ی رشد گیاه قبل از شروع خشکی انتهایی فصل به عنوان راهبرد اولیه ی گیاه در سازگاری به مناطق دارای تنش خشکی مورد توجه قرار می‌گیرد (لوسجی، ۱۹۹۴و ترنر، ۲۰۰۳) در این ارتباط تأیید نموده‌اند که زمان مطلوب گل دهی، یک مؤلفه ی مهم در سازگاری گیاه به شرایط محیطی و یک صفت بحرانی برای سازگار شدن گیاه به یک عرض جغرافیایی خاص می‌باشد (بنوتوجی و یلو، ۱۹۹۹). زودرسی در مناطق مدیترانه به دلیل برخورد با درجه حرارت پایین و یخبندان در

هنگام زود گلدهی دارای محدودیت است. زودرسی باعث می‌شود گیاه قبل از کاهش رطوبت خاک بتواند حداکثر ماده خشک ممکن را تولید کند.

۲-۱۱-۲- اجتناب از پسابیدگی

گیاه به کمک ریشه عمیق و توسعه یافته، سطح سایه انداز، تغییر زاویه برگ و حرکت آن، ضخامت کوتیکول، تنظیم سطح برگ، بستن روزنه در ساعات گرم و خشک روز و تنظیم فشار اسمزی تا حد زیادی می‌تواند از اثرات تنش خشکی در امان باشد. اجتناب از پسابیدگی حاصل توانایی گیاه در حفظ آماس بالا در زمان تنش خشکی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی سلول (تنظیم اسمزی) صورت می‌گیرد (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). اجتناب از پسابیدگی به قابلیت گیاه در نگهداری بیلان مناسب آب و آماس خود، حتی در شرایط بروز تنش می‌گویند که معمولا توسط خصوصیات موفولوژیکی و آناتومیکی گیاه شناخته می‌شود. بیلان مناسب آب در شرایط خشکی از طریق ذخیره آب با کاهش تبخیر و تعرق در قبل و یا آغاز بروز تنش و تسریع در جذب آب برای تأمین مجدد آب از دست رفته صورت می‌گیرد(سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶).

۲-۱۱-۲-۱- هدایت روزنه ای

روزنه‌ها مهم‌ترین راه‌های از دست‌دادن آب در گیاهان هستند. زمانی که گیاهان در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرند، با بستن روزنه‌ها، تلفات آب را تا حد زیادی کاهش می‌دهند. هورمون آبسیزیک‌اسید یکی از هورمون‌های مهم گیاهی است که در تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش مهمی دارد. (حیدری، ۱۳۸۶).

۲-۱۱-۲-۲- اندازه و فراوانی روزنه

بسیاری از گیاهان زراعی که در حضور نور مستقیم خورشید رشد می‌کنند در هر دو سطح برگ‌های خود دارای روزنه هستند؛ اما در بسیاری از گونه‌های سایه‌زی، روزنه‌ها تنها در سطح زیرین برگ‌ها وجود دارند. به علت نفوذ ناپذیری نسبی کوتیکول نسبت به آب، حدود ۹۰ درصد تعرق از

طریق روزنه‌ها صورت می‌گیرد. تعداد و اندازه روزنه‌ها که متاثر از ژنوتیپ و محیط هستند، در مقایسه با باز و بسته شدن‌شان تاثیر کمتری بر میزان کل تعرق دارد. برای مثال، تراکم روزنه‌ها در سطح رویی برگ گندم، ۳۳ و برای سطح زیرین آن، ۴۴ روزنه در میلی‌متر مربع برآورد شده‌است. گیاهانی که در شرایط تنش خشکی رشد می‌کنند، سعی در قراردادن بیشتر روزنه‌ها در بخش زیرین برگ‌های خود دارند. زیرا بخش زیرین برگ‌ها از تماس نور مستقیم خورشید در امان بوده، از این رو این گیاهان می‌توانند در جلوگیری از هدر روی آب مدیریت لازم را برای خود بوجودآوردن.(صباغ پور، ۱۳۸۲)

۲-۱۱-۲-۳- تجمع ابسیزیک اسید

آبسیزیک‌اسید از طریق مسیر موالونیک‌اسید در برگ‌ها (کلروپلاست و سایر پلاسیتدها) و ریشه‌ها ساخته می‌شود. تنش‌های محیطی سنتز آن را تسریع می‌کنند. آبسیزیک‌اسید، به عنوان یک پیام‌رسان ثانویه در زمان بروز تنش‌های محیطی نیز عمل می‌کند و سبب بسته‌شدن روزنه‌ها می‌شود. علاوه بر آن در فرآیند عادی فیزیولوژیکی گیاهان اعم از رکود بذر، ریزش برگ‌ها، رشد و زمین‌گرایی گیاهان نیز شرکت دارد. افزایش سنتز آبسیزیک‌اسید پس از بروز تنش‌های محیطی، منجر به ایجاد سازگاری‌های مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاهان می‌شود. بیشتر ژن‌هایی که تا به امروز هنگام بروز تنش‌های محیطی و از جمله خشکی در گیاهان مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند اکثرا تحت تاثیر این هورمون قرار می‌گیرند که به آن‌ها ژن‌های وابسته به آبسیزیک‌اسید نیز می‌گویند(حیدری، ۱۳۹۵).

۲- ۱۱- ۲- ۴- ضخامت کوتیکول و قشر مومی روی برگ

قشر مومی موجود در سطح برگ‌ها تا حدی مانع جذب امواج نور خورشید شده، از خروج آب و ورود دی‌اکسیدکربن به درون برگ‌ها نیز جلوگیری می‌کند. بسیاری از گیاهان نواحی خشک، از نظر تشریحی دارای برگ‌هایی با بشره ضخیم هستند. کوتیکول ضخیم همانند عایقی در برابر تشعشع

ورودی خورشید عمل می‌کند و در نتیجه تعرق را کاهش می‌دهد. برای مثال، مومی شدن برگ‌ها در گندم بوسیله یک ژن کنترل می‌شود. مومی بودن سطح برگ به طور مثبتی با عملکرد در شرایط تنش خشکی همبستگی دارد و کارائی مصرف آب را بالا می‌برد. وراثت پذیری صفت مومی بودن، معمولا بالاست و عوامل محیطی همانند، تنش خشکی، دمای بالا و تشعشع زیاد بر مقدار آن تاثیر می‌گذارند. (صباغ پور، ۱۳۸۲).

۲- ۱۱- ۲- ۵ - ریزش برگ‌ها

جدا از کوچک نگه‌داشتن اندام‌های هوایی، ریزش برگ‌ها در شرایط خشکی نیز، یکی از روش‌های سازگاری است. ریزش برگ‌ها تا حدی بر نسبت ریشه به بخش هوایی تاثیر می‌گذارد. در این شرایط گیاهان سعی می‌کنند در وهله‌ی اول برگ‌های زیرین و پیر را ریزش دهند که دارای کارایی کمتری در تولید هستند(باقری، ۱۳۷۵)

۲-۱۱-۲-۶ - تحرکات برگ‌ها

ساده‌ترین شکل، کاهش سطح برگ، لوله‌شدن، تاخوردگی و پژمردگی برگ‌ها در زمان وقوع تنش کمبود آب است. (صباغ پور، ۱۳۸۲)

۲- ۱۱- ۲- ۷- حرکت فعال برگ‌ها

حرکت فعال برگ‌ها در شدت‌های کم و زیاد نور، به عنوان روش سازگاری به شمار می‌رود. در گیاهانی که در شرایط نور کم رشد می‌کنند، حرکت برگ در جهت نور زیاد رشد می‌کنند. حرکت برگ‌ها بار گرمایی روی برگ‌های بالایی را کاهش می‌دهد (حیدری، ۱۳۹۵).

۲-۱۲- سازگاری مرتبط با سیستم ریشه ای

از آنجا که آب قابل دسترس، عامل اصلی محدود کننده‌ی رشد در محیط‌های خشک می‌باشد، بیشترین بازده از نظر رشد و تولید محصول، زمانی حاصل می‌شود که آب محدود موجود در خاک بطور

حداکثر مورد جذب واقع شود. این خصوصیت تنها از طریق مکانیسم‌های سازگاری مرتبط با سیستم ریشه حاصل خواهد شد. گیمز و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند در بقولات دانه‌ای، اولویت تخصیص مواد فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد عموماً به سمت ریشه‌ها است تا اندام‌های هوایی و لذا بقولات در مرحله گیاهچه‌ای معمولا از سیستم ریشه‌ای سنگین‌تری برخوردار هستند. از آنجایی که نسبت بالاتر ریشه به اندام‌های هوایی (اندام‌های جذب کننده آب نسبت به اندام های مصرف کننده) توان گیاه را برای افزایش به تحمل خشکی بهبود می‌بخشد، لذا اغلب متخصصان فیزیولوژی این نسبت را به عنوان یک معیار برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی می‌نمایند (گیمز، ۱۹۹۵و گوپتا، ۲۰۰۵). اولین شرط جهت دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، تولید ماده خشک زیاد است، زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از جذب و تحلیل دی اکسید کربن طی فتوسنتز است، در نتیجه افزایش سرعت تثبیت برای بالا بردن ظرفیت تولید گیاهان زراعی می‌تواند مفید باشد (مانسون و روجه، ۲۰۰۱). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت مشاهده شد گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کمتر دارا می‌باشند، مقاومت و تحمل بیشتری به کم آبی و تنش خشکی دارند (ساکسنا، ۲۰۰۵). اعتقاد اغلب متخصصان بر این است که در نخود حداکثر عمق ریشه، یک صفت ژنتیکی و تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد (باقری، ۱۹۹۷).

۲-۱۳- تنظیم اسمزی

تنظیم اسمزی، تجمع فعال مواد محلول توسط گیاه در واکنش به افزایش کمبود آب خاک می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهند که همبستگی معنی داری بین توانایی تنظیم اسمزی یک گیاه و رشد آن در شرایط تنش خشکی وجود دارد (والنتاویس، ۲۰۰۶). در عین حال بسیاری از گیاهان به منظور تنظیم اسمزی و تحمل بیشتر تنش، از اسمولیت‌های آلی مثل پرولین استفاده می کنند. پرولین، یک منبع ذخیره برای کربن، نیتروژن و همچنین جمع آوری کننده‌ی رادیکال‌های آزاد می‌باشد. همچنین

پرولین ساختارهای سلولی از جمله غشاءها را تثبیت و پتانسیل ردوکس سلولی ایجاد شده در اثر تنش را از بین می‌برد (چن، ۲۰۰۰). سنتز پرولین در بسیاری از گونه‌های گیاهی در مواجهه با تنش-های خشکی، شوری، دماهای بالا و شدت‌های بالای نور، افزایش می‌یابد (منصور، ۲۰۰۰). این ماده، فسفولیپیدهای غشای سلول را در مقابل تخریب حفظ، و به عنوان خنثی کننده رادیکال هیدروکسیل عمل می‌نماید (ساماراس، ۱۹۹۵). گیاهان مقاوم به تنش، از توانایی بیشتر سنتز پرولین و متعاقب آن از پایداری غشاء برخوردار هستند که نتیجه آن هدر رفت کمتر آب از طریق غشاهای سلولی می‌باشد. تجمع پرولین نتیجه هیدرولیز پروتئین‌ها بوده و مسیرهای پیشنهادی تولید آن از گلوتامیک‌اسید گزارش شده است (ماریل، ۱۹۸۴). در شرایط تنش، اکسیداسیون پرولین به علت بهم ریختن غشاء میتوکندری و اختلال در سنتز پروتئین کاهش می‌یابد (پالگ، ۱۹۸۱).

ساز و کارهایی که تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند، نقش مهمی در بهبود تحمل به خشکی ایفا می‌کنند (سایرام، ۱۹۹۹). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، دارای سیستم دفاعی کارآمدی هستند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین برده و یا خنثی کنند. این سیستم دفاعی شامل آنزیم های سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) می‌باشد(سایرام، ۱۹۹۹).

۲- ۱۴- محلول پاشی برای مقاومت به تنش کم آبی

کربن در ساختار اسیدآمینه سرین و گلایسین یافت می‌گردد (گوت، ۲۰۰۰). گلایسن در بهبود مقاومت به تنش دارای نقش مؤثری است که به مقدار کم مخلوط با متانول در محلول‌پاشی مصرف می‌گردد. نقش محافظتی گلایسین فقط به نقش محافظتی اسمزی آن خلاصه نشده است بلکه این ماده در دیگر اثرات فیزیولوژیکی مؤثر در پاسخ به تنش‌های گیاهان مطرح است. در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی گزارش شد که کاربرد محلول‌های متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد، تسریع در رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آن‌ها می‌شود

(نیمیکک، ۱۹۹۵). مطالعات نشان داد که محلول‌پاشی ۱۵ درصد متانول بر روی قسمت‌های هوایی بادام زمینی باعث افزایش عملکرد دانه، وزن خشک ریشه و مقدار پروتئین دانه بادام زمینی شده است (ویشکای، ۲۰۰۸). همچنین مطالعات بر روی گیاهان گوجه فرنگی، لوبیا، چغندر قند و کلزا نشان داد گیاهانی که با متانول ۹۵ درصد محلول‌پاشی شدند ۲۱ تا ۲۹ درصد، محصول بیشتری نسبت به گیاهان شاهد تولید کردند و این گیاهان به میزان کمتری به کمبود آب حساس بودند و در برخی موارد، تولید آنها با گیاهانی که آبیاری تکمیلی شده بودند، برابر بود (زبیک، ۲۰۰۳). در مطالعه‌ای که بر روی گوجه فرنگی صورت گرفت، مشاهده شد محلول‌پاشی متانول موجب افزایش وزن ساقه و ریشه می شود (راو، ۱۹۹۴).

