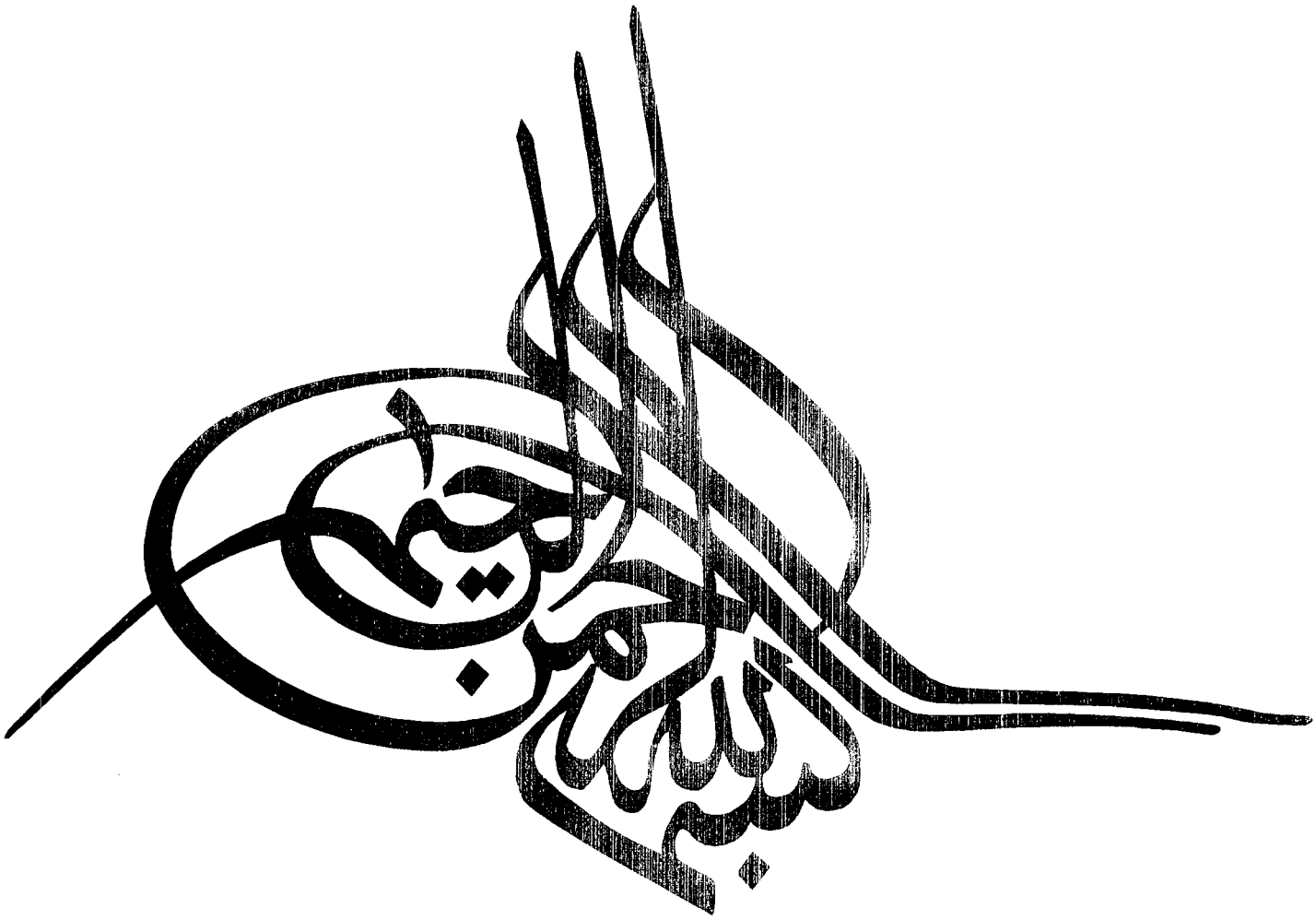

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد زراعت

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

عنوان :

بررسی تاثیر رژیم های مختلف رطوبت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط اقلیمی شاهرود

استاد راهنما :

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور:

دکتر خلیل اژدری

مهندس مهدی رحیمی

تهیه و تدوین : عاطفه پوراسدالهی

۱۳۸۵

تقدیم به

پدرم

به پاس محبت و شکیبایی اش

مادرم

آئینه افتادگی، عاطفه و پارسائی
که زندگیم برایش همه رنج است و وجودش برایم همه مهر

و

ابراهیم عزیزم

که وجودش مصداق عطوفت و مهربانی و تبلور
گذشت و فداکاری است.

تشکر و سپاسگزاری:

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستی ام بخشید و مرا به طریق علم و دانش رهنمون شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرم نمود. گذر از این راه و فائق آمدن بر مشکلات و دشواریها ممکن نبود مگر به لطف و فداکاری آنها که از عطای وجودشان بهره مند بوده ام.

