بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

بررسی مقاومت به خشکی چند واریته ذرت

نگارنده : حسن حبیبی

استاد راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

استاد مشاور

دکتر حمید عباس‌دخت

دی ۱۳۹۶

شماره: ۱۰۴/ک
تاریخ: ۱۳۹۷/۱/۱۹

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حسن حبیبی با شماره دانشجویی۹۵۰۴۴۳۴ رشته زراعت گرایش زراعت تحت عنوان بررسی مقاومت به خشکی چند واریته ذرت که در تاریخ ۹۶/۱۰/۲۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: خوب (۱۶/۷۰)) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☑

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر منوچهر قلی پور	دانشیار	
۲- استادراهنمای دوم	----------	دانشیار	
۳- استاد مشاور	دکتر حمید عباس‌دخت	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدرضا عامریان	دانشیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر احمد غلامی	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمدرضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به:

پدر عزیزم

که مظهر مهر و معرفت بود.

مادر عزیزم

که چشمه جوشان محبت و دریای پرخروش احساس است.

و مشوق من در تمام مراحل زندگی،

همسر مهربانم

سپاسگزاری

خداوند سبحان راشاکرم از اینکه بنده را در پرتو عنایات و توفیقات وافر خویش قرار داد تا بتوانم این پایان نامه را به اتمام برسانم.

از زحمات استاد راهنما جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور، استاد مشاور جناب آقای دکتر حمید عباس دخت ، مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر مکاریان، اساتید داور جناب آقای دکتر غلامی و جناب آقای دکتر برادران و جناب آقای دکتر عامریان به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی و تمامی کسانی که مرا در این امر یاری کردند کمال سپاس و تشکر را دارم و خرسند و خوشنودم از اینکه در طول این دوره از ارشاد و راهنمایی این اساتید بزرگوار بهره مند شده ام. ان شاء الله در سایه عنایات و توفیقات الهی موفق، پیروز و چراغ راه دوستان باشند.

تعهد نامه

اینجانب حسن حبیبی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی مقاومت به خشکی چند واریته ذرت تحت راهنمائی دکتر منوچهر قلی‌پور 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 می باشد 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

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی مقاومت چند واریته ذرت تحت تاثیر تنش خشکی به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان جاجرم انجام شد. فاکتور آبیاری در ۲ سطح (دور آبیاری متداول منطقه به عنوان شاهد و دوبرابر دور آبیاری متداول منطقه به منظور کم‌آبیاری) درکرت‌های اصلی و۶ رقم (یا لاین) ذرت (سینگل کراس۷۰۴، Maxima ، AS71،BC678 ، Simon KSC703) در کرت‌های فرعی قرارگرفت. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش صفات محتوای کلروفیل، وزن ۱۰۰دانه، وزن تر ساقه، رطوبت نسبی، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، عملکرد دانه، عملکرد علوفه‌تر و عملکرد بیولوژیکی شد و در آبیاری متداول دمای برگ کاهش معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ را ایجاد کرد. تاثیر ارقام را بر صفات وزن‌تر ساقه، شاخص‌پایداری‌غشا، دمای‌برگ، شاخص سطح‌برگ، محتوای کلروفیل و تعداد دانه در ردیف به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. بررسی نتایج اثرات متقابل نیز نشان داد که در تنش خشکی ارقام KSC703، سینگل کراس۷۰۴، ماکسیما و سیمون به ترتیب در صفات محتوای کلروفیل، وزن تر برگ و شاخص سطح برگ نتایج بهتری را داشتند و رقم AS71 دمای برگ کمتری و شاخص پایداری غشا بیشتری را داشت. در آبیاری متداول رقم AS71 عملکرد بهتری در صفات شاخص سطح برگ، دمای برگ و وزن تر برگ را در این آزمایش به خود اختصاص داد. به طور کلی در آبیاری متداول بهترین نتیجه را رقم AS71 و ضعیف‌ترین نتیجه را رقم سیمون داشتند و در تنش خشکی نتیجه بهتر در رقم AS71 و نتیجه ضعیف‌تر در رقم BC678 مشاهده شد.

کلمات کلیدی: آبیاری متداول، تنش ، خشکی، رقم، ذرت

فهرست

فصل اول - مقدمه ۱

۱- ۱- مقدمه ۲

۱- ۲- اهداف پژوهش ۴

فصل دوم - بررسی منابع ۵

۲- ۱- اهمیت ذرت ۶

۲- ۲- مبداء و تاریخچه‌ی ذرت ۷

۲- ۳- ارزش غذایی ذرت ۸

۲- ۴- مصارف ذرت ۹

۲- ۵- طبقه‌بندی ذرت ۱۰

۲- ۶- گیاه‌شناسی ۱۲

۲- ۶- ۱- ریشه ۱۲

۲- ۶- ۲- ساقه ۱۳

۲- ۶- ۳- برگ ۱۳

۲- ۶- ۴- دانه ۱۴

۲- ۶- ۵- گل‌آذین ۱۵

۲- ۷- سازگاری ۱۵

۲- ۸- مراحل رشد و نمو ۱۶

۲- ۸- ۱- مراحل اصلی رشد رویشی ۱۶

۲- ۸- ۱- ۱- سبز شدن تا تشکیل اجزای گل ۱۶

۲- ۸- ۱- ۲- مرحله طویل شدن سریع ساقه تا ظهور گل تاجی ۱۷

۲- ۸- ۱- ۳- مرحله ظهور گل تاجی، ظهور کاکل‌ها و گرده‌افشانی ۱۷

۲- ۸- ۱- ۴- مرحله پرشدن دانه ۱۸

۲- ۸- ۲- مراحل رشد زایشی ۱۸
۲- ۹- اکولوژی ذرت ۱۹
۲- ۹- ۱- حرارت ۱۹
۲- ۹- ۲- آب ۱۹
۲- ۹- ۳- نور ۲۰
۲- ۹- ۴- خاک ۲۰
۲- ۱۰- کشت ذرت برای تهیه علوفه تازه و سیلو ۲۰
۲- ۱۱- انتخاب رقم مناسب ۲۱
۲- ۱۲- تنش ۲۱
۲- ۱۳- نقش آب در گیاه ۲۲
۲- ۱۴- تنش خشکی ۲۳
۲- ۱۵- اثرات تنش خشکی ۲۴
۲- ۱۶- پاسخ به خشکی ۲۵
۲- ۱۷- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی ۲۵
۲- ۱۷- ۱- فرار از خشکی ۲۵
۲- ۱۷- ۲- اجتناب از پسابیدگی ۲۶
۲- ۱۷- ۲- ۱-توسعه ریشه‌ها ۲۸
۲- ۱۷- ۲- ۲- هدایت روزنه‌ای ۲۹
۲- ۱۷- ۲- ۳- اندازه و فراوانی روزنه‌ها ۲۹
۲- ۱۷- ۲- ۴- تجمع آبسیزیک‌اسید ۲۹
۲- ۱۷- ۲- ۵- ضخامت کوتیکول و قشر مومی روی برگ ۳۰
۲- ۱۷- ۲- ۶- ریزش برگ‌ها ۳۰
۲- ۱۷- ۲- ۷- تحرکات برگ‌ها ۳۱
۲- ۱۷- ۲- ۸- حرکت فعال برگ‌ها ۳۱
۲- ۱۸- تحمل پسابیدگی ۳۱

۲- ۱۹- تنش خشکی در گیاه ذرت ۳۶
فصل سوم - مواد و روش‌ها ۴۱
۳- ۱- موقعیت و زمان اجرای طرح ۴۲
۳- ۲- مشخصات طرح آزمایش ۴۲
۳-۳- مشخصات ارقام مورد استفاده ۴۳
۳- ۴- مشخصات خاک شناسی مزرعه ۴۳
۳- ۵- عملیات کاشت ۴۶
۳- ۶- عملیات داشت ۴۶
۳- ۷- عملیات برداشت ۴۶
۳- ۸- روش‌های اندازه‌گیری صفات ۴۶
۳- ۸- ۱- وزن تر برگ و ساقه ۴۷
۳- ۸- ۲- وزن ۱۰۰ دانه ۴۷
۳- ۸- ۳- تعیین محتوای نسبی آب برگ (RWC) ۴۷
۳- ۸- ۴- تعیین کلروفیل ۴۸
۳- ۸- ۵- شاخص پایداری غشا ۴۸
۳- ۸- ۶- دمای برگ ۴۸
۳- ۸- ۷- شاخص سطح برگ (LAI) به روش وزنی ۴۹
۳- ۸- ۹- آنزیم گایاکول پراکسیداز ۴۹
۳- ۸- ۱۰- تعیین فعالیت کاتالاز ۵۰
۳- ۸- ۱۱- تعداد دانه در ردیف ۵۱
۳- ۸- ۱۲- تعداد ردیف در بلال ۵۱
۳- ۸- ۱۳- عملکرد دانه ۵۱
۳- ۸- ۱۴- عملکرد علوفه‌تر ۵۲
۳- ۸- ۱۵- عملکرد بیولوژیکی ۵۲
۳- ۹- آنالیزهای آماری ۵۲

فصل چهارم - نتایج و بحث ۵۳
۴- ۱- وزن تر برگ ۵۴
۴- ۲- وزن تر ساقه ۵۶
۴- ۳- وزن ۱۰۰دانه ۵۸
۴- ۴- محتوای نسبی آب برگ ۶۰
۴- ۵- کلروفیل ۶۲
۴- ۶- شاخص پایداری غشا ۶۴
۴- ۷- دمای برگ ۶۷
۴- ۸- شاخص سطح برگ ۶۹
۴- ۹- کاتالاز ۷۱
۴- ۱۰- گایاکول پراکسیداز ۷۱
۴- ۱۱- تعداد دانه در ردیف ۷۳
۴- ۱۲- تعداد ردیف در بلال ۷۶
۴- ۱۳- عملکرد دانه ۷۷
۴- ۱۴- عملکرد علوفه‌تر ۷۹
۴- ۱۵- عملکرد بیولوژیکی ۸۱
نتیجه‌گیری کلی ۸۳
پیشنهادات ۸۴
منابع: ۸۵

فهرست تصاویر

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و واریته بر وزن تر برگ ۵۵

شکل ۴ -۲- مقایسه میانگین اثر تنش بر وزن تر ساقه ۵۷

شکل ۴ -۳- مقایسه میانگین اثر واریته بر وزن تر ساقه ۵۸

شکل ۴ -۴- مقایسه میانگین اثر تنش بر وزن ۱۰۰دانه ۶۰

شکل ۴- ۵- مقایسه میانگین اثر تنش بر محتوای نسبی آب برگ ۶۲

شکل ۴- ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم بر محتوای کلروفیل ۶۴

شکل ۴- ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و واریته بر شاخص پایداری غشا ۶۶

شکل ۴- ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم بردمای برگ ۶۸

شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم بر شاخص سطح برگ ۷۰

شکل ۴- ۱۰- مقایسه میانگین اثر تنش بر فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز ۷۲

شکل ۴ -۱۱- مقایسه میانگین اثر تنش بر تعداد دانه در ردیف ۷۵

شکل ۴- ۱۲ - مقایسه میانگین اثر رقم بر تعداد دانه در ردیف ۷۵

شکل ۴- ۱۳- مقایسه میانگین اثر تنش بر تعداد ردیف در بلال ۷۷

شکل ۴- ۱۴- مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد دانه ۷۹

شکل ۴- ۱۵- مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد علوفه تر ۸۰

شکل ۴- ۱۶- مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد بیولوژیکی ۸۲

فهرست جداول

جدول ۳- ۱- مشخصات ارقام ذرت مورد آزمایش ۴۳
جدول ۳- ۲- نتایج آزمون خاک مزرعه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری ۴۴
جدول ۳-۳- میانگین آمار هواشناسی محل انجام آزمایش از سال ۱۳۹۵تا۱۳۸۶ ..... ۴۵
جدول ۴-۱- نتایج تجزیه واریانس وزن تر برگ ۵۵
جدول ۴-۲- نتایج تجزیه واریانس وزن تر ساقه ۵۷
جدول ۴-۳- نتایج تجزیه واریانس وزن ۱۰۰ دانه ۵۹
جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ ۶۱
جدول ۴-۵- نتایج تجزیه واریانس محتوای کلروفیل ۶۳
جدول ۴- ۶- نتایج تجزیه واریانس شاخص پایداری غشا..... ۶۶
جدول ۴- ۷- نتایج تجزیه واریانس دمای برگ ۶۸
جدول ۴-۸- نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ ۷۰
جدول ۴-۹- نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم کاتالاز ۷۱
جدول ۴-۱۰- نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ۷۲
جدول ۴- ۱۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در ردیف ۷۴
جدول ۴- ۱۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر تعداد ردیف در بلال ۷۶
جدول ۴-۱۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه ۷۸
جدول ۴- ۱۴- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر عملکرد علوفه تر ۸۰
جدول ۴- ۱۵- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیکی ۸۲

فصل اول – مقدمه

۱-۱- مقدمه

تولید در گیاهان زراعی پدیده پیچیده‌ای است و برای هماهنگی با این پیچیدگی، شناخت عمیق مسائل زراعی، محیطی و فیزیولوژیکی به منظور افزایش بهره‌برداری و پایداری سیستم‌های کشاورزی ضروری است. بخش کشاورزی یکی از بخش‌های مهم و حیاتی هر کشوری است که در برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشورها نقش بسیار حساسی را داراست. غلات در واقع گونه‌ای ازگیاهان خانواده گندمیان است که دانه‌های ریز آن مصرف خوراکی دارد. کلمه‌ی غله به دانه حاصل از آن نیز گفته‌می‌شود. هزاران سال است که این‌گونه گیاهان در تامین معاش و ادامه زندگی بشر نقش بسیار مهمی ایفا کرده‌اند. گندم، جو، چاودار، ذرت، ذرت خوشه‌ای، یولاف و ارزن از جمله گونه‌های مختلف غلات به شمار می‌آیند. از زمان آغاز کشاورزی جمعیت دنیا در حدود هزار برابر افزایش‌یافته‌است. همیشه این نگرانی وجودداشته‌است که آیا افزایش جمعیت و افزایش مواد غذایی به موازات هم ادامه خواهدیافت یا نه؟ امروزه بیش از هر زمان دیگر مشخص شده‌است که تهیه مواد کافی برای تغذیه گیاهان به منظور تضمین تولید محصول کافی اهمیت دارد. ذرت که یکی از مهم‌ترین انواع زراعت‌های علوفه‌ای است به دلیل مصرف خوراک انسانی و دامی همواره مطرح بوده‌است. نیاز به تولید غلات در جهان رو به افزایش است و در مورد ذرت انتظار می‌رود در سال‌های آتی از گندم و برنج هم پیشی گیرد. ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیاست و بطور گسترده‌ای در سراسر جهان برای تعلیف دام و طیور و تغذیه انسان کشت و کار می‌گردد و در جایگاه اقتصادی مهمی قرارگرفته‌است. این گیاه به عنوان جزئی از تولیدات صنعتی به شمار می‌رود و بر روی تغذیه جمعیت جهان تاثیرگذار است. گیاه ذرت پرمحصول‌ترین گیاه از خانواده غلات به شمار می‌رود و در عرصه تولید جهانی از جایگاه ارزشمندی برخوردار است. آب بخش جدایی‌ناپذیر هر موجود زنده و یکی از مهم‌ترین عوامل حیات محسوب می‌شود. با توجه به منابع محدود آب در ایران، استفاده بهینه از آن ضروری‌است. متاسفانه در سال‌های اخیر به دلیل تبعات ناشی از تغییر اقلیم و سوء مدیریت در مصرف آب، با

خشکسالی‌های پی‌درپی و افت سطح آب‌های زیرزمینی در ایران مواجه هستیم و از سوی دیگر به‌دلیل استفاده از روش‌های سنتی آبیاری و تلفات بسیار بالا، راندمان آبیاری در ایران ۳۰ درصد است. بنابراین اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری فنون پیشرفته به منظور حفظ و ذخیره رطوبت خاک و افزایش گنجایش نگه‌داشت آب در خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش کارایی مصرف آب و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع آب کشور است. امروزه نیاز بخش کشاورزی برای تامین آب در حال افزایش است و در آینده نیز به واسطه‌ی افزایش جمعیت و همچنین تاثیر تغییرات اقلیمی بر میزان بارندگی‌ها و تبخیر در بسیاری از نواحی، ادامه خواهدیافت. بنابراین، در آینده بخش کشاورزی در رقابت شدید با مصارف دیگر همچون مصرف انسان‌ها، تاسیسات صنعتی، خنک‌کننده‌ها و دیگر بخش‌ها با بحران جدی در تامین آب روبرو خواهد شد. از آن جایی که در کشور ما بارش‌های جوی کم و منابع آب محدود است، بنابراین استفاده بهینه از آب موجود به‌طورکامل ضروری است و باید از کمترین آب، بیشترین بهره‌برداری لازم صورت پذیرد.

گیاهان معمولا در معرض تنش‌های محیطی از جمله شوری، خشکی، گرما و سرما هستند. در بین این تنش‌ها کمبود آب یکی از عوامل غیرزیستی مهم می‌باشد که تولید کشاورزی را محدود می‌کند. تنش رطوبتی ناشی از کمبود آب و اشکال مختلف آن به عنوان یکی از اصلی‌ترین و فراگیرترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و دراین‌امر به‌نژادگران را بر آن داشته تا در برنامه اصلاح نژاد محصولات زراعی تقویت صفت تحمل یا مقاومت در برابر شرایط کمبود آب یا خشکی را به عنوان یکی از اصلی‌ترین اهداف خود قراردهند. تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد غلات دانه‌ای از جمله ذرت است. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که بسته به فصل و زمانی که واقع می‌شود، می‌تواند به صورت جدی به کاهش محصول منجرشود.

۱- ۲- اهداف پژوهش

۱- بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد بیولوژیکی و برخی صفات کمی و کیفی ذرت

۲- بررسی مقاومت ۶ رقم ذرت به تنش خشکی و تاثیر آن بر عملکرد و تعدادی از صفات کمی و کیفی این ارقام

فصل دوم - بررسی منابع

۲- ۱- اهمیت ذرت

ذرت از قدیمی‌ترین محصولات کشاورزی است که بشر به اهمیت و خواص آن پی‌برده است (واحدی، ۱۳۶۸). ذرت با نام علمی *Zea mays* یکی از غلات گرمسیری و از خانواده گندمیان(گرامینه) متعلق به گیاهان تک‌لپه می‌باشد (پولمن، ۱۹۸۷). اهمیت اقتصادی ذرت که کشت آن در دنیای جدید از هزاران سال پیش رواج داشته بر همگان روشن است، زیرا کلیه قسمت‌های آن اعم از دانه و شاخ و برگ و حتی چوب بلال و کاکل آن استفاده می‌شود و در تغذیه انسان (۲۰ تا ۲۵٪)، تغذیه دام‌ها و طیور(۷۰ تا ۷۵٪) و داروسازی و صنعت (۵٪) مصارف فراوانی دارد. این گیاه به علت قدمت و قدرت تطابق و سازگاری زیاد با آب و هوای مختلف در تمام دنیا گسترده شده است و با کوشش و همت متخصصان اصلاح نباتات، ارقامی مقاوم و سازگار با شرایط مختلف آب و هوایی تولید شده که بر گستردگی کشت افزوده است (میرهادی،۱۳۸۰). ذرت به دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد خود به ویژه به دلیل قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار زود در تمام دنیا گسترش یافت و مکان سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیرکشت به خود اختصاص داد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۴). امروزه در جهان تولید ذرت نسبت به سایر غلات دانه‌ای روبه افزایش گذارده و این موضوع برای کشاورزان خرده پا و نیز کشاورزانی که به طور وسیع کشت و کار می‌کنند، دارای اهمیت زیادی است(فائو، ۲۰۰۴). ذرت از نظر تولید بعد از گندم و برنج سومین محصول در میان غلات می‌باشد و مقدار تولید آن همچنان رو به افزایش است(تاجبخش، ۱۳۷۵). این گیاه در پنج قاره جهان کشت می‌شود. از لحاظ وسعت سطح زیر کشت آن در قاره‌ی آمریکا (آمریکای مرکزی، شمالی و جنوبی) مقام اول را داراست(میر هادی، ۱۳۸۰). ذرت بیشتر برای استفاده از دانه و سیلو کردن آن دارای مصارف مختلف می‌باشد. نزدیک به ۲۵-۲۰ درصد از تولیدات جهانی ذرت به صورت مستقیم در شکل‌های مختلف (آرد ذرت، شیرینی، کنسرو، فرنی ذرت) در تغذیه انسان ۷۵-۶۰ درصد آن به صورت‌های مختلف مانند: دانه، خمیر، پودر، سیلو و ... به مصرف غذای دام می‌رسد. بعلاوه، حدود ۵

درصد تولید ذرت نیز جهت فرآورده‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنعت، دانه‌های ذرت دارای مصارف زیادی است. ذرت در صنعت به طور گسترده مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. ارزش غذایی فرآورده‌های صنعتی ذرت بسیار مهم می‌باشد. ذرت یکی از ارزان‌ترین و خالص‌ترین منابع تولید مواد آلی جهت مصارف صنعتی است. در کارخانجات نشاسته‌سازی از ذرت نشاسته، خوراک دام، شربت قند و روغن استخراج می‌کنند. در صنایع تقطیری از ذرت تخمیر شده الکل و از جوانه ذرت روغن به‌دست می‌آید (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۴). ذرت به علت موارد مصرف زیاد و کیفیت و ارزش غذایی بالا در سطح وسیعی از جهان کاشته می‌شود و در آمریکا با توجه به ارزش و اهمیت اقتصادی فراوان به "سلطان محصولات کشاورزی" معروف است(میرهادی، ۱۳۸۰).

دلایل عمده توسعه ذرت در جهان می‌تواند موارد زیر باشد:

۱- مقاومت مطلوب نسبت به خشکی و ورس

۲- عملکرد زیاد آن در هکتار

۳- قدرت قرار گرفتن در تناوب‌های مختلف با گیاهان و آب و هوای گوناگون

۴- قدرت پذیرش کامل مکانیزاسیون در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت

۵- پذیرش کشت متوالی به مدت چند سال

۶- سهم عمده و نقش روزافزون ذرت در تأمین مواد غذایی مورد نیاز انسان، دام، طیور و مصارف صنعتی (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲- ۲- مبداء و تاریخچه‌ی ذرت

ذرت یکی از دیرینه‌ترین گیاهان روی زمین می‌باشد. رویشگاه اصلی آن به عقیده‌ی بسیاری از دانشمندان مکزیک و پرو است چون در آن مناطق جنس‌های شبیه به *Zea* بنام‌های *Trip sacum* و *Euchaena* دیده شده‌اند. نوع وحشی آن به نام ذرت آندن (anden) یا ذرت مکزیکی تقریبا از ۵۶۰۰

سال پیش در کشورهای بالا کاشته می‌شده و به وسیله حفاری که در این کشورها صورت گرفته‌است، دانه‌هایی بدست آمده‌است که قدمت آن‌ها به ۴۰۰۰ سال پیش می‌رسد (تاجبخش، ۱۳۷۵). ذرت اواخر قرن شانزدهم وارد آسیا گردید. ورود این گیاه به ایران در حدود چهار قرن پیش بوده‌است (میرهادی، ۱۳۸۰). در مورد ورود این گیاه به ایران دو نظر ارائه شده‌است.

۱- با حمله مهاجمین پرتغالی به جزیره‌ی هرمز و بندرعباس و تسلط بر نوار جنوبی ایران در زمان شاه اسماعیل صفوی وارد شده‌است.

۲-یا اینکه از مکه توسط زائرین وارد ایران گردیده‌است(نعیم، ۱۳۵۸).

۲- ۳- ارزش غذایی ذرت

دانه خشک ذرت دارای ۷۷ درصد نشاسته، ۲ درصد قند، ۵ درصد چربی، ۵ درصد پنتوزان، ۹ درصد پروتئین و ۳ درصد خاکستر است (میرهادی،۱۳۸۰). به طورکلی ذرت سه نوع مصرف عمده و اصلی دارد. در نوع اول به عنوان مواد خام غذایی انسان به ویژه در کشورهای جهان سوم برای تهیه نان روزانه از آرد آن استفاده می‌شود. نوع دوم، مصرف در دامپروری به عنوان غذای دام، ماکیان و یا به‌صورت علوفه سیلویی است و سرانجام نوع سوم مصرف آن به صورت ماده خام برای تولید فرآورده‌های مختلف صنعتی است. ذرت در صنعت نیز موارد استفاده بسیاری دارد که در رأس آن ها تهیه نشاسته، روغن ذرت و قند است. مقدار کل پروتئین در اکثر ارقام ذرت بین ۱۰ تا ۱۲درصد است. میزان چربی معمولاً ۵ درصد است، ولی گاهی به ۷درصد نیز می‌رسد که در قسمت جنین (جوانه) قرار دارد. بیش از ۷۰درصد کربوهیدرات های موجود در دانه ذرت به صورت نشاسته، قند و سلولز می‌باشد. نشاسته در آندوسپرم، قند در جنین و سلولز در لایه‌های دانه (سبوس) قراردارد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷). به طور کلی ذرت غنی از کربوهیدرات‌ها و در افزایش روزانه وزن دام‌ها بسیار موثراست. از ۱۰ به ۱۵درصد افزایش، و درصد سلولز خام در مرحله ظهور گل‌آذین از حدود ۳۰درصد

به ۱۵ تا ۲۰درصد ماده خشک کاهش می‌یابد. علوفه سبز ذرت از لحاظ مقدار ویتامین‌ها و کاروتن بسیار غنی است. مقدار کاروتن ۸ تا ۱۸ میلی‌گرم در هر کیلوگرم علوفه سبز و ۴۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک است. متوسط ارزش انرژی‌زایی سیلوی ذرت برای تولید شیر معادل ۷۲ ٪ واحد علوفه در کیلوگرم ماده خشک است و نیازهای روزانه یک گاو شیری به انرژی نگهداری و تولید شیر با ۴ درصد چربی فقط از تغذیه با سیلوی ذرت بدون کنسانتره برآورده می‌شود. مقدار ماده خشکی که دام از طریق سیلوی ذرت دریافت می‌کند تقریبا معادل ۲ کیلوگرم برای هر صد کیلوگرم وزن زنده دام است، یعنی یک گاو ۵۰۰ کیلویی با تغذیه از سیلوی ذرت حدود ۱۲ کیلوگرم ماده خشک دریافت می‌کند (رستگار، ۱۳۸۴).