۲-۱۵- شاخص حساسیت به تنش

حساسیت و تحمل واریته های و لاین ها در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری با استفاده از شاخص های زیر انجام می‌شود:

۱. شدت تنش $S=1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p)$

۲. شاخص حساسیت به تنش $SSI=[1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p)]/SI$

۳. شاخص تحمل $Tol=(Yp-Ys)$

۴. میانگین بهره وری $MP=(YP-Ys)/2$

۵. میانگین هندسی بهره وری $GMP=(YP.Ys)^{1/2}$

۶. شاخص تحمل به تنش $STI=(YP.Ys)/(\bar{Y}P)^2$

که در آن Yp عملکرد ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ysعملکرد ژنوتیپ در محیط دارای تنش، $\bar{Y}p$متوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش، Ysمتوسط عملکرد کلیه ژنوتیپ ها در محیط دارای تنش و SI شدت تنش می باشند. شاخص تحمل(Tol) و متوسط عملکرد یا میانگین بهره وری تولید (Mp) توسط روسیله و هامبلین (روزلیل و هامبلین ، ۱۹۸۱)معرفی شده اند.

۲-۱۶-تنش خشکی در گیاه سورگوم

با توجه به اینکه بارندگی در ایران یک سوم بارندگی در جهان یعنی ۲۵۰میلی متر می باشد سورگوم گیاهی بسیار مناسب برای کشت و تامین علوفه مورد نیاز کشور است. این گیاه با برخورداری از صفاتی مانند روزنه های کوچک قابلیت خود پیچی برگها، کنترل روزنه ها و غیره سازگاری بالایی به طیف وسیعی از شرایط اکولوژیکی در مقایسه با سایر گیاهان زراعی دارد (رمضانپور و ملکوتی، ۱۳۸۳). با وجود خشک بودن قسمتهای وسیعی از ایران و سازگار بودن این گیاه به شرایط خشکی تحقیقات نسبتا اندکی در خصوص جنبه های به زراعی آن در کشور انجام گرفته است و با توجه به نیاز روز افزون جامعه جهت تامین پروتئین مورد نیاز دام و طیور در این زمینه خلاء تحقیقاتی احساس می شود.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه یکی از بهره برداران بخش کشاورزی واقع در شهر دامغان به اجرا درآمد.

۳-۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب وهوایی محل اجرا

شهرستان دامغان با مختصات جغرافیایی ۰۲۶۱۲۸۶ وUTM۴۰۰۷۹۱۴ و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۲ متر دارای اقلیم نیمه گرمسیری و معتدل سرد می‌باشد. مزرعه مورد استفاده در ۳ کیلومتری این شهر و در نزدیکی کمربندی واقع شده است. در زمستان دمای هوا به ۱۳- درجه سانتی گراد و در تابستان دمای هوا تا ۴۴ درجه بالای صفر می‌رسد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی، میانگین سالیانه دما در این منطقه ۱۷/۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی کمینه شهرستان ۴۰ و بیشینه ۶۵ درصد می‌باشد. شهرستان دامغان با میزان میانگین بلند مدت سالیانه ۱۰۲/۶ میلی متر و بارندگی سال گذشته به میزان ۸۷ میلی متر یکی از مناطقی است که به شدت متأثر از شرایط کم بارش و خشکسالی قرار گرفته است. علاوه بر کاهش بارندگی، افزایش دما، وزرش بادهای گرم و خشک در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بشدت تولید محصولات گندم و جو و کلزا را کاهش داده بطوری که سال زراعی ۹۵-۹۶ میانگین عملکرد مزارع گندم از ۳۲۵۰ کیلو گرم به ۲۶۵۰ کیلوگرم کاهش یافته است.

۳-۴- مشخصات طرح آزمایش

آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتور آبیاری در ۲ سطح (دور آبیاری متداول منطقه یعنی ۹ روز به عنوان شاهد، و دوبرابر دور آبیاری متداول منطقه یعنی ۱۸ روز به عنوان کم‌آبیاری) در کرت‌های اصلی و ۶ واریته سورگوم (اسپیدفید۱، سپیده، کیمیا، پیام، اسپیدفید۲، و پگاه) در کرت‌های فرعی قرارگرفت. طبق نقشه کاشت ۳ تکرار با فاصله ۳ متر از یکدیگر تعبیه شد. هر تکرار شامل ۱۲ پلات بود. طول هر پلات ۶

متر در نظر گرفته شد. هر پلات نیز مشتمل بر چهار ردیف کاشت بود و یک ردیف نکاشت که به عنوان مرز بین هر دو پلات مجاور قرار گرفت.

جدول ۳-۱- نقشه کشت

I	I0 V4	I0 V6	I0 V3	I0 V1	I0 V5	I0 V2	I1 V4	I1 V5	I1 V1	I1 V3	I1 V2	I1 V6
II	I1 V4	I1 V1	I1 V5	I1 V2	I1 V3	I1 V6	I0 V2	I0 V3	I0 V4	I0 V1	I0 V6	I0 V5
III	I1 V6	I1 V1	I1 V3	I1 V5	I1 V2	I1 V4	I0 V6	I0 V5	I0 V2	I0 V3	I0 V1	I0 V4

۳-۵- مشخصات پلات‌ها

هر تکرار شامل ۶ کرت آبیاری متداول منطقه و ۶ کرت اعمال تنش بود که با احتساب ۳ تکرار، تعداد کرت ها ۳۶عدد است.

۳-۶- آماده سازی زمین

عملیات تهیه زمین در اوایل اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۶ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. ابتدا ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و سپس جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول ۳ متر بود و فاصله بذور روی ردیف های کاشت ۱۲ سانتی متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و غیره بذور در عمق ۵ سانتی متری خاک قرار داده شدند. جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود.

۳-۷- مراحل اجرای آزمایش

۳-۷-۱-کاشت بذر

کاشت بذور به صورت دستی و بر اساس نقشه طرح، در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۶ صورت گرفت. بذور روی پشته‌ها در محل داغ آب کشت گردید.

جدول ۳- ۲- مشخصات واریته‌های سورگوم مورد آزمایش

واریته	مورد استفاده	گروه رسیدگی	رنگ دانه
اسپیدفید۱	علوفه‌ای	زود رس	کهربایی
اسپیدفید۲	علوفه‌ای	زود رس	ارغوانی
کیمیا	دانه‌ای-علوفه‌ای	میان رس	نارنجی
سپیده	دانه‌ای-علوفه‌ای	میان رس	سفید
پیام	دانه‌ای-علوفه‌ای	میان رس	قرمز
پگاه	علوفه‌ای	زود رس	سفید

۳-۷-۲- داشت و مبارزه با علف‌های هرز و آفات

عملیات داشت در طی فصل رشد و تمام مراحل رشد گیاه به صورت مداوم انجام شد. وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد گیاه به صورت دستی انجام شد . علف‌های هرز مهم در مزرعه شامل پیچک صحرایی، ازمک و خارشتر و شیرین بیان بودند. هیچ گونه بیماری و آفت سورگوم در مزرعه مشاهده نشد، بنابراین به مبارزه شیمیایی احتیاجی نبود.

۳-۸- آبیاری

آبیاری به روش جوی و پشته انجام گرفت و اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری بعدی ۹روز بعد آبیاری اول صورت گرفت. بطور کلی فاصله آبیاری قبل از اعمال تنش خشکی، هر ۹ روز یک

بار بود. برای اعمال تنش خشکی، بعد از استقرار کامل گیاه، آبیاری پلات‌ها طبق نقشه انجام شد، به طوری که کرتهای با تنش خشکی هر ۱۸ روز یکبار آبیاری می شد.

۳-۹- نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری، دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر پلات به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۳ بوته طوری انتخاب شد که تا حد زیادی خصوصیات پلات را نشان دهد. برای سنجش هدایت الکتریکی، محتوای نسبی آب برگ و فعالیت سه آنزیم آنتی‌اکسیدان، در زمان گلدهی اقدام به نمونه‌برداری گردید. برای محاسبه وزن تر و خشک برگ و ساقه، ده روز قبل از رسیدگی نمونه‌های جداگانه از این اندام‌های گیاهی تهیه گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، پس از رسیدگی اقدام به نمونه برداری گردید. مجموع وزن تر برگ، ساقه و دانه در زمان ده روز قبل از رسیدگی به عنوان وزن تر کل در نظر گرفته شد. پس از اینکه نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک گردیدند، با ترازوی حساس ۰/۰۱ توزین شده و به عنوان وزن خشک کل در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی اکسیدان، نمونه‌های برگی در یخ خشک قرار داده شدند و به آزمایشگاه دانشگاه صنعتی شاهرود انتقال داده شدند.

۳-۱۰- اندازه‌گیری پایداری غشا

از میان برخی صفات فیزیولوژیک قابل استفاده برای گزینش ژنوتیپ‌های دارای مقاومت به خشکی می‌توان به درجه نشت یونی یا پایداری غشای سلولی مربوط به سلول‌های آسیب دیده از تنش خشکی اشاره کرد (بلام، ۱۹۹۹). به منظور اندازه‌گیری پایداری غشای سلولی از هر پلات تعدادی برگ سبز انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد سپس نمونه‌ها همراه آب مقطر در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه و یک بار در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه داخل حمام بنماری قرار داده شد، بعد از خنک شدن نمونه‌ها در دمای محیط هدایت الکتریکی آنها با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد سپس با استفاده از فرمول زیر پایداری غشای سلولی تعیین شد.

$$\text{شاخص پایداری غشا پلاسمایی} = \left(1 - \frac{C_1}{C_2}\right) \times 100$$

که در آن C_1 و C_2 به ترتیب نشان دهنده هدایت الکتریکی در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می-باشد.واحد بر حسب درصد می باشد.

۳-۱۱- تعیین محتوای نسبی آب برگ

برای تعیین مقدار محتوای نسبی آب برگ، برگ از گیاه جدا و به آزمایشگاه انتقال یافت. وزن برگ بلافاصله اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها داخل یک بشر در آب مقطر قرار داده شد تا آب جذب نموده و به آماس کامل برسد. پس از توزین، این نمونه‌های برگی در داخل پاکت قرار داده شد و به منظور خشک کردن، در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. پس از طی شدن این مدت، با وزن کردن نمونهٔ برگ، وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد و با قرار دادن داده‌ها در رابطه مربوطه، مقدار آن بر حسب درصد بدست آورده شد.

۳-۱۲- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

آنزیم کاتالاز (Catalase): آنزیم کاتالاز در بیشتر سلول‌ها یافت می‌شود و عمدتا در پراکسیزوم‌ها وجود دارد. فعالیت کاتالیتیک، فعالیت اصلی این آنزیم بوده و طی آن هیدروژن پراکسید (H_2O_2) طبق واکنشی به آب و اکسیژن تجزیه می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی فعالیت کاتالاز وجود دارد. به طور کلاسیک، فعالیت کاتالاز را از روی تغییرات غلظت H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر ارزیابی می‌کنند. در این روش، آنزیم کاتالاز موجود در نمونه سرم با تجزیه پراکسید هیدروژن سبب کاهش جذب این ماده در طول موج ۲۴۰ نانومتر می‌شود و از تفاوت جذب A240 در واحد زمان، اندازه گیری می‌شود(برادفورد، ۱۹۷۶).

۳-۱۳-استخراج عصاره برای سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز :

استخراج به روش کار و میشرا (۱۹۷۶) انجام شد. سنجش فعالیت کاتالاز بر اساس روش جنس و مهلی همراه با تغییراتی انجام شد. مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۸ میلی لیتر

بافر فسفات ۵۰ میلی مولار با pH=6/8، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، آب اکسیژنه ۰/۴۵ میلی مولار اضافه شد. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. محلول بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر در ۱ دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه قرائت شد. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس ضریب خاموشی برابر با $m M^{-}$ $۴۰^{1}cm^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی گرم پروتئین بیان گردید(بلام، ۱۹۹۹).

۳-۱۴- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

سنجش فعالیت گایاکول پراکسیداز بر اساس روش چنس و مهلی(۱۹۵۵) همراه با تغییراتی انجام شد. مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی لیتر شامل ۲/۷ میلی لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی مولار با pH=6/8، گایاکول ۰/۶ مولار (۱۰۰میکرولیتر)، عصاره آنزیمی(۱۰۰میکرو لیتر)، آب اکسیژنه ۱/۲ مولار (۱۰۰میکرو لیتر) بود. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. افزایش جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر در ۱ دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه اندازه گیری شد. در نهایت فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس میکرو مول تنراگایاکول تشکیل شده ضریب خاموشی $۲۶/۶ \ m \ M^{-1}cm^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی گرم پروتئین بیان شد. (برادفورد، ۱۹۹۹).