مراتب سپاس صمیمانه خود را از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر احمد غلامی که با لطف و سعه صدر در تمام مراحل اجرا و تنظیم پایان نامه اینجانب را ارشاد فرموده و در کمال اخلاص اندوخته علمی و تجربی خود را در اختیار اینجانب قرار دادند ابراز می دارم و از حداوند سبحان موفقیت روز افزون ایشان را مسئلت می نمایم.

از اساتید بزرگوار آقایان دکتر خلیل اژدری و مهندس مهدی رحیمی به خاطر راهنمایی های ارزنده و دقت در تصحیح پایان نامه سپاسگزارم. از اساتید محترم آقایان دکتر عامریان، دکتر اصغری و دکتر هادی قربانی که علیرغم مشغله بسیار نظرات ارزنده ای در تکوین این مجموعه ارائه نمودند صمیمانه تشکر می کنم.

همچنین برخود لازم می دانم از آقایان مهندس اخیانی مدیریت محترم بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود، مهندس غلامرضا شاکری مدیریت محترم مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، مجید محمدی، غلامعباس حسین پور و علی حسین پور پرسنل زحمتکش مزرعه دانشکده کشاورزی و سرکار خانم باقری به سبب همکاری صمیمانه در طول مدت اجرای این تحقیق قدر دانی نمایم. از لطف و همراهی دوست عزیزم سرکار خانم مهندس سمیه اخلاقی به خاطر محبتها و الطاف ایشان تشکر می نمایم. توفیق روز افزون همه این عزیزان را از خداوند منان خواستارم.

چکیده :
به منظور مطالعه تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در منطقه شاهرود، آزمایشی در قالب طرح اسپلیت پلات در زمان در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به اجرا در آمد. در این بررسی مراحل مختلف رشد گندم امید و رژیم های مختلف آبیاری به ترتیب به عنوان عوامل اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. سطوح عامل اصلی عبارت بودند از: مرحله به ساقه رفتن، مرحله گلدهی و مرحله پر شدن دانه و سطوح عامل فرعی عبارت بودند از: آبیاری در ظرفیت زراعی، در۷۵٪ ظرفیت زراعی، در۵۰٪ ظرفیت زراعی و در ۲۵٪ ظرفیت زراعی. نتایج این بررسی نشان داد که تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک بوته، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد سنبله معنی دار بود، به طوریکه با افزایش شدت تنش این صفات به طور معنی داری کاهش یافتند. با افزایش شدت تنش، درصد پروتئین دانه به طور معنی دار افزایش یافت. بیشترین درصد پروتئین دانه از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۱۵/۵٪ حاصل شد. همچنین اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن کل بوته داشت. عملکرد دانه نیز به طور معنی داری تحت تأثیر اعمال تنش در مراحل مختلف رشد قرار گرفت و کمترین عملکرد دانه از اعمال تنش در مرحله گلدهی حاصل شد. بر اساس نتایج بدست آمده اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن هزار دانه داشت. مرحله ساقه رفتن به عنوان حساس ترین مرحله رشد نسبت به اعمال تنش خشکی در رابطه با تعداد سنبله در متر مربع شناخته شد. همچنین بررسی نتایج نشان داد که بیشترین کاهش تعداد دانه در سنبله مربوط به وقوع تنش در مرحله گلدهی بود و تنش در مرحله ساقه رفتن تأثیری بر تعداد دانه در سنبله نداشت. بعلاوه بررسی نتایج بدست آمده مشخص کرد که حساس ترین مرحله رشد نسبت به تنش خشکی در رابطه با ارتفاع بوته مرحله ساقه رفتن بود. بررسی نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، سرعت رشد محصول(CGR) به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت. تأثیر اعمال تنش خشکی بر شاخص سطح برگ (LAI) نیز معنی دار بود و با افزایش شدت تنش، شاخص سطح برگ کاهش یافت. به طوریکه از ۶/۹ درآبیاری در ظرفیت زراعی به ۴/۷ در آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد. همچنین با اعمال تنش خشکی مقادیر مربوط به سرعت رشد نسبی(RGR)، سرعت آسیمیلاسیون خالص(NAR)، سطح ویژه برگ(SLA) و نسبت سطح برگ (LAR) کاهش پیدا کرد. با بررسی نتایج حاصله مشخص شد که اعمال تنش خشکی بر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی تأثیر گذاشت و با افزایش شدت تنش سهم نسبی ذخائر ساقه و برگ در عملکرد دانه افزایش یافت.

