بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشگاه صنعتی اصفهان**
دانشکده کشاورزی

# تاثیر رژیم های آبیاری بر رشد، فلورسانس کلروفیل و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)

پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت

**حمید رضا عشقی زاده**

استاد راهنما

**دکتر پرویز احسان زاده**

**بهار ۱۳۸۶**

**دانشگاه صنعتی اصفهان**
دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت آقای حمید رضا عشقی زاده تحت عنوان

# تاثیر رژیم های آبیاری بر رشد، فلورسانس کلروفیل و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)

در تاریخ ۱۳۸۶/۳/۱۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

| | |
|---|---|
| ۱- استاد راهنمای پایان نامه | دکتر پرویز احسان زاده |
| ۲- استاد مشاور پایان نامه | دکتر محمد رضا خواجه پور |
| ۳- استاد مشاور پایان نامه | دکتر عبدالمجید رضایی |
| ۴- استاد داور | دکتر خورشید رزمجو |
| ۵- استاد داور | دکتر بهروز مصطفی زاده |
| سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده | دکتر بهرام شریف نبی |

**کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.**

تشکر و قدردانی

**خداوند را سپاس که نعمت دانش آموزی در این مقطع را به بنده ناچیز خود ارزانی داشت. بدون شک گذر از این مرحله زندگی نیز همانند گذشته بدون حمایت و مهربانی های پدر و مادر و تشویق های برادرم شدنی نبود. در این زمینه صبر و بزرگواری استاد عزیزم آقای دکتر احسان زاده و متانت و مهربانی استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمد رضا خواجه پور که بدون هیچ گونه چشم داشتی همیشه جوابگوی سوالات و چالش های ذهنی من بوده اند، بسیار حایز اهمیت است. از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر عبدالمجید رضایی، دکتر خورشید رزمجو و دکتر بهروز مصطفی زاده که زحمت بازخوانی این تحقیق را تقبل نمودند و با نظرات ارزشمند خود در ارتقای کیفیت این پایان نامه موثر بودند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.**

**از دوستان عزیزم آقایان مهندس علی اشرفی و مهندس امیر حسین معلم بخاطر تمام مساعدت هایشان کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از آقای دکتر فرهاد عزیزی جهت مساعدت در تهیه بذر و نیز همکاری صمیمانه سرپرست و کارکنان مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بویژه جناب آقای مهندس عراقی تشکر می نمایم.**

**با تشکر ویژه از دوست مهربانم جناب آقای مهندس قباد شعبانی که همیشه مشوق و حامی من بوده است.**

**حمید رضا عشقی زاده**

**اردیبهشت ۱۳۸۶**

## فهرست مطالب

**عنوان** صفحه


فهرست مطالب ..... هفت
فهرست جداول ..... نه
فهرست اشکال ..... ده
چکیده ..... ۱
**فصل اول: مقدمه** ..... ۲
**فصل دوم: بررسی منابع علمی** ..... ۵
۲-۱- اهمیت مدیریت آبیاری در تولید محصولات زراعی ..... ۵
۲-۲- اهمیت اقتصادی گیاه ..... ۶
۲-۳- منشاء و خصوصیات گیاهی ذرت ..... ۶
۲-۴- مراحل نمو ..... ۸
۲-۵- سازگاری ..... ۹
۲-۶- نیاز آبی ذرت ..... ۱۱
۲-۶-۱- مرحله جوانه زنی و گیاهچه ..... ۱۱
۲-۶-۲- مرحله رشد سریع ..... ۱۱
۲-۶-۳- مرحله زایشی ..... ۱۱
۲-۶-۴- مرحله رسیدگی ..... ۱۱
۲-۷- مدیریت آبیاری در ذرت ..... ۱۲
۲-۸- جذب و سرنوشت انرژی نورانی ..... ۱۳
۲-۹- فلورسانس کلروفیل ..... ۱۵
۲-۹-۱- اصول ..... ۱۵
۲-۹-۲- موارد استفاده از فلورسانس کلروفیل ..... ۱۶
۲-۱۰- شاخص سطح برگ ..... ۱۷
۲-۱۱- اجزای عملکرد ..... ۱۸
۲-۱۱-۱- تعداد بلال ..... ۱۸
۲-۱۱-۲- تعداد دانه ..... ۱۹
۲-۱۱-۳- وزن هزار دانه ..... ۲۰
۲-۱۲- عملکرد دانه ..... ۲۱
۲-۱۳- عملکرد ماده خشک ..... ۲۱
۲-۱۴- شاخص برداشت ..... ۲۲
۲-۱۵- کارایی مصرف آب آبیاری ..... ۲۲
**فصل سوم: مواد و روش ها** ..... ۲۴
۳-۱- اندازه گیری ها ..... ۲۶
۳-۲-آنالیزهای آماری ..... ۲۸
**فصل چهارم: نتایج و بحث** ..... ۲۹

۴-۱- شاخص سطح برگ ..... ۲۹
۴-۲- ارتفاع گیاه ..... ۲۹
۴ -۳- پارامتر های فلورسانس کلروفیل ..... ۳۰
۴-۴- مراحل فنولوژیک ..... ۴۲
۴-۴-۱- روز تا سبز شدن ..... ۴۲
۴-۴-۲- روز تا چهار برگی ..... ۴۲
۴-۴-۳- روز تا شش برگی ..... ۴۲
۴-۴-۴- روز تا هشت برگی ..... ۴۲
۴-۴-۵- روز تا ۱۰ برگی ..... ۴۳
۴-۴-۶- روز تا ۱۲ برگی ..... ۴۳
۴-۴-۷- روز تا ۱۴ برگی ..... ۴۳
۴-۴-۸- روز تا کاکل دهی ..... ۴۳
۴-۴-۹- روز تا خمیری شدن دانه ..... ۴۴
۴-۴-۱۰-روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ..... ۴۴
۴-۵- اجزای عملکرد ..... ۵۰
۴-۵-۱- تعداد بلال ..... ۵۰
۴-۵-۲- تعداد دانه در بلال ..... ۵۰
۴-۵-۳- وزن هزار دانه ..... ۵۰
۴- ۶- عملکرد دانه ..... ۵۱
۴ -۷- عملکرد ماده خشک ..... ۵۳
۴-۸- شاخص برداشت ..... ۵۳
۴-۹- کارایی مصرف آب آبیاری ..... ۵۷
۴-۱۰- بررسی امکان بکارگیری $F_v/F_m$ به عنوان معیار زمان آبیاری ..... ۵۸
**فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها** ..... ۶۰
نتیجه گیری ..... ۶۱
پیشنهادها ..... ۶۲
فهرست منابع ..... ۶۳
چکیده انگلیسی .....