۳-۱۵- تعیین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

سنجش فعالیت این آنزیم بر اساس روش کار و میشرا (۱۹۷۶) همراه با تغییراتی انجام شد. مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار با pH = ۶/۸، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر) و پیروگالل ۰/۳ مولار بود. با اضافه کردن پیروگالل به مخلوط واکنش فعالیت آنزیمی آغاز شد. تغییرات جذب نور در طول موج ۴۲۰ نانومتر در ۱ دقیقه‌ی اول اندازه‌گیری شد. در نهایت فعالیت ویژه‌ی آنزیم پلی‌فنل اکسیداز بر اساس میکرومول پورپوروگالین تشکیل شده،

ضریب خاموشی (ε) برابر $m\ M^{-1}cm^{-1}$ ۲/۴۷ در دقیقه به ازای ۱ میلی‌گرم پروتئین بیان گردید(بلام، ۱۹۹۹).

۳-۱۶- تجزیه آماری نتایج

در این تحقیق برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری SAS و Mstat-C استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمونLSD صورت گرفت. رسم نمودارها به وسیله نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- وزن تر برگ

به لحاظ اینکه واریته‌های مورد بررسی در این آزمایش دو منظوره (دانه و علوفه) بودند، علاوه بر وزن خشک کل (دانه + ساقه + برگ)، صفات وزن تر برگ، ساقه و کل (دانه + ساقه + برگ) نیز اندازه‌گیری شدند. ضریب همبستگی وزن خشک کل با وزن تر کل ۰/۹۲ بدست آمد. یکی از علت‌های انحراف ضریب همبستگی از عدد یک ممکن است مربوط به اختلاف واریته‌ها از لحاظ محتوای نسبی آب برگ باشد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱) نشان داد که کلیه منابع تغییر مندرج در جدول تجزیه واریانس وزن تر برگ را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند. در شرایط آبیاری متداول (دور آبیاری ۹ روز) بالاترین وزن تر برگ مربوط به واریته کیمیا بود (شکل ۴-۱). در شرایط کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز) نیز این حالت صادق بود. نتایج روابط رگرسیونی حاکی از آن است که واریته‌هایی که توانستند برگ بیشتری تولید نمایند تأثیرپذیری کمتری از تنش خشکی را به اجرا گزاردند (شکل ۴-۲).

سالیون و استین (۱۹۸۵) نشان دادند که وقتی گیاهان در خلال یک دوره کوتاه تحت تنش خشکی قرار گرفته باشند، میزان فتوسنتز آنها در شرایط پتانسیل آب برگ ۱۵- بار کاهش می یابد. در شرایطی که پتانسیل آب خاک در یک متری فوقانی خاک کم تر از ۱۵- بار بوده تعدادی از گیاهان قادر به ادامه حیات هستند به دلیل این که بعضی از ریشه های آن ها به نقاط عمیق تر خاک که حاوی آب قابل دسترس می باشند نفوذ می کنند (نواب پور، ۱۳۷۳). در آزمایش نیسانی و همکاران (۱۳۹۰) وزن تر برگ‌ها پاسخ معنی‌داری به قطع آب نشان نداده بود. در آزمایش حاجی‌بابایی و همکاران (۱۳۹۰) اثر تنش خشکی برروی وزن تر معنی‌دار بود و تحت تاثیر تنش خشکی اعمال شده کاهش یافت. نتایج آزمایشات صورت گرفته سایر محققان نیز بر کاهش سطح برگ به واسطه اختلال در فتوسنتز و کاهش کلروپلاست و در نتیجه زرد و نکروزه شدن سریع برگ‌ها در شرایط کمبود رطوبت خاک دلالت می‌کنند که به عنوان مکانیسمی برای سازگاری به خشکی به شمار می‌آید (فلیجا و همکاران، ۲۰۰۲؛ گاولسکی و همکاران، ۲۰۰۴). یگاپان و همکاران (۱۹۹۶) اظهار داشتند که تنش

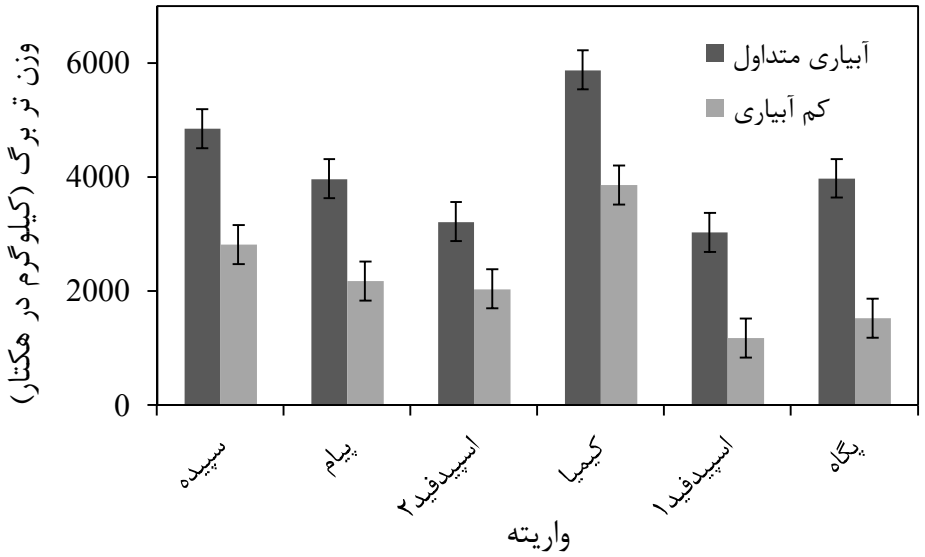
خشکی پیری زودرس برگ‌ها، کاهش تعداد برگ‌ها، سطح برگ، وزن هزاردانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه را سبب می‌شود. در پژوهشی که توسط شرستا و همکاران (۲۰۰۶) برروی تاثیر کم‌آبی صورت گرفت، مشخص شد که کمبود آب در طی چند مرحله پر شدن دانه موجب کاهش میزان وزن برگ‌ها گردید که دلیل آن کاهش میزان رشد رویشی گیاه و میزان وزن اندام‌های رویشی (برگ‌ها و ساقه‌ها) بود. ووراپی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی روی گیاه منجر به کاهش تعداد برگ و سرعت رشد نسبی سطح برگ گردید. آن‌ها کاهش در سرعت رشد نسبی سطح برگ را به کاهش فشار آماس که اولین اثر فیزیولوژیک تنش خشکی بر گیاهان است، نسبت دادند. کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی می‌تواند ازطریق کاهش سطح تعرق به عنوان اولین سازوکار دفاعی در برابر خشکی مطرح باشد. در شرایط کمبود رطوبت، تحریک تولید اتیلن و اسیدآبسیزیک در گیاه می‌تواند ازطریق ریزش برگ‌ها منجر به کاهش سطح برگ شود (کاسپرکا و کوباکا، ۱۹۸۹). تحقیقات در رابطه با کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی توسط پژوهشگران بسیاری ازجمله کرامر (۱۹۶۹)، حمیدی (۲۰۰۰)، ساجدی و اردکانی (۲۰۰۸) صورت گرفته است. آنچه مشخص است این که توسعه سریع برگ‌ها پس از آن که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد، کاهش یافته و در نهایت وقتی سرعت پیری برگ‌ها بیش از سرعت توسعه برگ‌ها باشد، سطح برگ و به تبع آن تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۲). چاکر (۲۰۰۴) گزارش کرد که کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و رشد و افزایش پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. ولف و همکاران (۱۹۸۸) عقیده دارند که وجود تنش‌های مختلف محیطی، پیری برگ‌ها را تشدید کرده و در نهایت به کاهش سطح برگ ذرت منجر می‌شود.

در ابتدای رشد گیاه آغازه های زیادی از برگ شکل می گیرد که در شرایط مطلوب و ایده آل همه آنها پتانسیل ایجاد برگ را دارند، اما شرایط نامناسب رشدی و تنش های محیطی سبب مرگ آغازه های برگ می شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲)، در نتیجه از تعداد برگ و همچنین از سطح برگ گیاهان کاسته می شود.

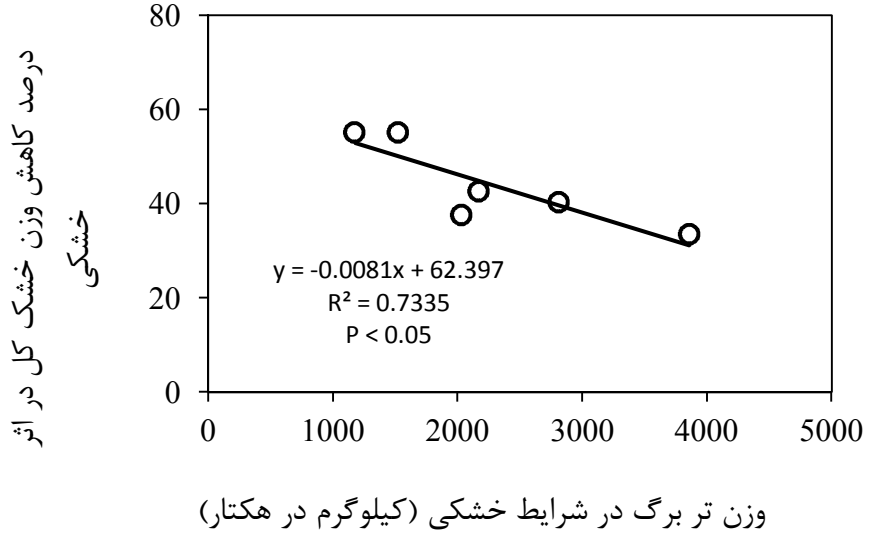
جدول۴-۱ تجزیه واریانس وزن تر برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات وزن تر برگ
بلوک	۲	۱۲۳۴۷۷ns
تنش خشکی(S)	۱	۳۲۰۷۹۱۲۳**
اشتباه a	۲	۱۰۶۹۳۰
واریته (V)	۵	۵۹۲۵۲۱۰**
S×V	۵	۲۵۹۷۳۷**
اشتباه b	۲۰	۱۰۳۰۸

** و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار



شکل۴-۱- مقایسه میانگین وزن تر برگ ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).



شکل ۴-۲- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با وزن تر برگ گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.

۴-۲- وزن تر ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر وزن تر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که از لحاظ این صفت، واریته کیمیا بهترین واریته می‌باشد (شکل ۴-۳). در شرایط آبیاری متداول، بین واریته پیام و اسپیدفید۲ از نظر وزن تر ساقه اختلاف معنی‌دار وجود داشت ولی در شرایط کم آبیاری، تفاوت آنها معنی‌دار نبود. این امر بر اختلاف آنها از لحاظ میزان تأثیرپذیری از تنش خشکی دلالت دارد. بر اساس واریته‌های مورد بررسی در این آزمایش، پربرگی یا کم برگی نتوانست میزان تأثیرپذیری از تنش خشکی را تحت تأثیر قرار دهد چون شیب خط رگرسیونی بین میزان تأثیر پذیری از خشکی و نسبت برگ به ساقه معنی‌دار نبود (شکل ۴-۴).

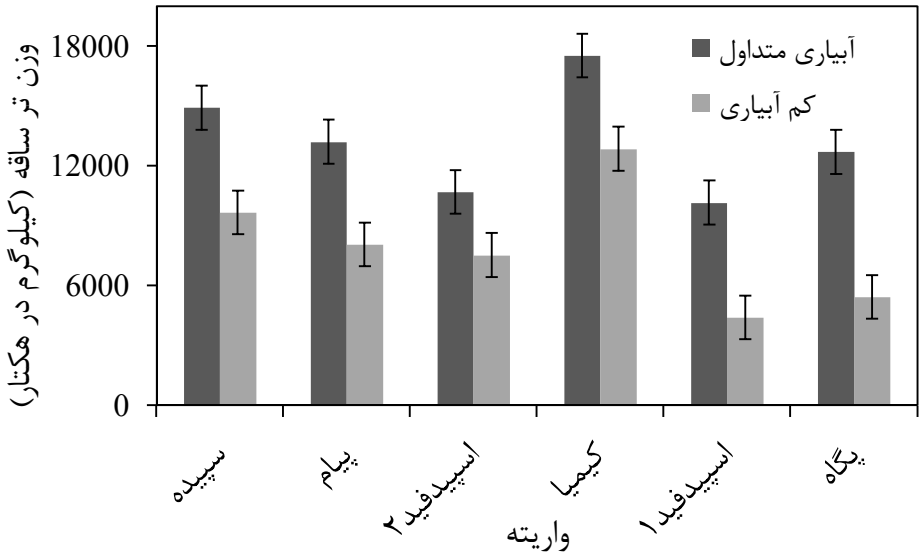
طبق نتایج ناخدا و همکاران (۱۳۷۹) تنش خشکی تأثیری بر نسبت برگ به ساقه نداشت. آنها علت عدم وجود تفاوت را به تاثیر تقریبا یکنواخت تنش اعمال شده به تجمع ماده خشک و کاهش وزن خشک در کلیه اندام های هوایی گیاه نسبت دادند. کاینری (۱۹۹۲) گزارش داد که در صورت وجود تنش خشکی پس از گرده افشانی، وزن ساقه سورگوم در حدود ۲۰-۲۶ درصد و وزن برگ در حدود ۱۴ درصد به دلیل انتقال مجدد مواد ذخیره ای کاهش می یابد، در حالی که در شرایط مطلوب

محیطی میزان فتوسنتز بعد از گرده افشانی برای رشد دانه ها کافی می باشد و این امر موجب می شود که وزن ساقه بعد از گرده افشانی کاهش نیابد (روی و رایت، ۱۹۷۳). اعمال تنش خشکی به دلیل کاهش میزان رشد رویشی گیاه، میزان وزن‌تر اندام‌های رویشی (برگ و ساقه) را کاهش می‌دهد (شرست و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش وزن‌تر ساقه توسط تنش خشکی توسط پژوهشگران دیگر از جمله شسلر و وستگیت (۱۹۹۱) و نیسانی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است.