واژه های کلیدی: گندم، تنش خشکی، مراحل رشد، عملکرد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

- چکیده ..... یک
- فهرست مطالب ..... دو
- فهرست اشکال ..... شش
- فهرست جداول ..... نه

فصل اول- مقدمه ۱

فصل دوم - بررسی منابع ۶

۲-۱- تعریف تنش ۷

۲-۲- چگونگی پیدایش تنش آبی ۷

۲-۳- اثرات تنش آبی بر رشد گیاه ۸

۲-۴- اثرات تنش آبی بر ساختمان گیاه ۸

۲-۵- اثرات تنش آبی در سطح سلولی ۸

۲-۶- اثرات تنش آب بر تنفس و فتوسنتز ۱۰

۲-۷- اثرات تنش آبی بر روابط هورمونها ۱۵

۲-۸- خشکی و تغذیه معدنی ۱۶

۲-۹- پاسخ گیاهان به تنش خشکی ۱۷

۲-۱۰- فرار از خشکی ۱۹

۲-۱۱- تحمل خشکی با ذخیره آب ۱۹

۲-۱۲- تحمل خشکی بدون ذخیره آب ۲۰

۲-۱۳- کنترل جذب آب به وسیله ریشه ها ۲۰

۲-۱۴- کنترل تلفات آب از طریق برگ ۲۰

۲-۱۵- اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ۲۱
۲-۱۶- اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد ۲۳
۲-۱۷- اثر تنش آبی در مرحله جوانه زنی ۲۵
۲-۱۸- اثر تنش آبی در مرحله بسته زنی ۲۶
۲-۱۹- اثر تنش آبی در مرحله ساقه رفتن ۲۷
۲-۲۰- اثر تنش آبی در مرحله گلدهی ۲۸
۲-۲۱- اثر تنش آبی در مرحله پرشدن دانه ۲۹
۲-۲۲- تاثیر تنش آبی بر مقدار و کیفیت پروتئین دانه گندم ۳۰
فصل سوم- مواد و روشها ۳۲
فصل چهارم- نتایج و بحث ۳۶
۴-۱- بررسی نتایج حاصل از نمونه برداری های انجام شده در طول فصل رشد ۳۷
۴-۱-۱- نمونه برداری های اول و دوم ۳۷
۴-۱-۲- نمونه برداری سوم ۳۷
۴-۱-۳- نمونه برداری چهارم ۳۸
۴-۱-۴- نمونه برداری پنجم ۳۹
۴-۱-۵- نمونه برداری ششم ۴۰
۴-۱-۶- نمونه برداری هفتم ۴۲
۴-۲- بررسی خصوصیات کمی و کیفی ۴۴
۴-۲-۱- وزن خشک کل بوته ۴۴
۴-۲-۲- عملکرد دانه ۴۷
۴-۲-۳- شاخص برداشت ۵۰
۴-۲-۴- ارتفاع بوته ۵۳
۴-۲-۵- وزن هزار دانه ۵۵

۴-۲-۶- وزن سنبله ۵۷
۴-۲-۷- تعداد سنبله ۵۹
۴-۲-۸- تعداد سنبلچه ۶۱
۴-۲-۹- تعداد دانه در سنبله ۶۳
۴-۲-۱۰- وزن کاه و کلش ۶۵
۴-۲-۱۱- طول محور سنبله ۶۷
۴-۲-۱۲- تراکم سنبله ۶۹
۴-۲-۱۳- درصد پروتئین دانه ۷۱
۴-۳ - آنالیزهای رشد ۷۴
۴-۳-۱- وزن خشک کل بوته ۷۴
۴-۳-۲- سرعت رشد محصول ۷۶
۴-۳-۳- شاخص سطح برگ ۷۸
۴-۳-۴- سرعت رشد نسبی ۸۰
۴-۳-۵- سرعت اسیمیلاسیون خالص ۸۲
۴-۳-۶- سطح ویژه برگ ۸۴
۴-۳-۷- نسبت سطح برگ ۸۶
۴-۴ - تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در گندم در شرایط تنش رطوبت ۸۸
۴-۵- نتیجه گیری ۹۰
۴-۶- پیشنهادات ۹۱
فصل پنجم – منابع ۹۲
فصل ششم – ضمایم ۱۰۶
- ضمیمه(۱) : خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی ۱۰۷
- ضمیمه(۲) : نقشه طرح ۱۰۸

- ضمیمه(۳) : جدول تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در طول فصل رشد ۱۰۹
- ضمیمه(۴) : جدول تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی در طول فصل رشد ۱۱۰
- ضمیمه(۵) : جدول تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی ۱۱۱
- ضمیمه(۶) : جدول تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی ۱۱۲
- ضمیمه(۷) : جدول تجزیه واریانس برای درصد پروتئین دانه ۱۱۳
- ضمیمه(۸) : جدول تجزیه واریانس برای شاخص برداشت و وزن کاه ۱۱۳

فهرست اشکال

- شکل (۱): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر وزن خشک کل بوته ۴۶
- شکل (۲): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن خشک کل بوته ۴۶
- شکل (۳): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر عملکرد دانه ۴۹
- شکل (۴) : تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی برعملکرد دانه ۴۹
- شکل (۵): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر شاخص برداشت ۵۲
- شکل (۶): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر شاخص برداشت ۵۲
- شکل (۷): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر ارتفاع بوته ۵۴
- شکل (۸): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر ارتفاع بوته ۵۴
- شکل (۹): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر وزن هزار دانه ۵۶
- شکل (۱۰): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن هزار دانه ۵۶
- شکل (۱۱): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر وزن سنبله ۵۸
- شکل (۱۲): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن سنبله ۵۸
- شکل (۱۳): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تعداد سنبله ۶۰
- شکل (۱۴): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر تعداد سنبله ۶۰
- شکل (۱۵): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تعداد سنبلچه ۶۲