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول۳-۱- مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در لایه ۳۰ سانتی متری سطح خاک ..... ۲۵
جدول۳-۲- سطوح تیمار رژیم آبیاری در مراحل مختلف نمو بر اساس میلیمتر تبخیر تجمعی از طشت تبخیر کلاس A ..... ۲۵
جدول۴-۱-تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در رژیم های مختلف آبیاری و در هیبرید های مختلف ذرت..... ۳۲
جدول۴-۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه در رژیم های آبیاری و هیبرید های ذرت ..... ۳۳
جدول۴-۳-میزان آب مصرفی و وضعیت رطوبتی خاک (عمق ۲۵-۰ سانتیمتری) در رژیم های مختلف آبیاری ..... ۳۴
جدول۴-۴- تجزیه واریانس پارامترهای فلورسانس کلروفیل ($F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$) در مرحله ۱۰ برگی و ظهور گل آذین نر در رژیم های مختلف آبیاری و در هیبرید های مختلف ذرت ..... ۳۵
جدول۴-۵- مقایسه میانگین های پارامترهای فلورسانس کلروفیل ($F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$) در مرحله ۱۰ برگی و ظهور گل آذین نر در رژیم های مختلف آبیاری و در هیبرید های مختلف ذرت..... ۳۶
جدول۴-۶-تجزیه واریانس مراحل سبز شدن، چهاربرگی، شش برگی، هشت برگی، ۱۰ برگی و ۱۲ برگی در رژیم های مختلف آبیاری و در هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۴۵
جدول۴-۷- تجزیه واریانس مراحل ۱۴ برگی، کاکل دهی، خمیری شدن دانه و رسیدگی فیزیولوژیک در هیبریدهای مختلف ذرت و در رژیم های مختلف آبیاری..... ۴۶
جدول ۴-۸-مقایسه میانگین های تعداد روز از کاشت تا وقوع مراحل فنولوژیک در رژیم های مختلف آبیاری و در هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۴۷
جدول ۴-۹- مقایسه میانگین های تعداد روز از کاشت تا وقوع مراحل فنولوژیک در رژیم های مختلف آبیاری و در هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۴۸
جدول۴-۱۰- درجه روز –رشد تا رسیدن به مراحل مختلف فنولوژیک در هیبریدهای ذرت ..... ۴۹
جدول۴-۱۱- مقایسه میانگین های صفات اندازه گیری شده در رژیم هایمختلف آبیاری و در هیبریدهای مختلف ذرت ..... ۵۲
جدول۴-۱۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در رژیم هایمختلف آبیاری و در هیبرید های مختلف ذرت ..... ۵۵
جدول۴-۱۳- مقایسه میانگین های صفات اندازه گیری شده در هیبرید های مختلف ذرت و در رژیم های مختلف آبیاری ..... ۵۶

## فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**

شکل۲-۱- میزان آب مورد نیاز ذرت در مراحل مختلف رشد..... ۱۲
شکل۲-۲- اندازه گیری فلورسانس کلروفیل یک برگ ذرت با استفاده از پالس نور اشباع ..... ۱۵
شکل۴-۱- روند تغییر پارامترهای $F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$ در رژیم های مختلف آبیاری در مرحله ۱۰ برگی..... ۳۷
شکل۴-۲- روند تغییر پارامترهای $F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$ در هیبرید های مختلف ذرت در مرحله ۱۰ برگی..... ۳۸
شکل۴-۳- روند تغییر پارامترهای $F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$ در رژیم های مختلف آبیاری در مرحله ظهور گل آذین نر..... ۳۹
شکل۴-۴- روند تغییر پارامترهای $F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$ در هیبرید های مختلف ذرت در مرحله ظهور گل آذین نر..... ۴۰
شکل۴-۵- روند تغییر $F_v/F_m$ در مراحل ۱۰ برگی و ظهور گل آذین نر در رژیم های مختلف آبیاری..... ۴۱
شکل۴-۶- ارتباط بین میزان آب مصرفی و عملکرد ماده خشک در هیبریدهای مختلف ذرت..... ۵۹
شکل۴-۷- رابطه بین Fv/Fm و عملکرد دانه در هیبریدهای ذرت و در رژیم های مختلف آبیاری درمرحله ۱۰ برگی ..... ۵۹
شکل۴-۸- رابطه بین Fv/Fm و عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در رژیم های آبیاری مختلف درمرحله ظهور گل آذین نر ..... ۶۰
شکل۴-۹- رابطه بین شاخص سطح برگ در مرحله ظهور گل آذین نر و عملکرد دانه در هیبریدهای ذرت در رژیم های آبیاری مختلف ..... ۶۰