۲- ۴- مصارف ذرت

۱-تهیه نان

در بعضی کشورها مثل هندوستان، پرتغال، مکزیک، از دانه‌ی ذرت آرد تهیه می‌کنند. چون پروتئین‌های ذرت مانند گندم ماده گلوتن حقیقی تشکیل نمی‌دهند، به همین دلیل از آرد ذرت نمی‌توان نانی که خمیر آن ور آمده باشد، تهیه نمود گذشته از آن نان ذرت خیلی سریع خشک و سخت و غیر قابل هضم شده و به علت چربی زیاد (۶-۴ درصد) نان آن زود خراب می شود، لذا بهتر است آرد ذرت به نسبت ۲۵ تا ۵۰ درصد با آرد گندم مخلوط شود.

۲-تغذیه حیوانات

دانه‌ی ذرت یک غذای دامی مهم بوده و بیش از ۸۰درصد ذرت تولیدی در هر کشور به مصرف دام‌ها می‌رسد؛ به علت داشتن مواد پر انرژی به طور وسیعی برای چاق‌کردن گله‌های گاو وگوسفند (بویژه بره‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-تغذیه پرندگان

دانه‌ی ذرت از لحاظ تامین انرژی برای طیور بسیار مهم و با اهمیت بوده و در تولید گوشت سفید و تخم‌مرغ نقش عمده‌ای دارد. ذرت های دانه سفید برای پرندگانی مانند مرغ، غاز و اردک که برای استفاده از گوشت آن‌ها پرورش می‌یابند، کاربرد بیشتری دارد.

۴-کارخانجات

در صنعت از دانه آن به مقدار زیاد استفاده می‌کنند. از هیدرولیز نشاسته ذرت می‌توان انواعی از محصولات غذایی چون نشاسته ذرت، شربت و دکستروز ذرت تولید نمود. نشاسته خشک ذرت برای مصارف غذایی، استفاده در کارگاه‌های لباسشویی و هدف‌های صنعتی کاربرد دارد. مصارف دیگر ذرت عبارت‌است از: تهیه گلوتن خوراکی، الکل‌گیری، تهیه مالت، روغن، اسیدلاکتیک، اسیداستیک، پلاستیک‌سازی، صابون‌سازی، تهیه غذای کودک، کاغذهای روغنی، رنگرزی و غیره هستند (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۲- ۵- طبقه‌بندی ذرت

ذرت امروزی گیاهی بسیار هتروزیگوس است و با اجداد وحشی خود از لحاظ بیولوژیکی بسیار متفاوت می‌باشد. به طور کلی که نمی‌توان آن را به صورت وحشی در طبیعت پیداکرد (چاپمن،۱۹۷۵). ارقام مختلف ذرت متعلق به جنس *Zea* و گونه *May* می‌باشند. ذرت متعلق به خانواده *Graminae*، زیرخانواده *Panicoideae* و طایفه *Maydeae* دارای هشت جنس است که جنس *Zea* با تنها گونه خود به نام *Zea mays* از نظر اقتصادی مهم‌ترین گونه این طایفه را به شرح زیر تشکیل می دهد.

ذرت معمولی	*Zea mays* (n = 10)
شبه‌ذرت (مکزیک)	*Zea mexicana* (n = 10)
(ذرت *Teosinte*)	*Euchleana mexicana*)
ذرت دائمی(n = 20)	*Zea perennis*

طایفه *Maydeae* دارای جنس دیگری به نام *Tripsacum* می‌باشد که از نظر ژنتیکی نزدیک به ذرت نمی‌باشد و به آسانی قابل تلاقی با ذرت نیست و در آمریکای مرکزی و پرو دیده می‌شود و دارای ۱۸ تا ۳۶ کروموزوم است. لکن تعداد ارقام با توجه به تطابق گیاه در برابر شرایط محیط‌های مختلف متعدد بوده و ارقامی نیز وجود دارند که طول بوته آن‌ها از حدود ۷۰ سانتیمتر تجاوز نکرده و غالباً در حدود ۵۰ روز بعد از کاشت و تولید جوانه رشد آن‌ها کامل شده و تولید بذر می‌نماید. همچنین ارقام دیگری نیز وجود دارد که طول بوته آن ها به ۷ تا ۸ متر نیز می‌رسد و دوره رشد آن ها نیز درحدود ۱۳۰ روز است. ذرت از نظر طول دوره رشد به سه گروه زودرس، متوسطرس و دیررس تقسیم می‌گردد، از طرفی از نظر رنگ دانه مانند: سفید، زرد، قهوه‌ای و ذرت‌های با دانه‌های الوان و حتی به رنگ‌های مختلف نیز تقسیم بندی شده‌اند (شریفی جهان تیغ، ۱۳۸۶).

انواع ذرت‌ها معمولا بر اساس فرم دانه و نوع مصرف و نوع و میزان مواد تشکیل‌دهنده آندوسپرم، طبقه‌بندی می‌شوند. به طور خلاصه انواع ذرت عبارتند از:

۱- ذرت دندانه‌ای یا دندان اسبی *Zea mays varindentata dent corn*

۲-ذرت شیرین *Zea mays varsacharata sweet cron*

۳-ذرت با کیفیت پروتئین بالا QPM *high quality protein maize*

۴-ذرت بچه یا ذرت سالادی *Zea mays babycorn*

۵-ذرت آجیلی یا بو داده *Zea mays var . everta (pop corn)*

۶-ذرت بلوری یا سخت *Zea mays var . everta (flint)*

۷-ذرت نیم سخت و نیم دندان اسبی *Zea mays var . airista (airista)*

۸-ذرت مومی *Zea mays varceratina (waxy corn)*

۹-ذرت غلاف‌دار *Zea mays var tunicate (pod corn)*

۱۰-ذرت روغنی *high oil corn*

۱۱-ذرت آردی *floury corn*

۱۲-ذرت پیپ *pipe corn*

۲- ۶- گیاه‌شناسی

ذرت (*Zea mays L.*) به قبیله تریپسکا (*mayheae*) از خانواده *Poaceae* تعلق دارد (فائو،۱۹۸۳). گیاهی یک‌ساله، تک‌لپه و روزکوتاه و تک‌پایه است (کریمی، ۱۳۸۳). ذرت گیاهی گرمادوست از خانواده گندمیان است (سیادت و همکاران، ۱۳۹۲).

۲- ۶- ۱- ریشه

ذرت مانند سایر گیاهان گرامینه دارای ریشه افشان می‌باشد(واحدی، ۱۳۶۸). ذرت دارای سه نوع ریشه مشتمل بر ریشه‌های بذری (saminal roots)، ریشه‌های طوقه‌ای (coronal roots)، و ریشه‌های هوایی (brace roots)است. ریشه‌های معمولی که از ریشه‌های بذری نامیده می‌شوند. تعداد ریشه بذری ۵ تا ۳ عدد است. سیستم ریشه طوقه‌ای از گره‌های پایین ساقه در زیر سطح خاک منشاء می‌یابد. ریشه‌های هوایی به صورت نابجا از گروه‌های دوم و سوم در بالای سطح خاک به وجود می‌آیند و به استقرار گیاه در خاک کمک می کنند(مجنون حسینی، ۱۳۸۵). سیستم ریشه‌ای ذرت در اراضی

با رطوبت کم، نسبت به اراضی مرطوب، توسعه بیشتری می‌یابد(نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۴). رشد ریشه‌های ذرت در عمل تا مرحله گرده‌افشانی ادامه دارد و پس از آن متوقف می‌شود. وزن ریشه‌های یک بوته متوسط ذرت تنها حدود ۳۰ گرم می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۶-۲-ساقه

ساقه ذرت یک‌ساله، راست، ضخیم، بندبند، توپر، سخت ومحکم و دارای ۱۲ تا ۱۸ گره و میان‌گره متناوب استوانه‌ای است که در مقطع عرضی بیضوی است. ارتفاع ساقه به طور معمول ۳- ۱/۵ متر طول دارد (سینگ، ۱۹۸۷). ساقه ذرت معمولا مستقیم و بدون انشعاب است (تاجبخش، ۱۳۷۵). اکثر ارقام ذرت بر خلاف سایر غلات پنجه تولید نمی‌کنند و ساقه‌ای منفرد و بلال منفرد تولید می‌کنند. ارقام جدید دو رگ اگر به فاصله مناسب از یکدیگر کاشته شوند به ندرت تولید پنجه می‌کنند (میرهادی، ۱۳۸۰). میان‌گره‌های قسمت فوقانی ساقه ضخیم است در حالی که میان‌گره‌های قسمت تحتانی ساقه نازک می‌باشد(پورصالح، ۱۳۷۳). ساقه ذرت استوانه‌ای با مقطع بیضی شکل است (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۶-۳-برگ

در هر گره ساقه یک برگ قرار دارد و گره‌ها همانند سایر غلات به طور متناوب در دو طرف طول ساقه قرار می‌گیرند. برگ ها از غلاف و پهنک تشکیل یافته‌اند (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۴). پهنک برگ کشیده، پهن، صاف و نازک و لبه آن نرم است. بالاترین و آخرین برگ ذرت را برگ پرچم می‌گویند که غلاف آن گل تاجی را دربر می‌گیرد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷). طول برگ‌ها ۸۰- ۵۰ سانتیمتر و عرض آن‌ها ۱۲- ۴ سانتیمتر است(بیلتنیو و همکاران، ۱۹۷۹). زبانک برگ در ذرت حلقوی و کوچک و رنگ آن سفید است. در بیشتر ارقام ذرت، استیپول وجود ندارد و یا اگر وجود داشته باشد به قدری کوچک است که به آسانی دیده نمی‌شود (پورصالح، ۱۳۷۳). ساختمان سلولی

برگ ذرت طوری است که هنگامی که میزان تبخیر و تعرق از میزان جذب آب فزونی می‌گیرد برگ لوله می‌شود و سطح تبخیر کاهش پیدا می‌کند(سجادی، ۱۳۶۵).

۲-۶-۴- دانه

دانه (میوه) ذرت به صورت فندقه است(پور صالح، ۱۳۷۳). دانه‌ی ذرت همانند سایر غلات، یک میوه تک‌لپه‌ای خشک و ناشکوفا است (خاوری خراسانی، ۱۳۹۱).

ساختمان دانه به شرح زیر است :

۱-پوسته میوه یا پریکارب: پوسته میوه از چند لایه سلول تشکیل شده و قسمت‌های داخلی دانه را فراگرفته‌است. پریکارب از لحاظ سلولز و همی‌سلولز غنی بوده و دانه را از خسارات مکانیکی و عوامل نامساعد محیطی حفاظت می‌کند.

۲-لایه آلورن: این لایه طبقه منفردی از سلول‌هاست و بلافاصله بعد از پوسته میوه قراردارد.

۳-آندوسپرم یا آردینه: آندوسپرم همان بافت غذایی دانه است و حجم اصلی دانه را تشکیل می‌دهد. الف: آندوسپرم سخت، شاخی یا شیشه‌ای که دارای پروتئین بیشتری است. ب : آندوسپرم نرم: آردی یا نشاسته‌ای که پروتئین این تیپ کمتر بوده ولی نشاسته بیشتری دارند.

۴-جنین: جنین ذرت در قسمت پایین آن قرار دارد و روغن دانه ذرت، بیشتر در جنین متمرکز است (پورصالح، ۱۳۷۳).

۲- ۶- ۵- گل‌آذین

ذرت تک‌پایه است. گل‌های نر در نوک ساقه قرار دارند و مجموعه‌ی آن‌ها که بصورت گل‌آذین خوشه‌ای مرکب است tassel نامیده می‌شود. گل‌آذین گل‌های ماده در محل اتصال برگ به گره ساقه، تشکیل می‌شود و بلال نام دارد (سجادی، ۱۳۶۵). هر گل ماده بارور دارای یک تخمدان می‌باشد که از آن، مجموعه خامه و کلاله به صورت رشته نازک و طویلی موسوم به کاکل یا ابریشم خارج می‌شود. کاکل از موهای ریز چسبناکی که دانه‌های گرده را به خود می‌گیرند، پوشیده شده‌است. طول عمر کاکل‌ها ۵ تا ۱۰ روز می‌باشد (پور صالح، ۱۳۷۳). خروج کاکل از میان غلاف‌های بلال را نشانه آماده بودن مادگی برای دریافت گرده و لقاح می دانند. در این گیاه، گرده‌افشانی یک تا سه روز زودتر از خروج کاکل شروع و چندین روز ادامه می‌یابد. گرده‌افشانی به صورت طبیعی توسط باد صورت می‌گیرد (شبستری، ۱۳۷۰). عمر دانه گرده حدود ۱۸ تا ۲۴ ساعت است و هنگامی که روی کاکل قرار می‌گیرد، پس از ۱۲ تا ۴۸ ساعت عمل تلقیح انجام می‌گیرد. اگر دمای محیط در زمان تلقیح بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت خاک نیز کم باشد، تشکیل دانه بر روی بلال به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲- ۷- سازگاری

ذرت گیاهی گرمادوست و حساسیت زیادی به سرما دارد. خاک های با بافت متوسط و حاصل خیز بهترین شرایط را برای رشد و نمو ذرت ایجاد می‌کند. مقاومت ذرت به شوری خاک نیز بسیارکم است و عملکرد ذرت را به شدت کاهش می‌دهد. حداقل دمای لازم برای جوانه‌زنی بین ۸ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. ذرت گیاهی روز کوتاه و یک‌ساله است و نمو آن در روزهای بلند باعث تشکیل دیر هنگام بلال می‌شود و برعکس با کوتاه‌شدن طول روز گل‌دهی آن جلو می‌افتد و نمو شاخ و برگ آن کند می‌شود (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲- ۸- مراحل رشد و نمو

شناخت مراحل نموی ذرت اهمیت زیادی به لحاظ مدیریت تولید دارد و توجه به اهمیت هر مرحله و نیازهای آن می‌تواند منجر به افزایش راندمان تولید در واحد سطح گردد. مراحل رشد و نموی ذرت شامل دو دوره رشد رویشی و زایشی می‌باشد و معمولا نیمی از دوره رشد هر گیاه مرحله رشد رویشی و نیم دیگر را رشد زایشی و پرشدن دانه‌ها به خود اختصاص می‌دهد. در ذرت علوفه‌ای مرحله رشد زایشی گیاه تکمیل نشده و در مرحله خمیری شدن دانه‌ها بایستی مبادرت به برداشت نمود. توضیح این که شناخت مراحل نموی می‌تواند در انجام به هنگام مراقبت‌های زراعی مورد نیاز در هر مرحله کمک شایانی بنماید.

۲- ۸- ۱- مراحل اصلی رشد رویشی

۲- ۸- ۱- ۱- سبز شدن تا تشکیل اجزای گل

بعد از سبز شدن، گیاهچه ذرت در مدت کوتاهی از وابستگی به مواد غذایی ذخیره شده در بذر مستقل شده و به مواد غذایی خاک وابسته می‌شود. با استقرار گیاهچه‌ها، گیاه سیستم ریشه‌ای ساقه و برگ‌های خود را تشکیل می‌دهد. برگ‌ها در محل نقطه رشد تولید می‌گردند. نقطه رشد حدود ۳ تا ۴ هفته بعد از سبز شدن هنوز در زیر خاک باقی می‌ماند. در مرحله رشد رویشی اولیه معمولاً تنش رطوبتی اتفاق نمی‌افتد و از طرفی نیاز رطوبتی گیاه نیز پایین‌تر است. ولی وقتی چند سانتیمتری بالای خاک خشک باشد (در زمانی که بوته‌ها کوچک هستند)، مشکلات رویشی اولیه هم رخ می‌دهد تنش معقول رطوبتی در این مرحله ممکن است یک مزیت نیز باشد؛ زیرا باعث تحریک رشد ریشه شده و در شرایط محدودیت رطوبت در مراحل بعدی رشد و نمو می‌تواند یک مزیت به حساب آید (راشد، ۱۳۷۳). رطوبت اضافی خاک در مرحله رشد رویشی اولیه می‌تواند از توسعه ریشه در اوایل فصل ممانعت نموده و همچنین مشکلاتی در تهویه خاک و تغذیه ایجاد کند. اگرچه تنش رطوبت در

این مرحله اندازه بوته را کاهش می‌دهد ولی چنانچه شرایط بعدی بویژه در طی زمان گرده افشانی و پر شدن دانه مناسب باشد، این اثر روی عملکرد نهایی ناچیز خواهد بود. معمولاً تمام برگ‌های گیاه تا زمانی که بوته‌ها به سن ۵ تا ۶ برگه شدن برسند تعیین و شکل گرفته‌اند (در این مرحله فقط تعدادی از برگ‌ها دیده شده و بقیه پنهان می‌باشند). درجه حرارت بیش از حد نرمال خاک و هوا حدود ۲ تا ۳ هفته بعد از سبز شدن ذرت موجب تولید برگ‌های بیشتر می‌شود. در نتیجه ذرت‌های دیر کشت اغلب پابلندتر و پربرگ‌تر از ذرت‌های زود کاشت می‌باشد، هر چند که وزن کل ماده خشک ممکن است کاهش یابد (شریفی جهان تیغ، ۱۳۸۶).

۲- ۸- ۱- ۲- مرحله طویل شدن سریع ساقه تا ظهور گل تاجی

اگر درجه حرارت خیلی بالا باشد، تنش رطوبتی نیز ممکن است اتفاق بیفتد تحت این شرایط، یعنی تنش مضاعف رطوبت و درجه حرارت بالا، رشد رویشی کاهش یافته و بوته‌های کوچک از رشد باز می‌مانند و بوته‌های بزرگ نیز در حد کمتری متأثر می‌شوند. در هر حال ۲٪ تا ۳٪ کاهش عملکرد دانه به ازای هر روز تنش در این مرحله اتفاق می‌افتد (چوگان، ۱۳۷۹). در مدت کوتاهی بعد از اینکه تعداد نهایی برگ‌ها ظاهر شدند، جوانه‌های اولیه گل تاجی و بلال نیز شکل می‌گیرند، به طوری تا زمانی که ذرت به ارتفاع زانوی انسان برسد، گل تاجی مینیاتوری را می‌توان در داخل ساقه درست بالای سطح خاک پیدا نمود (شریفی جهان‌تیغ، ۱۳۸۶).

۲- ۸- ۱- ۳- مرحله ظهور گل تاجی، ظهور کاکل‌ها و گرده‌افشانی

این مرحله از بحرانی‌ترین مراحل رشد و نمو ذرت برای هر تنش می‌باشد. ترکیب تنش رطوبتی با تنش درجه حرارت بالا در طی این دوره می‌تواند عملکرد نهایی ذرت را کاهش دهد. تنش مواد غذایی، آفت‌ها و بیماری‌ها در این مرحله، عملکرد ذرت را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مرحله ظهور کاکل‌ها، پژمردگی ناشی از کمبود آب بوته‌ها به مدت ۴ تا ۸ روز، موجب کاهش عملکرد دانه به میزان

۴۰٪ نیز می‌گردد (راشد، ۱۳۷۳). به طور معمول، گرده‌افشانی ذرت ۲ تا ۳ روز بعد از ظهور کامل گل‌تاجی و خروج آن از غلاف شروع شده و برای چندین روز ادامه می‌یابد (شریفی جهان‌تیغ، ۱۳۸۶).

۲- ۸- ۱- ۴- مرحله پرشدن دانه

پرشدن دانه و رسیدن ذرت طی ۵۰ تا ۶۰ روز آخر دوره رشد و نمو ذرت اتفاق می‌افتد. اوایل این دوره، هر نوع تنشی می‌تواند عملکرد نهایی را ۳٪ تا ۴٪ در روز کاهش دهد. بلافاصله بعد از گرده‌افشانی ذرت، یک دوره سریع تجمع ماده خشک در دانه‌ها شروع می‌شود که ۳۰ تا ۴۰ روز طول می‌کشد. پرشدن دانه چندین روز بعد از این نیز ادامه می‌یابد ولی سرعت آن کاهش می‌یابد(شریفی جهان‌تیغ، ۱۳۸۶).

۲- ۸- ۲- مراحل رشد زایشی

- مرحله ظهور کامل بلال: رشته‌های ابریشمی یا سیلک‌ها بر روی ۵۰٪ از گیاهان قابل مشاهده است. مرحله تاول‌زدن دانه‌ها با یک ماده شفافی پر شده‌اند و جنین می‌تواند قابل مشاهده باشد.

- مرحله‌ی شیری شدن: دانه‌ها با یک ماده سفید رنگ و شیری پر شده‌اند.

- مرحله‌ی خمیری شدن : دانه‌ها با یک ماده خمیری شکل سفید پر شده‌اند و در صورت فشار دادن دانه‌ها با ناخن شیر از دانه‌ها خارج نمی‌شود. جنین در حدود نصف عرض دانه‌ها می‌باشد.

- مرحله‌ی سخت یا دندانی شدن: قسمت انتهایی دانه‌ها با نشاسته جامدی پر می‌شود و اگر ژنوتیپ دندانی باشد، دانه‌ها دندانی می‌شود. وقتی دانه ذرت دندانی ازکنار مشاهده شود، یک خط شیری دیده می‌شود.

- مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیکی: یک لایه سیاه رنگ در انتهای دانه‌ها قابل مشاهده است. در این مرحله رطوبت معمولا در حدود ۳۵٪ است(خاوری خراسانی، ۱۳۹۱) .

۲- ۹- اکولوژی ذرت

۲- ۹- ۱- حرارت

ذرت گیاه چهارکربنه (C4) بوده و احتیاج زیادی به حرارت در دوره‌ی رشد خود دارد. حداقل دما برای جوانه‌زنی بذر ذرت حدود ۱۰-۸ درجه سانتیگراد است. مناسب‌ترین دما در دوره رشد و نمو ذرت ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد است و در درجه حرارت خیلی زیاد و رطوبتی نسبی کم هوا آثار نامطلوبی در عمل گرده‌افشانی و لقاح و در مرحله رسیدگی باعث چروکیدگی و ریزی دانه‌ها خواهد داشت (مجنون حسینی، ۱۳۸۵). شدت نمو ذرت از کاشت تا باز شدن گل‌ها بیشتر تابعی از دماست تا فتوسنتز (دوین و وان، ۱۹۶۲) درجه حرارت تعداد دانه‌های پرشده را به طور مستقیم با تاثیر بر لقاح دانه‌ها و تولید مواد فتوسنتزی و به طور غیر مستقیم از طریق کاهش شاخه‌های فرعی که در، دمای پایین حادث می‌شود تحت تاثیر قرار می‌دهد (مظاهری، ۱۳۷۷).

۲- ۹- ۲- آب

ذرت برای رشدونمو خود به آب زیادی احتیاج دارد، برای به دست‌آوردن علوفه نرم، لطیف و مطلوب وجود رطوبت نسبی بالا لازم است. گرچه در حالت کلی، ذرت جزء گیاهان مناطق گرمسیری است و به آب بیشتری احتیاج دارد، ولی به علت سازش با آب و هوای معتدل، نژادهایی به وجود آمده‌است که نیاز کمتری به حرارت داشته و میزان مصرف آب و مخصوصا ضریب تعرق آن‌ها نیز در حد متوسط و حتی نسبتا کم است (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۲- ۹- ۳- نور

ذرت، گیاهی روزکوتاه است. گل‌دهی آن در شرایط روزکوتاهی تسریع می‌شود. در مناطقی که روزهای‌بلند دارند تعداد برگ‌های آن افزایش می‌یابد. اندازه بوته بزرگ می‌شود، گل‌دهی آن تا فرارسیدن روزهای کوتاه به تاخیر می‌افتد (تاجبخش، ۱۳۷۵).

۲- ۹- ۴- خاک

pH مناسب برای رشد ذرت ۵/۵-۷ است. خاک‌های قلیایی در صورت وجود رطوبت و امکانات آبیاری باعث تولید محصول بیشتری خواهد شد (تاجبخش، ۱۳۷۵). در صورتی که pH از ۶ کمتر باشد مقدار جذب کلسیم کاهش می‌یابد. اما مقدار جذب یون‌های آلومینیوم و منگنز ممکن است به حدی باشد که گیاه را مسموم کند. این گیاه نسبت به غلظت املاح مقاومت نسبی دارد اما اگر رسانندگی الکتریکی خاک ۱۰ میلی موس بر سانتیمتر، یا بیشتر از آن شود، میزان عملکرد شدیدا کاهش می‌یابد (کاظمی اربط، ۱۳۷۴). زمین‌های خیلی سبک و خیلی سنگین برای کشت ذرت مناسب نیستند و باید به وسیله مصرف کود حیوانی و کودسبز اصلاح شوند (تاجبخش، ۱۳۷۵). ذرت نسبت به کمی اکسیژن در محیط ریشه که احیانا از زیادی رطوبت یا وجود قشرهای فشرده تحت‌الارض ناشی شده‌باشد بسیار حساس است (لئونارد،۱۹۶۴).

۲- ۱۰- کشت ذرت برای تهیه علوفه تازه و سیلو

در گذشته واریته‌های معمولی ذرت را به صورت بسیار متراکم کشت می‌کردند و علوفه آن را به هنگام ظهور گل‌های نر، یعنی ۶ تا ۸ هفته پس از کاشت، برداشت می‌کردند. یکی از معایب این روش، پایین‌بودن کیفیت علوفه است، زیرا ساقه عمده علوفه را تشکیل می‌دهد. امروزه کشت ذرت برای تهیه علوفه، شبیه کشت آن برای تهیه‌ی دانه است، تنها ممکن است مقدار بیشتری کود ازته مصرف شود و

مصرف آب اندکی کمتر باشد. اگر گیاه برای تهیه سیلو و یا علوفه کشت شود، تراکم گیاهی را بیشتر می‌گیرند و گیاه در مرحله‌ای که دانه‌های آن خمیری است برداشت می‌شود و این زمان تقریبا ۹۰ تا ۹۵ روز پس از کاشت است. در هر تن علوفه تقریبا دو سوم آن ساقه و برگ و یک سوم شامل دانه و بلال است (کوچکی، ۱۳۷۶).