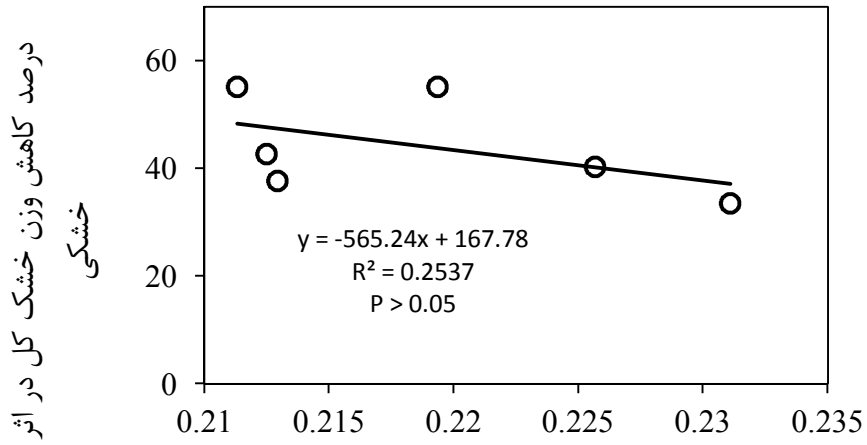
جدول۴-۲ تجزیه واریانس وزن تر ساقه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		وزن تر ساقه
بلوک	۲	۱۳۴۴۶۰۴۶**
تنش خشکی(S)	۱	۲۴۵۱۳۴۵۸**
اشتباه a	۲	۸۱۵۴۸۶
واریته (V)	۵	۴۷۴۲۷۰۴۳**
S×V	۵	۲۷۲۴۱۰۷**
اشتباه b	۲۰	۸۳۵۸۵

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۳- مقایسه میانگین وزن تر ساقه ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).



شکل ۴-۴- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با نسبت وزنی برگ به ساقه در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.

۴-۳- وزن تر کل (ساقه و برگ و دانه)

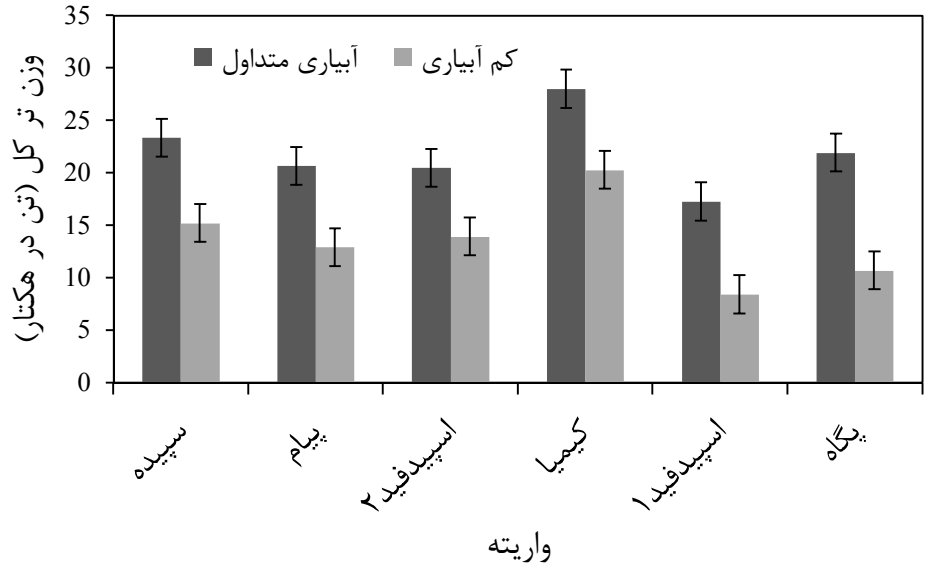
اثر تنش خشکی، واریته و برهمکنش آنها بر وزن تر کل معنی‌دار بدست آمد (جدول ۴-۳). بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها، واریته پیام و اسپیدفید۲ در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (شکل ۴-۵). این در حالی است که در شرایط آبیاری متداول، واریته پگاه بر واریته اسپیدفید۱ برتری دارد ولی در شرایط کم‌آبیاری، اختلاف آنها معنی‌دار نیست. بر همین اساس می‌توان گفت واریته پیام و اسپیدفید۲ تأثیرپذیری مشابهی از تنش خشکی به اجرا می‌گذارند ولی تأثیرپذیری از تنش خشکی برای واریته‌های پگاه و اسپیدفید۱ مشابه نیست.

کاکیر (۲۰۰۴) گزارش داد که کمبود رطوبت از راه کاهش تولید و افزایش پیری برگ ها شاخص سطح برگ را کاهش داد. افزایش تنش غیر از کاهش سطح برگ سبب می شود که فشار تورژسانس در سلول ها کاهش یابد، این کاهش فشار تورژسانس موجب می شود تا حجم سلول ها کاسته می شود که آن نیز سبب کاهش سرعت فتوسنتز و عملکرد علوفه تر می گردد. تنش آب می تواند به طور مستقیم از راه تاثیر بر فرآیندهای مختلف بیوشیمیایی و به طور غیر مستقیم از راه کاهش دادن میزان گاز کربنیک در اثر انسداد روزنه ها، فتوسنتز را تحت تأثیر قرار دهد. زمانی که سرعت جذب آب توسط ریشه ها از سرعت تعرق کمتر می شود تورژسانس سلول های محافظ روزنه ای کاهش یافته و روزنه ها شروع به بسته شدن می کنند. روزنه هایی که تا حدی مسدود شده‌اند نه تنها تعرق را محدود می سازند بلکه جریان دی اکسید کربن و به دنبال آن، فتوسنتز را کاهش می‌دهند (کوچکی و بنایان اول،۱۳۷۳).

جدول۴-۳ تجزیه واریانس وزن تر کل

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		وزن تر کل
بلوک	۲	۳۷/۸۱**
تنش خشکی(S)	۱	۶۳۱/۲۷**
اشتباه a	۲	۲/۱۱
واریته (V)	۵	۸۴/۷۱**
S×V	۵	۳/۷۸**
اشتباه b	۲۰	۰/۱۵

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۵- مقایسه میانگین وزن تر کل ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).

۴-۴- وزن خشک کل

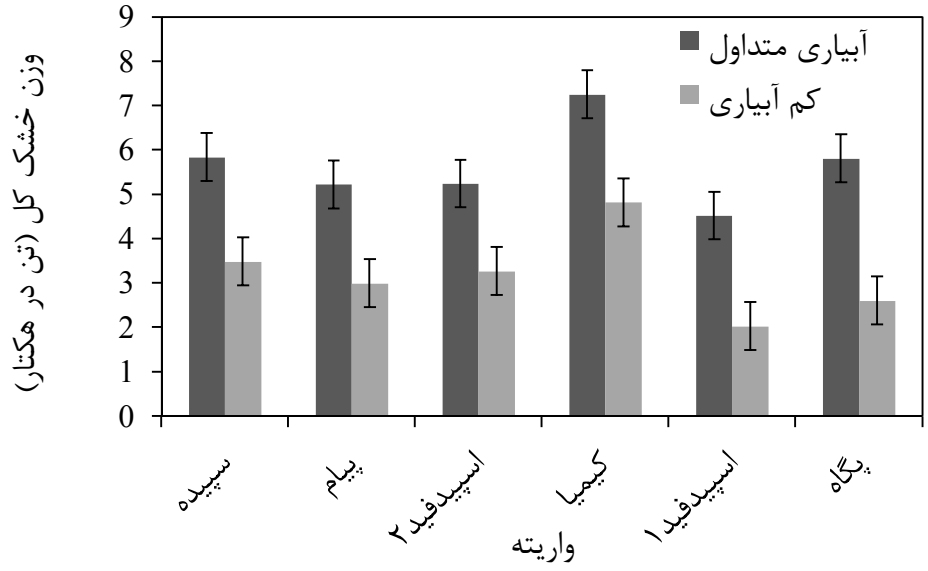
بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل فاکتورها بر وزن خشک کل معنی‌دار بدست آمد (جدول ۴-۴). در هر دو شرایط آبیاری متداول و کم‌آبیاری، واریته کیمیا بر واریته‌های دیگر ارجحیت داشت (شکل ۴-۶). واریته‌های سپیده، پیام و اسپیدفید۲ در هر دو شرایط آبیاری، وزن خشک کل مشابهی تولید نمودند. تغییرات وزن خشک کل گیاهان تنش دیده واریته‌های مورد آزمون از ۲ تا ۴/۸ تن در هکتار در نوسان بود (شکل ۴-۷). واریته‌ای که در شرایط تنش ۲ تن ماده خشک تولید نمود، میزان تأثیرپذیری ۵۵٪ را نشان داد. واریته‌های با تولید ۳ و ۴/۸ تن ماده خشک، به ترتیب میزان تأثیرپذیری ۴۶٪ و ۳۳٪ را به خود اختصاص دادند.

وینود (۱۹۷۳) در آزمایشی به این نتیجه رسید که تنش خشکی به‌خصوص در مرحله رشد زایشی باعث کاهش شدید رشد و عملکرد دانه در سورگوم شده است که این کاهش عملکرد می‌تواند به علت کاهش تعداد دانه در بوته و همچنین کاهش وزن صددانه به دلیل اختلالات در عمل گرده‌افشانی و در نهایت کاهش تعداد دانه‌های تلقیح شده باشد. ارل و دیوس (۲۰۰۳) و شسلر و وستگیت (۱۹۹۱) کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش خشکی در مراحل زایشی را به کاهش کارایی فتوسنتز و کوتاه‌شدن طول دوره رشد نسبت داده‌اند.

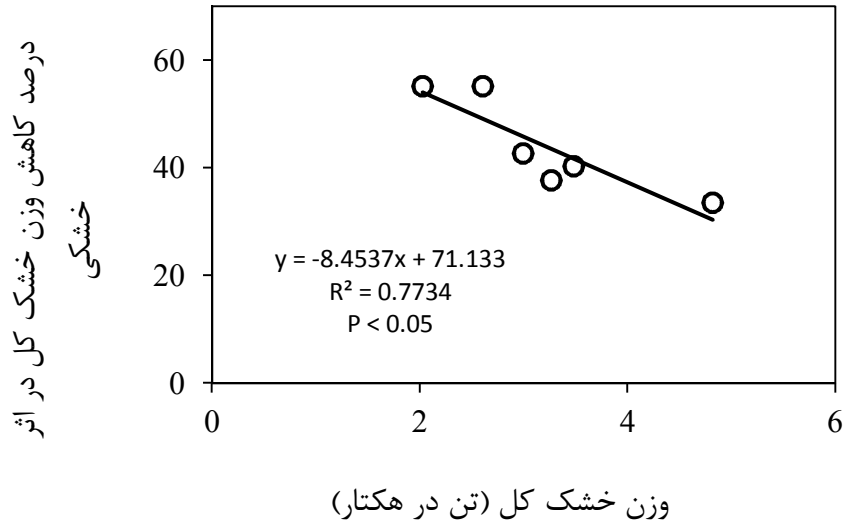
جدول۴-۴- تجزیه واریانس وزن خشک کل

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		وزن خشک کل
بلوک	۲	۲۱/۳۵**
تنش خشکی(S)	۱	۵۳/۹۲**
اشتباه a	۲	۱/۱۸
واریته (V)	۵	۴/۹۸**
S×V	۵	۰/۲۶**
اشتباه b	۲۰	۰/۰۳

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک کل برای ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).



شکل ۴-۷- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با وزن خشک کل گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.

۴-۵- وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که برخلاف اثرات اصلی فاکتورها، برهمکنش آنها معنی‌دار نیست (جدول ۴-۵). بالاترین کمیت این صفت به واریته سپیده تعلق داشت که پس از آن پگاه قرار گرفت (شکل ۴-۸). به طوری که انتظار می‌رفت در شرایط تنش خشکی، وزن هزار دانه کمتر از شرایط شاهد بود (شکل ۴-۹). معنی‌دار نشدن اثر متقابل فاکتورها به این مفهوم است که تنش خشکی به یک مقدار باعث کاهش وزن هزار دانه در هر شش واریته شده است.