**چکیده:**

نوسانات شدید بارندگی در مقیاس های فصلی و سالانه در ایران موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی می شود. از این رو این تحقیق با هدف مطالعه تاثیر شرایط مختلف رطوبتی بر رشد، فلورسانس کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت در سال زراعی ۱۳۸۵ با استفاده از طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. تیمارهای آبیاری بر اساس میلی متر تبخیر تجمعی از طشت تبخیر کلاس A در سه مرحله رشد ذرت از کاشت تا مرحله انتقال، انتقال تا خمیری شدن دانه و خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک شامل: $I_1$ (به ترتیب ۸۵-۷۰-۸۵) به عنوان شاهد، $I_2$ (به ترتیب ۱۱۰-۷۰-۱۱۰)، $I_3$ (به ترتیب ۱۳۵-۹۵-۱۳۵) و $I_4$ (به ترتیب ۱۶۰-۹۵- ۱۶۰) به عنوان فاکتور اصلی و چهار هیبرید ذرت شامل سینگل کراس ۷۰۴ ($V_1$)، سینگل کراس ۷۰۰ ($V_2$)، سینگل کراس۵۰۰ ($V_3$) و تریپل کراس۶۴۷ ($V_4$) به عنوان فاکتور فرعی بود. پارامترهای فلورسانس کلروفیل ($F_0$، $F_m$ و $F_v/F_m$)، شاخص سطح برگ در مرحله ظهور گل آذین نر، ارتفاع گیاه، تعداد بلال در گیاه، تعداد دانه در بلال، عملکردهای ماده خشک و دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب آبیاری اندازه گیری شدند.

شاخص سطح برگ گیاهان با افزایش فاصله آبیاری کاهش معنی داری یافت. بطوریکه سطح آبیاری I۱ با ۵/۴۳ بیشترین و I۴ با ۳/۶۶ کمترین مقدار را داشتند. در بین هیبرید ها نیز سینگل کراس ۷۰۰ با ۴/۹۳ بالاترین و تریپل کراس ۶۴۷ با ۳/۸۵ کمترین مقدار را داشتند اختلاف بین هیبریدها از نظر $F_m$ در مرحله ۱۰ برگی و ظهور گل آذین نر معنی دار بود. همچنین بین تیمارهای آبیاری از نظر Fv/Fm اختلاف معنی داری ($p<۰/۰۵$) در مرحله ظهور گل آذین نر مشاهده شد. هیبرید به غیر از مرحله سبز شدن اثر بسیار معنی داری بر روی مراحل نمو گیاه داشت. سینگل کراس ۵۰۰ به عنوان زودرس ترین (۱۶۳۴ درجه روز-رشد) و تریپل کراس ۶۴۷ به عنوان دیررس ترین هیبرید (۱۷۳۳درجه روز- رشد) بودند. عملکرد دانه به طور بسیار معنی داری تحت تاثیر رژیم آبیاری و هیبرید قرار گرفت، ولی بر همکنش بین آنها تاثیری بر عملکرد دانه نداشت. سطح آبیاری I۱ که تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بیشتری (به ترتیب حدود ۳۵ و ۸٪) نسبت به سطح آبیاری I۴ داشت، با عملکرد دانه ۱۲۳۴۰ کیلو گرم در هکتار نسبت به سطح I۴ با ۷۶۷۰ کیلو گرم دانه در هکتار حدود ۳۷٪ تولید دانه بیشتری داشت. سینگل کراس ۷۰۰ با وجود اینکه تعداد دانه کمتری (حدود ۷٪) نسبت به سینگل کراس ۵۰۰ داشت بخاطر وزن دانه بیشتر (حدود ۱۱٪) عملکرد دانه بیشتری ( ۱۱۲۲۰کیلوگرم در هکتار) داشت. در شرایط رطوبتی مختلف در این آزمایش از میان اجزای عملکرد تعداد دانه در بلال با ضریب همبستگی $^{**}$۰/۷۵ و پس از آن وزن هزار دانه با ضریب $^{**}$۰/۴۵ به ترتیب بیشترین و کمترین نقش را در تعیین عملکرد دانه داشته اند. تیمار $I_4$ کمترین عملکرد بیولوژیک (۱۶۶۵۰ کیلوگرم در هکتار) و دانه و نیز کمترین کارآیی مصرف آب آبیاری (۱/۴۲ و ۰/۹۹ کیلوگرم در متر مکعب به ترتیب برای عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه) را در بین تیمارهای آبیاری داشت. در بین هیبرید ها نیز سینگل کراس ۷۰۰ بالاترین عملکرد بیولوژیک (۲۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد.

# فصل اول
## مقدمه

قسمت اعظم اقلیم ایران در قلمرو آب و هواهای خشک جهان قرار می گیرد. علاوه برکمی بارندگی، نوسانات شدید آن در مناطق مختلف کشور درمقیاسهای فصلی و سالانه وقوع خشکسالی های ضعیف تا شدید را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. وقوع این خشکسالیها، اثر بسیار زیانباری را بر بخشهای کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می کند [۵].

در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ سطح زیر کشت ذرت دانه ای در ایران معادل ۳۶۰ هزار هکتار بوده که از آن معادل ۱/۷ میلیون تن دانه بدست آمده است. در این میان استان اصفهان با ۴۳۵۰ هکتار سطح زیر کشت و تولید ۳۱۳۹۵ تن دانه از نظر میزان تولید در رده هشتم کشور و از نظر عملکرد در واحد سطح در رده پنجم کشور قرار دارد. با این وجود میزان واردات دانه ذرت به کشور در سال ۸۵ معادل ۲ میلیون تن بوده است [۴ و ۴۱].

حساسیت ذرت به شدت تنش رطوبتی و مرحله نمو فیزیولوژیکی که تنش در آن اتفاق می افتد، ارتباط دارد. از اینرو زمان وقوع بارش (در نواحی با تابستان مرطوب) یا برنامه آبیاری یک عامل مهم اقتصادی در تولید ذرت می باشد [۴۵ و ۴۷]. برنامه ریزی آبیاری باید به صورتی باشد که با مصرف کمترین میزان آب بیشترین عملکرد محصول بدست آید. با عنایت به محدودیت روز افزون منابع آب در ایران کشاورزان می بایستی در آینده به تولید گیاهان زراعی از جمله ذرت با آب آبیاری کمتری روی بیاورند، که این امرممکن است منجر به افزایش وقوع تنش در گیاه شود [۵، ۳۱ و ۳۸].