۲- ۱۱- انتخاب رقم مناسب

انتخاب رقم، بخش مهمی از برنامه ریزی تولید را تشکیل می‌دهد. ارقام هیبرید ذرت با توجه به تنوع زیاد در ویژگی‌های آن‌ها، با هم متفاوتند. این تفاوت بین ارقام، به تولید کننده اجازه می‌دهد که از این تنوع استفاده بهینه نماید. ذرت در ایران معمولاً محصول قبل از گندم و کلزا است. بنابراین، به منظور برداشت به موقع بایستی از هیبریدهایی با دوره رشدونمو کوتاه‌تر استفاده نمود تا بتوان با رطوبت مناسب، برداشت را انجام داد و از تأخیر کشت محصولات بعدی جلوگیری نمود. انتخاب گروه رسیدگی مناسب جهت کاشت در هر منطقه، از جمله کلیدی‌ترین مراحل تولید ذرت محسوب می‌شود. با توجه به اختلاف عملکرد بین گروه‌های مختلف رسیدگی ذرت، اهمیت انتخاب رقم مناسب با گروه رسیدگی منطبق با شرایط محیطی هر منطقه، جای تأمل بیشتری دارد. عملکرد ارقام دیررس در کاشت تأخیری در مقایسه با ارقامی با طول دوره رشد کوتاه‌تر به شدت کاهش می‌یابد. بنابراین، در مناطقی با خطر وقوع سرمای زودرس پاییزه، موضوع انتخاب رقم مناسب با طول دوره رسیدگی منطبق بر شرایط محیطی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۲- ۱۲- تنش

هرگونه اختلال محیطی (بدون توجه به محیط آن) که تعادل آب و کربن را تحت تاثیر قرار دهد، قابلیت تولید را نیز متاثر می‌سازد. اثر تنش‌های محیطی بر قابلیت تولید گیاهان زراعی به منبع ایجاد

تنش بستگی دارد. گزارش شده است که فقط ۱۰٪ از اراضی قابل کشت جهان بدون تنش هستند و حدود ۲۰٪ اراضی تحت تنش‌های مواد معدنی، ۲۶٪ خشکی و ۱۵٪ یخ‌زدگی قرار دارند (بلوم، ۱۹۸۵). بر طبق نظر بویر (۱۹۸۲) تنش‌های محیطی قابلیت تولید کشاورزی آمریکا را نسبت به پتانسیل آن ۲۵درصد کاهش می‌دهند. زمانی که واکنش به عامل محیطی افزایش می‌یابد؛ به عنوان کمبود در نظر گرفته می‌شود و زمانی که واکنش بیشتری وجود ندارد شرایط مطلوب است. وقتی واکنش کاهش می‌یابد، بازدارندگی و مسمومیت دچار تنش می‌شوند. گیاهان زراعی که در محیط‌هایی با تنش‌های زیستی و غیرزیستی مواجه می‌شوند، تحت تنش هستند. هر تغییری در محیط که به رشد و تولید کمتر از حد پتانسیل ژنتیکی گیاه منجر شود(تا جایی که تولید آن غیر اقتصادی گردد)، تنش نامیده می‌شود. بنابراین اصطلاح تنش در کشاورزی معنی‌دار و قابل اندازه‌گیری است (نقوی، ۱۹۹۹). تنش‌های محیطی را معمولاً به دو دسته تقسیم کرده‌اند: تنش‌های بیولوژیکی Biotic stress و تنش‌های فیزیکوشیمیایی. تنش‌های بیولوژیکی شامل حمله آفات و امراض به گیاهان می‌باشد که در محدوده بحث ما نیست. تنش‌های فیزیکوشیمیایی به پنج گروه تقسیم می‌شوند که از بین آن‌ها، خسارت وارده به گیاهان زراعی در اثر تنش‌های کمبود آب، شوری و دما در سطح جهان گسترده‌تر بوده و به همین جهت بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (لویت، ۱۹۸۰). در مناطق خشک و نیمه خشک علاوه بر میزان بارندگی کم، توزیع بارندگی از فصلی تا فصل دیگر و از سالی به سال دیگر متغیر بوده و بنابراین پیش‌بینی میزان و توزیع آن بسیار مشکل است (اهدایی، ۱۳۷۲).

۲- ۱۳- نقش آب در گیاه

پیش از آنکه بشر پا به عرصه حیات روی کره زمین گذارد، گیاهان و جانوران گوناگونی زندگی می‌کرده‌اند که وابستگی کامل به آب داشته‌اند (مهدوی، ۱۳۸۰). نباتات زراعی حتی قارچ‌ها و آلگ‌ها نمی‌توانند بیش از چند روز بدون آب زنده بمانند(رستگار، ۱۳۷۷). آب و هوا یکی از مهم‌ترین عامل رشد و تغذیه گیاهان محسوب می‌شود. گیاهان همیشه برای تکمیل مراحل مختلف نمو (از جوانه‌زنی

بذر تا تولید دانه) شرایط متغیری را تجربه نموده و به سیستم‌های فیزیکی و شیمیایی واکنش نشان می‌دهند، اما خصوصیت اصلی سیستم زنده مقاومت به تغییر و خود تنظیمی می‌باشد (سالیسبوری وراس، ۱۹۹۲). بنا به نظر کرامر و بویر (۱۹۹۵) آب مهم‌ترین جزء یک گیاه است و بیش از ۹۰ درصد وزن‌تر اغلب گیاهان علفی را تشکیل می‌دهد. علاوه بر حلال بودن، آب در تعدادی از واکنش‌های بیوشیمیایی حیاتی به عنوان واکنش‌گر عمل می‌کند، به عنوان مثال آب دهنده الکترون در فتوسنتز است. آب از نظر فیزیولوژیکی، عامل کلیدی در حفظ آماس سلولی می‌باشد. آب برای رشد گیاه ضروری است و دارای وظایفی در کل سیستم می‌باشد، آب باعث استحکام مکانیکی سلول‌های چوبی نشده‌ی گیاه می‌گردد و برای واکنش‌های متابولیکی و سنتزی مورد نیاز می‌باشد و مواد غذایی را به داخل و درون گیاه حمل می‌کند (راشد محصل، ۱۳۷۶).

۲- ۱۴- تنش خشکی

کمبود آب پدیده‌ای رایج در کشت گیاهان است و می‌تواند اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای را بر رشد و نمو آن‌ها بگذارد (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 سوخت‌وساز 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 غیرزنده باعث کاهش محصول می‌شوند (ابرهارت و راسل، ۱۹۶۶). 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 (صباغ‌پور، 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 می‌افتد (چارلیز، ۱۹۹۷). تنش خشکی کمبود آب در گیاه است که بر اثر بیشتر شدن مقدار تعرق از میزان جذب آب صورت می‌گیرد(بری، ۱۹۹۷).

۲- ۱۵- اثرات تنش خشکی

تنش طولانی آب بر گیاه تاثیر فزآینده دارد مثلا با بسته شدن روزنه‌ها میزان فتوسنتز تقلیل پیدا کرده و تامین دی‌اکسیدکربن نیز کاهش می‌یابد. تنش آب همچنین توانایی پروتوپلاسم را برای فتوسنتز کاهش داده و کاهش فتوسنتز باعث می‌شود جابه جایی کربوهیدرات‌ها و مواد تنظیم کننده رشد تقلیل یافته و اختلال در متابولیسم نیتروژن نیز به کاهش آماس و رشد می‌افزاید(کشاورز و صادق‌زاده، ۱۳۷۹). خشکی یکی از عوامل محدود کننده مهم محیطی است که تولید و عملکرد گیاهان زراعی را در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران تحت تاثیر قرار می‌دهد. افزایش رشد و گسترش گیاهان به میزان ذخیره آب آنها بستگی دارد (ایلاگلوا، ۲۰۰۳). کمبود آب به ویژه در دوره‌های فنولوژیکی حساس به تنش، باعث کاهش عملکرد محصول خواهد شد (مجیدیان و غدیری، ۱۳۸۱). تنش خشکی از طریق بسته شدن روزنه‌ها و نرسیدن دی‌اکسیدکربن به کلروپلاست بر فتوسنتز اثر می‌گذارد(هپکینز و هیونر، ۲۰۰۴). از طرفی تنش خشکی عملکرد گیاهان را به طریق زیر کاهش می‌دهد.

۱- کاهش دریافت تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی

۲- کاهش کارایی مصرف نور

۳- کاهش شاخص برداشت (هوگ و ریچارد، ۲۰۰۳).

۲- ۱۶- پاسخ به خشکی

سازگاری در یک گونه، جمعیت یا گیاه می‌تواند به تغییر ساختمان یا متابولیسم در پاسخ به تغییر در محیط اطلاق گردد که بقای فرد یا نتایج آن را افزایش می‌دهد. سازگاری ممکن است از دو طریق صورت گیرد، نخست گیاهان ممکن است فنولوژی، ساختمان یا متابولیسم خود را به منظور کاهش اثرات تنش تغییر دهند. این تغییرات ممکن است در عرض چند ثانیه و یا به تدریج در طول یک فصل رشد صورت گیرد. این فرآیندها معمولا به عنوان تطابق در نظر گرفته می‌شوند؛ دوم این که در جمعیت‌ها، تغییرات محیطی ممکن است ژنوتیپ‌هایی را تولید کند که از بقیه مطلوب‌ترند که سرانجام منجر به تکامل و تنوع خواهد شد. اصلاح جهت مقاومت به تنش صرفا یک بخش تسریع یافته این فرآیند است، اما به سمت اهداف انسان معطوف است. همه تغییرات ناشی از واکنش به خشکی، تطابق محسوب نمی‌شوند. آن‌ها ممکن است نتیجه اختلال یا عدم تعادل در فرآیندهای متابولیکی باشند و توصیف و اهمیت آن‌ها موضوع بحث‌های زیادی بوده است. ویژگی‌هایی‌اند که به نوعی با محیط مرتبط هستند و اصطلاحا ویژگی‌های ساختمانی نامیده می‌شوند(کافی و دامغانی،۱۳۷۹).

۲- ۱۷- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی

گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، از مکانیسم‌های متنوعی برای مقاومت استفاده می‌کنند تا اثرات مخرب تنش را تا حدی کاهش دهند (حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۱- فرار از خشکی

این دسته از گیاهان، دارای دوره رشد بسیار کوتاهی بوده، پیش از رسیدن دوره خشکسالی چرخه رشد خود را با تولید بذر به اتمام می‌رسانند. این مکانیسم در گیاهان مرتعی به خوبی شناخته شده است، اما در گیاهان زراعی پدیده زودرسی هم نوعی فرار از خشکی محسوب می‌شود. این امر به گریز

کامل از خشکی همانند آنچه در گیاهان زودگذر مشاهده می‌شود، منجر نمی‌شود، اما باز هم می‌تواند تا حدی گیاهان را از خشکی آخر فصل دور کند (حیدری، ۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- اجتناب از پسابیدگی

در گیاهان برخوردار از مکانیسم اجتناب از پسابیدگی، محتوای نسبی آب تحت تنش خشکی در مقایسه با گیاهان دیگر حفظ می‌شود. زمانی که این گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند به دلیل داشتن ریشه‌های عمیق‌تر برای دستیابی به اعماق دارای رطوبت خاک، رشد آهسته‌تر سطح برگ و بسته شدن زود هنگام روزنه‌ها بر اثر خشکی، در مقایسه با سایر گیاهان می‌توانند از طریق حفظ پتانسیل آب برگ (نزدیک صفر) از پسابیدگی اجتناب کنند. با این حال، باید توجه داشت که سازگاری نیازمند واکنشی متعادل کننده است، چون همه این مکانیسم‌های اجتناب از پسابیدگی، هزینه‌هایی از نظر فرآیندها دارند. از میان گیاهان با مقاومت قابل توجه به خشکی، برخی گیاهان مانند لوبیا چشم بلبلی وقتی در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند تغییر کمی در پتانسیل آب برگ(به زیر ۲- مگاپاسکال نمی‌رسد) نشان می‌دهند، در حالی که پتانسیل آب برگ گیاهان دیگر مانند ارزن مرواریدی و سورگوم تا کمتر از ۵ مگاپاسکال کاهش می‌یابد و فقط گونه‌های محدودی تحت تنش شدید خشکی می‌توانند پتانسیل آب برگ خیلی پایینی داشته باشند (مانند بوته قطران که پتانسیل آب آن تا ۹- مگاپاسکال پایین می‌آید) (پتری و هال، ۱۹۹۲). گیاهانی که پتانسیل آب برگ پایینی دارند، اگر از نظر اسمزی تنظیم شده باشند و پتانسیل اسمزی سلول‌های آن‌ها کاهش یافته باشد، می‌توانند تا حدی محتوای نسبی آب را حفظ کنند اصلاح‌گری‌های گیاهی ارقام گندم و سورگوم با مقاومت بالا به خشکی را از طریق گزینش برای تنظیم اسمزی ناشی از خشکی شدید در برگ‌ها تولید کرده‌اند. با این حال، این مکانیسم ممکن است در تنظیم اسمزی ریشه‌ها دخالت داشته باشد که نتیجه آن حفظ پتانسیل فشاری در سلول‌های ریشه و حفظ رشد آن است. این امر ارقام اصلاح شده را قادر می‌سازد که در مقایسه باارقام قدیمی به آب بیشتری درخاک دسترسی داشته باشند(لودلاو،

۱۹۹۳). لازم به یادآوری است که این مکانیسم سازگاری تنها زمانی موثر خواهد بود که ریشه‌های عمیق‌تر به طور قابل ملاحظه‌ای به آب بیشتری در خاک دست یابند. برخی گونه‌های گیاهی مانند لوبیا چشم بلبلی با سازگاری فوق‌العاده به تنش خشکی، تنظیم اسمزی خیلی کمی را تحت تنش خشکی نشان می‌دهند (پتری و هال، ۱۹۹۲). گیاهان اجتناب کننده از خشکی سازگاری‌هایی را نشان می‌دهند که به کسب حداکثر آب قابل دسترس یا محدود کردن فعالیت‌هایشان در دوره‌هایی که دسترسی به آب وجود دارد منجر می‌شود. تخصیص بیشتر به ریشه‌ها مشخصه اصلی گیاهان اجتناب کننده از خشکی در محیط‌های خشک است که ریشه این گیاهان ۶۰ تا ۹۰ درصد بیوماس گیاهی را تشکیل می‌دهد. در مقابل، در جنگل‌های مخروطیان ، بیوماس ریشه ۲۵-۲۱ درصد است و در جنگل‌های گرمسیری و خشک ساوانا به ۴۰-۳۰ درصد می‌رسد (فیتر و هی ، ۱۹۸۷). با کاهش قابلیت دسترسی به آب، رشد ریشه به قیمت تولید بیوماس در بالای زمین افزایش می‌یابد (چاپین، ۱۹۸۰). درختچه‌های چند ساله در زیستگاه‌های خشک برای بهره برداری از آب معمولا سیستم‌های ریشه‌ای بدون انشعاب تا ۳۰ متر زیر سطح خاک دارند (پوگنایر و استبان، ۱۹۹۱). در جنگل‌های گرمسیری ساوانا و دشت‌های شمال آمریکا، الگوی ریشه‌دهی، تولید انشعاب‌های فراوان در لایه بالایی خاک و ریشه‌های عمیق است، به طوری که آب و مواد مغذی به صورت کارآمد در طول دوره‌های مرطوب، از لایه‌های بالایی خاک جذب می‌گردند و رطوبت ذخیره شده در اعماق خاک در طول فصل خشک بیرون کشیده می‌شود (فیتر و هی، ۱۹۸۷). رشد و توزیع ریشه از ذخایر آبی خاک تبعیت می‌کند، اما خشکی شدید ممکن است تولید و طویل شدن ریشه‌های جانبی را تحریک کند (جوپ و نیومن، ۱۹۸۷). با تخصیص آب و مواد پرورده بیشتر به ریشه، بیوماس بخش هوایی کمتر می‌شود و سرعت رشد برای کاهش نیازهای کلی منبع کاهش می‌یابد (چاپین،۱۹۹۱). بیشتر گیاهان سازگار به محیط‌های خشک، همزیستی میکوریزی هم دارند که تامین آب و مواد مغذی را بهبود می‌بخشد، اما خود قارچ هم مخزنی برای کربوهیدرات است و ممکن است ۱۰-۵۰ درصد کل مواد پرورده را مصرف کند (فوگل، ۱۹۸۵). در میان سازگاری گیاه به تنش کم‌آبی، خصوصیات برگ از اهمیت ویژه‌ای

برخوردار است (پارخورست و لوکس، ۱۹۷۲). از آن‌جایی که مقاومت انتشار توسط برگ برای جذب CO_2 بیشتر از مقدار نشان داده شده برای اتلاف آب است، هر گونه تغییر در مقاومت قسمت مشترک مسیر، اثر بیشتری روی تلفات تعرقی آب نسبت به مصرف CO_2 دارد (فیتر و هی، ۱۹۸۷). گیاهان با کاهش سطح تبخیر، ممکن است تلفات آب را کاهش دهند و به همین دلیل، برگ‌ها در زیستگاه‌های خشک کوچک‌تر و ضخیم‌تر هستند (ویتکووسکی لامونت، ۱۹۹۱)، اما سرعت بالای فتوسنتز را حفظ می‌کنند (فیلد و مونی، ۱۹۸۶). همچنین، با کاهش اندازه برگ، جریان حرکت گرما به اتمسفر افزایش می‌یابد و با تنظیم زاویه برگ، دریافت تابش خورشیدی می‌تواند کاهش پیداکند (گویمون و مونی، ۱۹۹۷).

از مکانیسم‌های موثر در اجتناب از خشکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۲- ۱۷- ۲- ۱-توسعه ریشه‌ها

سیستم ریشه‌ای گیاهان در این شرایط هر چقدر توسعه یافته‌تر باشد، میزان آبی که در کل در دسترس گیاه و اندام‌های آن قرار می‌گیرد، افزایش می‌یابد. زمانی که گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی افزایش می‌یابد. هر چه محیط خشک‌تر باشد، تمایل به افزایش توسعه ریشه و کاهش توسعه تاج (بخش هوایی) بیشتر می‌شود. در گیاهان یک‌ساله مناطق گرمسیری، ریشه ممکن است ۴۰-۳۰درصد از کل ماده خشک گیاه را شامل شود؛ در صورتی که این نسبت در گیاهان بیابانی چند ساله، به ۹۰درصد نیز می‌رسد. علت این پدیده، به خاطر تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها جهت توسعه و جذب بیشتر آب از لایه‌های عمقی خاک است. گسترش ریشه‌ها جهت توسعه و جذب بیشتر آب از لایه‌های عمقی خاک است (حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- ۲- هدایت روزنه‌ای

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 دهانه روزنه‌ها نقش مهمی دارد. علاوه بر آبسیزیک‌اسید برخی از مواد شیمیایی دیگر همانند، آترازین، سیمازین و دیدرون نیز سبب مسدودکردن دهانه روزنه‌ها می‌شوند. این مواد موجب کاهش مصرف آب می‌گردند (حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- ۳- اندازه و فراوانی روزنه‌ها

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 هدرروی آب مدیریت لازم را برای خود به وجودآورند(حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- ۴- تجمع آبسیزیک‌اسید

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- ۱۷- ۲- ۵- 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(حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- ۶- 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(حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- ۷- تحرکات برگ‌ها

ساده‌ترین شکل، کاهش سطح برگ، لوله‌شدن، تاخوردگی و پژمردگی برگ‌ها در زمان وقوع تنش کمبود آب است(حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۷- ۲- ۸- 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 و تنش خشکی رشد می‌کنند، حرکت برگ‌ها بار گرمایی روی برگ‌های بالایی را کاهش داده، مقدار نوری که به برگ‌های زیرین می‌رسد، افزایش می‌یابد (حیدری،۱۳۹۵).

۲- ۱۸- تحمل پسابیدگی

بیولی (۱۹۷۹) پیشنهاد کرد گیاهان برای زنده‌مانی در خشکی باید سه ویژگی داشته باشند:

۱- آسیب باید قابل ترمیم باشد.

۲- انسجام فیزیولوژیکی در حالت پسابیدگی حفظ شود.

۳-مکانیسم‌های ترمیم باید وجود داشته باشند و در موقع آبدهی مجدد فعالیت کنند.

افزایش حساسیت روزنه‌ای مکانیسمی است که به گیاه اجازه می‌دهد تا در طول دوره‌های خشکی آب را در مقادیر بالا حفظ کند. این واکنش در نتیجه تخلیه آب خاک، افزایش کمبود فشار بخار در اتمسفر یا هر دو رخ می‌دهد (پالاردی و همکاران، ۱۹۹۵). در گونه‌های مختلف، خوگیری به تنش کم‌آبی موجب تغییر هدایت روزنه‌ای می‌گردد (زویازک و بلیک، ۱۹۸۹). گونه‌های دیگر (همزمان با تغییرات کمبود فشار بخار و بدون تغییرات عمده در پتانسیل آب برگ) تغییراتی در هدایت روزنه‌ای نشان می‌دهند (سندفورد و جرویس، ۱۹۸۶). بسته شدن روزنه‌ها، اگر چه یک روش موثر برای به

تعویق انداختن پسابیدگی است، اما می‌تواند فتوسنتز را به زیر نقطه جبرانی کاهش دهد و به ویژه در محیط‌های خشک، به دلیل کاهش میزان تعرق، موجب بالا رفتن دمای برگ‌ها به بیش از دمای محیط شود (فویر و هال، ۱۹۸۰). بعلاوه، نمی‌توان هیچ مطلب کلی درباره ارزش سازگاری حساسیت سلول‌های محافظ به رطوبت محیط عنوان نمود (اسموند و همکاران، ۱۹۸۰). چون واکنش به رطوبت در تعداد زیادی از گونه‌های مورد بررسی، به زیستگاه‌های طبیعی خودشان مربوط نبوده است (شریف، ۱۹۹۷). بنابراین، میزان حساسیت روزنه‌ای متغیر است. با وجود این، آن تغییرات می‌توانند به عنوان واکنش سازگاری به خشکی که مختص گونه است، در نظر گرفته شوند (فیتر و هی، ۱۹۸۷). سازگاری متابولیکی به تنش کم‌آبی موجب می‌شود تا گیاهان با مسیرهای فتوسنتزی مختلف در حساسیت به رطوبت اتمسفر و شیب ناشی از فشار بخار آب به هوا متفاوت باشند. مسیرهای فتوسنتزی CAM و C_4 به وضوح با تعویق پسابیدگی مرتبط هستند (پوگنایر و همکاران، ۱۹۹۹). در گیاهان CAM، بسته شدن روزانه روزنه‌ها همراه با تثبیت CO_2 در تاریکی، تلفات آبی را بدون محدودکردن فتوسنتز کاهش می‌دهد. گیاهان CAM (گیاهان بیابانی آبدار) بالاترین کارآیی مصرف آب و کمترین سرعت رشد را نشان می‌دهند. با وجود این، قدرت تولید برخی گیاهان CAM ممکن است بالا باشد، برای مثال، نوعی کاکتوس در مکزیک و شیلی (با تولید ۴۷ تن در هکتار در سال) یا برخی گونه‌های آگاو (با تولید ۴۲-۳۸ تن در هکتار در سال) به طور متوسط ۴۰-۳۰ تن در هکتار در سال از محصولاتی چون گندم، چغندر قند و یونجه یا بسیاری از گونه‌های درختی در محدوده‌ای از خاک‌های حاصلخیز پیشی می‌گیرند (نوبل، ۱۹۹۲). گونه‌های C_4 در پاسخ به کاهش سطوح CO_2 اتمسفری به وجود آمده‌اند که در طول دوره کرتاسه شروع شده و تا میوسن ادامه یافته است (الرینگر و همکاران، ۱۹۹۱). روزنه‌های گونه‌های C_4 در مقایسه با گیاهان C_3 حساسیت کمتری به اتمسفر خشک دارند که کربن بیشتری را در اتمسفرهای کم‌رطوبت فراهم می‌کنند (مک‌نیتون، ۱۹۹۱). مزیت اکولوژیکی مسیر فتوسنتزی C_4 هنوز نامعلوم است، حتی اگر به کارآیی مصرف آب بیشتری در مقایسه با گونه‌های C_3 منجر شود (پیرسی و الرینگر، ۱۹۸۴). صفات گیاه به جز آن‌هایی که به مسیر فتوسنتزی وابسته‌اند،

باید مسئول سازگاری برخی گونه‌های C_4 به زیستگاه‌های خشک باشند (اسموند و همکاران، ۱۹۸۰). وقتی که آب و نیتروژن در دسترس باشند، گیاهان C_4 سرعت رشد بالایی را نشان می‌دهند و کارآیی مصرف نیتروژن فتوسنتزی آن‌ها بالا است (فیلد و مونی، ۱۹۸۶). با این حال، وقتی که در هر کدام از آن‌ها محدودیت پیش می‌آید، قدرت تولید گونه‌هایC_4 کمتر از گونه‌های C_3 می‌گردد (پیرسی و الرینگر، ۱۹۸۴). به طور کلی ذخیره‌سازی آب به خاطر انتقال آبی بالای برگ از اهمیت کمتری در اجتناب از خشکی برخوردار است. فقط در تعداد کمی از درختان مانند بائوباب و ساگارو مقدار قابل توجهی آب ذخیره می‌شود(کرامر، ۱۹۸۳). در مجموع، هزینه ذخیره‌سازی آب بالاست و بیشتر گیاهان ساختارهای ذخیره‌ای کمی برای آب دارند و یا فاقد آن هستند(چاپین و همکاران، ۱۹۹۰). اگر چه در طول دوره‌های خشکی، گیاهان ممکن است پسابیدگی را به تعویق بیندازند، اما اگر خشکی ادامه یابد، پسابیدگی ممکن است شدید و جدی شده و به آسیب و مرگ آن‌ها منجر گردد. تحمل پسابیدگی صفتی مختص گونه است (از ۱/۲- مگاپاسکال در گیاهان آبزی تا ۱۰- مگاپاسکال یا بیشتر در برخی گزروفیت‌ها) (کرامر، ۱۹۸۳). پسابیدگی معمولا موجب آسیب جدی و به‌هم ریختگی غشا و اندامک‌ها، پارگی مکانیکی پروتوپلاسم، تخریب غشاهای سلولی، غیرطبیعی شدن پروتئین و جهش‌های ژنی می‌شود. محتوای کلروفیل کمتر تحت تاثیر تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد، اما به طور کلی محتوای پروتئین، گلیکولیپیدها و فسفولیپیدها در کلروپلاست کاهش می‌یابند (پرابا و همکاران، ۱۹۸۵). خسارت به وجود آمده از اتلاف آب، بخصوص فتوسیستم II را تحت تاثیر قرار می‌دهد (کانانی و همکاران، ۱۹۸۶). کاهش جذب کربن تحت تنش کم‌آبی از طریق کاهش فعالیت بسیاری از آنزیم‌های چرخه کالوین نیز رخ می‌دهد. این اثر تا زمانی که تنش خشکی جدی نباشد به طور کامل برگشت‌پذیر است (سینگال و همکاران، ۱۹۸۵). فعالیت نیترات‌ردوکتاز کاهش‌یافته (ری و سیسون، ۱۹۸۶) و فعالیت آنزیم‌های تنفس در تاریکی افزایش می‌یابد، به‌طوری که فرآیندهای غیر مشابه بیش از دو برابر می‌شوند. آزمایشات مختلف نشان داده‌اند که تحمل خشکی شامل حفظ خصوصیات غشا از

طریق عرضه و پخش مواد محلول آلی و کاهش تعداد و فعالیت گروه‌های تیول حمل شده توسط ماکرومولکول‌ها می‌باشد (فیتر و هی، ۱۹۸۷).