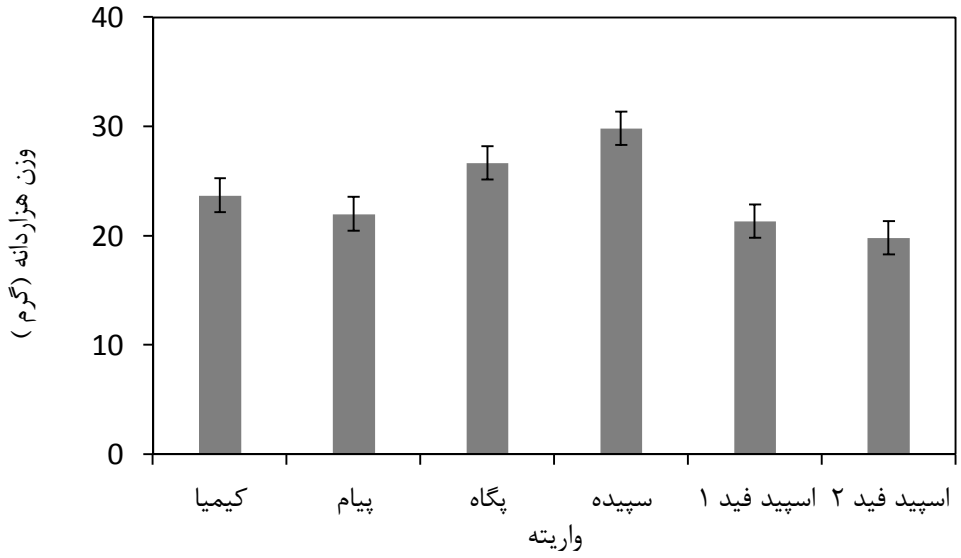
بر طبق آزمایشات برون و همکاران (۱۹۶۵) تیمارهای با آبیاری مطلوب، طول خوشه بیش تری نسبت به تیمارهای تنش داشته و کاربرد آب بیش تر موجب افزایش طول خوشه در سورگوم گردید. دانس (۱۹۷۲) نیز وجود اختلافات ژنتیکی در طول خوشه سورگوم را مورد تایید قرار داده است. مطابق اظهارات شوپر(۱۹۸۹) مواجه شدن ذرت با کمبود آب و گرمای شدید در مرحله گرده افشانی باعث مرگ دانه های گرده شده و باروری را در گیاه کاهش می دهد. سانتانماریا و همکاران (۱۹۷۷) کاهشی حدود ۱۰ درصد در تعداد دانه تولید شده توسط واریته های با قابلیت تنظیم اسمزی بالا در شرایطی که حداقل پتانسیل آب برگ ۰/۲- مگا پاسگال بود گزارش دادند. در حالی که این

کاهش برای واریته هایی با قابلیت تنظیم اسمزی پایین حدود ۲۹ درصد بود. دلیل کاهش اندازه بذر و هم چنین کاهش میزان پر شدن دانه به علت محدودیت مواد فتوسنتزی می باشد. اک (۱۹۸۶) بیان داشت تنش های خشکی قبل از مرحله ساقه دهی هم تعداد دانه در خوشه و هم اندازه دانه را تحت تاثیر قرار می دهد ولی تنش های بعد از گرده افشانی تنها کاهش اندازه دانه را به دنبال دارد. سرعت پر شدن دانه برای وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه مهم تر از طول مدت پر شدن دانه می باشد. بنابراین واریته هایی از سورگوم که کارایی متابولیکی و فتوسنتزی بیشتری در مرحله پر شدن دانه دارند به طور موثرتری می توانند تاثیر تنش خشکی را کاهش دهند.

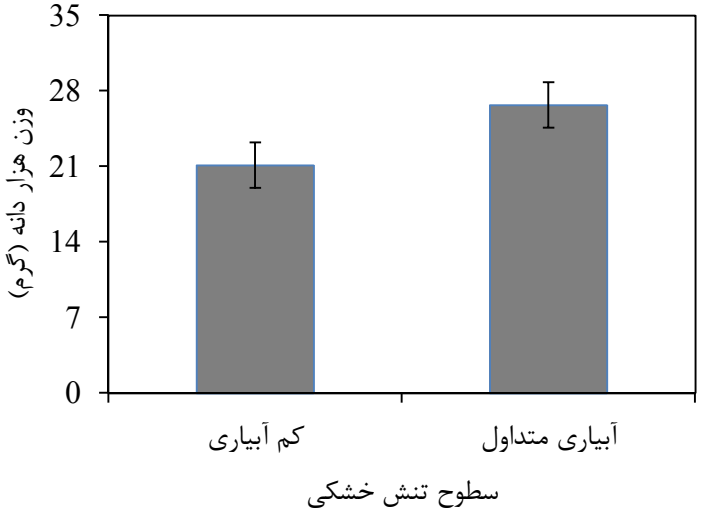
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس وزن هزار دانه.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		وزن هزار دانه
بلوک	۲	۹۶/۶۷ **
تنش خشکی(S)	۱	۸۴/۰۳ **
اشتباه a	۲	۴/۱۲
واریته (V)	۵	۱۷/۲۳**
S×V	۵	۳/۰۲
اشتباه b	۲۰	۲/۹۱

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰۰ دانه ۶ واریته سورگوم.



شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰۰ دانه سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).

۴-۶ - عملکرد دانه

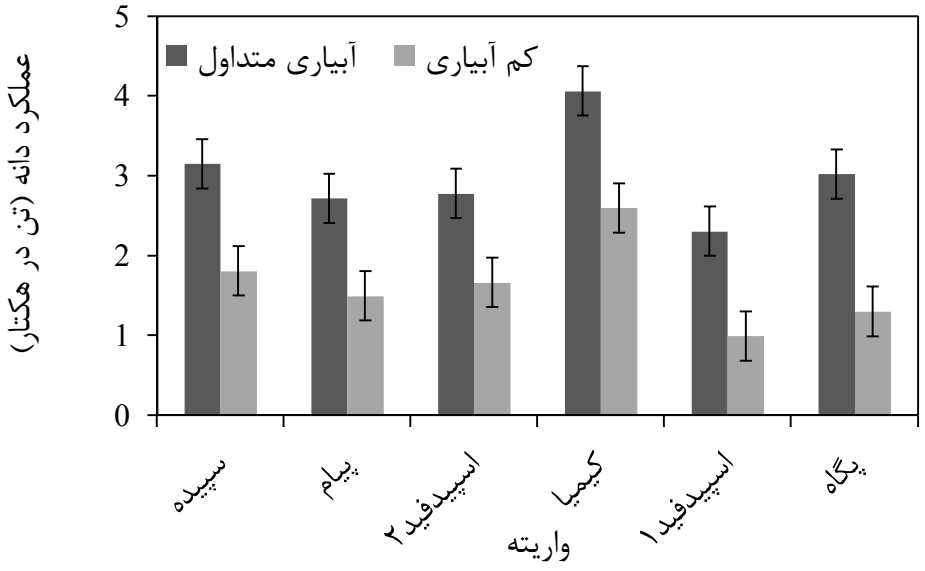
برای صفت عملکرد دانه، اثر تنش خشکی و واریته و همچنین برهمکنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول۴-۶). از لحاظ کمیت این صفت، واریته کیمیا در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش بر واریته‌های دیگر برتری داشت (شکل ۴-۱۰). طبق بررسی ناکایاما و ون

برول (۱۹۶۴) تنش خشکی سبب توقف رشد سورگوم گشته و ارتفاع گیاه ۳۰ سانتی متر کوتاه تر و عملکرد دانه ۵۰٪ کاهش می‌یابد. هاجر(۱۹۹۷) نیز گزارش داد که گیاهان تحت تنش عمدتا کوتاه تر و وزن ریشه و ساقه در آن ها کم تر می باشد. لویس و همکاران (۱۹۷۴) گزارش دادند که حساس ترین مرحله رشد سورگوم به تنش خشکی در فاصله بین متورم شدن برگ پرچم تا پایان مرحله گرده افشانی می باشد. تنش خشکی در این مرحله موجب افت عملکردی معادل ۴۴ درصد (در شرایطی که پتانسیل آب خاک ۱۳- بار بود) گردید. دلیل حساسیت زیاد این مرحله به تنش خشکی را می توان به ایجاد اختلال در تشکیل گل و نظم گرده افشانی نسبت داد که مجموع تعداد دانه در خوشه را تحت تاثیر قرار می دهند. چون گرده افشانی سورگوم در یک خوشه و جمعیت گیاهی در مدت زمان کوتاهی اتفاق می افتد شرایط نامساعد محیطی نظیر خشکی و درجه حرارت بالا، تاثیر شدیدی را بر گرده افشانی و در نتیجه بر عملکرد دانه اعمال می نمایند و کمبود رطوبت در زمان گرده افشانی پتانسیل دانه را از طریق سقط گل و مرگ دانه های کرده نقصان می دهد (فیشر و ویلسون، ۱۹۷۵). سامانتاریا و همکاران (۱۹۹۰) در طی آزمایشی تاثیر تنش خشکی بر روی ۶ واریته سورگوم دانه ای را در مرحله قبل از گرده افشانی مورد مطالعه قرار دادند. عملکرد دانه ۶ واریته نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت و لیکن این کاهش در واریته‌هایی که قابلیت تنظیم اسمزی بالایی داشتند نسبت به واریته¬های دارای تنظیم اسمزی پایین، کم تر بود. تنظیم اسمزی بالا، گیاه را به حفظ بیشتر فشار تورژسانس، افزایش بیشتر طول ریشه و استخراج بیشتر آب از خاک، تنظیم بهتر حرکات روزنه ای و گسترش بیشتر پانیکول قادر می‌سازد و در مجموع تنظیم اسمزی به طور مستقیم باعث افزایش تولید ماده خشک و به طور غیر مستقیم باعث افزایش تعداد دانه در خوشه می شود (چمبرلینگ و ویلسون، ۱۹۸۲).

جدول ۴-۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۶۴۸**
تنش خشکی(S)	۱	۱۶/۷۴۱**
اشتباه a	۲	۰/۰۵۶
واریته (V)	۵	۱/۸۹۳**
S×V	۵	۰/۰۶۷**
اشتباه b	۲۰	۰/۰۰۳

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



۴-۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).

۴-۷- شاخص پایداری غشا

اثر کلیه منابع تغییر مندرج در جدول تجزیه واریانس بر این صفت معنی‌دار بدست آمد (جدول ۴-۷). به طور کلی، میزان هدایت الکتریکی در شرایط کم‌آبیاری بالاتر از شرایط آبیاری نرمال

بود (شکل ۴-۱۱). بالاترین میزان پایداری غشا در واریته تنش دیده سپیده اندازه‌گیری شد. در شرایط تنش خشکی یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند غشای پلاسمایی است (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳). زیرا در این شرایط، تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل افزایش می‌یابند (فویر و همکاران، ۱۹۹۴). این ترکیبات به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند و با تغییر ساختمان غشا، در اثر پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳)، تراوایی غشای سلولی را افزایش می‌دهند که منجر به نشت الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون می‌شود (بلوم و همکاران، ۱۹۸۲). محققین ثبات غشا سلولی تحت شرایط تنش خشکی را به عنوان یک جزء اصلی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مقاوم مطرح کرده‌اند که این میزان خسارت وارده به غشاهای سلولی توسط خشکی ازطریق اندازه‌گیری نشت سلولی قابل ارزیابی است (ریسون و همکاران، ۱۹۸۰؛ اسپیت و همکاران، ۱۹۸۴). حفظ انسجام غشاء سلولی طی شرایط تنش، نشانه‌ای از وجود مکانیزم‌های کنترلی در تحمل به پسابیدگی است. تنش خشکی یک سری تغییرات را در فسفولیپیدهای غشاء ایجاد می‌کند، این تغییرات مشابه تنش سرما در دنباله‌های اسید چرب ایجاد می‌شود و در این تنش اسیدهای چرب غیراشباع، افزایش می‌یابند.