از جمله بارزترین واکنش های گیاهان به عامل تنش زای محیطی افت فتوسنتز ناشی از اختلال در فعالیت فتوسیستم II می باشد [۲۹ و ۵۵]. تحت چنین شرایطی به دنبال کاهش تولید و ذخیره فرآورده های انتقال الکترون یعنی ATP و NADPH در واکنش های وابسته به نور فتوسنتز، عملکرد کوانتومی

فتوسیستم II ($\Phi_{PSII}$) افت پیدا می کند. در واقع مقدار فرونشاندن[۱] انرژی الکترون برانگیخته شده از مسیر غیر فتوشیمیایی[۲] افزایش یافته و از این طریق فتوسیستم II به طور منفی تنظیم می گردد. هنگامی که نور در سطح معمول می باشد، بخش غالب آن در فعالیت های فتوشیمیایی به مصرف می رسد و در نهایت تنها بخش کمی از انرژی نورانی به صورت فلورسانس ساطع می گردد که به آن فلورسانس[۳] کمینه ($F_0$) می گویند. در این صورت فرونشاندن انرژی الکترون برانگیخته شده از طریق فتوشیمیایی[۴] (qN) نزدیک به ۱ است. در مقابل هنگامی که برگ در معرض پالسی از نور اشباع قرار می گیرد تمامی مولکولهای موسوم به کوئینون آ[۵] دست کم به صورت موقت به صورت احیا در آمده و بدلیل تداوم واکنش های فتوشیمیایی فتوسیستم **II**، فلورسانس به میزان بالایی افزایش می یابد که به آن فلورسانس بیشینه ($F_m$) اطلاق می گردد. در چنین حالتی فرونشاندن انرژی الکترون برانگیخته شده از طریق فتوشیمیایی نزدیک به صفر است [۵۷]. آنالیز فلورسانس کلروفیل روشی سریع و غیر تخریبی را برای ارزیابی نحوه عملکرد سیستم فتوسنتزی در طول و بعد از تنش محیطی فراهم می کند و اطلاعات حاصل از آن برای مشخص کردن سرعت انتقال الکترون و چگونگی فرونشاندن انرژی الکترون برانگیخته بکار می رود [۵۵]. حتی امروزه در گونه های $C_4$ مثل ذرت که میزان تنفس نوری در آنها پایین است، اندازه گیری فلورسانس کلروفیل جانشین اندازه گیری تبادل گازی برای سنجش کارایی انرژی تابش فعال فتوسنتزی[۶] جاری شده است [۵۷]. تنش های محیطی از جمله تنش کمبود آب باعث کاهش حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II ($F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$) در شرایط سازگار شده با تاریکی می گردند. از اینرو در ژنوتیپ ها ی مختلف مقدار کاهش عملکرد کوانتومی ( $F_v/F_m$ ) و یا ثبات تغییرات فلورسانس ($F_0$- $F_v = F_m$ ) در بازه ی زمانی به عنوان معیاری از درجه تحمل و مقاومت به تنش مورد استفاده قرار گرفته است [۴۴ و ۵۶].

کمبود آب خاک عملکرد ذرت و سایر محصولات دانه ای را از سه طریق عمده کاهش می دهد: اول اینکه، کل جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بوسیله کانوپی گیاه را در اثر محدودیت توسعه برگ، پژمردگی موقت، لوله شدن یا پیری زود رس آن در طول دوره تنش شدید خشکی کم می کند. دوم آنکه باعث کاهش کارایی مصرف نورمی شود که عامل محدود کننده مهمی در عملکرد ذرت تحت تنش است. سوم آنکه عملکرد دانه ذرت را بوسیله کاهش شاخص برداشت (نسبت ماده خشک محصول که به دانه تخصیص داده می شود) پایین می آورد [۳۸]. تنش آب در مواردی سبب تغییرات متابولیکی

---

۱- Quenching

۲- Nonphotochemical fluorescence quenching (qNP)

۳- Fluorescence

۴- Photochemical quenching (qN)

۵- Quinone A

۶- Photosynthetically active radiation

و ترکیبی نظیر زمان پیری، کاهش در سرعت فتوسنتز، افزایش در تولید آبسزیک اسید و اتیلن و کاهش در سنتز پروتیین می شود. با وجود اینکه پیری در اصل تحت کنترل ژنتیکی و هورمونی است، تنش ها بر روی توسعه برگها و نمو زایشی تاثیر گذاشته و از طریق اثر بر روی تعادل عرضه ـ تقاضای آب و نیتروژن در طول پر شدن دانه بر دوام سطح برگ تاثیر منفی می گذارند [۷۸ و ۷۹]. به طور کلی رشد و نمو گیاه در پاسخ به کمبود آب خاک پیش از گلدهی در شرایط مزرعه به سرعت کاهش می یابد. تنش زود هنگام از طریق کاهش درسطح فتوسنتز کننده در زمان توسعه بلال اثر غیر مستقیمی بر روی عملکرد دانه دارد [۳۵]. تنش خشکی پیش ازگرده افشانی باعث افزایش کیسه های جنینی غیر عادی و سنبلچه های هرمافرودیت در بلال، تاخیر در ظهور گل آذین نر، کاکل ها و شروع روند خطی پر شدن دانه گیاهان شده و عملکرد را ۱۵ تا ۲۵٪ در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش می دهد [۶۳]. تنش شدید خشکی در طول دوره گرده افشانی، کاکل دهی را تا بعد از اینکه همه یا مقدار زیادی از گرده ها ریزش می یابند، به تاخیرمی اندازد و قوه ی نامیه گرده ها نیز در این شرایط کاهش می یابد که به دنبال آن تعداد زیادی دانه های عقیم یا بلال هایی با دانه های کم ایجاد می شود [۴۸]. در مطالعه ای دو ساله بر روی ذرت شیرین بیشترین مقادیر کارایی مصرف آب آبیاری معادل ۱/۶۶ کیلوگرم در متر مکعب در فواصل آبیاری ۴ روزه در سال اول و ۱/۵۹ کیلوگرم در متر مکعب با فاصله های آبیاری ۶ روزه در سال دوم بدست آمد [۶۵]. در مطالعه دیگری نتایج متفاوتی بدست آمد و در آن دسته گیاهانی که تحت تنش قرار داشتند کارایی مصرف آب دانه و ماده خشک بیشتری نسبت به گیاهان شاهد دارا بودند که این افزایش در کارایی بخاطر کاهش زیاد در تعرق ناشی از کاهش سطح سبز برگ به عنوان برآیندی از تنش کمبود آب بود [ ۵۰].