یک روش برای افزایش تحمل خشکی از طریق کاهش پتانسیل اسمزی به وسیله تجمع مواد محلول است، به طوری که آماس و فرآیندهای وابسته به آن ممکن است به طور قابل توجهی آب قابل دسترس کمتری را حفظ کنند. این تنظیم اسمزی امکان بزرگ شدن سلول و رشد گیاه را تحت تنش آبی بالا فراهم می‌کند و روزنه‌ها را باز نگه‌داشته و جذب CO_2 را به جز در سطوح بازدارنده ادامه می‌دهد (کرامر، ۱۹۸۳). با این حال، شواهد حاکی از آن است که تنظیم اسمزی شاید رشد را فقط برای مدت کوتاهی حفظ کند و برای ادامه رشد برگ در گیاهانی که تحت تنش کم‌آبی هستند، به خوبی مؤثر نباشند (ویلسون و لودلاو، ۱۹۸۳) یا نقش مهمی در توزیع گونه‌ها ایفا کند (تورنر و همکاران، ۱۹۸۷). با وجود این، تنظیم اسمزی می‌تواند دو وظیفه را انجام دهد : الف) گسترش طول عمر بافت‌های فعال در فاصله بارندگی‌های ناپایدار و ب) گسترش دوره آماده‌سازی بافت برای خشکی (سخت‌شدن به خشکی) (مک‌نیتون، ۱۹۹۱). علاوه بر این، اگر چه کنترل روزنه‌ای یا کاهش سطح برگ موجب کاهش ویژه در قدرت تولید می‌شود، تنظیم اسمزی امکان حفظ فتوسنتز و رشد حداقل برخی از بخش‌های گیاه را زمانی که کمبود آب افزایش می‌یابد فراهم می‌کند. بنابراین، در دوره‌های رشد، هزینه تنظیم اسمزی باید کمتر باشد، حتی اگر املاح انباشته شده نتوانند در جای دیگری مورد استفاده قرار گیرند (تورنر و جونز، ۱۹۸۰). زمانی که تنش کم‌آبی برطرف می‌شود، تنظیم اسمزی بر عکس شده و ممکن است در تغییرات روزانه تا ۰/۷- مگاپاسکال برسد (هر چند مقدار ۰/۱- مگاپاسکال معمول‌تر است). به نظر می‌رسد که یک سقف متابولیکی برای هر گونه وجود دارد (ویلسون و لودلار، ۱۹۸۳). بسیاری از مواد محلول ممکن است در تنظیم اسمزی استفاده شوند. یون‌های معدنی (غیرآلی) مانند سدیم، پتاسیم و کلر مسئول اکثر پتانسیل‌های اسمزی در گونه‌های مختلف می‌باشند (وین جونز و گرهان، ۱۹۸۳)، اما قندها و اسیدهای آمینه، به ویژه پرولین (ناواری ایزو و همکاران،

۱۹۹۰) از تنظیم کننده‌های عمده اسمزی در گیاهان آوندی هستند (مورگان، ۱۹۸۴). دلیل آن احتمالا سهولت ذخیره‌سازی اسمولیت(مولکول‌های اسموتیکی غیرفعال مانند نشاسته یا پروتئین) به مقدار زیاد است که ممکن است وظایف مختلفی را انجام دهند و از این طریق می‌توانند تحت شرایط تنش بازیابی (Recovery) شوند. به‌نظر می‌رسد که سنتز ترکیبات جدید و مسیرهای بیوشیمیایی در طول تنظیم اسمزی درگیر نیستند (تورنر و جونز، ۱۹۸۰). در عوض احتمالا اختلال در مسیرهای متابولیکی طبیعی از طریق تنش آبی، مسئول تولید مواد محلول درگیر در تنظیم اسمزی است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که درجه تحمل خشکی با توانایی تحمل تغییرات در خواص الاستیکی سلول در ارتباط است. افزایش بخش بزرگی از قابلیت ارتجاع در نتیجه خشکی، به نگهداری شیب پتانسیل آبی بیشتر از طریق زنجیره خاک – گیاه – اتمسفر با تغییر کم در محتوای نسبی آب منجر می‌گردد (نوبل، ۱۹۹۱)، درنتیجه توانایی استخراج تدریجی رطوبت از خاک خشک را افزایش می‌دهد. اگر چه افزایش قابلیت ارتجاع در واکنش به تنش خشکی مشاهده شده است (ریزوپولو،۱۹۹۰)، الگوهای فصلی در میان گیاهان وحشی تحت تنش محیطی مشابه، متفاوت بوده (دیویس و مونی، ۱۹۸۶) و در گیاهان کشت شده نتیجه‌ای نداشته است. مکانیسم تحمل پسابیدگی برگ به خوبی درک نشده است. یک فرضیه این است که در محتوای نسبی بحرانی آب، فرآیندها متوقف یا شروع می‌شوند. اما، گیاهان عالی ممکن است واکنش نشان ندهند یا بر اثر پسابیدگی آسیب ببینند. محتوای نسبی آب بافت گیاهی، اندازه‌گیری حجم نسبی سلول را امکان پذیر می‌سازد و گیاهان ممکن است به تغییرات حجم یا به احتمال زیاد به تغییرات فشار آماس (نه به سطح پسابیدگی) واکنش نشان دهند. لولاو و موچو (۱۹۹۰) سطوح کشنده وضعیت پایین آب را در گیاهان بررسی کرده و دریافتند که در سطوح مختلف خشکی خاک، در محتوای نسبی بحرانی آب (۳۲درصد) (صرف نظر از اختلافات قابل توجه در سطح تنظیم اسمزی و پتانسیل آب برگ) مرگ برگ لوبیای سودانی رخ می‌دهد. در گیاه لوبیای سودانی، محتوای نسبی آب در زمان وقوع آماس صفر حدود ۸۰ درصد است (فلاور و لودلاو، ۱۹۸۶). بنابراین، محتوای نسبی آب ۳۲درصد می‌تواند نشانگر برگی باشد که به فروپاشی درونی غیر قابل برگشت

دیواره‌های سلولی ناشی از سطح بحرانی فشار آماس منفی دچار شده است. فرضیه دیگر آن است که مرگ برگ ناشی از تنش خشکی در واقع پیری برنامه‌ریزی شده است که با تغییرات علایم هورمونی دریافت شده از ریشه‌هایی که در معرض کاهش روزانه میزان رطوبت خاک قرار دارند ایجاد می‌شود (هال، ۱۹۹۳). در این فرضیه، غشاهای پلاسما در سلول‌های برگ با خروج سلول‌های برگ با خروج مواد محلول از سلول‌ها، به تغییرات علائم هورمونی واکنش نشان می‌دهند که به بازیافت مواد مغذی از برگ‌های در حال پیر شدن منجر می‌شود. کاهش فشار اسمزی (افزایش در پتانسیل املاح) در داخل سلول‌ها به کاهش آب، آماس منفی و فروپاشی سلول‌ها می‌انجامد (هال، ۲۰۰۱). به نظر می‌رسد تحمل پسابیدگی و کاهش فعالیت آب در بذرهایی که در زمان رسیدگی خیلی خشک می شوند مهم باشد. ترکیبات ویژه در طول نمو بذر تجمع می‌یابند که احتمالا در جلوگیری از آسیب رسیدن به جنین در حین خشک شدن نقش دارند. این ترکیبات شامل قندها (کاستر و لئوپولد، ۱۹۸۸) و پروتئین‌ها می‌باشند (کلوز، ۱۹۹۶). توانایی تولید تعداد زیادی بذر متحمل به خشکی، بخش مهمی از چرخه زندگی نهاندانگان است. به‌نظر می‌رسد که بافت‌های زایشی به مکانیسم‌های حفاظت ساختاری و ترمیم بافت‌های رویشی سازگاری پیدا می‌کنند. الیور و همکاران (۲۰۰۰) پیشنهاد کردند که مکانیسم تحمل خشکی در بذرهای تکامل یافته ابتدایی‌ترین شکل تحمل پسابیدگی است.

۲- ۱۹- تنش خشکی در گیاه ذرت

مبداء ذرت از مناطق نیمه خشک است، اما کمبود آب عملکرد مزرعه‌ای این گیاه را کاهش می‌دهد (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۱۹۹۷). ذرت گیاهی است که برای تولید ماده خشک کارآیی مصرف آب بالایی داشته و در طول دوره زندگی خود به ۵۰۰-۸۰۰ میلی متر آب نیاز دارد (حسین، ۲۰۰۹). باوجود اختلافات ژنوتیپی در مقاومت به تنش کم‌آبی، ذرت به طور کلی به تنش خشکی بسیار حساس است (موخاریب، ۲۰۰۶). بنابراین، نیازمند تامین آب از طریق آبیاری یا بارندگی است (فارل و اکیف، ۲۰۰۷). بر اساس نظر لام و همکاران (۱۹۹۴) حساسیت بالای ذرت به تنش کم‌آبی نشان می‌دهد که

تحت شرایط محدودیت آب مدیریت آبیاری بدون کاهش عملکرد دشوار است. این گیاه در تمام مراحل نمو برای تولید مناسب به آب کافی نیاز دارد (رفیعی و همکاران، ۲۰۱۱). ظاهرا مقاومت ذرت به تنش خشکی در مراحل اولیه رشد بیشتر از زمانی است که گیاه به طور کامل نمو یافته باشد (دایلون و همکاران، ۱۹۹۵). جوانه‌زنی ذرت نیازمند رطوبت مناسب خاک است. بنابراین، در کشت آبی ذرت (بسته به خصوصیات خاک) باید قبل یا بعد از کاشت آبیاری انجام شود و کشت دیم در خاکی صورت گیرد که تا عمق یک متر مرطوب باشد (فارل و اکیف، ۲۰۰۷). کاهش پتانسیل آب خاک به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و افت رشد گیاهچه منجر می‌شود (دلاچایو و دی‌پینهو، ۲۰۰۳). فارسیانی و قبادی (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی گردیده و طول گیاهچه و وزن خشک آن را کاهش می‌دهد. سرعت رشد گیاه ذرت براثر تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد (چاپمن و وستگیت، ۱۹۹۳؛ رولی، ۲۰۰۸). تنش خشکی به کاهش شاخص سطح برگ ذرت منجر می‌گردد (استون و همکاران، ۲۰۰۱؛ ساه و زامورا، ۲۰۰۵). تعداد برگ در بوته هم تحت تنش کم‌آبی کاهش پیدا می‌کند که این امر در افت عملکرد دانه ذرت مؤثر می‌باشد (ریکاردی و همکاران، ۱۹۹۸). میانگین دمای برگ ذرت با تشدید تنش کم‌آبی افزایش یافته و تحت تنش‌های شدید آبی بیشتر از دمای هوا می‌شود. میانگین عملکرد دانه ذرت تحت آبیاری مطلوب به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای با آبیاری محدود می‌باشد. در واقع افزایش دمای برگ به دلیل تنش خشکی و بسته‌شدن روزنه‌ها ممکن است کارآیی گیاه و عملکرد دانه را بسته به شدت تنش کاهش دهد (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۱۳۹۰). تنش خشکی در مرحله ظهور کاکل، میزان کلروفیل برگ دو واریته ذرت را کاهش داده است (سانچز و همکاران، ۱۹۸۳). کاهش میزان کلروفیل برگ ذرت بر اثر تنش خشکی توسط درویش بلوچی و همکاران (۱۳۸۹) و سپهری و مدرس ثانوی (۲۰۰۳) هم گزارش شده است. کاهش کلروفیل برگ ذرت تحت کمبود شدید آب ممکن است تا حدودی از جذب کمتر مواد مغذی ناشی شود (دلیل و همکاران، ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد که محدودیت آب، اثرات منفی بر محتوای نسبی آب و غشای سلولی در برگ‌ها دارد که می‌تواند به صورت بالقوه عملکرد ذرت در

مزرعه را کاهش دهد (دلیل و قاسمی گلعذانی، ۱۳۹۰). ارتفاع بوته ذرت هم تحت تاثیر محدودیت آب کاهش می‌یابد (سامیس و همکاران، ۱۹۸۸). آبرچت و کاربری (۱۹۹۱) دریافتند که تنش در مرحله رویشی به کاهش ارتفاع و بیوماس ذرت منجر می‌گردد. ذرت در طول مراحل زایشی نسبت به خشکی بسیار حساس است (ریبیوت و همکاران، ۱۹۹۷). گیاهی که خشکی کوتاه مدت را در مرحله تاسل‌دهی تجربه کرده و در سایر مراحل به صورت مطلوب آبیاری گردد ممکن است بیوماس قابل توجهی تولید کند، اما تعداد دانه کمتری در هر بلال خواهد داشت. دو مکانیسم ممکن است تا حدودی حساسیت ذرت به خشکی را مشخص سازد. مکانیسم اول به تاخیر ناشی از خشکی در ظهور ابریشم و نه تاسل‌دهی مربوط می‌شود، به این ترتیب که همزمانی تولید آن‌ها مختل می‌گردد و ابریشم‌های کمتری گرده‌افشانی می‌شوند. برای گیاهان با آبیاری مطلوب، ابریشم‌ها تقریبا همزمان با شروع گرده‌افشانی تاسل‌ها، از غلاف برگ بلال خارج می‌شوند. خشکی اغلب ظهور ابریشم را به تاخیر می‌اندازد و دانه‌های گرده زنده هستند، اما اغلب آن‌ها قبل از ظهور ابریشم می‌ریزند (هال و همکاران، ۱۹۸۲). در نتیجه، گرده‌افشانی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و به ازای هر ابریشمی که گرده افشانی نمی‌شود، یک دانه کمتر روی بلال وجود خواهد داشت.

مقاومت به خشکی در ذرت گرمسیری با گزینش بر اساس کاهش فاصله ابریشم‌دهی گلدهی تحت خشکی افزایش یافته است. گزینش مکرر ذرت برای سه تا هشت دوره، عملکرد دانه را ۳۰ تا ۸۰درصد افزایش داده است، بدون اینکه تغییری دربیوماس کل بخش هوایی برای گیاهانی که در طول گلدهی تحت تنش خشکی رشد کرده بودند، ایجاد شود (ادمیدز و همکاران، ۱۹۹۹). عملکرد دانه تحت خشکی به شدت و به طور منفی با فاصله ابریشم‌دهی گلدهی همبستگی داشته و با هیچ یک از صفات فیزیولوژیکی یا مورفولوژیکی نشان دهنده بهبود وضعیت آب گیاه، مرتبط نبوده است (بولانوس و ادمیدز، ۱۹۹۶؛ چاپمن و ادمیدز، ۱۹۹۹). محققان پیشنهاد کرده‌اند که وقتی ذرت برای افزایش مقاومت به خشکی در زمان گلدهی اصلاح می‌شود، گزینش برای عملکرد دانه باید در خزانه‌ای با

آبیاری مطلوب در فاصله ابریشم‌دهی گلدهی و تنش آبی شدید در زمان گلدهی صورت گیرد (بولانس و ادمیدز، ۱۹۹۶). کمبود آب در مرحله گلدهی، موجب کاهش سطح برگ، ابریشم‌دهی، رشد ساقه، نمو دانه‌ها و افت معنی‌دار عملکرد دانه (بانزیگر و همکاران، ۲۰۰۰) و در مرحله بحرانی کاکل‌دهی و تشکیل بلال موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ و کلیه اجزای عملکرد می‌گردد. وقوع تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، عملکرد دانه ذرت را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش می‌دهد (چاکیر، ۲۰۰۴). کاهش وزن دانه ذرت در شرایط تنش بر اثر کاهش سرعت و دوره پر شدن دانه می‌باشد (نی اسمیت و ریچی، ۱۹۹۲). عملکرد دانه بالا در گیاهان تحت آبیاری مطلوب، با دانه‌های بیشتر در واحد سطح و بیوماس گیاه ذرت مرتبط است. تحت شرایط تنش کم‌آبی، رقابت درون بوته‌ای و بین بوته‌ای برای آب و مواد غذایی باعث می‌شود تا گیاهان نتوانند حداکثر بیوماس خود را تولید کنند (قاسمی گلعذانی و دلیل، ۲۰۱۱).

فصل سوم – مواد و روش‌ها

۳- ۱- موقعیت و زمان اجرای طرح

این آزمایش درمزرعه‌ای واقع در شهرستان جاجرم با طول جغرافیایی ً۰۵ .َ۲۵. ْ۵۶ و عرض جغرافیایی ً۴۹.َ۵۷ .ْ۳۶ و با ارتفاع ۹۴۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۶ انجام شد.

۳- ۲- 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 (۸روز) به عنوان شاهد و دوبرابر دور آبیاری متداول منطقه (۱۶روز) به منظور کم‌آبیاری در کرت‌های اصلی و ۶ رقم (یا لاین) ذرت (سینگل‌کراس۷۰۴، Maxima، BC678، AS71 ، Simon، KSC ۷۰۳) 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 گرفته‌شد. هر پلات نیز مشتمل بر چهار ردیف کاشت بود و یک ردیف نکاشت که به عنوان مرز بین هر دو پلات مجاور قرار گرفت. فاصله بین خطوط کاشت ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود.

۳-۳- مشخصات ارقام مورد استفاده

مشخصات ارقام ذرت مورد آزمایش در جدول ۳-۱ آمده‌است.

جدول ۳- ۱- مشخصات ارقام ذرت مورد آزمایش

	منشا	مورداستفاده	تعدادروزرسیدن (علوفه‌ای)	گروه رسیدگی	رنگ دانه
KSC 703	ایران	دانه‌ای- علوفه‌ای	۹۰-۹۵	FAO 700 دیررس	زرد
سینگل کراس۷۰۴	آمریکا	دانه‌ای- علوفه‌ای	۱۰۰-۱۱۰	FAO 700 دیررس	زرد
Maxima	مجارستان	دانه‌ای- علوفه‌ای	۱۰۵-۱۱۰	FAO 580 میان رس	نارنجی
BC 678	کرواسی	دانه‌ای- علوفه‌ای	۹۰-۹۵	FAO 600 میان رس	زرد متمایل به نارنجی
AS 71	آمریکا	دانه‌ای- علوفه‌ای	۹۰-۹۵	FAO 580 میان رس	زردمتمایل به نارنجی
Simon	اسپانیا	دانه‌ای- علوفه‌ای	۹۰-۹۵	FAO 600 میان رس	نارنجی

۳- ۴- مشخصات خاک شناسی مزرعه

از خاک نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال شد. از سه نقطه کل زمین به صورت تصادفی از عمق ۳۰ سانتیمتری خاک نمونه‌برداری شد و بعد از اختلاط ۳ نمونه با هم، حدود دو کیلوگرم از این خاک مخلوط شده را به عنوان نمونه برداشته و به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمون خاک مزرعه دذ جدول ۳-۲ و میانگین آمار هواشناسی محل انجام آزمایش از سال ۱۳۹۵تا۱۳۸۶ در جدول ۳-۳ آمده‌است.

جدول ۳- ۲- نتایج آزمون خاک مزرعه از عمق ۰ تا۳۰ سانتی‌متری

آنالیز	مشخصه	واحد	نتیجه نمونه	حدود متعادل
واکنش خاک	pH	-	۷/۶۹	۶/۵ -۷
هدایت الکتریکی	EC	Ms/Cm	۲۷/۶۰	<۴
درصد اشباع خاک	SP	%	۳۴/۰۳	۳۵ -۴۰
مواد خنثی شونده	TNV	%	۳۰/۵۰	<۱۰
کربن‌آلی	O.C	%	۰/۲۴۸	۱/۵ -۲
نیتروژن	N	%	۰/۰۱۹	۰/۱ -۰/۲
فسفر	P	PPM	۱۴/۱۰	۱۵ -۲۰
پتاسیم	K	PPM	۲۷۵	۳۰۰-۳۵۰
شن	Sand	%	۲۲	۴۰
میزان لای	Silt	%	۵۰	۳۰
میزان رس	Clay	%	۲۸	۳۰
آهن	Fe	PPM	-	۱۰
مس	Cu	PPM	-	۰/۵

جدول۳-۳- میانگین آمار هواشناسی محل انجام آزمایش از سال ۱۳۹۵تا۱۳۸۶

دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۸۶												
ردیف	ماه	میانگین دما				رطوبت(درصد)			تبخیر(میلیمتر)	بارندگی(میلیمتر)		
		میانگین روز	میانگین حداکثر	میانگین حداقل	حداکثر مطلق	حداقل مطلق	میانگین روزانه	میانگین حداکثر	میانگین حداقل	میانگین مجموع	میانگین مجموع	
۱	مهر	۱۹/۹	۲۶/۲	۱۲/۴	۳۶/۷	۳	۳۸	۷۷	۱۸	۲۰۳	۳/۵	
۲	آبان	۱۱/۲	۱۷/۵	۵/۴	۲۸/۲	-۵/۸	۵۱	۸۷	۲۱	۹۲	۶/۹	
۳	آذر	۴/۱	۹/۸	-۰/۱	۲۱/۵	-۱۳/۳	۶۳	۹۴	۲۷	۲۴/۵	۱۵	
۴	دی	۱/۵	۷/۱	-۳/۳	۱۶/۲	-۱۳/۲	۶۴	۹۴	۲۷	*	۶/۷	
۵	بهمن	۱/۶	۸/۸	-۱/۵	۱۹/۴	-۱۶/۳	۶۴	۹۵	۲۸	*	۱۸/۷	
۶	اسفند	۱۱/۲	۱۴/۹	۲/۸	۳۰	-۷/۷	۵۴	۹۱	۱۶	*	۱۳/۲	
۷	فروردین	۱۴/۴	۲۱/۳	۷/۹	۳۲/۴	-۳/۶	۴۷	۸۷	۱۵	۱۷۴/۳	۲۴	
۸	اردیبهشت	۱۹/۷	۲۷/۴	۱۳/۸	۳۵/۹	۳/۴	۴۴	۸۶	۱۵	۲۷۹/۵	۱۶/۹	
۹	خرداد	۲۶/۱	۳۲/۹	۱۸/۵	۴۰/۶	۱۱/۶	۳۷	۷۵	۱۲	۴۰۴/۴	۷/۸	
۱۰	تیر	۲۸	۳۵/۵	۲۱/۳	۴۲/۵	۱۳/۵	۳۷	۷۳	۱۱	۴۴۷	۶/۹	
۱۱	مرداد	۲۹	۳۵/۳	۲۱	۴۲/۸	۱۵/۱	۳۵	۷۱	۱۰	۴۳۶/۷	۰/۶	
۱۲	شهریور	۲۲/۷	۳۲	۱۷/۷	۳۷/۶	۷/۸	۳۸	۷۴	۱۱	۳۲۴	۲/۶	

۳- ۵- عملیات کاشت

برای آماده‌سازی زمین جهت کشت در ۲۰ فروردین ماه ۱۳۹۶ شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار، دو مرتبه دیسک عمود برهم جهت خرد کردن کلوخه‌ها و سپس به وسیله دستگاه کودپاش سانتریفیوژ مقدار ۲۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات‌تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات‌پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد بنتونیت‌دار در هکتار مصرف شد سپس با یک دیسک به عمق ۲۰ سانتی متر اختلاط کودها با خاک انجام شد و در انتها تسطیح زمین توسط لولر صورت گرفت. در تاریخ ۱۰ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ پس از ایجاد جوی پشته با فاصله ۷۰ سانتی‌متر کشت به صورت دستی به فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر به پایان رسید.

۳- ۶- عملیات داشت

آبیاری به روش نواری تا مرحله ۴ برگی جهت استقرار گیاه به صورت دور متداول منطقه، با فاصله ۸روز، انجام و پس از آن طبق نقشه طرح، تنش خشکی شروع شد. عمل وجین علف‌های هرز و دو مرحله کود سولفات‌آمونیوم در مزرعه در دوره رشد صورت گرفت.

۳- ۷- عملیات برداشت

عملیات برداشت در ۱۵ شهریورماه (زمان رسیدگی فیزیولوژیکی) صورت گرفت.