- شکل (۱۶): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی برتعداد سنبلچه..... ۶۲
- شکل (۱۷): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تعداد
دانه در سنبله..... ۶۴
- شکل (۱۸): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی برتعداد دانه در سنبله..... ۶۴
- شکل (۱۹): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر وزن
کاه..... ۶۶
- شکل (۲۰): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن کاه..... ۶۶
- شکل (۲۱): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر طول محور
سنبله..... ۶۸
- شکل (۲۲): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی برطول محور سنبله..... ۶۸
- شکل (۲۳): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تراکم
سنبله..... ۷۰
- شکل (۲۴): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی برتراکم سنبله..... ۷۰
- شکل (۲۵): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر درصد
پروتئین دانه..... ۷۳
- شکل (۲۶): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بردرصد پروتئین دانه..... ۷۳
- شکل (۲۷): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی
تغییرات وزن خشک کل بوته..... ۷۵
- شکل (۲۸): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات وزن
خشک کل بوته..... ۷۵
- شکل (۲۹): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی
تغییراتCGR..... ۷۷
- شکل (۳۰): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات
CGR..... ۷۷

- شکل (۳۱): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییرات LAI ۷۹
- شکل (۳۲): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات LAI ۷۹
- شکل (۳۳): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییراتRGR ۸۱
- شکل (۳۴): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات RGR ۸۱
- شکل (۳۵): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییراتNAR ۸۳
- شکل (۳۶): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات NAR ۸۳
- شکل (۳۷): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییرات SLA ۸۵
- شکل (۳۸): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات SLA ۸۵
- شکل (۳۹): تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییرات LAR ۸۷
- شکل (۴۰): تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات LAR ۸۷

فهرست جداول

- جدول(۱): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ در طول فصل رشد ۱۱۴
- جدول(۲): مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه در طول فصل رشد ۱۱۵
- جدول(۳): مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله در طول فصل رشد ۱۱۶
- جدول(۴): مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته در طول فصل رشد ۱۱۷
- جدول(۵): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری اول) ۱۱۸
- جدول(۶): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری دوم) ۱۱۹
- جدول(۷): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری سوم) ۱۲۰
- جدول(۸): مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (نمونه برداری سوم) ۱۲۱
- جدول(۹): مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته (نمونه برداری سوم) ۱۲۲
- جدول(۱۰): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری چهارم) ۱۲۳
- جدول(۱۱): مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (نمونه برداری چهارم) ۱۲۴

- جدول(۱۲): مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته
(نمونه برداری چهارم) ۱۲۵
- جدول(۱۳): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ
(نمونه برداری ششم) ۱۲۶
- جدول(۱۴): مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه
(نمونه برداری پنجم) ۱۲۷
- جدول(۱۵): مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله
(نمونه برداری پنجم) ۱۲۸
- جدول(۱۶): مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته
(نمونه برداری پنجم) ۱۲۹
- جدول(۱۷): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ
(نمونه برداری ششم) ۱۳۰
- جدول(۱۸): مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه
(نمونه برداری ششم) ۱۳۱
جدول(۱۹): مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله
(نمونه برداری ششم) ۱۳۲
- جدول(۲۰): مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته
(نمونه برداری هفتم) ۱۳۳
- جدول(۲۱): مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ
(نمونه برداری هفتم) ۱۳۴
- جدول(۲۲): مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه
(نمونه برداری هفتم) ۱۳۵
- جدول(۲۳): مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله
(نمونه برداری هفتم) ۱۳۶

فصل اول

ـ مقدمه :

براساس گزارش سازمان ملل، اگر میزان زاد و ولد کاهش یابد، جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ میلادی به ۷/۳ تا ۱۰/۷ میلیارد نفر خواهد رسید، ولی اگر نرخ رشد جمعیت به همین ترتیب ادامه یابد، این تعداد به ۱۴/۴ میلیارد نفر خواهد رسید. به همین دلیل است که برنامه های تحقیقاتی کشورهای مختلف در جهت دستیابی به منابع غذایی جدید، افزایش عملکرد گیاهان زراعی و بهره برداری بهینه از پتانسیل های موجود در بخش کشاورزی هدایت می شوند(خواجوئی نژاد و همکاران، ۱۳۸۴).