این آزمایش، با هدف مطالعه و بررسی:

۱- تاثیر شرایط مختلف رطوبت خاک بر خصوصیات رشد و فلورسانس کلروفیل

۲- تاثیر شرایط مختلف رطوبت خاک بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری

۳- ارزیابی امکان بکارگیری نسبت $F_v/F_m$ به عنوان معیاری برای زمان آبیاری در شرایط مزرعه و برای چهار هیبرید ذرت بود.

**فصل دوم**
**بررسی منابع**

**۲-۱- اهمیت مدیریت آبیاری در تولید محصولات زراعی**

با توجه به افزایش نیاز به آب در کشاورزی و دغدغه هایی مثل کم شدن منابع طبیعی آب و تغییرات آب و هوایی، کمبود آب و کاهش تخصیص آن به آبیاری در بخش کشاورزی در آینده نزدیک اتفاق خواهد افتاد. در این صورت بزرگترین چالش به ویژه در کشورهایی که با محدودیت منابع تامین آب و زمین مواجه اند، افزایش تولید مواد غذایی با استفاده از آب کمتر از طریق بهبود فن آوری ها و نظام های تولیدی است که کارایی مصرف آب بالاتری دارند [۵ و ۳۴].

کشاورزان می بایستی ترکیبی از راهکارهای مدیریتی مختلف را برای غلبه بر کمبود آب در خاک، کمبود بارندگی و کمبود آب آبیاری بکارگیرند. فرار از خشکی، اجتناب یا تحمل آن، کشت محصولات خاص، آبیاری تکمیلی و یا کم آبیاری از جمله این راهکارها هستند که می توان آنها را در شش موضوع کلی دسته بندی کرد:

۱-افزایش ذخیره رطوبتی خاک در زمان کاشت گیاه، ۲- افزایش میزان استخراج آب از خاک ، ۳- کاهش سهم تبخیر از میزان کل آب مصرفی، ۴- استفاده از الگوی مناسب مصرف آب پیش و پس از گرده افشانی، ۵- تحمل تنش آبی و بهبود آن پس از برطرف شدن تنش و ۶-آبیاری در حساسترین مرحله رشد. برای رسیدن به این اهداف باید در مورد شخم خاک، نوع محصول و واریته، تاریخ کاشت و تراکم، مصرف کود نیتروژن، زمان، حجم و دفعات آبیاری تصمیمات فنی گرفته شود. یک نظام مدیریتی قابل انعطاف بر اساس قوانین تصمیم گیری نسبت به یک سری فن آوری ها و مدیریتهای ثابت ترجیح داده می شود [۳۴].

در مناطق با آب و هوای مدیترانه ای تنها برای غلات زمستانه، لگوم های پاییزه و محصولات بهاره با نظام ریشه عمیق و متراکم (سورگوم، آفتابگردان، پنبه و ... ) می توان کم آبیاری را به کار گرفت [۵۲]. گیاهان چهار کربنه مانند ذرت به دلیل کمتر بودن نسبت تعرق، بهترین واکنش را به آبیاری از خود نشان

می دهند. آبیاری علاوه بر اطمینان بیشتر و سطح بالای عملکرد، استفاده از سایر نهاده های با ارزش را نیز ممکن می سازد [۱۸]

**۲-۲- اهمیت اقتصادی گیاه**

ذرت با سطح کشت جهانی بالغ بر ۱۴۰ میلیون هکتار و تولید بیش از ۵۸۵ میلیون تن دانه در سال یکی از منابع اصلی تامین غذای انسان، دام و مصارف صنعتی می باشد [۸ و۴۱]. در بین غلات ذرت بیشترین تنوع مصرف کننده را دارا است، زیرا افزون بر مصرف به عنوان غذای انسان ( کنسرو یا تهیه غذا در خانه ) به عنوان علوفه برای دام ها، در صنایع تخمیر و تهیه فرآورده های متنوع صنعتی از جمله اتانول نیز مورد استفاده قرار می گیرد. به نظر می رسد اهمیت ذرت در آینده زیادتر شود زیرا در کشورهای فقیر غذای اصلی است و در کشورهای غنی برای تولید پروتیین حیوانی ضروری است [۲]. ذرت به دلیل ویژگی هایی نظیر قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، عملکرد زیاد در هکتار، مقاومت نسبی به خشکی و ورس، قدرت قرار گرفتن در تناوب های مختلف با گیاهان و آب و هوای گوناگون، قدرت پذیرش کامل مکانیزاسیون در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت، پذیرش کشت متوالی به مدت چند سال و داشتن ارزش غذایی مطلوب و راندمان بالای مصرف آب، خیلی زود در تمام دنیا گسترش یافت [۲۴]. کشت و کار این محصول در ایران تا دو دهه قبل بسیار محدود بود و با وجودی که سطح زیر کشت و میزان تولید آن طی ۱۵-۱۰ سال اخیر رشد خوبی داشته، لیکن با توجه به نیاز حدود ۲/۵ میلیون تن دانه برای تامین منابع غذایی و استفاده در بخش صنعت، فقط ۱/۷ میلیون تن دانه ذرت از ۳۶۰/۰۰۰ هکتار سطح زیرکشت بدست آمده است [۴ و ۸].