۳- ۸- روش‌های اندازه‌گیری صفات

نمونه‌برداری‌ها با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. در ضمن بعد از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری هر صفت، میانگین هر صفت جهت ارزیابی در نظر گرفته شد.

۳-۸-۱-وزن تر برگ و ساقه

برای محاسبه وزن‌تر، درزمان رسیدگی فیزیولوژیکی از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی ۵ بوته نمونه‌گیری و پس از این که بلال‌ها از بوته جدا شدند، برگ‌ها نیز از محل ساقه بریده شده، توزین ساقه و برگ به تفکیک با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد.

۳-۸-۲-وزن ۱۰۰ دانه

از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی ۵ بلال انتخاب و نمونه‌گیری شد بعد از جدا و مخلوط کردن تمامی دانه‌ها با یکدیگر به طور تصادفی تعداد یکصددانه جدا و با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد.

۳-۸-۳- تعیین محتوای نسبی آب برگ (RWC)

برای تعیین مقدار محتوای نسبی آب برگ، طبق روش ریچی و همکاران(۱۹۹۰) در زمان ظهور رشته‌های ابریشمی، طی ساعات ۱۲تا ۱۳ برگ از گیاه جدا و به آزمایشگاه انتقال یافت. وزن برگ بلافاصله اندازه‌گیری شد. سپس نمونه داخل یک بشر به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا آب جذب نموده و به آماس کامل برسد. در مرحله بعد این نمونه برگ در داخل پاکت قرار داده شد و در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت جهت خشک شدن 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.

$$RWC = (FW-DW) / (TW-DW) \times ۱۰۰$$

۳-۸-۴- تعیین کلروفیل

تعیین محتوای کلروفیل در زمان ظهور رشته‌های ابریشمی و توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (Minolta SPAD-502 japan) ارزیابی گردید. بدین صورت که برای هر پلات سه بوته و از هر بوته سه نقطه (ابتدا، مرکز و انتهای) برگ انتهایی، کلروفیل اندازه‌گیری شد. ملاک برای هر پلات میانگین داده‌ها می‌باشد.

۳-۸-۵-شاخص پایداری غشا

شاخص پایداری غشا از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌های برگ ارزیابی شد. برای این منظور نمونه‌های برگ به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر درون آب مقطر با حجم ۲۰ میلی لیتر منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد نگهداری و سپس هدایت‌الکتریکی اندازه‌گیری شد. در ادامه برای به دست آوردن نشت ثانویه، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد و از طریق فرمول زیر شاخص پایداری غشا محاسبه شد(شیفراو و باکر، ۱۹۹۶).

شاخص پایداری غشا = (۱ – (نشت ثانویه / نشت اولیه)) ×۱۰۰

۳-۸-۶-دمای برگ

در زمان ظهور رشته‌های ابریشمی طی ساعات ۱۲تا ۱۳ ظهر در سه نقطه از آخرین برگ توسعه یافته ۳ بوته از هر واحد آزمایشی توسط ترمومتر لیزری، به‌این صورت که از فاصله ۳۰ سانتی متری برگ لیزر را به سطح برگ تابانده و دمای برگ اندازه‌گیری شد و در نهایت میانگین نه دما محاسبه گردید.

۳- ۸- ۷- شاخص سطح برگ (LAI) به روش وزنی

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی مزرعه، از هرواحد آزمایشی ۳ بوته نمونه‌گیری شد بوته‌ها از محل طوقه جدا شده و برگ‌ها از ساقه جدا و سطح برگ‌ها به روش وزنی اندازه‌گیری شد. با اندازه‌گیری سطح برگ توسط کاغذ شطرنجی و وزن خشک همان برگ در چند نمونه، اقدام به برآورد معادله رابطه سطح برگ با وزن برگ گردید. سپس شاخص سطح برگ در کلیه کرت‌ها به‌دست آورده شد.

۳- ۸- ۸- استخراج عصاره برای سنجش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز

سنجش فعالیت آنزیم‌ها، استخراج عصاره با استفاده از روش کار و میشرا (۱۹۷۶)، پس از انتقال نمونه ها در کنار یخ خشک، در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام پذیرفت. بدین‌منظور، برای اندازه‌گیری آنزیم‌ها ابتدا مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت تر گیاهی با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار(با pH =۶/۸) در هاون چینی سرد هموژن گردید. سپس عمل سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه (در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) انجام پذیرفت. در نهایت فاز شفاف رویی جدا شد و در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و این عصاره پروتئینی به‌دست‌آمده، برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده گردید (برادفورد، ۱۹۷۶).

۳- ۸- ۹- آنزیم گایاکول پراکسیداز

برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز از روش چنس و مهلی (۱۹۵۵) همراه با تغییراتی استفاده گردید. سه میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل ۲/۷ میلی‌لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار (با ۶/۸ =

pH)، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول (۰/۶ مولار)، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه (۱/۲ مولار) بود. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. میزان جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر در زمان ۶۰ ثانیه بعد از اضافه کردن آب اکسیژنه اندازه‌گیری و جهت محاسبه فعالیت آنزیم به‌کاررفت. در نهایت فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز بر اساس میکرومول تتراگایاکول تشکیل شده ضریب خاموشی (ε) برابر با ۲۶/۶ m M-1Cm-1 در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

۳- ۸- ۱۰- تعیین فعالیت کاتالاز

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 پراکسیدهیدروژن سبب کاهش جذب این ماده در طول موج ۲۴۰ نانومتر می‌شود و از تفاوت جذب A240 در واحد زمان، اندازه‌گیری می‌شود. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از روش چانس و مهلی (۱۹۹۵) همراه با تغییراتی استفاده شد. بدین‌منظور محلول واکنش جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز در حجم ۳ میلی‌لیتر (شامل ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH = ۶/۸، ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۰/۴۵ مولار و عصاره آنزیمی به میزان ۵۰ میکرولیتر) بود. 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 با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل UV2160) در ۱ دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه قرائت گردید. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز براساس ضریب خاموشی (ε) برابر با ۴۰ میلی‌مولار بر سانتی‌متر در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید. مخلوط واکنش شامل ۵/۲ میلی‌لیتر بافر فسفات۵۰

میلی‌مولار(PH=۷) شامل۰/۲میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۱ درصد و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. سپس فعالیت آنزیم کاتالاز به‌صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه‌شد. برای سنجش فعالیت از کاتالاز از ضریب خاموشی Mm^{-} ($۰/۰۴۳^{1}\ Cm^{-1}$) استفاده شد.

۳-۸-۱۱- تعداد دانه در ردیف

از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی ۵ بلال انتخاب و نمونه‌گیری شد بعد از شمارش تعداد دانه‌ها در هر ردیف میانگین‌گیری و ثبت داده انجام گرفت.

۳-۸-۱۲- تعداد ردیف در بلال

از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی ۵ بلال انتخاب و نمونه‌گیری شد بعد از شمارش تعداد ردیف در هر بلال میانگین‌گیری و ثبت داده انجام گرفت.

۳-۸-۱۳- عملکرد دانه

۳ نمونه تصادفی از ۰/۲۵ مترمربع از هر واحد آزمایشی در زمان خشک شدن دانه‌ها و جداسازی و توزین دانه‌ها پس از مخلوط کردن ۳ نمونه با هم انجام شد و در انتها با توجه به تراکم (تعداد بوته در مترمربع)، برحسب تن در هکتار تبدیل شدند.

۳-۸-۱۴- عملکرد علوفه‌تر

۳ نمونه تصادفی از ۰/۲۵ مترمربع از هر واحد آزمایشی در زمان خمیری شدن دانه‌ها و توزین آن‌ها پس از خردکردن و مخلوط‌کردن ۳ نمونه با هم انجام شد و با توجه به تراکم (تعداد بوته در مترمربع)، برحسب تن در هکتار تبدیل شدند.

۳-۸-۱۵- عملکرد بیولوژیکی

برای محاسبه عملکرد بیولوژیکی، از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی ۵ بوته نمونه‌گیری و پس از خردکردن در پاکت‌های کاغذی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار گرفتند و بعد از زمان مذکور توزین شدند.

۳-۹- آنالیزهای آماری

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و Mstat-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمونLSD صورت گرفت. رسم جداول و شکل‌ها به وسیله نرم‌افزارExcel ۲۰۱۶ انجام پذیرفت.

فصل چهارم - نتایج و بحث

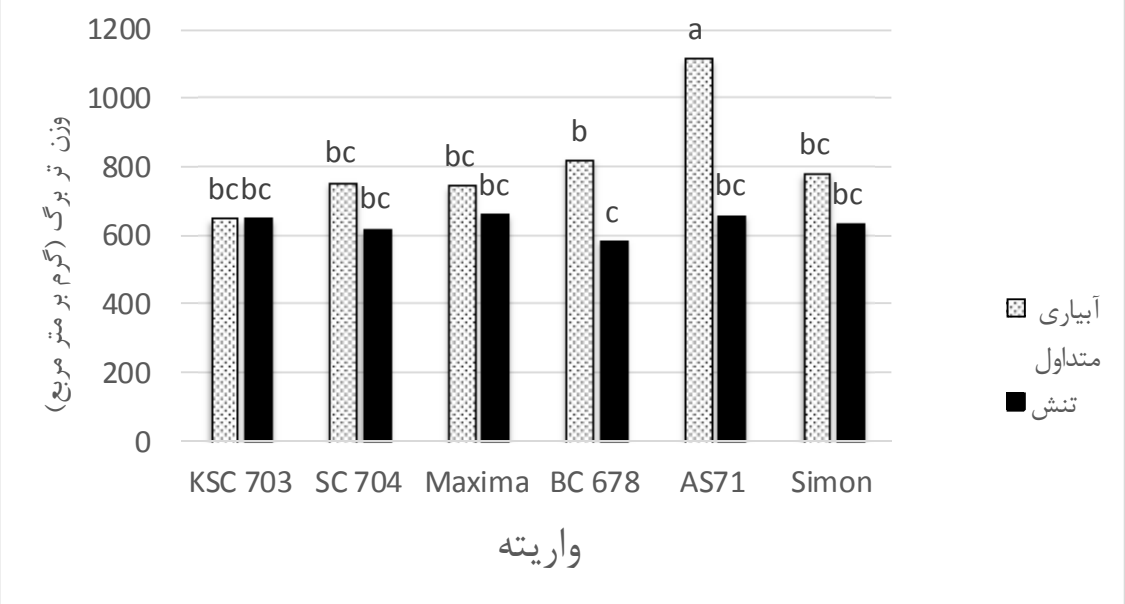
۴-۱- وزن تر برگ

در این آزمایش، اثر تنش خشکی بر وزن تر برگ معنی‌دار به‌دست نیامد (جدول۱-۴)، ولی با این وجود، وزن‌تر برگ در تیمار آبیاری از تیمار کم‌آبیاری بیشتر بود. آزمایش نیسانی و همکاران (۱۳۹۰) چنین نتیجه‌ای را داشته‌اند و وزن‌تر برگ‌ها پاسخ معنی‌داری به قطع آب نشان نداده بود .در آزمایش حاجی‌بابایی و همکاران (۱۳۹۰) هر چند که اثر تنش خشکی برروی وزن‌تر برگ تفاوت معنی‌دار داشت اما به هر حال وزن تر برگ تحت تاثیر تنش خشکی اعمال شده کاهش یافت. با این حال، اثر رقم و اثر متقابل این عامل با واریته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در بین ۶ رقم به کار برده شده در این آزمایش ، بیشترین وزن تر برگ به رقم ۷۱ AS به مقدار ۸۸۷/۱۸ گرم و با ۲۶/۱۲ درصد کاهش، کمترین وزن تر برگ به رقم ۷۰۳ KSC ۶۵۵/۴۲ گرم اختصاص یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل، بیشترین وزن تر برگ به رقم ۷۱ AS در شرایط بدون وجود تنش خشکی تعلق داشت (شکل ۴-۱). 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.

جدول ۴-۱- نتایج تجزیه واریانس وزن تر برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۳۰۱/۸۵
تنش (I)	۱	۲۶۷۶۵۴/۴۷ ns
اشتباه ۱	۲	۲۸۷۵۸/۷۲
رقم (V)	۵	۴۰۹۷۰/۸۲ *
V × I	۵	۳۸۳۱۲/۱۱ *
اشتباه ۲	۲۰	۱۴۰۱۶/۴۵
ضریب تغییرات	---	۱۶/۳۷

**,*و ns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و واریته بر وزن تر برگ

۴-۲- وزن تر ساقه

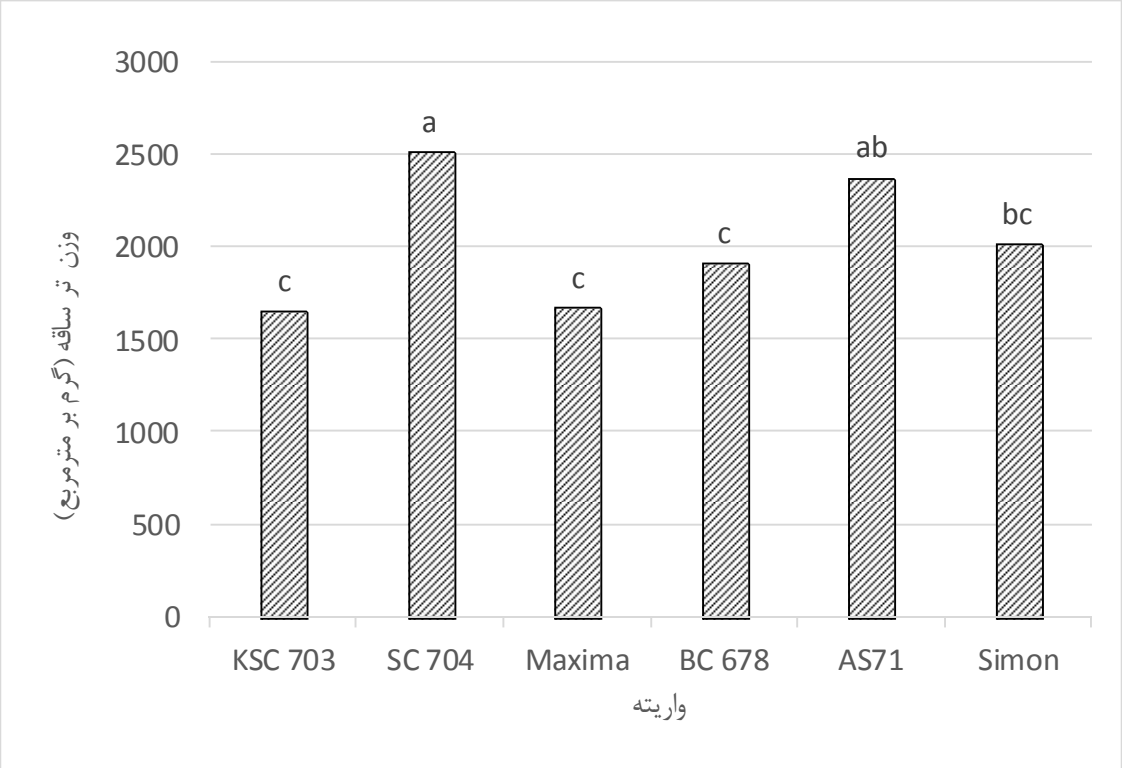
اثر تنش برروی وزن تر ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول۴-۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار آبیاری با ۲۰/۶۶ درصد افزایش نسبت به تیمار کم‌آبیاری، ۲۲۶۲/۸۹ گرم وزن‌تر ساقه داشت که در شکل ۴-۲ آمده‌است. اعمال تنش رطوبتی به دلیل کاهش میزان رشد رویشی گیاه، میزان وزن‌تر اندام‌های رویشی (برگ و ساقه) را کاهش می‌دهد (شرست و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش وزن‌تر ساقه توسط تنش رطوبتی توسط پژوهشگرانی نظیر شسلر و وستگیت (۱۹۹۱) نیز گزارش شده‌است. این نتیجه همچنین در آزمایش نیسانی و همکاران (۱۳۹۰) به دست آمده و معنی‌داری اثر تنش خشکی بر وزن ساقه مشاهده گردیده است. اثر رقم هم مانند تیمار تنش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بدست آمد (جدول۴-۲). همانطورکه شکل مقایسه میانگین نشان می‌دهد، بیشترین وزن تر مربوط به رقم سینگل کراس۷۰۴ با ۲۵۱۴/۹ گرم و رقم KSC ۷۰۳ کمترین وزن را داشتند (شکل۴-۳). شایان ذکر است که بین ارقام، رقم KSC ۷۰۳ و دو رقم دیگر اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. حاجی بابایی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایش خود معنی‌داری تیمار تنش و هیبرید و غیرمعنی‌داری اثر متقابل را نتیجه گرفته‌اند که هر سه مورد دقیقا منطبق بر نتایج این آزمایش می‌باشد.

جدول ۴-۲- نتایج تجزیه واریانس وزن تر ساقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۹۶۰۴۸/۵
تنش (I)	۱	۱۹۶۷۷۱۲/۲۴ **
اشتباه ۱	۲	۲۷۹۷/۱۷۸
رقم (V)	۵	۷۵۱۷۹۶/۵۶ **
V × I	۵	۱۶۴۹۲۰/۰۲ ns
اشتباه ۲	۲۰	۱۰۹۹۵۲/۶۴
ضریب تغییرات	---	۱۶/۳۴

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

شکل ۴ -۲- مقایسه میانگین اثر تنش بر وزن تر ساقه



شکل ۴- ۳- مقایسه میانگین اثر واریته بر وزن تر ساقه

۴- ۳- وزن ۱۰۰دانه

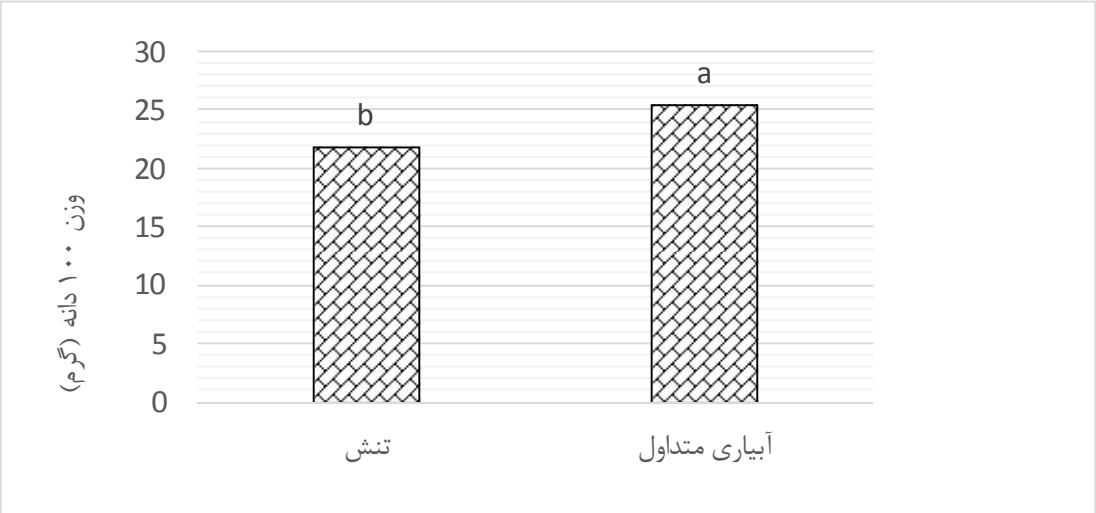
باتوجه به جدول تجزیه واریانس، اثر تنش در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول۴-۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که وزن ۱۰۰دانه در تیمار آبیاری متداول، ۱۴/۳۷ درصد از تیمار کم‌آبیاری بیشتر است (شکل۴-۴). این نتایج با مشاهدات ولدآبادی و همکاران (۱۳۷۸) مطابقت دارد. همچنین چکر(۲۰۰۴) و اسبورن و همکاران (۲۰۰۲) نیز کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه را در اثر تنش کمبود آب گزارش کرده‌اند. اثر ارقام مختلف بعد از انجام تجزیه واریانس غیرمعنی‌دار تشخیص داده شد(جدول۴-۳). همان طورکه در جدول ۴-۳ آمده‌است، اثر متقابل تنش و رقم غیرمعنی‌دار شد. در آزمایش شیخی و همکاران (۱۳۹۱) مشخص شد که هیبریدهای مختلف ذرت از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند. هیبریدهای دارای وزن هزاردانه بالاتر، دارای پتانسیل عملکرد دانه و شاخص برداشت زیادتری هستند (باسطی و همکاران، ۱۹۹۳). تنش آبی با اثر بر فرایند بازشدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش

داده و به طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها شود(زالتو و لیدن، ۲۰۱۲). یان و همکاران(۲۰۱۶) کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در تیمار تنش آبی در مرحله پرشدن دانه را به تولید دانه‌های چروکیده با وزن کمتر نسبت دادند. کمبود آب در مرحله پرشدن دانه‌ها موجب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، مواد پرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌های ذرت می‌شود (کامان و همکاران۲۰۱۱). به‌علاوه، کوتاه‌شدن دوره رشد دانه و در نتیجه زودرسی در اثر تنش کم‌آبی یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای اعمال تنش آبی در مرحله پرشدن دانه است(ریبیوت و همکاران،۲۰۱۲). عملکرد بالقوه بستگی به وزن هزاردانه دارد که خود نیاز به تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها دارد و هر چه تنش در مرحله پرشدن دانه شدیدتر باشد، وزن صددانه از طریق کاهش فتوسنتز و افت سرعت و مقدار مواد انتقالی تنزل می‌یابد(کوچکی، ۱۳۷۶).

جدول ۴-۳- نتایج تجزیه واریانس وزن ۱۰۰ دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۵/۵۵۶
تنش (I)	۱	۱۲۲/۰۸ *
اشتباه ۱	۲	۲/۸۵
رقم (V)	۵	۲۳/۶۴ ns
V × I	۵	۱۳/۸۴ ns
اشتباه ۲	۲۰	۳۴/۳۲
ضریب تغییرات	---	۲۴/۶۴

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴ -۴- مقایسه میانگین اثر تنش بر وزن ۱۰۰دانه

۴- ۴- محتوای نسبی آب برگ

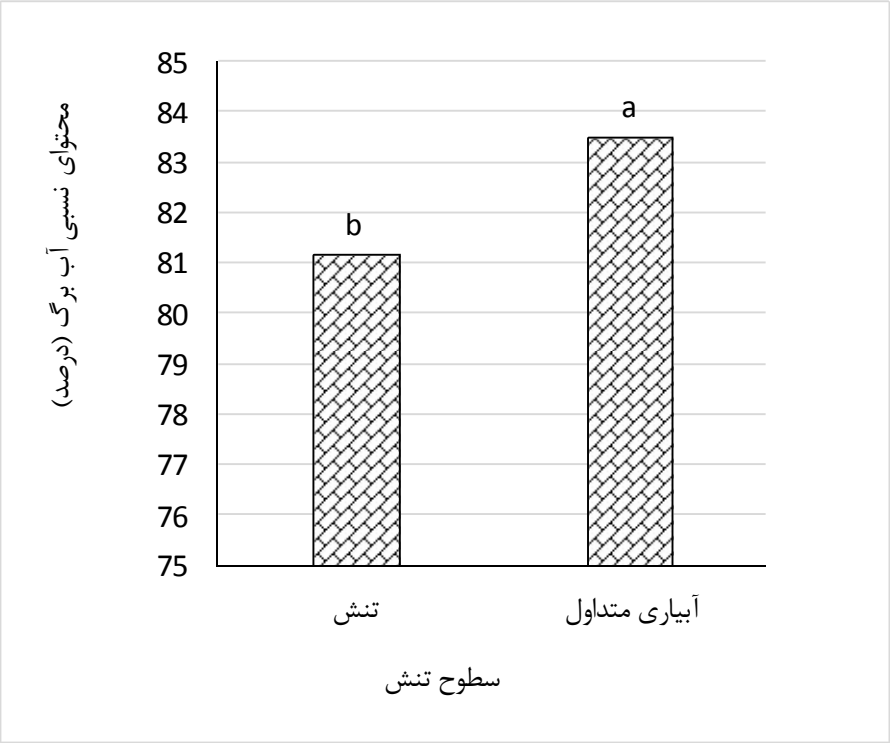
بین سطوح آبیاری و کم‌آبیاری از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف مشاهده شد (جدول ۴-۴). محتوای نسبی آب برگ در تیمار آبیاری کامل ۸۳/۵۲ بود که در تیمار کم‌آبیاری ۲/۷۹ درصد کاهش داشت (شکل۴-۵). در یک بررسی، تیمار تنش شدید و ملایم در مرحله رویشی به طور میانگین به ترتیب به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد محتوای نسبی آب برگ را نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند (مرادی و همکاران، ۱۳۸۴). کاهش محتوای نسبی آب برگ نشان دهنده کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی است و موجب کاهش رشد می‌گردد (دال و دایلس، ۱۹۹۵). با خارج شدن آب از خاک و عدم جایگزینی آن، پتانسیل آب در منطقه ریشه کاهش یافته و اگر مقاومت‌ها در گیاه ثابت بمانند به منظور حفظ سرعت تعرق، پتانسیل آب در گیاه به طور مشابهی کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲). گزارش‌های ارائه شده توسط ساکی‌نژاد (۱۳۸۲)، رفیعی (۱۳۸۱)، سپهری و همکاران (۱۳۸۱)، ارجمند (۱۳۷۷) و بهنام‌فر (۱۳۷۶) و نیز با این واقعیت که محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد، مطابقت داشت. عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب در گیاه متحمل‌ترین دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد. به عبارتی در شرایط تنش خشکی ریشه‌ها قادر به تامین آب از دست رفته ازطریق تعرق نبوده و درنتیجه پتانسیل

آب برگ کاهش پیدا می‌کند. تورکان و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایشی روی گونه‌ای از لوبیا نشان دادند که در شرایط تنش کمبود آب، محتوای نسبی آب برگ لوبیا کاهش می‌یابد. یافته‌های محققان دیگر همانند اریکسون و همکاران (۱۹۹۱) نیز نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود. به نظر می‌رسد کاهش آب برگ به دلیل تعرق زیاد و جایگزین نشدن آن به علت عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در تیمار تنش خشکی باشد. اسمیت (۱۹۸۸) نیز نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش میزان آب اولیه برگ می‌شود. نتایج آزمایش اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد آزمایش را نشان نداد (جدول ۴-۴). محققان در رابطه انواع گیاهان گزارش کرده‌اند که ارقام مقاوم دارای محتوای آب نسبی بالاتری نسبت به ارقام حساس بوده‌اند (سانچز–رودریگوز و همکاران، ۲۰۱۰). اثر متقابل هر دو تیمار تنش و رقم غیرمعنی‌دار شد(جدول ۴-۴). محمدزاده و همکاران(۱۳۹۱) نیز واکنش دو رقم حساس و مقاوم سویا را به تنش خشکی بررسی و نشان دادند که اثر متقابل تنش خشکی و رقم برروی این صفت غیرمعنی‌دار شد.

جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۶۵/۵۵
تنش (I)	۱	۴۸/۵۸ *
اشتباه ۱	۲	۱/۰۶۶
رقم (V)	۵	۱۹/۸۱ ns
$V \times I$	۵	۱۰/۲۹ ns
اشتباه ۲	۲۰	۱۰/۱۶
ضریب تغییرات	---	۳/۸۷

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۵- مقایسه میانگین اثر تنش بر محتوای نسبی آب برگ

۴- ۵- کلروفیل

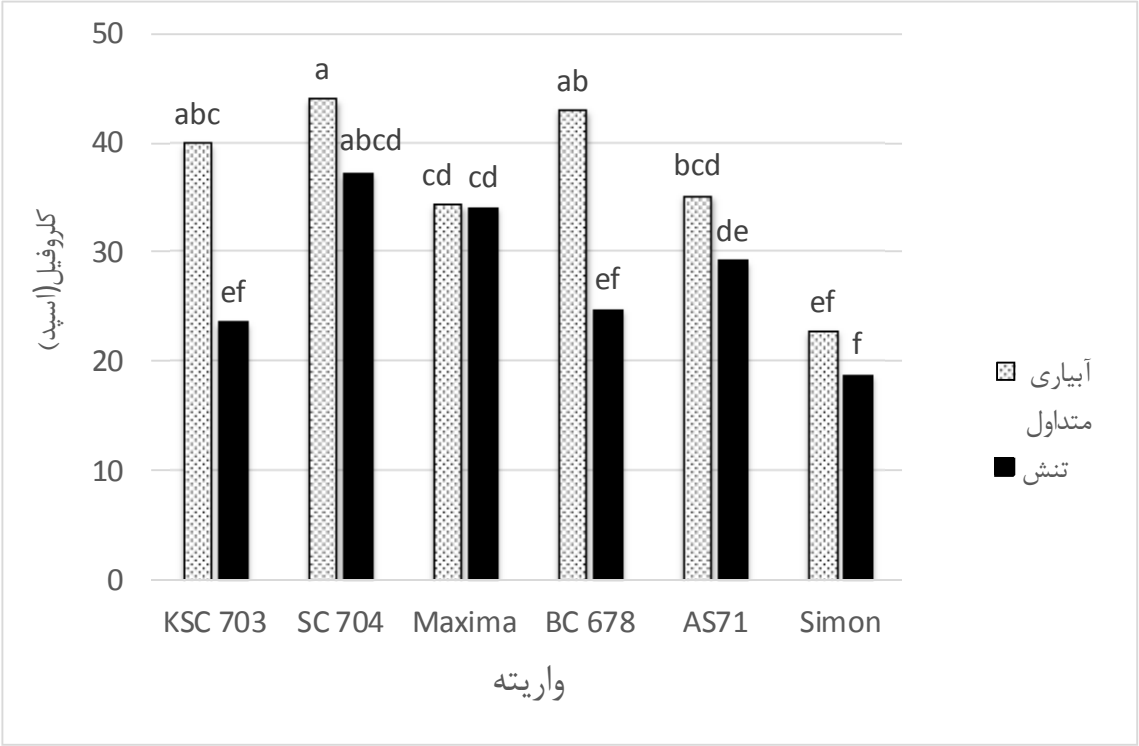
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تنش بر محتوای کلروفیل در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۴-۵). اثررقم در سطح ۱٪ و اثر متقابل رقم با تنش نیز معنی‌دار به‌دست آمد(جدول ۴-۵). بالاترین محتوای کلروفیل برگ در رقم سینگل‌کراس۷۰۴ و شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد (شکل۴-۶). کمترین محتوای کلروفیل به رقم Simon در شرایط کم آبیاری تعلق گرفت. کاهش سنتز کلروفیل از واکنش‌های عمومی گیاه نسبت به کمبود آب می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۲؛ کوچکی و علیزاده، ۱۳۷۰). آلبرت و همکاران (۱۹۹۷) و پازوکی (۱۳۷۹) با مطالعه تاثیر تنش آبی بر بخش نوری فتوسنتز و سیستم رنگیزه‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش شدت تنش آبی کاهش پتانسیل آب خاک، روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد، آن‌ها در

بررسی گیاهان چهارکربنه نظیر ذرت نشان دادند که تخریب رنگیزه‌های کلروفیل در سلول‌های مزوفیل نسبت به سلول‌های غلاف آوندی بیشتر و شدیدتر است. ساکی‌نژاد (۱۳۸۲) در آزمایش مشابهی در ذرت گزارش داد تنش خشکی ازطریق ایجاد محدودیت در توانایی جذب نیتروژن توسط گیاه، موجب اختلال در فرآیند ساخت کلروفیل گردید. از نظر میاشیتا و همکاران (۲۰۰۵) فعالیت فتوسنتز برگ می‌تواند به عنوان وسیله‌ای مفید برای طبقه‌بندی گیاهان متحمل به خشکی استفاده شود. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش سنتز ترکیب رنگدانه کلروفیل (الله‌وردی، ۲۰۰۲) و یا به اکسیداسیون لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین نسبت داد (تامبوسی، ۲۰۰۰).

جدول ۴-۵- نتایج تجزیه واریانس کلروفیل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۲۲/۹۶
تنش (I)	۱	۴۲۲/۳ *
اشتباه ۱	۲	۳۱/۳۱۵۸
رقم (V)	۵	۲۶۲/۰۳ **
$V \times I$	۵	۶۱/۶۵ *
اشتباه ۲	۲۰	۲۴/۳۲
ضریب تغییرات	---	۲۲/۸

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم بر کلروفیل

۴- ۶- شاخص پایداری غشا

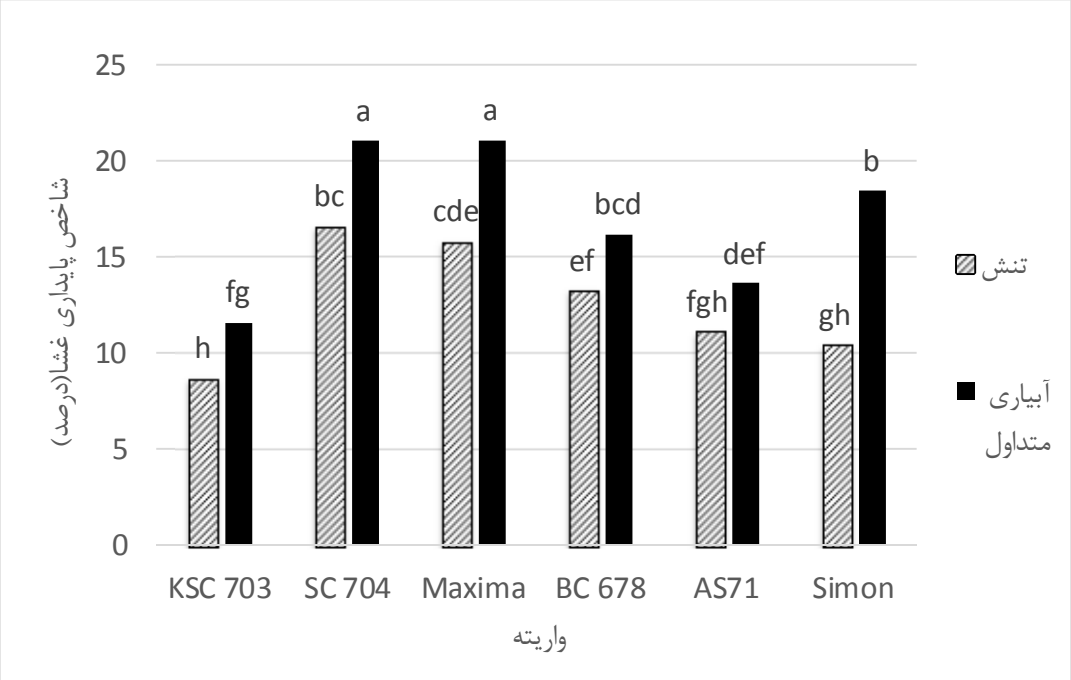
براساس نتایج تجزیه واریانس، علاوه بر اثرات اصلی، برهمکنش تنش خشکی و واریته بر این صفت در سطح ۵درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۶). کمترین شاخص پایداری غشا در رقم KSC ۷۰۳ در شرایط تنش به دست آمد (شکل ۴-۷). رقم ماکسیما در شرایط آبیاری متداول توانست بالاترین شاخص پایداری غشا را به خود اختصاص دهد. تحت شرایط تنش رطوبتی یکی از اولین بخش‌های گیاهی که آسیب می‌بیند غشای پلاسمایی است (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳). زیرا در شرایط تنش خشکی، تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، نظیر رادیکال‌های سوپراکسید ۲، هیدروژن پراکسید ۳ و رادیکال‌های هیدروکسیل ۴ افزایش می‌یابد (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) و غشای سلولی پس از مواجه شدن با تنش آبی انسجام خود را حفظ کند و واپاشیده نشود و به همین علت محققین ثبات غشا سلولی تحت شرایط تنش رطوبتی 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. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دو لایه‌ای غشاء حالت هگزاگونال (شش وجهی) و ساختار غشاء به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد به طور کلی تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و درنهایت کاهش شاخص پایداری غشاء سلول در گیاهان مختلف می‌شود (میرجلیلی، ۱۳۸۴). خزاعی (۱۳۸۱) گزارش کرده است 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 رطوبتی، پایداری غشاء سلولی جزء اصلی تحمل به تنش خشکی در گندم است. در طی بررسی اثر تنش خشکی برروی چهار رقم سورگوم مشخص شد که پایداری غشا سیتوپلاسمی تحت تاثیر میزان موم اپی‌کوتیکولی، ضخامت کوتیکول و پتانسیل آب برگ‌ها قرار می‌گیرد (پرماچندرا، ۱۹۹۲).

جدول ۴- ۶- نتایج تجزیه واریانس شاخص پایداری غشا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۳/۱۵
تنش (I)	۱	۱۶۹/۸۲ *
اشتباه ۱	۲	۳/۰۵
رقم (V)	۵	۸۶/۲۷ **
V × I	۵	۶/۵۲ *
اشتباه ۲	۲۰	۲/۳۶
ضریب تغییرات	---	۱۰/۳۶

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و واریته بر شاخص پایداری غشا

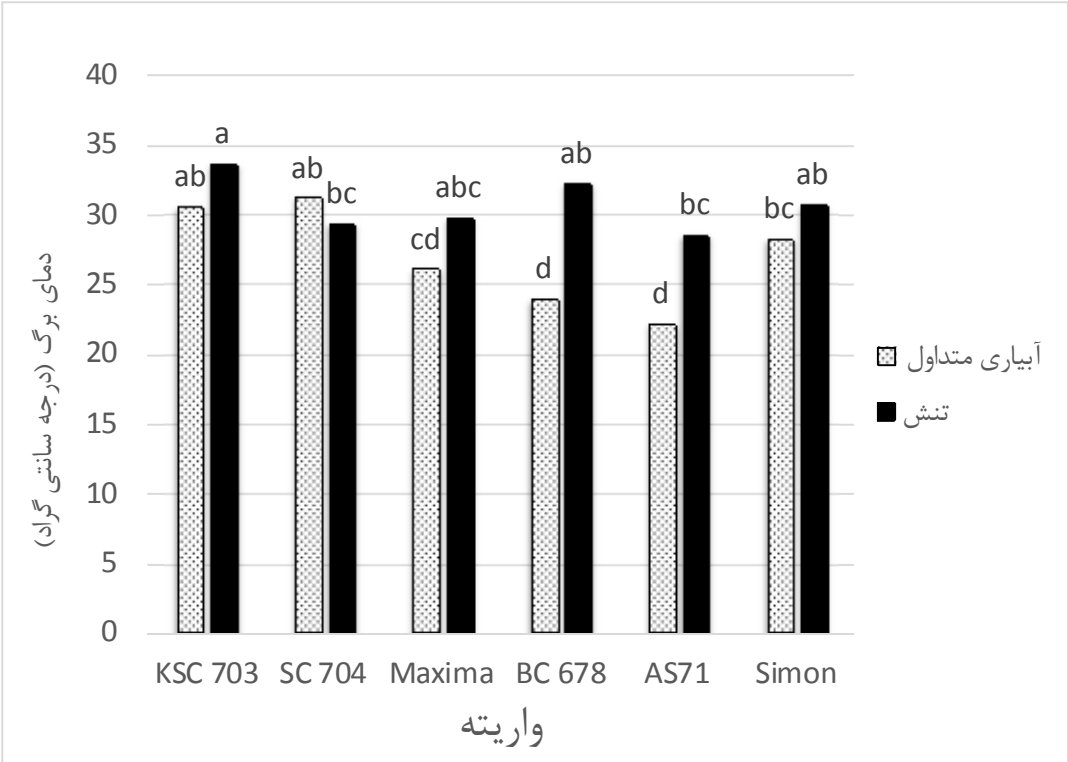
۴- ۷- دمای برگ

همان‌گونه که در جدول تجزیه‌واریانس آمده‌است، اثرات اصلی و متقابل تنش خشکی و واریته بر دمای برگ معنی‌دار گردید (جدول ۴-۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین دمای برگ در شرایط تنش خشکی و رقم ۷۰۳ KSC بدست آمد و کمترین دمای برگ در وضعیت آبیاری کامل و رقم۷۱ AS و BC678 دیده شد (شکل ۴-۸). طبق نتیجه تحقیق قاسمی گلعذانی و همکاران (۱۳۹۰)، تیمارهای مختلف آبیاری، دمای برگ را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند و میانگین دمای برگ با افزایش شدت کم‌آبی افزایش یافت که این دقیقا منطبق بر یافته آزمایش ما بود .به طور کلی دمای سایه‌انداز گیاهی با تنش خشکی همبستگی دارد به طوری که با کاهش رطوبت خاک، پتانسیل آب‌خاک و تعرق کاهش می‌یابد که بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی می‌گردد (کارسوا و همکاران، ۱۹۹۸). روزنه‌ها نسبت به تنش کم‌آبی واکنش نشان می‌دهند (لویی و همکاران، ۲۰۱۰) و بسته شدن روزنه‌ها بر اثر تنش خشکی دلیل بالا رفتن دمای برگ است (رادین و همکاران، ۱۹۹۴).

جدول ۴- ۷- نتایج تجزیه واریانس دمای‌برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۵/۵۷
تنش (I)	۱	۱۲۰/۴۱ *
اشتباه ۱	۲	۲/۵۵
رقم (V)	۵	۳۲/۱۳ **
V × I	۵	۱۸/۱۵ *
اشتباه ۲	۲۰	۶/۲۱
ضریب تغییرات	---	۸/۶۵

**,*و ns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم بردمای‌برگ

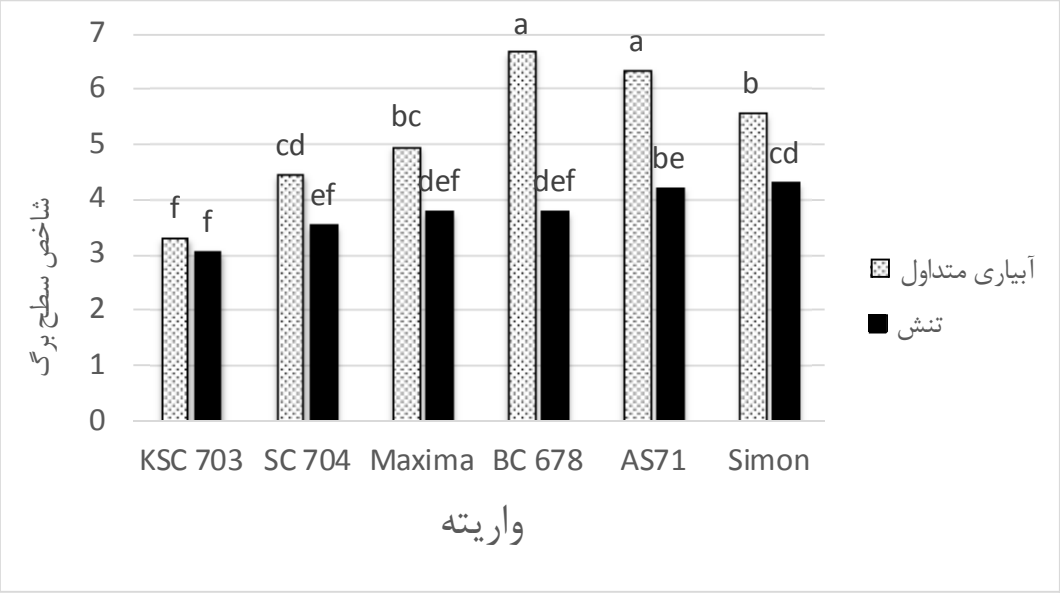
۴-۸- شاخص سطح برگ

اثر تنش خشکی و رقم بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۴-۸). برهمکنش این دو فاکتور نیز معنی‌دار به‌دست‌آمد. بیش‌ترین شاخص سطح برگ مربوط به رقم BC 678 بود (شکل ۴-۹). این درحالی است که در مقایسه با ارقام دیگر، بالاترین تأثیر پذیری از تنش خشکی (درصد کاهش) نیز در همین رقم دیده‌شد. محمدزاده و همکاران (۱۳۹۱) در آزمایش خود معنی‌داری اثر تنش بر شاخص سطح برگ را نتیجه گرفتند و عنوان کردند که تنش خشکی اعمال شده منجر به کاهش سطح برگ لوبیا گردید. 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 دربرابر 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 که نتیجه مشابه حاصل گردید. آن‌چه مشخص است این که توسعه سریع برگ‌ها پس از آن که گیاه در معرض تنش قرارمی‌گیرد، 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) گزارش‌کرد که کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و رشد و افزایش پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. ولف و همکاران (۱۹۸۸) عقیده‌دارند که وجود تنش‌های مختلف محیطی، پیری برگ‌ها را تشدیدکرده و در نهایت به کاهش سطح برگ ذرت منجرمی‌شود.

جدول ۴-۸- نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۱۶۲
تنش (I)	۱	۱۰/۸۲ *
اشتباه ۱	۲	۰/۵۲
رقم (V)	۵	۳/۲۳ **
V × I	۵	۰/۵۷ *
اشتباه ۲	۲۰	۰/۱۸
ضریب تغییرات	---	۹/۸۵

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین اثرمتقابل تنش و رقم بر شاخص سطح برگ

۴- ۹- کاتالاز

در بررسی نتایج تجزیه واریانس مشخص‌شد که اثر تنش، اثر ارقام و همچنین برهم‌کنش هر دو تیمار، غیرمعنی‌دار شدند(جدول۴-۹). بر همین اساس، میانگین این صفت ارایه‌نشد.

جدول ۴-۹- نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم کاتالاز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۰۳۳
تنش (I)	۱	۰/۰۰۰۵۱ ns
اشتباه ۱	۲	۰/۰۰۰۷۴۱
رقم (V)	۵	۰/۰۰۰۰۲۵ ns
V × I	۵	۰/۰۰۰۰۶۶ ns
اشتباه ۲	۲۰	۰/۰۰۰۰۶۷
ضریب تغییرات	---	۳۹/۲۰

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

۴- ۱۰- گایاکول پراکسیداز

همان‌طورکه در جدول تجزیه واریانس آمده‌است، تنها اثر تنش خشکی بر فعالیت این آنزیم در سطح ۵درصد معنی‌دار شد(جدول۴-۱۰). تیمار آبیاری‌متداول ۰/۶۸ میلی‌مول فعالیت آنزیم‌گایاکول پراکسیداز بیشتری از تیمار تنش‌داشت(شکل۴-۱۰). بلوخینا و همکاران (۲۰۰۳) 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 و همین‌طور گایاکول‌پراکسیداز

آنزیمی موثر در تجزیه پراکسیدهیدروژن می‌باشد که با کمک آسکوربات زدودن پراکسیدهیدروژن را انجام می‌دهد. آسکوربات دهنده الکترون بوده و سبب کاهش پراکسیدهیدروژن به آب می‌شود.

جدول ۴-۱۰- نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۱۳
تنش (I)	۱	۴/۲۴ *
اشتباه ۱	۲	۰/۰۷۶
رقم (V)	۵	۰/۶۴ ns
V × I	۵	۰/۲۶ ns
اشتباه ۲	۲۰	۰/۳۵
ضریب تغییرات	---	۲۵/۸۴

**,*و ns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

شکل ۴- ۱۰- مقایسه میانگین اثر تنش بر فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز

۴- ۱۱- تعداد دانه در ردیف

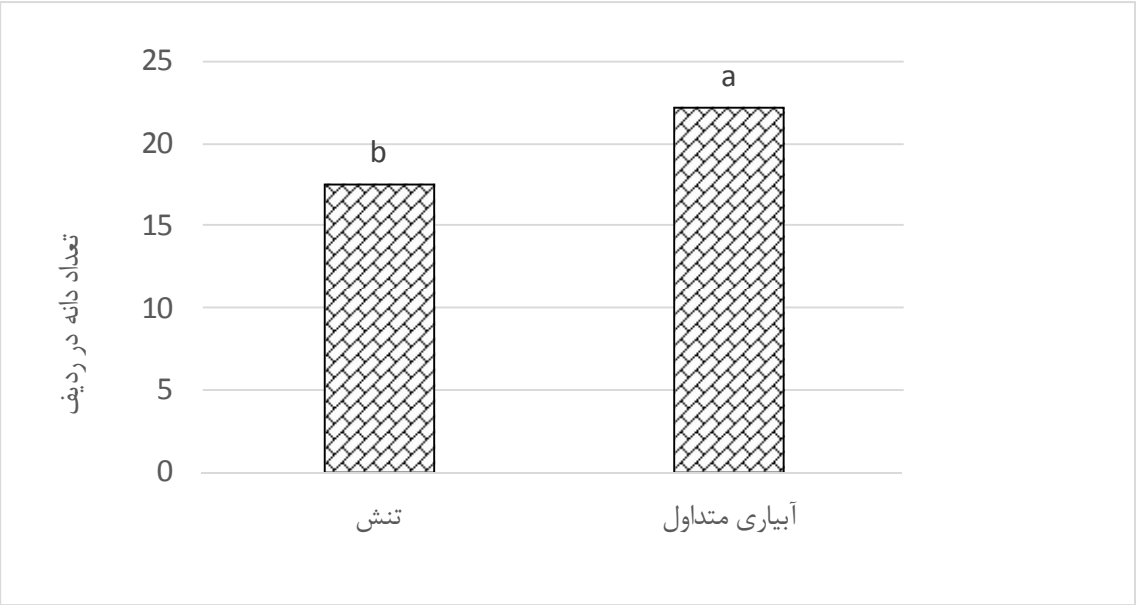
نتایج نشان داده اثر تیمار تنش بر تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال۱درصد معنی‌دار بود(جدول۴-۱۱) بیشترین تعداد دانه در ردیف مربوط به تیمار آبیاری متداول با ۲۱/۱۳ درصد بیشتر از تیمار تنش بود(شکل۴-۱۱). شسلر و وستگیت(۱۹۹۱) گزارش کردند، تنش خشکی به‌دلیل اختلال در گرده‌افشانی و افزایش درصد سقط جنین باعث کاهش تعداد دانه در بلال شد. اک (۱۹۸۴) نیز نتیجه گرفت تنش کمبود آب در مرحله رویشی به‌دلیل تعیین پتانسیل اندازه بلال و تعداد تخمدان‌ها در این دوره از رشد، تعداد دانه در بلال را کاهش داد. در این رابطه سینکلر و همکاران(۱۹۹۰)گزارش دادند که تعداد نهایی دانه در بلال در زمان گرده‌افشانی تعیین می‌شود و ناکافی بودن مواد فتوسنتزی برای رشد سلول‌های جنینی، اثر منفی بر تعداد دانه در بلال دارد. مک‌فرسون و بایر(۱۹۷۷) و هال و همکاران(۱۹۸۱) علت اصلی کاهش تعداد دانه درردیف را کاهش در طول و ضخامت بلال در اثر تنش خشکی دانسته‌اند. علت اصلی این است که تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث تاخیر در ظهور کاکل‌ها می‌گردد، بدین ترتیب، کاکل‌ها وقتی ظاهرمی‌شوندکه گرده افشانی انجام گرفته و گرده‌های زنده‌ای برای تلقیح گل‌های ماده وجود ندارد و یا به شدت کاهش یافته است، لذا اکثر تخمک‌ها تلقیح نشده و در نتیجه دانه‌ای تشکیل نمی‌شود بنابراین در کل بلال تعداد دانه‌های کمتری تشکیل می‌یابد(احمدزاده، ۱۹۹۷). نسمیت و ریچی (۱۹۹۲) در ذرت دانه‌ای حداکثر کاهش در تعداد دانه را هنگام بروز خشکی و تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه و زمان گرده‌افشانی دانسته‌اند. ماوس و داونی نیز نتیجه گرفتند که تنش خشکی قبل از کاکل‌دهی به علت افزایش تعداد گامتوفیت‌های عقیم، ناشی از کمبود هیدرات‌های کربن تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد (۱۹۷۱). معمولا حداکثرکاهش در تعداد دانه‌ها، هنگام بروز تنش رطوبتی در زمان گرده‌افشانی و مرحله پرشدن دانه رخ می‌دهد. ستر و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند، بروز تنش رطوبتی درمرحله گرده‌افشانی فرآیند دانه‌بندی در ذرت را از طریق کاهش فتوسنتز برگ‌ها تحت تأثیر قرار داده و تعداد دانه در ردیف بلال را به دلیل افزایش در تو لید دانه‌های گرده عقیم که ناشی از کمبود مواد پرورده است، کاهش می‌دهد.