بنابر پیش بینی های انجام شده، منابع آبی جهان در حال کاهش است و کمبود آب به عنوان محدودیت اصلی برای افزایش تولیدات کشاورزی پذیرفته شده است(مدندوست و همکاران، ۱۳۸۴). از آنجا که بهره برداری از منابع آب کشور تا حدودی به سقف خود نزدیک تر شده وامکان بهره برداری از آن نیز به سهولت گذشته میسر نیست، به این جهت اختصاص بیشتر منابع آب به بخش کشاورزی امکانپذیر نخواهد بود . در صورتی که بخش کشاورزی در آینده ضمن مصرف آب کمتر باید تولید بیشتری را نیز عرضه کند(خواجوئی نژاد و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین نیاز بیشتر به تولید محصولات کشاورزی از یک طرف و محدودیت منابع آب موجود بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک از طرف دیگر، بهره برداری بهینه از منابع آب را در تمام زمینه ها، مخصوصاً در بخش کشاورزی که بیشترین سهم مصرف آب را دارا می باشد ضروری ساخته است(طهماسبی و فرداد، ۱۳۷۹).

تنش خشکی زمانی ایجاد می شود که فقط مقدار کمی آب در وضعیت ترمودینامیکی مناسب در اختیار گیاه باشد. این شرایط می تواند در اثر تبخیر شدید، پتانسیل اسمزی آب در خاکهای شور و یا یخ زدن خاک ایجاد شود. تنش خشکی در مقایسه با بسیاری دیگر از تنشها به صورت ناگهانی رخ نمی دهد و شدت آن به آرامی افزایش می یابد . بنابراین بعد زمان از نظر بقا در شرایط تنش خشکی نقش مهمی ایفا می کند(احمدی،۱۳۷۹). لغت خشکی به دوره ای اطلاق می شود که بارندگی نازل نشود و در طی آن میزان آب خاک به حدی کاهش یابد که گیاه دچار کم آبی یا بی آبی شود(راشد محصل و کوچکی، ۱۳۷۹). از نظر یک هواشناس، خشکی به عنوان یک دوره (مثلاً ۱۵ روزه) بدون باران قابل ملاحظه توصیف می شود. در کشاورزی خشکسالی عبارت از یک دوره خشکی است که نتیجه اش کاهش عملکرد در حد پایین تر از شرایط مناسب فراهمی آب است. از نظر فیزیولوژیست گیاهی، خشکسالی چیزی فراتر از فقدان بارندگی است.

در این مورد اتفاق نظر وجود دارد که حداقل هفت تنش محیطی در شرایط تنش خشکی ایجاد می شود که عبارتند از:

۱. پایین بودن رطوبت قابل دسترس خاک که مقدار آب محیط ریشه را محدود می کند.
۲. زیاد بودن تبخیر به علت رطوبت نسبی کم، درجه حرارت بالا، آفتاب زیاد و بادهای شدید
۳. بالا رفتن دمای اندام های گیاه که منجر به تنش زیاد و صدمه به فرآیندهای متابولیکی و ساختمان سلولی می شود.
۴. تابش خورشیدی زیاد که منجر به ممانعت نوری، اکسیداسیون نوری و سرانجام مرگ برگها می شود.
۵. افزایش سختی خاک در اثر خشک شدن آن که به نحو نامطلوبی رشد ریشه را تحت تأثیر قرار داده و منجر به کاهش رشد برگها و فتوسنتز مخصوصاً در گیاهچه ها می شود.
۶. غیر قابل دسترس شدن مواد غذایی به خصوص در افقهای بالایی خاک که سریعتر خشک می شوند . این افق ها از لحاظ مواد معدنی غنی ترین افق خاک هستند.
۷. تجمع نمکها در لایه های بالایی خاک و اطراف ریشه ها که منجر به تنش اسمزی و سمیت برای بوته ها می شود(کافی و مهدوی، ۱۳۷۹).

در مناطق خشک و نیمه خشک گیاه در طول رشد با دوره های کوتاه کم آبی مواجه می شود و برای اینکه بتواند عملکرد قابل قبولی داشته باشد بایداین دوره های سخت را تحمل نماید. در چنین شرایطی استفاده بهینه از منابع آب موجود ضرورت بیشتری دارد. یکی از روشهای مورد استفاده در این شرایط، به کارگیری روشهای کم آبیاری است. کم آبیاری راهکار بهینه برای تولید محصولات زراعی در شرایط کمبود رطوبت می باشد. هدف اصلی از اجرای این روش افزایش کارایی مصرف آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری درهر نوبت ویا حذف نوبتهایی از آبیاری است که از نظر زراعی بازده کمتری دارند. ضمناً کاهش میزان آب مصرفی موجب گسترش سطح زیر کشت و همچنین افزایش تولید محصولات زراعی در یک منطقه می گردد (صدرقائن و هاشمی،۱۳۸۱).در مقیاس جهانی بخش عمده تولید جهانی غلات از مزارع آبی به دست می آید. حدود ۷۵٪ زمین های آبی جهان در کشورهای درحال توسعه قرار دارد. محدودیت آب باعث شده تا حدود ۶۰۰ میلیون هکتار زمین بالقوه مستعد برای تولیدات کشاورزی وارد چرخه تولید نشود. بنا بر این، افزایش تولید غذا در آینده تا حد بسیار زیادی به حفظ منابع کنونی تولید و توسعهٔ کشت آبی از راه افزایش بازده استفاده از آب بستگی خواهد داشت(مدندوست و همکاران، ۱۳۸۴). متوسط بارش سالانه ایران کمتر از یک سوم میانگین بارش سالانه جهان است. علاوه بر کمبود بارندگی، توزیع زمانی و مکانی بارش نیز بسیار ناموزون است به طوری که در کشور ما کمبود آب و تنش حاصله به صورت عامل اصلی محدود کننده برای تولید محصولات زراعی و از جمله گندم درآمده است(باغانی و قدسی، ۱۳۸۳).