**۲-۳- منشاء و خصوصیات گیاهی ذرت**

ذرت تنها گونه ای است که معمولا در جنس *Zea* از طایفه *Maydeae* (یا *Tripssaceae*) زیر-خانواده *Panicoideae* و خانواده *Poaceae* جای می گیرد و n=۱۰ کروموزوم دارد [۴۰]. لینه در سال ۱۷۳۷ ذرت را *Zea mays* نامید. کلمه *Zea* لغتی یونانی است که ریشه آن *Zoien* به معنی زندگی است . واویلوف مبدا اولیه ذرت را جنوب مکزیک، آمریکای مرکزی، آمریکای جنوبی و مرکز آمریکای جنوبی (پرو، اکوادور و بولیوی) ذکر می کند [۲۴]. ذرت گیاهی است یکساله که طول آن از بسیار کوتاه (۶۰ تا ۷۰ سانتیمتر) تا بیش از ۶ متر تغییر می کند. ارتفاع بسیاری از ارقام یا هیبریدهای ذرت ۱/۵ تا ۳ متر می باشد. ذرت دارای ریشه های افشان می باشد. جنین در موقع جوانه زدن فقط تولید یک ریشه می کند که بسیار سریع رشد کرده و انشعاباتی تولید نموده، و در عمق خاک نفوذ می کند. از قاعده مزوکوتیل نیز ۷-۳ ریشه نابجا خارج می گردد. این ریشه ها همراه با ریشه جنینی، سیستم ریشه اولیه[۱] را

---

۱- Seminal roots

در ذرت به وجود می آورد که تامین کننده آب و مواد غذایی برای ذرت در ۳-۲ هفته اول می باشد [۲۴]. با رسیدن راس غلاف ساقه چه به محیط خارج و تکمیل سبز شدن، ریشه های طوقه ای از گره غلاف شروع به رشد می کنند و بدنبال آن ریشه های طوقه ای دیگری از چند گره ای که در زیر خاک قرار دارند، توسعه می یابند. غالبا یک یا چند گره ای که در بالا و نزدیکی سطح خاک قرار دارند ریشه‌های هوایی نگهدارنده[۱] که ممکن است وارد خاک شده و فعالیت جذبی موثری داشته باشند را تولید می کنند.

ریشه های طوقه ای و ریشه های هوایی نگهدارنده بر رویهم سیستم ریشه فعال و دایمی گیاه را بوجود می آورند. زیرا ریشه های بذری از طریق محور باریک مزوکوتیل به گیاه اتصال داشته و این محور ظرفیت انتقال آب و مواد غذایی زیادی ندارد. ریشه های بذری ممکن است طی چند هفته اول رشد گیاه و پس از توسعه ریشه های طوقه ای غیر فعال شوند. عمق توسعه ریشه ذرت به بافت، ساختمان و مقدار مواد غذایی خاک بستگی داشته و پتانسیل نفوذ آن به ۱/۵ تا ۲ متر می رسد [۲، ۲۰ و ۲۴].

برگ های ذرت همانند برگ سایر غلات از پهنک و غلاف تشکیل شده است. غلاف های پایینی کوتاه بوده ولی به دلیل کوتاهی زیاد میانگره ها، یکدیگر را پوشش می دهند. طول غلاف ها بتدریج و با افزایش شماره گره ( از سمت قاعده گیاه) زیادتر می شود. برگ ها به طور متناوب و به تعداد ۸ تا ۴۸ عدد (در هیبریدهای موجود در ایران غالبا ۱۰ تا ۲۵ عدد) در روی ساقه قرار گرفته اند. طول برگ در هیبرید های موجود در ایران ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر و حداکثر عرض آنها ۳ تا ۱۵ سانتیمتر می باشد. برگ فاقد گوشواره است، اما دارای زبانک کوتاه غشا مانندی می باشد که فاقد رنگ است [۱۰، ۲۰ و ۵۹].

ذرت دارای یک ساقه استوانه ای است که در مقطع عرضی بیضوی است [۲۴] و همانند سایر غلات بند بند ولی دارای مغز پارانشیمی بوده و توپر می باشد. دستجات آوندی که توسط غلاف اسکلرانشیمی احاطه شده اند در داخل مغز پراکنده اند [۱۰]. در ناحیه قاعده میانگره حلقه رشد کننده ای از نوع مریستم میان بافتی قرار دارد که مسئول رشد طولی میانگره است. جوانه ریشه های هوایی در این ناحیه مشاهده می شوند. مریستم انتهایی ساقه به گل آذین نر تبدیل می شود و در این زمان گیاه وارد فاز زایشی می گردد. با شروع طویل شدن مریستم انتهایی ساقه برای تبدیل به گل آذین نر، رشد طولی میانگره های ساقه نیز آغاز می شود. بدنبال آن جوانه های انشعابات گل آذین نر پدیدار می شوند. دوران تکمیل تشکیل گل آذین نر تا حدی طولانی است. از نظر تصمیم گیری های زراعی ممکن است انتقال از فاز رویشی به زایشی را هنگامی محسوب نمود که گل آذین نر به طول ۲ تا ۳ میلیمتر رسیده با شد. این زمان معمولا با پیدایش مریستم های سنبلچه در روی محور اصلی گل آذین نر همزمان است. گل آذین نر به صورت خوشه بوده و انشعابات آن به صورت مارپیچ حول محور اصلی قرار گرفته اند.

گل آذین ماده به صورت سنبله است. از تغییر فرم و رشد مریستم انتهایی جوانه ساقه جانبی در ناحیه میانی بوته منشاء می گیرد. در هر بوته معمولا یک گل آذین ماده دیده می شود. اما گاهی تا سه گل آذین ماده رشد می کنند. غالبا بالاترین جوانه به بزرگترین گل آذین ماده یا بلال تبدیل می شود. نحوه

---

۱- Brace roots

نمو بلال تقریبا مشابه سنبله گندم است با این تفاوت که گره ها بر روی محور بلال بسیار بهم نزدیک هستند. در هر گره یک جفت سنبلچه بارور مشاهده می شود. بهمین جهت تعداد دانه در ردیف بلال همیشه زوج است.