هرو و جانسون (۱۹۸۱) گزارش کردند که به طور کلی ذرت نسبت به تنش خشکی در طول گرده‌افشانی، خیلی حساس است و وقتی ظهور کاکل‌ها با تأخیر صورت می‌گیرد، ممکن است لقاح کاهش یابد و تولید دانه به تأخیر افتد که یکی از نتایج آن، کاهش تعداد دانه است. اثر ارقام بر روی این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد(جدول۴-۱۱). اثر متقابل تنش در رقم اختلاف معنی‌داری نداشت(جدول۴-۱۱). بیشترین تعداد دانه‌درردیف در رقم ماکسیما و کمترین تعداد دانه‌درردیف در رقم‌های BC 678 و AS 71 با ۱۸/۶۷ دانه در ردیف به‌دست آمد(شکل۴-۱۲). این نتیجه با آزمایش شیخی و همکاران(۱۳۹۱) و ربانی و امام(۱۳۹۰) مطابقت دارد.

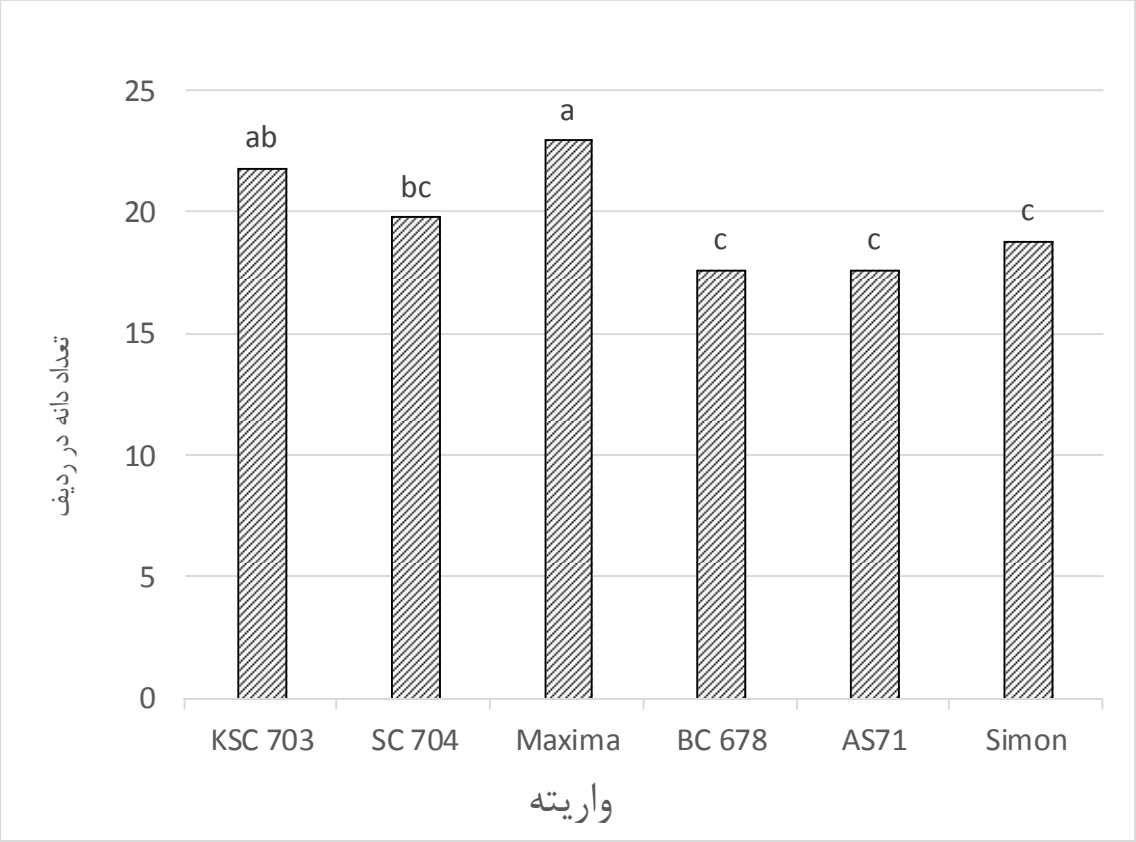
جدول ۴- ۱۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در ردیف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۷۸
تنش (I)	۱	۲۰۰/۶۹ **
اشتباه ۱	۲	۰/۱۱
رقم (V)	۵	۲۵/۱۶ **
V × I	۵	۴/۰۹ ns
اشتباه ۲	۲۰	۴/۳۱
ضریب تغییرات	---	۱۰/۴

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴ -۱۱- مقایسه میانگین اثر تنش بر تعداد دانه در ردیف



شکل ۴- ۱۲ - مقایسه میانگین اثر رقم بر تعداد دانه در ردیف

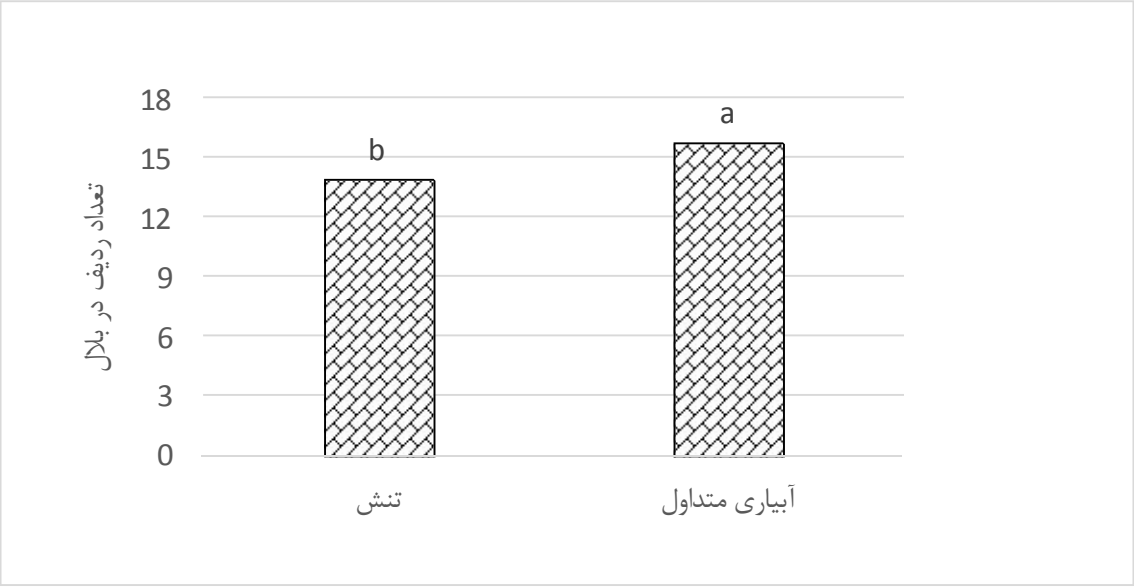
۴- ۱۲- تعداد ردیف در بلال

اثر تنش خشکی بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد(جدول۴-۱۲). میانگین تعداد ردیف در بلال در تیمار آبیاری ۱/۸۳ بیشتر از تیمار تنش به دست آمد(شکل۴-۱۳). این تحقیق با نتایج سپهری و همکاران(۱۳۸۱) و عابدی و همکاران(۱۳۹۳) مطابقت دارد. تولنار و دینارد (۱۹۷۸) بیان داشتند که وقتی تنش رطوبتی در طی پر شدن دانه اتفاق بیفتد، دانه‌هایی که در قسمت بالایی بلال قرار دارند رشد بسیار کمی خواهند داشت و نیز تعداد ردیف‌های دانه کمتری پر خواهند شد. تعداد ردیف در بلال نسبت به سایر اجزای عملکرد حساسیت کمتری نسبت به تغییرات شرایط محیطی نشان می‌دهد (ماراشی، ۱۹۹۶). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد ردیف در بلال بین ارقام و اثر متقابل تنش در رقم اختلاف معنی‌دار وجود ندارد(جدول۴-۱۲). این نتایج با نتایج شیخی و همکاران (۱۳۹۱) همخوانی دارد.

جدول۴- ۱۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر تعداد ردیف در بلال

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱/۰۲۸
تنش (I)	۱	۳۰/۲۵ **
اشتباه ۱	۲	۰/۰۸۳
رقم (V)	۵	۴/۶۳ ns
V × I	۵	۱/۱۲ ns
اشتباه ۲	۲۰	۱/۷۶
ضریب تغییرات	---	۸/۹۲

**،*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۱۳- مقایسه میانگین اثر تنش بر تعداد ردیف در بلال

۴- ۱۳- عملکرد دانه

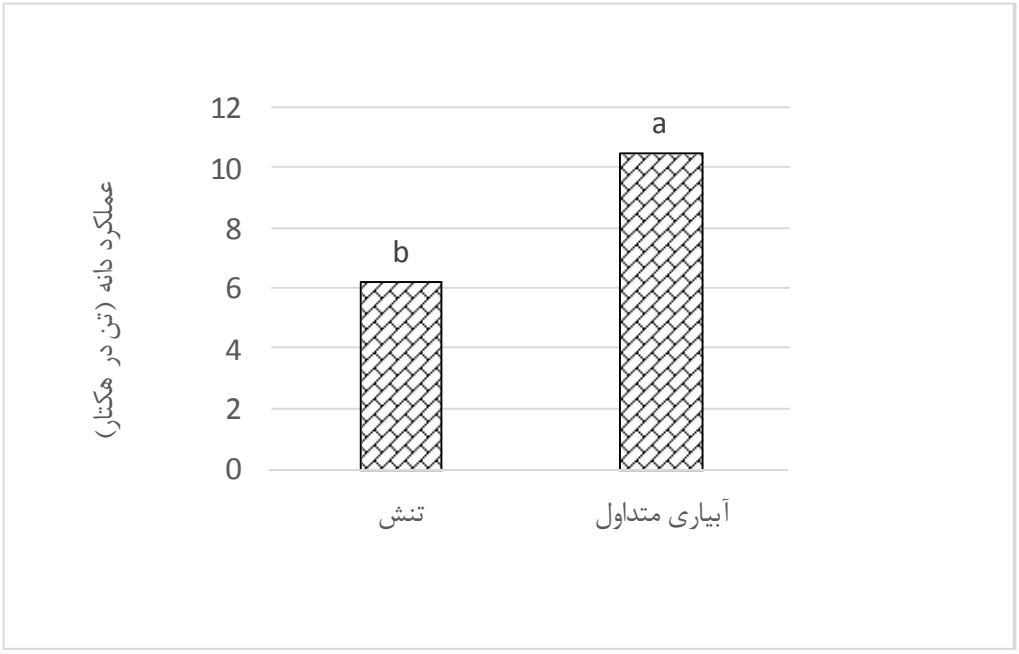
از لحاظ عملکرد دانه، در اثر تنش، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱درصد مشاهده شد(جدول ۴-۱۳). عملکرد دانه در تیمار آبیاری متداول برای این صفت ۱۰/۵۲ تن در هکتار به‌دست آمد که ۴۰/۵۹ درصد نسبت به تیمار تنش افزایش مشاهده شد(شکل۴-۱۴). تنش خشکی به ایجاد اختلال در فرایند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و سنتز پروتئین منجر می‌شود که جابه جایی متابولیت‌ها را به سمت دانه تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث کاهش اجزای عملکرد می‌شود(تالوس و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی‌ها نشان داده که طی دوره‌ی زایشی عملکرد دانه به‌طور موثری در نتیجه‌ی کمبود آب طی دوره‌ی زایشی کم می‌شود که به‌دلیل کاهش تعداد دانه، وزن دانه یا هر دو می‌باشد(ترائور و همکاران، ۲۰۰۰). باسطی و وستگیت (۱۹۹۳) اعلام داشتند که با کاهش پتانسیل آب، رشد لوله گرده در تارهای ابریشمی با مشکل مواجه شده و دیرتر به تخمک می‌رسند که این امر سبب عدم باروری کلی یا جزئی تخمدان‌ها در بلال می‌شود. هانوی(۱۹۹۲) معتقد است تعداد دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه

می‌باشد. فولیارد و همکاران(۲۰۰۴) در آزمایشی به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی به‌خصوص در مرحله رشد زایشی باعث کاهش شدید 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. بین ارقام آزمایشی و اثرات متقابل تنش در رقم، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشتند(جدول۴-۱۳).

جدول ۴-۱۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۹۴
تنش (I)	۱	۱۶۳/۴۶ **
اشتباه ۱	۲	۰/۱۸
رقم (V)	۵	۸/۰۷۲ ns
I × V	۵	۱۳/۳۵ ns
اشتباه ۲	۲۰	۷/۳۹
ضریب تغییرات	---	۳۲/۴۳

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴- ۱۴- مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد دانه

۴- ۱۴- عملکرد علوفه‌تر

عملکرد علوفه‌ی تر تحت تاثیرتنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌داری نشان داد(جدول۴-۱۴). تیمار تنش نسبت به تیمار آبیاری متداول ۳۱/۲۵ درصد کاهش داشت(شکل ۴-۱۵). چاکیر(۲۰۰۴) گزارش داد که که کمبود رطوبت سبب می‌شود که فشار تورژسانس در سلول‌ها کاهش یابد، این کاهش فشار تورژسانس موجب می‌شود تا آب کمتری در درون سلول‌ها باقی بماند و در نتیجه از حجم سلول‌ها کاسته می‌شود که آن نیز سبب کاهش وزن سلول‌ها و در نتیجه عملکرد علوفه‌تر می‌شود. یانگ و همکاران(۱۹۹۳) گزارش کردند که سه عامل مهم در محاسبه تولید ذرت در شرایط کمبود آب، سطح برگ، وزن برگ و وزن کل گیاه بود. تاثیر ارقام مورد آزمایش و همچنین اثر متقابل تنش و رقم بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار نبود(جول۴-۱۴).

جدول ۴- ۱۴- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر عملکرد علوفه‌تر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۶۶/۰۶
تنش (I)	۱	۵۳۲۵/۱۱ **
اشتباه ۱	۲	۱۷/۵۸
رقم (V)	۵	۲۹۷/۵۶ ns
V × I	۵	۱۳۰ ns
اشتباه ۲	۲۰	۱۰۶/۷۳
ضریب تغییرات	---	۱۵/۷۳

**،*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

شکل ۴- ۱۵- مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد علوفه‌تر

۴- ۱۵- عملکرد بیولوژیکی

تاثیر تنش بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار گردید(جدول ۴-۱۵). مقدار این صفت در آبیاری متداول ۶/۷۲ تن در هکتار بیشتر از تیمار تنش بود(شکل۴-۱۶). معنی‌دار شدن اثر آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی نشان‌گر این حقیقت است که فتوسنتز با ماده‌سازی و به‌طورکلی تولید ماده خشک توسط گیاه وابستگی جدانشدنی با میزان آب دردسترس دارد و با افزایش آبیاری، عملکرد بیولوژیکی افزایش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های اک(۱۹۸۴) مطابقت دارد. کلاسن و شاو(۱۹۷۰) گزارش نمودند که رژیم رطوبتی مناسب در دوره قبل از ظهور کاکل، نه تنها برای ساختارهای رویشی، بلکه ظرفیت تولید ماده خشک گیاه را تعیین می‌کند و برای نمو اندام‌های زایشی گیاه نیز حائز اهمیت می‌باشد. پاندی و همکاران(۲۰۰۰) کم‌آبیاری را در مراحل مختلف رشد ذرت اعمال و گزارش کردند که کم‌آبیاری در اوایل رشد رویشی تولید ماده خشک را به میزان کمی کاهش می‌دهد اما ادامه تنش تا اواخر مرحله رشد(به خصوص زایشی) مقدار عملکرد ماده خشک را کاهش می‌دهد. آزمایشات تولنار و دویر(۱۹۹۹) نشان داد که تجمع ماده خشک در ذرت به کل تابش ورودی و توزیع آن، شاخص سطح برگ، ساختار پوشش گیاهی و سرعت فتوسنتز برگ وابسته می‌باشد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص سطح برگ (نوری‌اظهر و احسان‌زاده، ۲۰۰۷) و سرعت رشد(دویر و همکاران، ۱۹۹۱) با عملکرد علوفه خشک گزارش شده‌است. بین ارقام آزمایشی و اثرات متقابل تنش در رقم، اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد بیولوژیکی مشاهده نگردید(جدول۴-۱۵).

جدول ۴- ۱۵- نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۵/۸۱
تنش (I)	۱	۴۰۵/۲۸ **
اشتباه ۱	۲	۱/۷۳
رقم (V)	۵	۱۸/۳۹ ns
V × I	۵	۷/۳۴ ns
اشتباه ۲	۲۰	۷/۹۸
ضریب تغییرات	---	۱۵/۵۱

**,*وns به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری درسطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری می‌باشد.

شکل ۴- ۱۶- مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد بیولوژیکی

نتیجه‌گیری کلی

در نتایج این آزمایش مشخص شد که تنش اثر معنی‌دار بر روی صفات محتوای نسبی آب برگ، وزن‌تر ساقه، شاخص پایداری غشا، دمای برگ، آنزیم گایاکول‌پراکسیداز، شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل، وزن ۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد علوفه‌تر و عملکرد دانه داشت و اثر رقم نیز بر روی صفات وزن‌ترساقه و برگ، شاخص پایداری غشا، دمای برگ، شاخص سطح برگ و محتوای کلروفیل معنی‌دار شد. اعمال تنش خشکی بر روی ارقام مورد آزمایش باعث شدکه رقم AS 71 بهترین پاسخ را داشته باشد. در بعضی ارقام مانند KSC 703، SC 704 و Maxima نتیجه تیمار آبیاری و تنش در چند صفت تفاوت چندانی نداشتند که این مقاومت ارقام به خشکی در صفات موردنظر را می‌رساند. در نتیجه آزمایش شاهد بودیم که با کاهش حدود ۵۰٪ مصرف آب، عملکرد علوفه‌تر حدود ۳۰٪ کاهش یافت. با در نظر گرفتن قیمت آب در دسترس کشاورزان و هزینه‌های نهاده‌های کشاورزی، نیروی انسانی و ... این دستاورد برای کشاورزان پذیرفتنی ومورد قبول نمی باشد، اما با توجه به اهمیت آب، خشکسالی‌های امروزه و خشکسالی‌های جدی‌تر آینده می‌توان برای یافته‌های آزمایش مذکور توجیه اقتصادی و قابل قبول آورد.

پیشنهادات

۱- تکرار آزمایش با استفاده از سطوح تنش خشکی متفاوت انجام گردد.

۲- اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد ذرت تحقیق و بررسی گردد.

۳- با درنظرگرفتن این که در تیمار تنش، مقدار آب مصرفی ۵۰٪ آبیاری متداول بود اما عملکرد حدود ۳۰٪ کاهش داشت، پس می‌توان گفت که اگر هدف صرفا صرفه‌جویی در مصرف آب باشد نه گزینه‌هایی مانند نیروی‌انسانی، زمین، بذر و نهاده‌های کشاورزی، می‌توان از این دور آبیاری نیز استفاده‌کرد.

۴- با توجه به این که هدف کشاورزان از کشت ذرت برداشت علوفه می‌باشد و در بین ارقام در این صفت، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، کشت ۶ رقم در یک سطح قرار می‌گیرد.

۵- با درنظرگرفتن نتیجه‌گیری کلی از بین تمامی صفات مورد اندازه‌گیری، رقم AS 71 بهترین نتیجه در شرایط موجود را در بین ارقام مورد آزمایش داشته است، که در صورت تمایل به ادامه تحقیق، ارقامی به غیر از ۵ رقم دیگر با رقم مذکور می‌توانند مورد مطالعه قرارگیرند.

منابع:

ارجمند، ع. (۱۳۷۷). آنالیز تعدیل نیاز آبی سورگوم در حضور یون پتاسیم در شرایط آب و هوایی جنوب خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول. ۱۱۹ ص.

بهنام‌فر، ک. (۱۳۷۶). مطالعه تاثیرکود پتاسیم بر ایجاد مقاومت به استرس خشکی و بازده مصرف آب در گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز. ۱۵۶ ص.

پازکی، ع. (۱۳۷۹). بررسی و اندازه‌گیری اثر تنش بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی دو رقم کلزا. پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۲۵۸ص.

پورصالح، م. (۱۳۷۳). غلات. چاپ دوم. انتشارات صفار. ص ۱۴۴.

تاجبخش،م. (۱۳۷۵). ذرت،زراعت، اصلاح آفات و بیماری های آن. چاپ اول، انتشارات احرار تبریز، ص ۱۳۱.

چوگان، ر. (۱۳۷۹). راهنمایی و شناسایی مسائل و مشکلات ذرت. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. ص ۴۲۱.

حاجی بابائی، م. عزیزی، ف. و زرگری، ک. (۱۳۹۰). تاثیر تنش خشکی بر عملکرد علوفه تر و برخی صفات زراعی هیبریدهای مختلف ذرت. فصلنامه علمی- پژوهشی گیاه و زیست بوم، سال ۷، شماره ۲۵. ص ۴۵ – ۵۷.

حیدری، م. (۱۳۹۵). فیزیولوژی و مکانیسم های مقاومت به تنش های محیطی در گیاهان زراعی. چاپ اول. دانشگاه صنعتی شاهرود. ص ۲۴۴.

خاوری خراسانی، س. و قاضیات تفریشی، ش. (۱۳۹۱). ذرت. چاپ اول. انتشارات سروا. ص ۱۹۷.

خزاعی، ح. (۱۳۸۱). اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشک. پایان‌نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

درویش بلوچی، م. پاک نژاد،ف. کاشانی، ع. اردکانی، م. ر. و درویش بلوچی، م. (۱۳۸۹). بررسی تاثیر تنش خشکی و تغذیه برگی برخی از عناصر کم مصرف بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوای کلروفیل، RWC. پایداری غشا و عملکرد دانه ذرت(SC ۷۰٤). مجله علوم گیاهان زراعی ایران، جلد ۴۱، شماره ۳، صفحات ۵۳۱-۵۴۳.

دلیل، ب و قاسمی گلعذانی، ک. (۱۳۹۰). واکنش فیزیولوژیکی برگ های ذرت به تنش خشکی. مقالات کامل همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست. ارومیه، صفحات۱۱۵-۱۱۱.

راشد، م. (۱۳۷۳). مراحل رشد و نمو گیاه ذرت. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ص ۵۴.

راشد محصل، م. کوچکی، ع. (۱۳۷۶). اصول و عملیات دیمکاری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۱۹۹.

ربانی، ج. امام، ی. (۱۳۹۰). پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، سال اول، شماره ۲، ص ۶۵-۷۸.

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

رستگار، م. ع. (۱۳۸۴). زراعت گیاهان علوفه ای. تهران. انتشارات برهمند. ص ۵۰۳.

رفیعی، م. (۱۳۸۱). اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ص ۱۴۲.

زند، ا. (۱۳۷۴). مبانی مورفولوژیک و فیزیولوژیک اختلاف عملکرد در گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

ساکی نژاد، ط. (۱۳۸۲). مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد با توجه به خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ص ۲۸۸.

سپهری، ع. مدرس‌ثانوی، م. قره یاضی، ب و یمینی، ی. (۱۳۸۱). تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد۴، (۳): ۱۸۴ – ۲۰۱.

سجادی، ع. (۱۳۶۵). کشت ذرت. چاپ اول. انتشارات شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس. ص ۸۸.

سرمدنیا، غ و کوچکی، ع. (۱۳۷۲). فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

سرمدنیا، غ. کوچکی، ع. (۱۳۷۶). فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۳۶۷.

سلطانی، ا.، ف. رحیم زاده، ک. قاسمی و مقدم، م. (۱۳۷۹). واکنش تعریق و رشد برگ نخود به کمبود آب. مجله دانش کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۱۰ (۱): ۱۵-۹.

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

شریفی جهان تیغ، غ. (۱۳۸۶). ذرت. انتشارات عشق دانش گرگان. چاپ دوم. ص۱۰۲.

شیخی، م. ساجدی، ن و جیریایی، م. (۱۳۹۱). تاثیر تنش کمبود آب بر خصوصیات زراعی هیبریدهای ذرت در شرایط اقلیمی اراک. مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۸، شماره ۳. ص ۱۰۱ – ۱۱۰.

صباغ پور، ح. (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.

عابدی، ج. کوپائی، خ. ع. سلیمانی، ر. و ملائی، ر. (۱۳۹۳). تأثیر توأم تنش آبی و آفات بر عملکرد ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال ۱۸، شماره ۶۷، ص ۲۳-۳۳.

فلاحی، ق. حائمی، ع و ناصری، ر. (۱۳۹۲). تجزیه رشد تنش هیبرید ذرت در شرایط تنش خشکی. نشریه علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۷، شماره ۲، ص ۱۸۱ – ۱۹۶.

قادری، ن. ع.، سی سه مرده، س و شاهویی، ص. (۱۳۸۵). بررسی اثرات تنش بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی در دو رقم انگور. مجله علوم کشاورزی ایران، (۱) : ۴۵ – ۰.

قاسمی گلعذانی، ک. ب. دلیل و تاجبخش، ز. (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. صفحات ۱۳۷-۱۳۴.

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

کاظمی اربط، ح، ا. (۱۳۷۴). زراعت خصوصی، جلد اول: غلات. مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ص۲۵۳.

کافی، م و رستمی. م. (۱۳۸۶). 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. ۵ (۱): ۱۲۱ – ۱۳۱.

ولدکریمی، ه. (۱۳۸۳). زراعت و اصلاح گیاهان علوفه ای. انتشارات دانشگاه تهران. ص ۴۲۸.