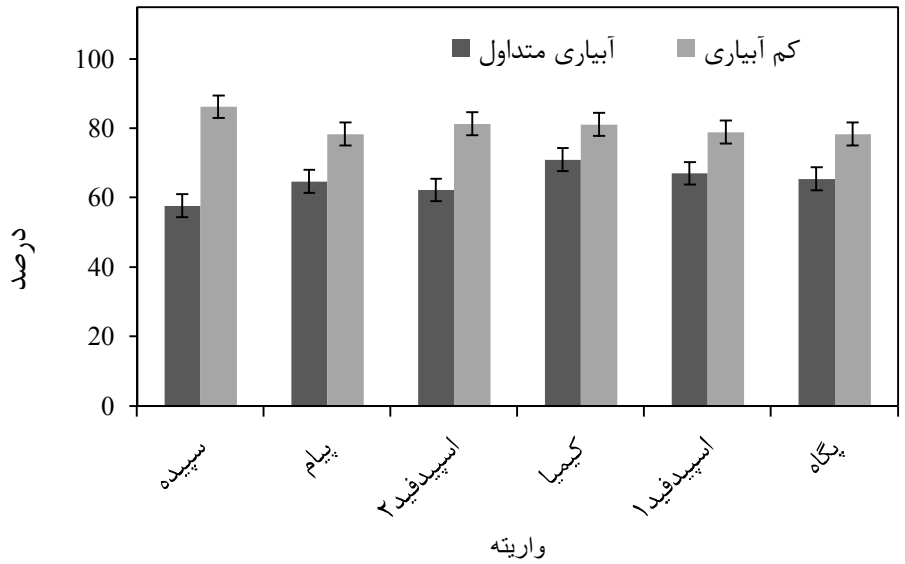
خزاعی (۱۳۸۱) گزارش کرد که میزان صدمه به غشاهای سلولی براثر تنش خشکی ممکن است ازطریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از سلول سنجیده شود، ایشان همچنین خاطرنشان نموده است که در شرایط تنش خشکی، پایداری غشاء سلولی جزء اصلی تحمل به تنش خشکی در گندم است. در طی بررسی اثر تنش خشکی برروی چهار واریته سورگوم مشخص شد که پایداری غشا سیتوپلاسمی تحت تاثیر میزان موم اپی‌کوتیکولی، ضخامت کوتیکول و پتانسیل آب برگ‌ها قرار می‌گیرد (پرماچندرا، ۱۹۹۲). اندازه گیری میزان تراوش الکترولیت از ریشه ذرت به عنوان شاخصی از میزان خسارت وارده به نفوذپذیری غشا ناشی از تنش خشکی و شوری استفاده شده است. در تحقیقی با بررسی اثر تنش

خشکی بر وضعیت آب برگ، نفوذپذیری غشاء و سیستم آنزیمی آنتی اکسیدان در ذرت اعلام شد که تنش خشکی در خلال مرحله گلدهی باعث افزایش هدایت الکتریکی گردید (بای پینگ و لی، ۲۰۰۶)

جدول ۴-۷ تجزیه واریانس پایداری غشاء

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		هدایت الکتریکی
بلوک	۲	۶۳۳/۷۷**
تنش خشکی(S)	۱	۲۳۰۶/۸۸**
اشتباه a	۲	۷/۶۹
واریته (V)	۵	۱۷/۶۹**
S×V	۵	۶۹/۵۰**
اشتباه b	۲۰	۲/۱۵

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۱۱- مقایسه میانگین پایداری غشاء ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).

۴-۸- محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی (واریته و تنش خشکی) بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۸). بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها، تنش خشکی باعث کاهش کمیت این صفت در کلیه واریته‌های مورد بررسی گردید (شکل ۴-۱۲). در شرایط کم‌آبیاری، کمترین محتوای نسبی آب برگ به واریته-های پگاه و اسپیدفید۱ اختصاص داشت.

پتانسیل آب برگ نتیجه جذب و ذخیره آب در گیاه و هدر رفت آن از طریق تعرق می باشد. هر عاملی که بر این فرایندها تاثیر بگذارد مانند وجود آب در خاک، درجه حرارت، رطوبت نسبی هوا و باد باعث تغییر پتانسیل آب برگ خواهد شد. پتانسیل آب برگ اثر مهمی روی رفتار روزنه بجای می-گذارد. کنترلی که روزنه بر قابلیت هدایت برگ اعمال می کند در کاهش تلفات آب از گیاه موثر است و از آن به عنوان شاخصی از تنش خشکی استفاده می شود که در مطالعات فتوسنتز اهمیت خاصی دارد (درمیت، ۱۹۹۰). با بسته شدن روزنه و کاهش تعرق، تلفات آب و در نتیجه پسابیدگی گیاه به تأخیر می‌افتد، به ویژه اگر تعرق کوتیکولی نیز به حداقل برسد، این اثر محسوس تر خواهد بود (کاماری، ۱۹۸۳). در تحقیقی ۱۵ صفت مورفولوژیک از جمله محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ های سورگوم تحت شرایط تنش خشکی مورد مطالعه قرار گرفتند و اعلام شد که ژنوتیپ هایی با میانگین محتوای نسبی آب برگ بالا، شاخص حساسیت به خشکی بالاتری نشان دادند (کوماری،۲۰۱۰).

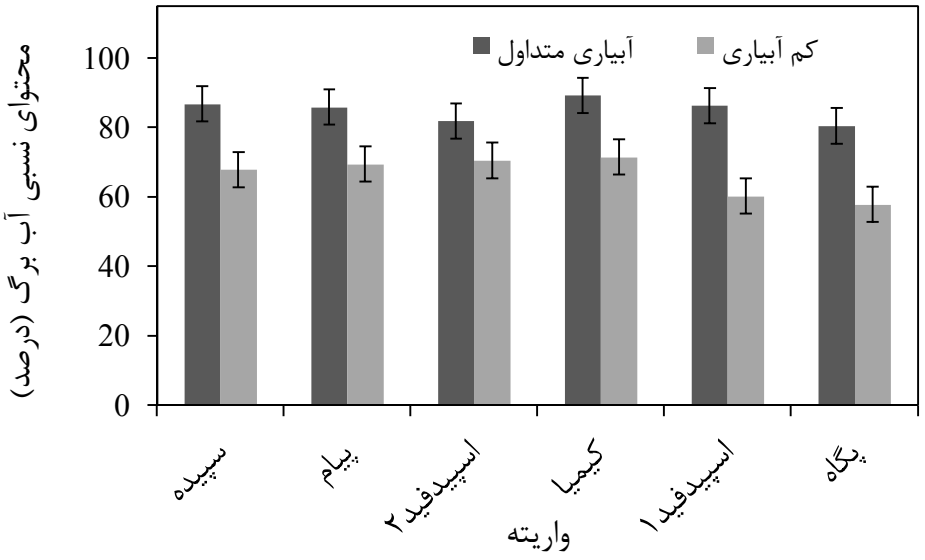
محتوای نسبی آب برگ و ثبات و پایداری دیواره سلول ، صفات مطلوب و مورد علاقه بودند و به صورت گسترده به عنوان مارکرهای قابل اعتماد مورفوفیزیولوژیک موثر بر تحمل به خشکی برای محصولات زراعی متنوع از جمله سورگوم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. گیاهان در هنگام تنش خشکی تغییرات فیزیولوژیکی در خود ایجاد می کنند و به این وسیله به تنش پاسخ می دهند، مثلا نشان داده شده است که ژنوتیپ های گندم با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار نسبی آب برگ کاهش می یابد (راسکیو، ۱۹۹۸). یکی از راهکارهای مهم گیاهان در تحمل به تنش خشکی، تنظیم اسمزی است که

همبستگی زیادی با محتوای نسبی آب برگ دارد. همچنین محققین اعلام کرده اند که ژنوتیپ هایی که بدون بستن روزنه ها به میزان زیادی آب را حفظ می کنند برای مناطق خشک مناسب ترند (اسچون‌فلد، ۱۹۸۸).

جدول۴- ۸ تجزیه واریانس محتوی نسبی آب برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		محتوی نسبی آب برگ
بلوک	۲	۶۸۶/۴۵**
تنش خشکی(S)	۱	۳۲۰۸/۰۹**
اشتباه a	۲	۲۳/۶۹
واریته (V)	۵	۹۳/۱۱**
S×V	۵	۳۸/۶۱**
اشتباه b	۲۰	۵/۲۲

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۱۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).

۴-۹- فعالیت آنزیم کاتالاز

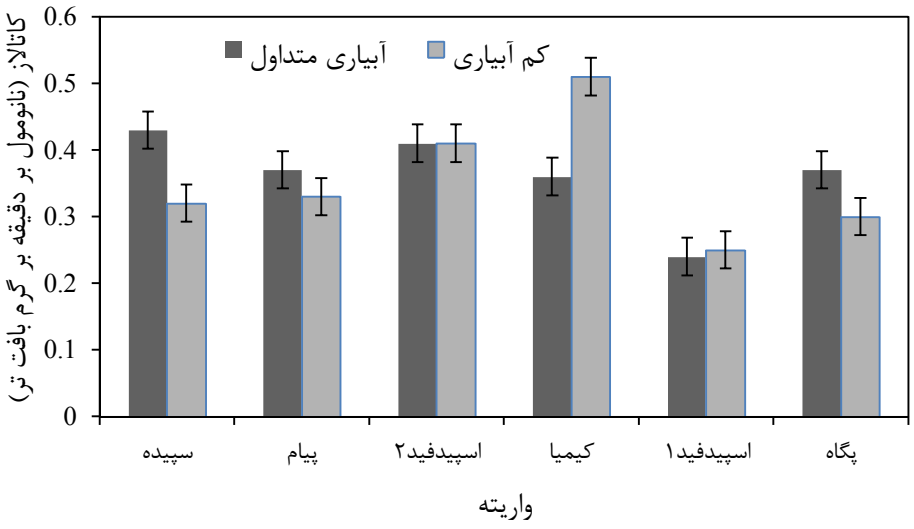
بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل بین واریته‌های سورگوم و سطوح تنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۹). برخلاف اثر واریته، تأثیر تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار بدست آمد. در واریته پگاه و سپیده، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی کمتر از شرایط آبیاری نرمال بود (شکل ۴-۱۳). در واریته کیمیا عکس این حالت دیده شد. برای واریته‌های دیگر، اختلاف بین سطوح آبیاری از لحاظ فعالیت این آنزیم معنی‌دار نشد. فعالیت بالاتر این آنزیم باعث کاهش تأثیرپذیری منفی رشد گیاه از تنش خشکی (افزایش مقاومت به خشکی) شد (شکل ۴-۱۴).

کاهش پروتیئن در شرایط تنش خشکی توسط محققان زیادی از جمله میسرا (۱۹۹۴) گزارش شده است. علت این امر به تجزیه ی برخی پروتیئن ها در شرایط تنش و عدم سنتز دوباره آن ها نسبت داده شده است (کرامر، ۱۹۸۳). کاتالاز از آنزیمهای مهم برای حذف پراکسید هیدروژن موجود در پروکسیزوم‌ها به شمار می‌رود (هیرت و سینوزاکی، ۲۰۰۴). وجود پراکسید هیدروژن در گیاه از این نظر حائز اهمیت است که در غلظت‌های متوسط، به عنوان مولکول سیگنال عمل نموده و در سنتز پیش ماده‌های پروتئین دیواره سلولی مشارکت دارد. ولی در غلظت‌های بالا برای گیاه سمی بوده و آسیب‌های اکسیداتیو را به دنبال دارد (نوکتور و همکاران، ۲۰۰۲).

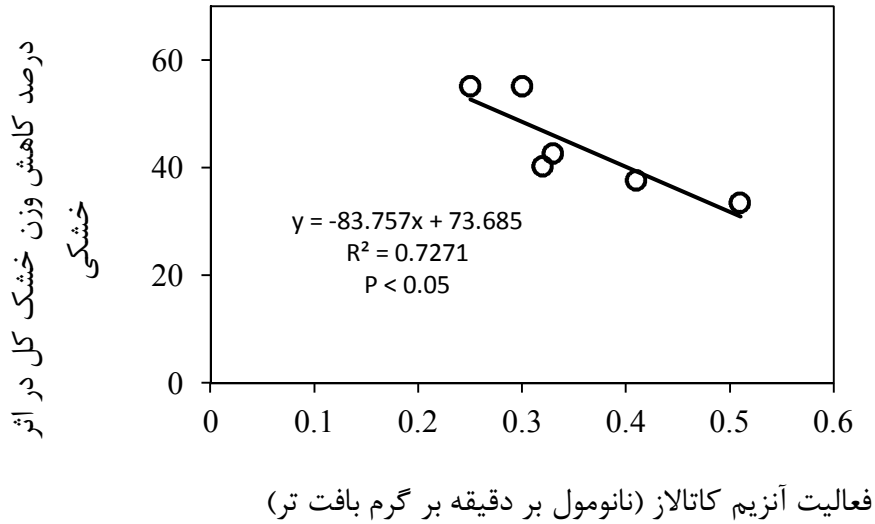
جدول۴-۹ تجزیه واریانس آنزیم کاتالاز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		کاتالاز
بلوک	۲	۰/۰۰۰۰۲ n.s
تنش خشکی(S)	۱	۰/۰۰۰۹ **
اشتباه a	۲	۰/۰۰۰۰۴
واریته (V)	۵	۰/۰۰۰۰۱ n.s
S×V	۵	۰/۰۰۰۱۹**
اشتباه b	۲۰	۰/۰۰۰۰۳

** و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وغیر معنی دار



شکل۴-۱۳- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).



شکل ۴-۱۴- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.