گندمه ذرت همانند یک میوه ناشکوفای تک دانه ای است و شامل دیواره تخمدان، پوسته دانه حقیقی (که غیر پیوسته بوده و بخوبی توسعه نیافته است)، مقداری بافت خورش، جنین و آندوسپرم است. آندوسپرم عمدتا از ذرات نشاسته تشکیل شده است و سمت خارجی آن را به استثناء محل استقرار جنین، لایه آلورون پوشانده است. دانه ذرت به رنگ های سفید، زرد، قرمز، ارغوانی و سیاه دیده می شود. وزن هزار دانه در غالب توده های بذری ذرت ۱۸۰ تا ۲۸۰ گرم می باشد [۱۰، ۲۰ و ۲۴].

**۲-۴- مراحل نمو**

مراحل نمو ذرت عبارتنداز:

۱-مرحله سبز شدن (صفر): غلاف کلئوپتیل از خاک خارج شده و با پاره شدن نوک آن برگ های اولیه ظاهر می گردد.

۲-مرحله دو برگی (۰/۵): ریشه های طوقه ای در روی گره های زیر خاک تشکیل شده، ریشه های بذری منشعب و دارای تارهای کشنده هستند.

۳-مرحله چهار برگی (۱): ریشه های طوقه ای منشعب و دارای تارهای کشنده هستند، رشد ریشه های بذری کند می گردد. مریستم انتهایی ساقه به گل نر تبدیل می شود. تمامی برگ ها و جوانه های بلال[۱] تمایز یافته اند.

۴-مرحله شش برگی (۱/۵): نقطه رشد[۲] در نوک ساقه در نزدیکی سطح خاک قرار دارد. سیستم اصلی ریشه گیاه را ریشه های طوقه ای تشکیل می دهد. پا جوش ها[۳] در این مرحله توسعه می یابند.

۵-مرحله هشت برگی (۲): طویل شدن سریع ساقه آغاز گشته و گل نر در فاصله ۵ تا ۷ سانتیمتری بالای سطح خاک رشد سریع خود را شروع نموده است. برگ ها نیز به سرعت تشکیل می گردند.

۶-مرحله ده برگی (۲/۵): جوانه های بلال در گره ششم تا هشتم بالای سطح خاک در حال توسعه می باشند.

۷-مرحله ۱۲ برگی (۳): توسعه برگ ها در این مرحله تقریبا تمام شده، ساقه و گل نر به سرعت در حال رشد می باشند. ریشه های نگهدارنده هوایی در پایین ترین گره ساقه تشکیل می شوند. تمایز در سلول های بلال سریع است و پتانسیل تعداد تخمدان ها در بلال اصلی در این مرحله تعیین می گردد.

---

۱- Ear shoots

۲- Growth point

۳- Suckers

۸-مرحله ۱۴ برگی (۳/۵): اندازه گل نر تقریبا کامل شده و ساقه در حال طویل شدن سریع است. یک یا دو بلال گیاه به سرعت در حال رشد و نمو هستند. کاکل ها از قاعده بلال به طرف راس آن توسعه می یابند.

۹-مرحله ۱۶ برگی (۴): نوک گل نر از غلاف برگ خارج شده است. میانگره های بالایی ساقه در حال رشد هستند. رشد و نمو بلال و کاکل ها ادامه دارد.

۱۰- کاکل دهی و گرده افشانی (۵): کاکل ها از بلال خارج گشته و گرده ها آزاد می شوند. رشد ساقه متوقف می گردد. رشد چوب بلال سریع است و کاکل ها تا هنگام باروری به رشد خود ادامه می دهند. تخمدان ها بر روی چوب بلال در حال بزرگ شدن هستند.

۱۱- شیری شدن دانه (۶): توسعه چوب، ساقه و پوسته های بلال کامل گشته است. وزن خشک دانه در اثر تجمع نشاسته در آندوسپرم، سریع افزایش می یابد که تا مرحله ۹ ادامه دارد.

۱۲- خمیری شدن دانه (۷): دانه ها در حال رشد سریع هستند. محور اصلی جنین تمایز پیدا نموده و چهار برگ اولیه در آن تشکیل شده اند. تقسیم سلولی در لایه اپیدرمی آندوسپرم متوقف می گردد.

۱۳- آغاز سخت شدن دانه (۸): تعداد کمی از دانه ها سخت شده اند، ریشه چه و برگ های اولیه در جنین کاملا تمایز پیدا نموده و ریشه های بذری تشکیل شده اند. بزرگ شدن آندوسپرم به علت افزایش در اندازه سلول است.

۱۴- سخت شدن دانه (۹): همه دانه ها سخت شده و جنین با پنج برگ جنینی از نظر مورفولوژی رسیده است.

۱۵- رسیدگی فیزیولوژیکی (۱۰): تجمع ماده خشک در دانه ها متوقف گشته و دانه ها در حال خشک شدن هستند. پوسته بلال و اغلب برگ های گیاه سبزی خود را از دست داده اند [۷].

**۲-۵- سازگاری**

ذرت به دلیل تیپ ها و واریته های متعددی که دارد می تواند در شرایط محیطی به نسبت مختلف به عمل آید. با وجود این، زراعت این گیاه بیشتر بین عرض های جغرافیایی ۳۰ تا ۴۷ درجه جنوبی و شمالی و از سطح دریا تا ارتفاع حدود ۴۰۰۰ متر (بسته به عرض جغرافیایی) انجام می گیرد. ذرت با وجود اینکه یک گیاه گرمسیری است، نمی تواند آب و هوای بسیار گرم را تحمل کند و حرارت های بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد موجب آسیب به گیاه می شود و چنین روزهایی برای گرده افشانی ذرت مناسب نیست. در بسیاری از موارد دمای پایه رشد ذرت را ۱۰ و بیشینه آن را ۳۰ درجه سانتیگراد منظور داشته اند. بطور کلی ذرت در مناطقی که میانگین دمای سالیانه آن بیش از ۱۲ درجه سانتیگراد باشد، قابل تولید است. واضح است که هر چه حرارت بیشتر باشد امکان استفاده از ارقام دیررس بیشتر خواهد بود [۱۰ و ۲۰].