کشاورز، ع. صادق‌زاده، ک. (۱۳۷۹). کم آبیاری بهینه و تحلیل ریاضی و اقتصادی آن، مجله تحقیقاتی فنی مهندسی کشاورزی. ص ۵۶.

کوچکی، ع و علیزاده، ا. (۱۳۷۰). اصول زراعت در مناطق خشک (ترجمه)، جلد اول، چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۶۰ ص.

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

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

محمدزاده، آ. مجنون حسینی، ن. مقدم، ح و اکبری، م. (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی و سطوح کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک و ژنوتیپ لوبیا قرمز. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱۴، شماره ۳، ص ۲۹۴ – ۳۰۷.

محمدی، ق. کهریزی، د. و صادقی، ف. (۱۳۸۷). ذرت (به زراعی، به نژادی، آفات، امراض، علف‌های هرز و فناوری های نوین). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه. ۶۰۰ صفحه.

مجنون حسینی، ن. (۱۳۸۵). زراعت غلات گندم، جو، برنج، ذرت. چاپ اول. انتشارات نقش مهر. ص ۱۲۶.

مجیدیان، م. غدیری، ح. (۱۳۸۱). تاثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگی های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۳. (۳): ۵۳۳-۵۲۱.

مرادی، ع. احمدی، ع و جودی، م. (۱۳۸۴). عکس العمل فتوسنتز و هدایت روزنه ای ماش به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل مختلف رشدی. مقالات اولین همایش ملی حبوبات (پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه علوم گیاهی فردوسی مشهد). ص ۲۶۸ – ۲۷۲.

مرادی، ع. احمدی، ع. و حسین زاده. (۱۳۸۷). واکنش زراعی- فیزیولوژی ماش (رقم پرتو) به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴ : ۶۷۱ – ۶۵۹.

مظاهری، م. (۱۳۷۷). زراعت مخلوط. تهران، انتشارات دانشگاه تهران. ص ۲۷۳.

موحدی دهنوی، م. س. مدرس ثانوی، ع. م. سروش زاده، ع. و جلالی، م. (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. ۹ (۱) : 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. ص۲۲۸.

نعیم، ع. (۱۳۵۸). ذرت. انتشارات موسسه بررسی آفات و بیماریهای گیاهی. اصفهان. ص۲۲۹.

نور محمدی، ق. سیادت، ع. و کاشانی، ع. (۱۳۸۴). زراعت (غلات). دانشگاه شهید چمران اهواز. چاپ ششم. ص ۴۴۶.

نیسانی، س. فلاح، س. و رئیسی، ف. (۱۳۹۰). تاثیر کود مرغی و اوره بر صفات زراعی ذرت علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۱، شماره ۴. ص ۶۳ – ۷۵.

واحدی، م. (۱۳۶۸). کاشت، داشت، برداشت ذرت. چاپ دوم. سازمان ترویج کشاورزی. ص ۵۰.

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

- **Abrecht, D. G. and P. S. Carberry, 1991.** The influence of water deficit prior tassel initation on maize growth. Field Crops Research, 31: 55-69.
- **Ahmadzade, A. 1997.** Distinguish the best indicator of tolerate to drought stress on selected lines of corn. Msc Thesis. University of Tehran. (In Persian).
- **Allagulova, Ch. R., F. R. Gimalov, F. M. Shakirova, and V. A. Vakhitov. 2003.** The plant dehydrins: structure and putative functions. Biochemistry (Mascow) 68: 945-951.
- **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.
- **Bassetti, P. and M. E. Westgate. 1993.** Water deficit affects receptivity of maize silks. *Crop Science* 33: 182-278.
- **Beanziger, M., G. O. Edmeades, D. Besk, and M. Bellon, 2000.** Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From theory to practice. International Maize and Wheat Inprovement Center, Mexico City. 68p.
- **Bewley, J. D. 1979.** Physiological aspects of desiccation-tolerance. Annual of Plant Physiology, 30: 195-238.
- **Bilteanu, G., I, Fazecas; Al, Salontani; V, Birnaure; Fl, Ciobanu, Si C., Vacilica, 1979.** Fitotehnis. Editura Didactca si pedagogsia, Bucuresti, Romania. 698pp.
- **Blum, A., J. Mayer, and G. Gozland. 1982.** Infrared thermal sensing of plant canopies as a sereening technique fordehydration avoidance in wheat. Field Crops Research. 5: 137- 146.
- **Bolanos, J. and G. O. Edmeads, 1996.** The importance of the anthesis- silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. Field Crops Research, 48: 65-80.
- **Boyer, J. S. 1982.** Plant productivity and environment. Science, 218: 443-448.

- **Bradford, M. (1976).** "A rappid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing theprinciple of protein-dye binding". Annu, Rev. Biochem. 72:248-254.
- **Bray, A. E. (1997).** "Plant responses to water deficit". Trends in Plant Sc. 2:45-54.
- **Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89: 1-16.
- **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.
- **Chance, B., and Maehly, A. C. 1955.** Assay of catalases and peroxidases Meth. Enzym. 5: 764-755.
- **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. 1991a.** 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.
- **Chapman, P. and M.E. Westgate, 1993.** Water deficit affects receptivity of maize silk. *Crop Science,* 33: 279-282.
- **Chapman, S.C. and G.O. Edmeades, 1999.** Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II. Direct and correlated responces among secondary traits. *Crop Science,* 39: 1315-1324.
- **Charlies, S. (1997).** "Localization of Hydrogen Proxide Accumulation during the hypersensitive syrinage PV phaseolicale the plant cell".American Society of Plant Physiologists. 9:209-221.
- **Classen, M.M., and R.H. Shaw. 1970.**Water deficit effects on corn.I.Vegetative component. Agron. J. 84:430- 438.
- **Close, T. J. 1996.** Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration oroteins. Pphysiologia Plantarum, 97: 795-803.
- **Dale, R. and Dailes, A. 1995.** A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. Agronomy Journal 87: 1115-1121.

- **Dalil, B., K. Ghassemi-Golezani, M. Moghadam, and Y. Raey, 2010.** Effect of seed viability and water supply on leaf chlorophyll content and grain yield of maize (Zea mays). Journal of Food, Agriculture and Environment, 8: 399-402.
- **Davis, S. D. and H. A. Mooney, 1986.** Tissue water relations of four co-occurring chaparral shrubs. Oecologist, 153: 449-460.
- **Delachivae, M. E. A. and S. Z. De Pinho. 2003.** Germination of sema accidentalis link seed at different osmotic potential levels. Brazilian Archives of Biology & Technology, 46: 163-166.
- **Dhillon, R. S., H. S. thind, U. K. Saseena, R. K. Sharma, and N. S. Malhi. 1995.** Tolerance to excess water stress and its association with other traits in maize. Crop Inprovement, 22: 22-28.
- **Dwyer, L. M. and D. W. Stwart. 1985.** Water extraction patterns and development of plant water deficits in corn. Canadian Journal of Plant Science. 65: 921-933.
- **Dwyer, L.M., Hamilton, R.I., Hayhoe, H.N., and Royds, W. 1991.** Analysis of biological traits contributing to grain yield of short-to mead-season corn (Zea mays L.) hybrids. Can. J. Plant Sci. 71: 535-541.
- **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.
- **Eck, H. V. 1984.** Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agronomy Journal 76 (3): 421-428.
- **Eberhart, S. A and Russell, W. A. (1966).** Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6,36-40.
- **Edmeades, G. O., J. Bolanos , S. C. Chapman, H. R. Lafitte, and M. Banziger, 1999.** Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: 1. Gaains in biomass, grain yield, and harvest index. Crop Science, 39:1306-1315.
- **Ehleringer, J., R. F. Sage, L. B. Flanagan, and R. W. Pearcy.1991.** Climate change and the evolution of C4 photosynthesis. Trends in Ecology & Evolution, 6: 95-99.
- **Erickson, I. J., Ketring, D. L., and Stone, J. F. 1991.** Response of internal-tissue water balance of peanut to soil water. Agronomy Journal, 72: 73-80.
- **FAO, Yearbook producction, 1991, 1993.** Rome, Italy, 250 pp.
- **FAO, (2004)**. FAO Statistics. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- **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.
- **Farsiani, A. and M. E. Ghobadi, 2009.** Effects of PEG and NaCl stress on two cultivars of corn (Zea mays L.) at germination and early seedling stages. World Academy Science, Engineering & Technology, 57: 382-385.

- **Field, C. B. and H. A. Mooney, 1986.** The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In: T. J. Givnish (ed.). On the Economy of plant Form and Function. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 25.
- **Fitter, A. H. and R. K. M. Hay, 1987.** Environmental Physiology of PLANTS. Academic Press. London.
- **Flower, D. J. and M. M. Ludlow, 1986.** Contribution of osmotic adjustment to the dehydration tolerance of water –stressed pigeonpea (Cajanus cajan (L.) MILLSP.). Plant, Cell & Environment, 9: 33-40.
- **Fogel, R. 1985.** Roots as primary producers in below-ground ecosystems. In: A. H. Fitter, D. Atkinson, D. J. Read, and M. B. Usher (eds.). Ecological Intractions in soil. Blackwell. Oxford, UK. PP:285-295.
- **Foliard. A., P.C.S. Traore., M. Vaksmann, and M. Kouress.2004.** Sourghum phenology during the vegetative stage. Field Crops Research. 89(1): 254-262.
- **Foyer, C. H. and D. O. Hall. 1980.** Oxygen metabolism in the active chloroplast. Trends in Biochemical Sciences, 5: 188-191.
- **Foyer, C.H., M. Leadis, and K.J. Kunert. 1994.** Photo oxidative stress in plants. Plant Physiology. 92: 696-717.
- **Ghassemi- Golezani, k., a. Soltani, and A. Atashi, 1997.** The effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum. Seed Science & Technology, 25: 321-323.
- **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.
- **Gupp, A.P. and E.I. Newman, 1987.** Morphological and anatomical effects of severe drought on the roots of Lolium perenne L. New Phytologist, 105: 393-402.
- **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.
- **Hall, A.E. 1993.** Is dehydration tolerance relevant to genotype differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments? In: T.J. Close, and E.A. Bray (eds.). *Plant Responces to Cellular Dehudration during Environmental Stress.* American Society of plant Physiologists, Rockville, Maryland, USA, pp. 1-10.
- **Hall, A.E. 2001.** Crop adaptation to water-limited environments. In: A.E, hall (ed.). Crop Responses to invironment. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 232.
- **Hamidi, S. 2000.** Evaluation of late corn hybrids under drought stress conditions in the grain filling stage, using indicators of drought tolerance and

path analysis. MS thesis, Faculty of Agriculture, Mazandaran University. Page 155.

- **Hanway, J.J. 1992.** How a corn plant develops. Lowa coop. Ext. Serv. Spec. Rep. 48.
- **Herreo, M. P. and R. P. Johnson. 1981.** Drought stress and its effects on maize reproductive system. Crop Sci. 21: 105-110.
- **Hopkins,W.G., and N. P. Huner. 2004.** Introduction to physiology (3 rd ed). John Wiely & Sons. Inc. New York. 560 p.
- **Hugh, J. and F. Richard. 2003.** Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. J. Agronomy. 95: 688-696.
- **Husain, I. 2009.** Genetics of drought tolerance in maize. PhD. Thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- **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.
- **Kaman, H., Kirda, C. and Sesveren, S. 2011.** Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. Agricultural Water Management 98: 801-807.
- **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.
- **Lamm, F.R., D.H. Rogers, and H.L. Manges, 1994.** Irrigation scheduting with planned soil water depletion. Transactions of the American society of agricultural engineers, 37: 1491-1497.
- **Larson, K. L., and Eastin, J. D. (eds). (1971).** "Drought injury and resistance in crops". CSSA Special Publication No. 2 Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- **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.

- **Lopez, F.B., Setter , T.L. and Mc David , C.R. 1988.** Photosynthesis and Water vapor Exchange of Pigeon pea leaves in response to water deficit and recovery. Crop Sci., 28, 141-145.
- **Ludlow, M.M. and R.C. Muchow, 1990.** Critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. Advances in Agronomy, 43: 107-153.
- **Ludlow, M.M. 1993.** Physiological mechanisms of drought resistance, In: T. J. Mabry, H. T. Nguyen, R. A. Dixon, M.S. Bonness, (eds.). Biotechnology for Aridland Plants. The University of Texas at Austin, USA, pp. 11-34.
- **Lui, Y., Subhash, C., Yan, J., Song, C., Zhao, J. and J. Li. 2010.** Maize leaf temperature responses to drought: Thermal imaging and quantitative trait loci (QTL) mapping. Environmentaاسا and Experimental Botany. 71: 158-165.
- **Mahajan, Sh. and Tuteja, N. (2005)** Cold, salinity and drought stresses: an overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444:139-158.
- **Marashi, S.K., Zakernejhad, S., Lak, S.H. and Siadat, S.A. 1996.** Influence of different planting patterns and density in yield and yield components of corn in weather conditions of Ahvaz. Journal of Agricultural. 3: 30. In Persian with English summary.
- **McNaughton, S. J. 1991.** Dryland herbaceous perennials. In: H. A. Mooney, W. E. Winner, and E. J. Pell (eds.). Response of Plants to Multiple stresses. Academic Press, San Diego, USA, PP: 307-328.
- **Mc pherson, H.G., and J.S. Boyer. 1977.** Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to a water deficiency. Argonomy Journal. 69:714-718.
- **Miyashita, K., S. Tanakamaru, T. Maitani, and K. Kimura. 2005.** Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and tomatal conductance in kidney bean following drought stress. Environmental and Experimental Botany. 53:205–214.
- **Morgan, J.M. 1984.** Osmorigulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant Physiology, 35:299-319.
- **Moss, g. L. and L. A. Downey. 1971.** Influence of drought stress on female gametophytes in corn (Zea mayes L.) and subsequent grain yield. Crop Sci. 11: 368-372.
- **Mukharib, D.S. 2006.** Studies on drought tolerance and molecular characterization of maize genotypes. M.Sc. Thisis. University of Agricultural Sciences, Dharwad, India.
- **Naqvi, S.S.M. 1999.** Plant hormones and stress phenomena, In: M. Pessarakli (ed.). *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 709-730.
- **Navari-Izzo, F., M.F. Quaratacci, and R.Izzo, 1990.** Water-stress induced changes in protein and free amino acids in field-grown maize and sunflower. *Plant Physiology and Biochemistry,* 28: 531-537.

- **NeSmith, D.S. and Ritchie, J.T. 1992.** Maize (Zea mays L,) response to a severe soil water-deficit during grain-filling. *Field Crops Research,*29: 23-35.
- **Nobel, P.S. 1991.** *Physiochemical and Environmental Plant Physiology.* Academic Press, San Diego, USA, pp. 635.
- **Nobel, P.S. 1992.** Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C_3 and C_4 plants. *New Phytologist,* 119: 183-205.
- **Nouri azhar, J., and Ehsanzedeh, P. 2007**. Study of relationship of some gtowth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regim in Esfahan region. J. Sci. and Tech. 41: 261-272.
- **Oliver, M.J., Z. Tuba, and B.D. Mishler, 2000.** The evolution of vegetative desiccation tolerance in land plants. *Plant Ecology*, 151: 85-100.
- **Osborne, S.L., D.D. Schepers, J.S. Frencis and M.R. Schlemmer. 2002.** Use of spectral radiance to estimate in- season biomass and grain yield in nitrogen and water stress on corn. Crop Sci. 42:165-171.
- **Osmond, C.B., K. Winter, and S.B. Powels, 1980.** Adaptative significance of carbon dioxide cycling during photosynthesis in water stressed plants. In: N.C. Turner and P.J. Kramer (eds.). *Adaptation of Plants to water and High Temperature Stress.* John Wiley, New York, USA, pp. 139-154.
- **Pallardy, S.G., K. J. Cermak, F.W. Ewers, M.R. Kaufmann, W.C. Parker, and J.S. Sperry, 1995.** Water transport dynamic in trees and stands. In: Smitj, W.K. and T.M. Hinckley (eds.). *Resource Physiology of Conifers.* Academic Press, San Diego, USA, pp. 301-389.
- **Pandey,R.K., J.W.Maranville, and M.M.Chetima. 2000.** Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth. Agric. Water Manage. 46: 15-27.
- **Parkhuert, D.F. and O.L. Louks, 1972.** Optimal leaf size in relation to environment. *Journal of Ecology,* 60: 505-537.
- **Pearcy, R.W. and J. Ehleringer, J. 1984.** Comparative ecophysiology of C_3 and C_4 plants. *Plants, Cell & Environment,* 7: 1-13.
- **Pessarakli, M. 1999.** Hand book of plant and crop stress. Marcel Dekker Inc. 697 pages.
- **Petrie, C. L. and A. E. Hall, 1992.** Water relations in cowpea and pearl miller under soil water deficits: 1. Contrasting leaf water relations. Australian Journal of Plant Physiology, 19: 577-589.
- **Poehlman, J. M. 1987.** Breeding Field Crops. Van Nostrand Reinhold. 724 pp.
- **Prabha. C., y. k. Arora, and D. S. Wagle,1985.** Phoapholipids of wheat chloroplast S and its membrenes under water stress. Plant Science, 38: 13-16.
- **Premachandra, G.S., H. Saneoka, K. Fujita, and S. Ogata. 1992.** Seasonal changes in leaf water relations and cell membrane stability in Orchardgrass. Journal of Agricultural Science. 121: 169-175.

- **Pugnaire, F. I. and E. Esteban,1991.** Nutritional adaptations of caper shrub (Capparis ovate Desf.) to invironmental stress. Journal of Plant Nutrition, 14: 151-161.
- **Pugnaire, F.I., L. Serrano and J. Pardos, 1999.** Constraints by water stress on plant growth. In: M. Pessarakli (ed.). Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 271-283.
- **Radin, J.W., Lu, Z., Percy, R.G. and E. Zeiger. 1994.** Genetic variabilityfor stomatal conductance in Pima cotton and its relationto improvements of heat adaptation. Proceedings of the NationaAcademy of Sciences of the USA, 91: 7217–7221.
- **Rafiee, M., Abdipoor, F. and H. Lari, 2011.** Effect of drought stress on nitrogen components in corn. World Academy of Science, Engineering & Technology, 78: 552-554.
- **Raison, J.K., G.A. Berry, R.A. Armond, and C.K. Pike. 1980.** Membrane properties in relation to the adaptation of plants to temperature stress. In: Turner, N.C. and P.J. and Kramer. Adaptation of Plants to water and high temperature stress. John Wirly and Sons, pp: 261-273.
- **Ray, I.M. and W.B. Sisson, 1986.** Nitrate reductase activity of klein grass (*Panicumcoloratum*L.) during drought in the northern Chihuahuan desert. *Journal of Range Mnagement,* 39: 531-535.
- **Rhizopoulou, S. 1990.** Phusiologicalresponces of Capparisspinosa L. to drought. *Journal of Plant Physiology,* 136: 341-348.
- **Ribaut, J.M., C. Jiang, D. Gonzalez-de-leon, G.O. edmeades, and D.A. Hoisington, 1997.** Identification of quantitative trait under drought conditions in tropical maize. II. Yield components and marker-assisted selection strategies. *Theoretical and Applied Genetics,* 92: 905-914.
- **Ribaut, J. M., Betran, J., Monneveux, P. and Setter, T. 2012**. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L., Hake, S.C. (Eds.), Handbook of Maize: Its Biology. Springer, New York, pp. 11– 43.
- **Riccardi, F., P. Gazzeu, and M. Zivy, 1998.** Protein changes in response to progressive water deficit in maize. *Journal of Plant Physiology,* 117: 1253-1263.
- **Ritchie, S. W., and Nguyen, H. T. 1990.** Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.
- **Roely, M. 2008.** Determination of the critical stages from the plant life cycle of some corn (Zea maize L.) genotypes under water deficit conditions in DeirEzzor province General Comission for Scientific Agricultural Research, DeirEzzor Research Center, Damascus University, Faculty of Agriculture.
- **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.
- **Sanchez-Rodrıguez, E., M. Rubio-Wilhelmi, L.M. Cervilla, B. Blasco, J.J. Rios, M.A. Rosales, L. Romero, and J.M. Ruiz. 2010.** Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. Plant Science. 178:30–40.
-
- **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.
- **Sheriff, D. W. 1977.** The effect of humidity on water uptake by, and viscous flow resistance of excised leaves of a number of species: physiological and anatomical observations. Journal of Experimental Botany, 28: 1399-1407.
- **Shiferaw, B., and D.A. Baker. 1996.** An evaluation of drought screening techniques for Eragrostis tef. Tropical Science. 36: 74-85.
- **Shrestha, R., N.C.Turner, K.H.M.Siddique, D.W.Turner, and J.Speijers. 2006.** A water deficit during pod development in lentils reduces flower and pod number but not pod size. Aust. J. of. Agric. Res. 57(4): 427-438.
- **Sinclair T., R.D.M., Bennetto and R.O. Muchow 1990.** Relative sensivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Science. 30: 690- 693.
- **Singal, H.R., I. S .Sheoran and cowpea.** Effect of Water on photosynthesis and in vitro avtivity of the Pcr cycle enzymes in pigeonpea (Cajanus cejan L.), photosynthesis Research, 7: 69-76.
- **Singh, J., 1987.** Field Manual of Maize breeding Procedures F. A. O. Rome, Italy, 209 pp.

- **Smith, H. 1988.** Signal perception, differential expression within multigene families and the molecular basis of phenotypic plasticity. Plant Cell and Environment, 13: 585-594.
- **Spaeth, S.C., H.C. Randau, T.R. Sinclair and J.S. Vendeland. 1984.** Stability of soybean harvest index. Agronomy Journal 76: 482-486.
- **Stone. P., d. Wilson, J. Reid, and G. Gillespie, 2001.** Water deficit effects on sweet corn: water use, radiation use efficiency, growth and yield. Australian Journal of Agricultural Research, 52: 103-113.
- **Tambussi, E. A., C. G. Bartoli, J. Bettran, J. J. Guiamat and J. C. Araus. 2000.** Oxicative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticumaestivum L.*). Plant. 108:398-404.
- **Thalooth M, Tawfik M and Magda Mohamed H, 2006.** A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants growth under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences 2: 37-46.
- **Theodor CH and Jackson RB, 1999.** Interactive effects of water stress and elevated CO2 on growth, photosynthesis, and water use efficiency. Agronomy Journal 3-31.
- **Tollenar, M. and T. B. Daynard. 1978.** Kernel growth two position on the ear of maize (*Zea mays*). Plant Sci. J. 58: 189-197.
- **Tollennar, M., and Dwyer, L.M. 1999.** Physioloy of maize. In: D. L. Smith and C. Hamel (eds.). Crop Yield, Physiology and Processes. Pp: 169-204.
- **Traore SB, Carlson RE, Pilcher CD and Rice ME, 2000.** Bt and non-bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. Agronomy Journal 92: 1027-1035.
- **Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir, and H. Koca. 2005.** Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, Plant Sci. 168: 223-231.
- **Turner, N.c. and M.M. Jones, 1980.**Turgor maintenance by osmotic adjustment: A rebiew and evaluation. In: N.C. Turner and P J . Kramer (eds.). Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. John Wiley, New York, pp. 87-103.
- **Turner, N.C., W.R. Stem, and P. Evans, 1987.** Water relations and osmotic adjustment of leaves and roots of lupins in response to water dificits. Crop Science, 27: 977-983.
- **Vurayai, R., V. Emongor and B. Moseki. 2011.** Effect of water stress imposed at different growth and development stages on morphological traits and yield of Bambara groundnuts (Vignasubterranea L. Verdc). Am. J. Plant Physiol. 6: 17-27.
- **Westigate, M. E. and D. T. Grant.1989.** Effect of water deficits on seed development in soybean. I tissue water status. Plant Physiol., 979 91:975.

- **Wilson, J .r. and M. M. Ludlow, M. M. 1983.** Time trends for change in osmotic adjustment and water relations of leaves of Cenchrus ciliaris during and after water stress. Australian Journal of Plant Physiology, 10: 15-24.
- **Witkowski, E. T. F. and E. V. Lamont, 1991.** Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. Oecologia, 88: 486-493.
- **Wolfe, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T.C., and Alvins, A. 1988.** Interactive
- water and nitrogen effects on senescence of maize. II. 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.
- **Yan, W., Zhong, Y. and Shangguan, Z. 2016.** Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science 66: 133-.041.
- **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.
- **Zlatev, Z. and Lidon, F. C. 2012.** An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture 24: 57-27.
- **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.

Abstract

This research was carried out to evaluate the resistance of several varieties of corn under the influence of drought stress in split-plot based on randomized complete block design with three replications in a field located in Jajarm city. The irrigation factor was applied to 2 levels (common irrigation interval of the area as control and twice the normal irrigation intervals in the area for low-irrigation) in the main plots and 6 varieties (lines) of corn (SC 704, Maxima, BC678, AS71, Simon, KSC703) in sub plots. The results showed that drought stress duo to reduce the traits of chlorophyll contents, 100 seed weight, stem wet weight, relative water content, and leaf area index, seed number per row, number of rows per ear, grain yield, wet forage yield and biological yield and in conventional irrigation, leaf temperature significantly decreased at a 5% probability level. The effect of cultivars on stem wet weight, membrane stability index, leaf temperature, leaf area index, chlorophyll content and number of seeds per row were significantly increased at 1% probability level. The results of cross effects showed that in drought stress, KSC703, SC 704, Maxima and Simon cultivars had better results in chlorophyll content, leaf fresh weight and leaf area index, respectively, and AS71 had lower leaf temperatures and index The stability of the membrane was higher. In conventional irrigation, AS71 showed better performance in leaf area index, leaf temperature and leaf wet weight. In general, in common irrigation, the best result was AS71 and the weakest result was Simon, and in drought stress, the better result in AS71 and weaker result in BC678.

Keywords: conventional irrigation, stress, drought, cultivar, corn

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

Evaluation of drought tolerance of some corn cultivars.

By: Hasan Habibi

Supervisor:

Dr. Manouchehr Gholipoor

Advisor:

Dr. Hamid Abbasdokht

January 2018