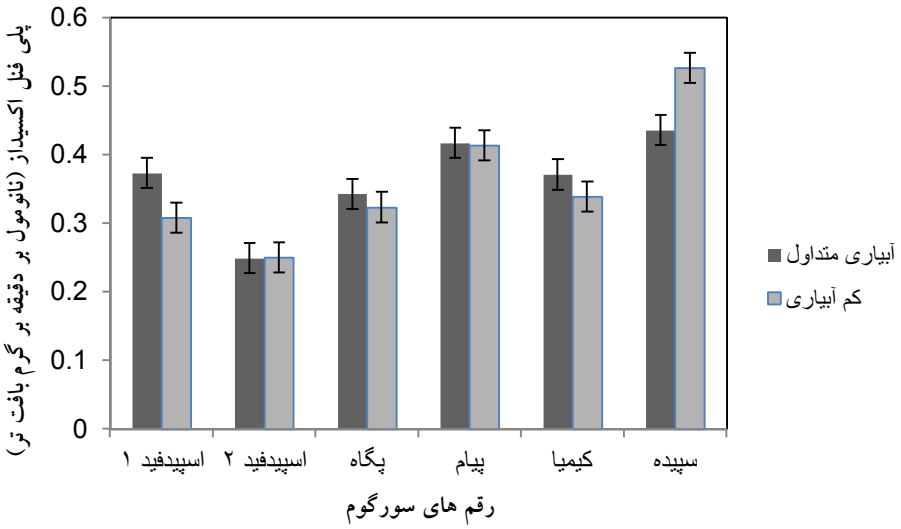
۴-۱۰- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۰) اثر بلوک، واریته، تنش خشکی و برهمکنش واریته و تنش خشکی بر فعالیت این آنزیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شکل ۴-۱۵ نتایج مقایسه‌ی میانگین‌های فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نشان داده شده است. بالاترین میزان فعالیت این آنزیم در واریته سپیده در شرایط کم‌آبیاری بدست آمد. برای واریته پگاه، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز گیاهان تنش ندیده بیشتر از گیاهان تنش دیده بود. در واریته‌های دیگر اختلاف بین سطوح آبیاری از لحاظ فعالیت این آنزیم معنی‌دار بدست نیامد. بین فعالیت این آنزیم در گیاهان تنش دیده و تأثیرپذیری از تنش خشکی رابطه معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۱۶).

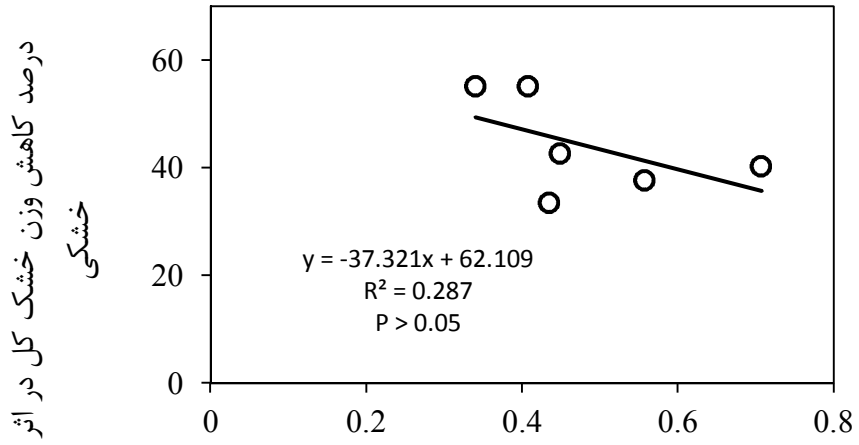
جدول۴-۱۰ تجزیه واریانس آنزیم پلی فنل اکسیداز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		آنزیم پلی فنل اکسیداز
بلوک	۲	۰/۰۶ **
تنش خشکی(S)	۱	۰/۰۵۷**
اشتباه a	۲	۰/۰۰۴
واریته (V)	۵	۰/۰۲ **
S×V	۵	۰/۰۴**
اشتباه b	۲۰	۰/۰۰۲

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).



شکل ۴-۱۶- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.

۴-۱۱- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

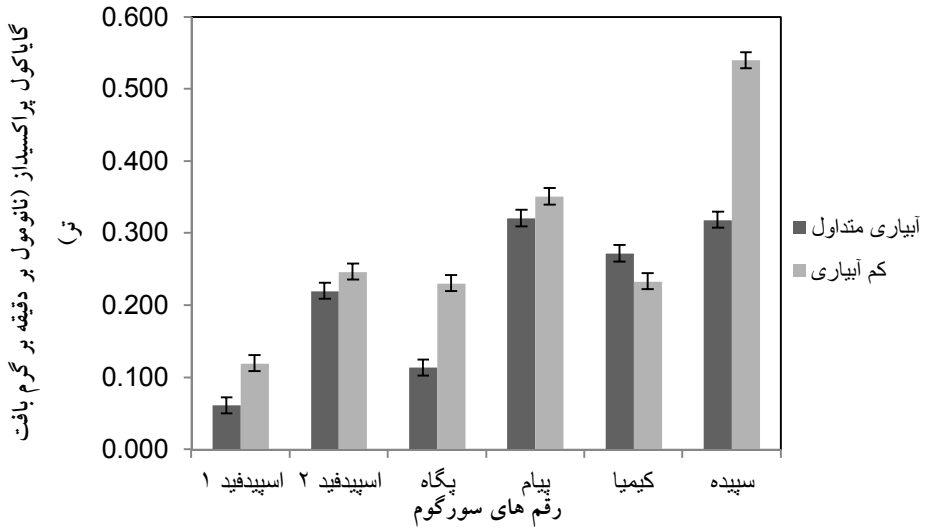
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، علاوه بر اثرات اصلی، اثر متقابل بین واریته‌های سورگوم و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۱۱). برای واریته‌های کیمیا و سپیده، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاهان تنش دیده بیشتر از گیاهان تنش ندیده بود (شکل ۴-۱۷). در واریته‌های دیگر، این اختلاف معنی‌دار بدست نیامد. بین فعالیت این آنزیم در گیاهان تنش دیده و تأثیرپذیری از تنش خشکی رابطه معنی‌داری بدست نیامد (شکل ۴-۱۸).

گایاکول‌پراکسیداز آنزیمی موثر در تجزیه پراکسید هیدروژن می‌باشد که با کمک آسکوربات زدودن پراکسید هیدروژن را انجام می‌دهد. آسکوربات دهنده‌ی الکترون بوده و سبب کاهش پراکسید هیدروژن به آب می‌شود. بلوخینا و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که از آنجا که توازن بین گونه‌های فعال اکسیژن و پالاینده‌ها برای ادامه حیات ضروری می‌باشد گیاه در پاسخ به تنش اکسیداتیو ایجاد شده، میزان بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی زیاد نموده و به دنبال آن‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و غیرآنزیمی افزایش پیدا می‌کند.

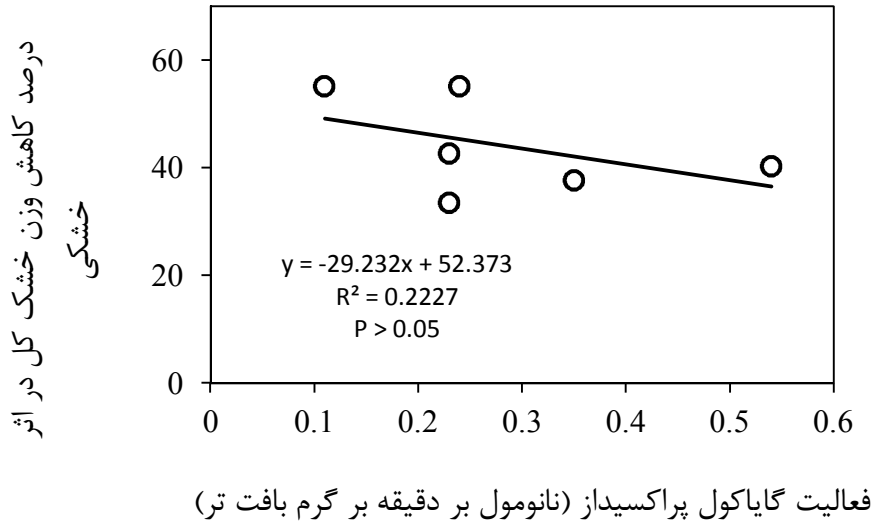
جدول۴-۱۱ تجزیه واریانس آنزیم گایاکول پراکسیداز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		گایاکول پراکسیداز
بلوک	۲	۰/۰۰۵ $^{n.s}$
تنش خشکی(S)	۱	۰/۵**
اشتباه a	۲	۰/۰۰۴
واریته (V)	۵	۰/۰۴۵**
S×V	۵	۰/۰۱۸**
اشتباه b	۲۰	۰/۰۰۱

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد



شکل۴-۱۷- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم گایا کول پراکسیداز در ۶ واریته سورگوم در شرایط دور آبیاری متداول (۹ روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۸ روز).



شکل ۴- ۱۸- رابطه رگرسیونی درصد کاهش وزن خشک کل در اثر (میزان تأثیرپذیری از) تنش خشکی با فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاهان روئیده در شرایط کم‌آبیاری.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش مشخص شد که میزان پایداری غشاء در شرایط کم‌آبیاری بالاتر از شرایط آبیاری نرمال بود. بالاترین میزان هدایت الکتریکی در واریته تنش دیده سپیده اندازه‌گیری شد. تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ در کلیه واریته‌های مورد بررسی گردید. در شرایط کم‌آبیاری، کمترین محتوای نسبی آب برگ به واریته‌های پگاه و اسپیدفید۱ اختصاص داشت. بالاترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در واریته سپیده در شرایط کم‌آبیاری بدست آمد. برای واریته‌های کیمیا و سپیده، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در گیاهان تنش دیده بیشتر از گیاهان تنش ندیده بود. در واریته‌های دیگر، این اختلاف معنی‌دار بدست نیامد. بین فعالیت این آنزیم در گیاهان تنش دیده و تأثیرپذیری از تنش خشکی رابطه معنی‌داری بدست نیامد. از لحاظ رشد و عملکرد دانه، واریته کیمیا بر واریته‌های دیگر برتری داشت.

پیشنهادات

- ✓ انجام آزمایش با استفاده از سطوح دیگر تنش خشکی و در مراحل مختلف نموی سورگوم
- ✓ اندازه‌گیری میزان آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی از جمله فلاوونوئیدها در گیاهان تنش دیده.

منابع

اهدایی، ۱۳۷۲ "انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم"، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت واصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشکده کشاورزی تهران، کرج، ص ۳۶.

اشتری لر کی، ۱۳۸۶ تعیین عملکرد سورگوم علوفه ای تحت تنش رطوبتی و کارایی مصرف آب. اولین همایش منطقه ای اگروفیزیولژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ص ۱۱۸۱-۱۱۸۰.

بنی صدر، مهرور ۱۳۷۷ زراعت سورگوم علوفه ای، انتشارات نشر آموزش کشاورزی

تی یر، آی. دی. پیت، ام، ۱۳۷۴ رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی، ترجمه کوچکی، نصیری محلاتی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۵۶ ص.

جهان بین و همکاران، ۱۳۸۲ اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، برخی از اجزای عملکرد و شاخص های مقاومت در ژنوتیب های جو لخت.مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

خدا بنده، .۱۳۸۴ غلات.انتشارات دانشگاه تهران

رستگار، ۱۳۷۷ زراعت عمومی. چاپ سوم. انتشارات برهمند. ص ۴۶۷.

رستگار، ۱۳۸۴ زراعت گیاهان علوفه ای. تهران. انتشارات برهمند، ص ۵۰۳.

زند، ۱۳۷۲ بررسی و مقایسه عملکردمیزان پروتئین واریته های هیبرید های جدید سورگوم علوفه ای. موسئسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

سرمدینا، کوچکی، ۱۳۶۹ فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ص ۴۷۰.

سلطانی، فرجی، ۱۳۸۶ "رابطه آب خاک و گیاه"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص۲۴۶.

سلطانی، رحیم زاده، قاسمی و. مقدم، ۱۳۷۹ واکنش تعریق و رشد برگ نخود به کمبود آب، مجله دانش کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

سیادت، مرادی تلاوت، ۱۳۹۲ زراعت گیاهان علوفه ای چاپ اول مرکز نشر دانشگاهی ص ۳۲۴.

سودایی زاده، شمسسایی، تجملیان، میرمحمدی میبدی، حکیم زاده، ۱۳۹۴.

برسی تاثیر تنش خشکی بر برخی صفات موفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis*). فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۵، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۵. گروه مدیریت مناطق خشک، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد، گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، خرداد ۹۴.

صادقی، موسوی، ثقه الاسلامی علیزاده، ۱۳۸۶ بررسی تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن نوتریفید. ششمین همایش ملی علوم کشاورزی و منابع طبیعی باشگاه پژوهشگران صباغ پور، ۱۳۸۵ "شاخص ها و مکانیزم های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان "، چاپ اول، کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، ص ۱۵۲.وان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج ۱۹۹ ص.

صباغ پور، ۱۳۸۵ "شاخص ها و مکانیزم های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان " چاپ اول، کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی ص ۱۵۲.

صمدی، ۱۳۴۹ زراعت علوفه، انتشارات دانشگاه تهران

عطایی. منصور، ۱۳۴۱ زراعت خصوصی- غلات. انتشارات دانشگاه تهران

علیزاده، ۱۳۷۸ رابطه آب و خاک و گیاه، انتشارات آستان قدس رضوی ۴۰۰ص.

مدیر شانه، ۱۳۷۹ تولید و مدیریت گیاهان علوفه ای. چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی ص ۴۳۰.

قاسمی گلعذانی، دلیل، تاجبخش، ۱۳۹۰ اثر تنش خشکی بر دمای برگ و عملکرد دانه ذرت. مقالات کامل همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. ارومیه ص ۱۳۷-۱۳۴.

قاسمی گلعذانی، دلیل، دست برهان، ۱۳۹۲ تنش خشکی در گیاهان چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه ص ۲۳۲.

کاظمی اربط، ۱۳۷۴ زراعت خصوصی، جلد اول غلات مرکز نشر دانشگاهی تهران.

کافی، رستمی۱۳۸۶ اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن سه ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ص ۱۲۱ – ۱۳۱.