ذرت گیاهی است ماهیتا روز کوتاه، اما تمام هیبریدهای مورد کاشت در ایران نسبت به طول روز بی تفاوت می باشند. محدودیت مقدار نور می تواند رشد و عملکرد ذرت را نقصان دهد. بهمین جهت

نواحی با باران تابستانه زیاد و هوای ابری برای تولید ذرت چندان مناسب نیست ذرت در گروه گیاهان نیمه حساس به خشکی قرار می گیرد و تولید دیم آن به ۵۰۰ تا ۶۵۰ میلیمتر آب نیاز دارد [۹ و ۱۰].

ذرت می تواند در خاک های مختلف به عمل آید ولی میزان عملکرد آن عمدتا در خاک های عمیق، حاصلخیز، زهکش دار با بافت متوسط بویژه در خاک هایی که ظرفیت آبگیری بیشتری دارند قابل توجیه است [۲۰].

از میان هیبریدهایی که در ایران بیشتر رایج هستند می توان به پنج سینگل کراس زیر اشاره کرد که بخش اعظم سطح زیر کشت کشور، متعلق به مورد پنجم می باشد:

۱-سینگل کراس ۳۰۱: از هیبریدهای نسبتا زودرس محسوب شده که مدت زمان کاشت تا برداشت آن حدود ۱۱۰-۱۰۰ روز می باشد و متوسط عملکرد دانه آن ۵ تا ۷ تن در هکتار می باشد. از نظر والد مادری با هیبرید خیلی زودرس ۱۰۸ مشترک است. فرم دانه آن دندان اسبی، رنگ دانه زرد روشن، تراکم بوته مورد نیاز ۱۰۰۰ بوته بیشتر از هیبرید ۷۰۴ در هکتار است. این هیبرید از آزمایش های مقایسه عملکرد نهایی سرتاسری گروه زودرس انتخاب و به نام طلوع نامگذاری گردید. در بسیاری از مناطق استان اصفهان به عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو کشت گردید، اما به علت بالا بودن میزان آلودگی به سیاهک معمولی در مقایسه با سایر هیبریدها، کشت این رقم در استان متوقف شد.

۲-سینگل کراس ۵۰۰: از هیبریدهای میان رس می باشد.

۳-سینگل کراس ۶۴۷: از هیبریدهای متوسط رس، که مدت زمان کاشت تا برداشت آن ۱۲۵-۱۱۵ روز و متوسط عملکرد دانه آن ۷ تا ۹ تن در هکتار است.

۴-سینگل کراس ۶۰۴: از هیبریدهای میان رس، که مدت زمان کاشت تا برداشت آن ۱۲۵-۱۱۵ روز و متوسط عملکرد دانه آن ۷ تا ۹ تن در هکتار است.

۵-سینگل کراس ۷۰۴: از هیبریدهای دیر رس، که طول دوره رشد آن ۱۳۵-۱۲۵ روز و متوسط عملکرد دانه آن ۸ تا ۱۰ تن در هکتار است.

۶-سینگل کراس ۷۰۰: خصوصیات رشدی آن تا حدود زیادی مشابه رقم ۷۰۴ است و دیررس می باشد [۱۳ و ۲۵].

### ۲-۶- نیاز آبی ذرت

#### ۲-۶-۱- مرحله جوانه زنی و گیاهچه[۱]

برای جوانه زدن بذرهای ذرت مقدارخیلی کمی آب در خاک نیاز است. اما وجود آب کافی در لایه ۴۵-۳۰ سانتیمتر بالای خاک برای تولید گیاهچه های قوی ضروری است. آگاهی از میزان و نحوه توزیع آب موجود در پروفیل خاک در مناطقی که ذرت به صورت دیم کاشته می شود خیلی مهم است. ریشه ها تنها در قسمت هایی که آب وجود دارد گسترش می یابند.

#### ۲-۶-۲- مرحله رشد سریع[۲]

در این مرحله برگ ها به سرعت ظاهر می شوند و سیستم ریشه خیلی زود گسترش می یابد. گیاه ذرت به طور معمول در این مرحله نسبت به تنش کمبود آب متحمل است ولی میزان آب مصرفی به سرعت در حال افزایش است. در این دوره می توان معیار تخلیه ۷۰ درصد از رطوبت قابل دسترس خاک را تا قبل از ورود به مرحله رشد زایشی بدون اینکه کاهشی در پتانسیل عملکرد بوجود آید، به کار گرفت.

#### ۲-۶-۳- مرحله زایشی[۳]

از حدود دو هفته قبل تا دو هفته بعد از مرحله ظهور گل آذین نر حساسترین مرحله رشد ذرت نسبت به تنش ناشی از کمبود آب است. زمان واقعی این دوره در واقع کوتاهتر و از چند روز قبل از ظهور گل آذین نر تا پایان گرده افشانی است ولی برای اطمینان بیشتر و کاهش خطا در مدیریت آبیاری در صورتی که میزان آب خاک کم باشد، این دامنه زمانی معقولانه به نظر می رسد. به مجرد اینکه تلقیح بلال کامل شد، گیاه از مرحله بحرانی عبور کرده است. حفظ آب خاک در بالای ۵۰ درصد از رطوبت قابل دسترس در این مرحله انجام مراحل نمو باقیمانده گیاه را تضمین می کند و تنش های کوتاه مدت در زمان رسیدگی بلال آسیب کمتری خواهند داشت.

#### ۲-۶-۴- مرحله رسیدگی[۴]

زمانی گیاه وارد مرحله رسیدگی می شود، که دانه ها تشکیل شده باشند. در این مرحله آب کافی برای تکمیل مراحل نمو دانه ضرورت دارد اما گیاه ما به تنش مقاوم تر است. حفظ رطوبت خاک در بالای ۵۰

---

۱- Germination and seedling stage

۲- Rapid growth stage

۳- Reproductive stage

۴- Maturity stage