در اوایل بهار در اکثر مناطق، کاشت برخی محصولات زراعی با زراعت غلات همزمان می شـود. در این حالت اغلب کشاورزان با کمبود آب مواجه می شوند که نتیجه آن کاهش تعداد دفعات آبیاری گندم است که با مراحل حساس رشد و نمو گندم مصادف می شود و این خود عاملی برای کاهش تولید گندم است .

عملکرد در محیطهای تنش زا به میزان حساسیت در برابر تنش، پتانسیل عملکرد و قدرت فرار از تنش بستگی دارد. میزان حساسیت گیاهان در برابر تنش، حاصل خصوصیات فیزیولوژیکی فراوانی است ولی تاکنون صفت مشخصی برای انتخاب ارقام مقاوم در برابر تنش معرفی نشده است. بنابراین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد مهم ترین صفاتی هستند که انتخاب ارقام مقاوم به تنش در بسیاری از برنامه های اصلاحی بر مبنای آنها صورت می گیرد(احمدی و همکاران، ۱۳۸۴).

حساسیت گیاهان زراعی به خشکی بستگی به محصول اقتصادی گیاه دارد. حساسیت نسبت به خشکی در گیاهان یکساله ای که به منظور تولید دانه یا میوه کشت می شوند با توجه به مرحله ای از نمو که در آن در معرض تنش قرار می گیرند متفاوت است . این گیاهان عموماً در مرحله رویشی نسبت به مراحل زایشی به خشکی مقاوم ترند.اکثر گیاهان یکساله ای که بذر تولید می کنند، در مراحل اولیه گلدهی نسبت به خشکی حساس هستند. چنانچه غلات در مراحل اولیه رشد زایشی تحت تنش قرار گیرند عملکرد دانه آنها به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. در گیاهان رشد نامحدود خشکی اثر کمتری بر تولید دانه می گذارد. چون این گیاهان قادرند پس از رفع خشکی از طریق باران یا آبیاری گل و دانه بیشتری تولیدکنند(Bauder،۲۰۰۱).

دربیشتر مناطق، خصوصاً مناطق مدیترانه ای مرحله پرشدن دانه ها توسط مواد فتوسنتزی تحت تأثیر انواع تنش های محیطی قرار می گیرد. در این مناطق در نتیجه افزایش درجه حرارت محیط و کاهش ذخیره رطوبتی خاک، مرحله پرشدن دانه ها اغلب منطبق با زمان وقوع تنش های خشکی و گرما خواهد شد که نتیجه نهایی این تنش ها چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزاردانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می باشد(احمدی و سی وسه مرده، ۱۳۸۲). با توجه به مساحت اراضی تحت آبیاری کشور که طبق آخرین آمار وزارت کشاورزی معادل ۷/۸ میلیون هکتار برآورده شده است و با توجه به میانگین حجم آب مصرفی گندم، تجزیه و تحلیل شاخص های مصرف آب در بخش کشاورزی حاکی از غیر اصولی بودن مصرف آن است . در حدود ۹۴ درصد از آب استحصالی از منابع سطحی و زیرزمینی کشور در بخش کشاورزی مصرف می شود که به خاطر پایین بودن کارایی مصرف آب، نه تنها بخش عمده ای از آن به هدر می رود بلکه موجب شوری، قلیائیت ومانداب شدن اراضی مرغوب کشاورزی نیز می گردد(فتح باهری و همکاران، ۱۳۸۴).

گندم غذای اصلی انسان است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم مورد مصرف قرار می گیرد. به همین دلیل زمینهای زیادی در سراسر جهان به کشت گندم اختصاص داده شده است. گندم به دلیل دارا بودن خصوصیات سازگاری در فنوتیپها و ژنوتیپهای مختلف و داشتن ارقام مختلف تقریباً در همه دنیا کشت می گردد(سیادت و همکاران، ۱۳۸۰).