کافی، برزوئی، صالحی، کمندی، معصومی و نباتی، ۱۳۸۹. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی.

کریمی، ۱۳۸۳ زراعت و اصلاح گیاهان علوفه ای. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۴۲۸.

کوچکی، بنایان اول، ۱۳۷۳ فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۱۵۴.

کوچکی، سرمدینا، ۱۳۸۲ فیزیولوژی گیاهان زراعی ، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۴۰۰.

کوچکی، علیزاده، اصول زراعت در مناطق خشک (ترجمه)، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ص۲۶۰.

کوچکی، حسینی، نصیری محلاتی، ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۵۶۰.

کوچکی، ۱۳۷۶ زراعت در مناطق خشک، غلات و حبوبات، گیاهان صنعتی و گیاهان علوفه ای. چاپ ششم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۰۲.

موسوی، ثقه الاسلامی، جوادی، انصاری نیا، ۱۳۷۸. اثر دور آبیاری و الگوی کاشت بر خصوصیات کیفی سورگوم علوفه ای واریته اسپیدفید. مقالات دهمین کنگره زراعت و علوم نباتات ایران، ص، ۳۴۷.

مرادی، احمدی، حسین زاده، ۱۳۸۷. واکنش زراعی- فیزیولوژی ماش (واریته پرتو) به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ص ۶۵۹ – ۶۷۱.

مظاهری، ۱۳۷۷. زراعت مخلوط. تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۷۳.

ملازم الحسینی، ح، ۱۳۹۳. برهمکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum L.*). پایان نامه کارشناسی ارشد.

معالی امیری، صادق زاده، فرایدی، ۱۳۹۴. تغییر متابولیکی مسیر اکسی لیپین در پاسخ به تنش سرما در نخود. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۲۲ مهر.

مهرابیان مقدم، ن، آروین، م ج، خواجویی نژاد، غ، مقصودی،ک، ۱۳۹۰.

اثر سالیسیک اسید بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. مجله به زراعی نهال و بذر جلد ۲-۲۷، شماره ۱، ۱۳۹۰.

معاونی، پ، ۱۳۸۲. مطالعه اثر فاصله کاشت بر عملکرد کمی و کیفی سورگوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ایران شهر.

مهرور، م، ۱۳۷۱. مطالعه سطوح ابیاری و تراکم بوته روی عملکرد سورگوم دانه ای در منطقه کرج. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

موحدی دهنوی، م، س، ع، م. مدرس ثانوی، ع، سروش زاده و م، جلالی، ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز، مجله بیابان، ۹۴ – ۱۰۸.

مهدوی، م، ۱۳۸۰. هیدرولوژی عمومی. چاپ اول. موسسه فرهنگی و انتشاراتی آیه، ص ۲۶۴.

میرجلیلی، ع، ۱۳۸۴. گیاهان در محیط‌های تنش زا. انتشارات نوربخش، ۲۳۰ صفحه.

میر هادی، م، ج، ۱۳۸۰، ذرت، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

نواب پور، س، ۱۳۷۳. برآورد پارامترهای ژنتیکی برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات وابسته در سورگوم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

نباتی، ج. و. پ. رضوانی مقدم، ۱۳۸۹. اثر فواصل آبیاری بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی ارزن، سورگوم و ذرت غلوفه ای. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ص، ۱۸۶-۱۷۹

ولدآبادی، س، ۱۳۷۸. بررسی اثرات اکوفیزیولوژیک تنش خشکی در ذرت، سورگوم و ارزن، پایان نامه دکترا، دانشگاه آزاد. واحد علوم و تحقیقات تهران.

ولدآبادی، س. ع. ر.، مظاهری، د، نورمحمدی، ق و هاشمی دزفولی، س، ا، ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت، سورگوم و ارزن. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه مازندران. تابستان ۱۳۷۹، بابلسر، ایران، ص ۶۱۷.

- Allakhverdiev, S. I., A. Sakamoto., Y. Nishiyama and N. Murata. 2000. Inactivation of photosystems Iand II in response to osmotic stress in Synechococcus. Contribution of water channels.Plant Physiol. 122:1201–1208.
- Antolin, M. C., J. Yoller, and M. Sanchez-Diaz. 1995. Effect of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen fixing alfalfa plants. Plant Science. 107:159-165.
- Bewley, J. D. 1979. Physiological aspects of desiccation-tolerance. Annual of Plant Physiology, 30: 195-238.
- Canaani, O., M. Havaux, and S. Malkin, 1986. Hydroxylamine, hydrazine and methylamine donate electrons to the photooxidizing side of photosystem II in leaves inhibited in Oxygen evolution duo to water stress. BiochimicaetBiophysicaActa, 851: 151-155.
- Carcova, J., G. A. Maddonni and C. M. Ghersa. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Res. 55: 165-174.
- Chapin, F.S. III. 1980. The mineral nutrition of wild plants. Annual Review of Ecology and Systematics, I1: 233-260.
- Chapin, F.S., E.D. Schulze, and H.A. Mooney, 1990. The ecology and economics of storage in plants. Annual Review Ecology, Evolution and Systematics, 21: 423-447.
- Chapin, F.S. III. 1991. Effects of multiple environmental stresses on nutrient availability and use. In: H.A. Mooney, W.E. Winner, and E.J. Peli (eds.). Response of plants to Multiple stresses. Academic press, San Diego, pp. 67.
- Chapman, S. R. and L. P. Carter. 1975. Crop Production: Principles and Prctices. Freeman and Co. San Francisco.
- Earl, H. J. and R. F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation, use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal 95: 688-696.

- Daneshian,J., Gh. Nourmohammadi and p. Jonoubi. 2002. Evalatuation of
- yield the model difference and grain yield components of soybean under drouht stress condition. Abstracts the 7 Iranian Congress of Crop Science 4-7 Sep. 2002. Karaj. Iran(In persian).
- Fisher, F. A and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars, I Grain yield response. Austr. J. of agric. Res. 29:897-912
- Farrel, T, and K. OKeeffe, 2007. Maize. NSW Department of primary industries., available online at http://dpi.nsw.gov.au/ pubs/summer- crop-production-guide NSW.
- Foyer, C.H., M. Leadis, and K.J. Kunert. 1994. Photo oxidative stress in plants. Plant Physiology. 92: 696-717.
- Ghassemi- Golezani, K. and B. Dalil, 2011. Seed ageing and field performance of maizeunder water stress. African Journal of Biotechnology, 10: 18377-18380.
- Guimon, S.L. and Mooney, H.A. 1977. Spatial and temporal relationships between two desert shrubs Atriplexhymenelytra and Tidestromiaoblongifolia. Journal of Ecology, 65: 831-838.
-
- Hall, A.J., J.H. Lemcoff, and N.Trapani. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, and components. Argonomy Journal. 74: 275-278.
- Hall, A.E., F. Vilella, N. Trapani, and C. Chimenti, 1982. The effects of water stresses and genotype on the dynamics of pullon-shedding and silking in maize. Field Crops Research, 5: 349-363.
- Kacperska, A. and M. Kubacka-Zębalska. 1989. Formation of stress ethylene depends both on ACC synthesis and on the activity of free radical generating system. PhysiologiaPlantarum,77: 231–237.
- Koster, K.L. and A.C. Leopold, 1988. Sugars and desiccation tolerance in seeds. Plant Physiology, 88: 829-832.
- Kramer, P.J., 1969. Plant and soil water relationships. Amodern synthesis mc crow- Hill. Inc New York.
- Kramer, P. J. 1983. Transpiration. In: P. J. Kramer (ed.). Water Relations of Plants. Academic Press, London, UK, PP: 291-340.

- Kramer, P. J. and J. S. Boyer. 1995). Water Relations of Plants and soil. Academic Press,San Diego, pp:482.
- Pandey, R.KL., W.A.T. Hen-era and J.W.pendleton. 1984. Drught responde of grain legumes under irrigation. I. Yield and yieid components. Agronomy Journal. 76:549-553.
- Sah, S. K. and O. B. Zamora, 2005. Effect of water deficit at vegetative and reprpductive stages of hybrid, open pollinated variety and local maize (*Zea maize L*). Journal of Institute of Agriculture and Animal Science, 26: 37-42.
- Sajedi, N. and Ardekani, A. 2008. Effect of nitrogen fertilizer, iron on the physiological indices forage maize in central provinces. Iranian Studies Journal of Agronomy 6 (1): 99-110.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross, 1992. Plant Physiology. Belmont, Wadsworth, USA, pp.682.
- Sammis, T.W., D. Smeal, and S. Williams, 1988. Predicting corn yield under water limited irrigation using plant height. Transactions of de Americin Social and Agricultural Engineers, 31: 830-838.
- Sanches, R., A. Hall, N. Trapani, and R. Cohen-Dehuyaue, 1983. Effect of Water stress on chlorophyll content, nitrogen level and photosynthesis of leaves of two maize genotypes. Journal of Photosynthesis Research, 4: 35-47.
- Sandford, A.P. and P.G. Jarvis, 1986. Stomatal response to humidity in selected conifers. Tree Physiology, 2: 89-103.
- Schlemmer, M. R., D. D. Francis, J. F. Shanahan and J. S. Schepers.2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agron. J. 97: 106-112.
- Schussler, J. R. and M. E. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential. I: Sensitivity to reduce assimilates during early kernel growth. Crop Science 31: 1189-1195.
- Sepehri, A. and S. A. Modares-sanavi, 2003. Water and nitrogen stress on maize photosynthesis. Journal of Biological Science, 6: 578-584.
- Setter, T. L., A. Brian, F. Lannigan and J. Melkonian. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies a bscise acid, and cytokinins. Crop Sci. 41: 1530–1540.
-
- Leonard, W. H. and J. H. Martin. 1964. Principles of Field Crop Production. The Maemillan. Co. N. Y.
- Levitt, J. (1980). "Response of plants to environmental stresses. II. Water, radiation, salt and other stresses". Academic Press. New York. PP. 187-211.
- Liang, Y. Chen, Q. Liu, W. Zhang, and R. Ding. 2003. Exogenous silicone (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or

salt- stressed barley (*Hordeum Vulgare L.*). Journal of PlantPhysiology. 99:872-878.

- Zwiazek, J. J. and T. J. Blake, 1989. Effects of preconditioning on subsequent water relations, stpmatal sensitivity, and photosynthesis in osmotically stressed black spruce. Canadian Journal of Botany, 67: 2240-2244.
- Viera, R.D., D.M. Tekrony and D.B. Egli.1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. J of Seed Tech. 16:12-21.
- Viera,R.D., D.M. Tekrony and D.B.egli.1992. Effect of drought anation strees in the field on Sobean seed germination and vigor. Crop Sci. 32(2):471-475.
- Wesgate, M.,E. and C.M. Peterson.1993. Flower and pod devlopment in water-deficit soybean. J.Exp. Bot. 44,109-117.
- Wolfe, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T.C., and Alvins, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. Π. Photosynthetic decline
- and longevity of individual leaves. Agron. J. 80: 865-870.
- Wyn- Jones, R. G. and J. Gorhan, 1983. Osmoregulation. In: O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, and H. Ziegler (eds.). Encyclopedia of Plant Physiology. Springer. Berlin, Germani, pp. 35.
- Yang CM, Fan MJ and Hsiang WM, 1993. Growth and yield responses of maize (*Zea mays L.*) to water deficit timing and strength. Journal of Agriculture Research of China 42: 173-186.
- Zarea, M., H. Zynalikhaneghah and J. Daneshian.2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. Iranian J of agric. Sci. 35(4). 859-867(In persian whth English abstract).

Drought tolerance evaluation of some sorghum cultivars

Abstract

This research was carried out as split plot based on randomized complete block design with 3 replications in a field in Damghan to evaluate the drought resistance of some sorghum varieties. Factors were 2 irrigation levels (the conventional irrigation intervals, i.e. 9-day, as control, and 18-day intervals as low-irrigation) in the main plots and 6 sorghum varieties (Speedfeed1, Sepideh, Kimia, Payame, Speedfeed2, and Pegah) in subplots. The analysis of variance results indicated that the effect of drought stress was significant on all traits. Except 1000-seed weight, the interactions of variety and stress were significant on all attributes. With respect to growth and grain yield, the Kimia varety was superior to others. The value of electrical conductivity was higher in low-irrigation than conventional irrigation conditions.The highest amount of electrical conductivity was measured for stressed-Sepideh variety. Drought stress caused a decrease in relative leaf water content of all varieties. Under low-irrigation conditions, the lowest leaf water content was devoted to Pegah and Speedfeed1 varieties. The highest activity of poly phenol oxidase enzyme activity was obtained for Sepideh variety under low-irrigation conditions. For Kimia and Sepideh varieties, the activity of guaiacol peroxidase was higher in stressed-plants than non-stressed-plants. For other varieties, this difference was not significant. It was obtained no significant relation between the activity of guaiacol peroxidase in stressed-plants and impressionability from drougt.

Keywords: Conventional irrigation, catalase, guaiacol peroxidase.

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

Drought tolerance evaluation of some sorghum cultivars

By:

Hassan Banaeyan Sefid

Supervisors:

Dr. Manouchehr Gholipoor

Dr. Mostafa Haydari

Advisor:

Dr. Mehdi Baradaran

September 2018