حداقل ۶۰ میلیون هکتار گندم در شرایط آبی در کشورهای مختلف دنیا کشت می شوند، تفاوتهای زیادی در میزان عملکرد دانه گندم در مناطق مختلف دنیا وجود دارد که عمدتاً معلول میزان آب قابل استفاده و میزان تبخیر درآن مناطق می باشد (SharmaوThakur،۲۰۰۴). در حال حاضر از کل سطح زیر کشت گندم در ایران حدود ۲/۴ میلیون هکتار به صورت کشت آبی می باشد. دراین اراضی با توجه به کمبود آب، انجام تحقیقات در زمینه آبیاری محدودامری ضروری و اجتناب ناپذیر است(باغانی و قدسی،۱۳۸۳). ضمناً حدود ۹۰٪ اراضی زیر کشت گندم دیم کشور در مناطق با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلی متر قرار دارند و به علت محدودیت میزان آب قابل دسترس، این گیاه در بخش اعظم طول دوره رشد خود با تنش کم آبی مواجه می گردد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳).

تاکنون مطالعات متعددی برای ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر کیفیت عملکرد ارقام گندم بهاره و پاییزه انجام شده است. از موارد مهمی که تحقیق در آن می تواند راهگشا باشد بررسی اثرات زمانهای مختلف تنش خشکی بر عملکرد گندم در مناطق خشک و نیمه خشک کشور است. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر رژیم های مختلف رطوبت در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گندم رقم امید در منطقه شاهرود می باشد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲ـ۱ ـ تعریف تنش :

دامنه رویشی گیاهان در سطح دنیا بسیار وسیع است. گیاهان حدود ۴۰۰ میلیون سال است که از زمان ترک دریاها و سکنی گزیدن در خشکی های کره زمین همواره در معرض تنش های محیطی قرار داشته اند. در کشاورزی همواره سعی بر این بوده است تا تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش های محیطی افزایش یابد زیرا در واقع هرچه مقاومت در برابر این تنشها افزایش یابد امکان افزایش محصول فراهم خواهد شد. برحسب تعریف تنش به مجموعه شرایطی اطلاق می شود که باعث تغییر در فرآیندهای فیزیولوژی گیاه و سرانجام صدمه زدن به آن می شود.البته این تعریف در همه شرایط صادق نیست زیرا تغییر فرآیندهای فیزیولوژیکی الزاماً نمی تواند برای گیاه مضر باشد.از نظر فیزیولوژی گیاهی تنش منعکس کننده فشارهای محیطی است که به فیزیولوژی گیاه وارد شده و باعث تغییر در آنها می شود(کافی و مهدوی،۱۳۷۹). برخی از متخصصان تنش را تغییرات فیزیولوژی تعریف کرده اند که در صورت مواجه شدن گیاه با شرایط نامساعد رخ می دهد. تنش زمانی اتفاق می افتد که عامل ایجاد آن بتواند تغییرات فیزیولوژیک قابل توجهی را که بر رشد یا تولید محصول مؤثر باشد باعث گردد(Hitzinger اوهمکاران،۲۰۰۳).

۲ ـ ۲ ـ چگونگی پیدایش تنش آبی :

تنش آب در گیاه به وضعیتی اطلاق می شود که در آن سلولها از حالت آماس خارج شده باشند. دامنه تنش آبی از کاهش جزئی پتانسیل آب در اواسط روز تا پژمردگی دائم و خشک شدن گیاه متغیر است (HongBo اوهمکاران،۲۰۰۵). به عبارت دیگر تنش آبی زمانی رخ می دهد که سرعت تعرق بیشتر از سرعت جذب آب باشد. با کاهش مقدار آب در خاک و عدم جایگزینی آن پتانسیل آب در منطقه توسعه ریشه ها کاهش یافته و پتانسیل آب در گیاه نیز به طرز مشابهی تقلیل می یابد و اگر شدت تنش آب زیاد باشد باعث کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می گردد(Zhu و همکاران،۲۰۰۵). علت اصلی ایجاد تنش آبی در گیاه افزایش تعرق یا کافی نبودن جذب آب و یا ترکیبی از این دو می باشد. در اواسط روز همیشه بین تعرق و جذب آب تأخیر وجود دارد و علت این امر مقاومت گیاه در مقابل حرکت آب است. تعرق بوسیله عواملی مانند ساختمان وسطح برگها، اندازه منافذ روزنه ها، تعداد روزنه ها و دیگر عوامل مؤثر بر شیب فشار بخار بین گیاه و هوا کنترل می گردد(Shearman وهمکاران،۲۰۰۵). حال آنکه جذب آب در سیستم ریشه ای گیاه به هدایت موئینگی خاک و مقاومت سلولهای ریشه بستگی داشته و مسلم است که بین فرآیندهایی که با

عوامل مختلف کنترل می شوند هماهنگی وجود نداشته و لـذا تعـرق وجـذب نمـی تواننـد دقیقـاً منطبق بر یکدیگر باشند(Shepherdوهمکاران،۲۰۰۲).

۲ ـ ۳ ـ اثرات تنش آبی بر رشد گیاه :

پژمردگی در گیاه به سه شکل متفاوت تعریف می شود:

۱ـ پژمردگی ابتدائی : کاهش جزئی در آماس سلولی است که تقریباً همه روزه در هوای گرم و خشک حتی در شرایطی که خاک مرطوب است روی داده و دارای علامت قابل رؤیت خاصی نیست.

۲ـ پژمردگی موقت : تقلیل بیشتر آماس سلولی که منجر به آویزان شدن برگها می شود.در این حالت پس از افزایش رطوبت، گیاه آماس خود را باز می یابد.

۳ـ پژمردگی دائم : اگر مدت تنش طولانی تر شود، پژمردگی موقت به پژمردگی دائم تبدیل می شود، در این حالت گیاه حتی در هوای اشباع از رطوبت قادر به باز یافتن آماس خود نیست.

فرآیندهای مختلف در گیاه عکس العمل های متفاوتی نسبت به تنش رطوبت نشان می دهد. عملکرد نهایی گیاه، حاصل نتایج اثرات تنش بر رشد، فتوسنتز، تنفس و فرآیندهای متابولیکی است(علیزاده، ۱۳۸۰).

۲ ـ ۴ ـ اثرات تنش آبی بر ساختمان گیاه :

گیاهانی که در معرض تنش آب قرار دارند نه تنها از نظر اندازه کاهش می یابند بلکه خصوصیات ساختمانی و بخصوص برگهای آنها نیز تغییر می کند. سطح برگ، اندازه سلولها و حجم منافذ بین سلولی معمولاً کاهش پیدا کرده ولی مقدار کوتین، تعداد کرکها، تعداد رگبرگها، روزنه ها و ضخامت لایه های پارانشیمی برگها افزایش می یابد. نتیجه این وضعیت ضخامت نسبتاً زیاد، چرمی شدن و کوتینی شدن شاخ و برگ است که از خصایص گیاهان مقاوم به خشکی می باشد. تقریباً در همه گیاهانی که با تنش آب مواجه می گردند یکی از این علائم در آن مشاهده می شود(Mahajanوهمکاران،۲۰۰۵).

۲ ـ ۵ ـ اثرات تنش آبی درسطح سلولی :

به طور کلی وضعیت آب در گیاه از طریق وضعیت آب در سلول کنترل می گردد. با شروع شرایط خشکی، آماس گیاهان به طور مستمر و روز افزون نقصان می یابد. در ابتدا جذب آب نسبت به تعرق با تاخیر صورت گرفته که منجر به تقلیل آماس می شود. سپس با افزایش تعرق رطوبت خاک کاهش یافته و از این پس تنش از طریق محدود نمودن جذب آب اعمال می شود(Chavesوهمکاران،۲۰۰۲). مهمترین اثرات کمبود آب در بافتهای مریستمی بر روی فعالیتهای سوخت و ساز سلولی از قبیل ساختن DNA و RNA ومواد دیواره سلول می باشد که

البته برای بزرگ شدن سلول وجود فشار آماس مورد نیاز است . حساسیت منطقه مریستمی نسبت به تنش آب بین گونه های مختلف متفاوت است. به نظر می رسد که اثر تنش آب بر تقسیم سلولی کمتر از اثر آن بر نمو سلول است (Piroوهمکاران،۲۰۰۳). کاهش آماس باعث تقلیل نمو سلول می شود که به نوبه خود موجب کاهش نمو برگ، شاخه وریشه ها می گردد. کاهش آماس همچنین بر دیگر فرآیندهای وابسته از قبیل باز شدن روزنه ها موثر است. اغلب اثرات تنش آب بجز انهائی که مستقیماً از طریق کاهش آماس وارد عمل می شوند به از دست دادن آب پروتوپلاسم بستگی دارند. خارج ساختن بخشی از آب اطراف مولکولهای پروتئینی باعث تغییر ترکیب آنها می شود که بر نفوذ پذیری، درجه آبکی بودن، لزجت و فعالیت های آنزیمی آن مؤثر می باشد (Borrasوهمکاران،۲۰۰۴).

از دست دادن آب توسط گیاه در دو مرحله متمایز صورت می گیرد که عبارتند از : مرحله واکنش، که مرحله اولیه برخورد گیاه با تنش آب است و مرحله جبران یا سخت شدن که در صورتی اتفاق می افتد که طول مدت تنش آب از چندین روز تجاوز نماید. این دو مرحله از طریق ساختمان پروتوپلاسم و فرآیندهای فیزیولوژیکی مثل تنفس قابل تشخیص می باشد. از ویژگی های این مرحله می توان کاهش لزجت پروتوپلاسم، افزایش نفوذپذیری نسبت به آب، تجزیه پروتئینها و افزایش تنفس را نام برد. اگر گیاه قبل از صدمات حاصله از پژمردگی دائم آبیاری شود، این فرآیندها برگشت پذیر بوده و شرایط گیاه به وضعیت مطلوب خود می رسد(علیزاده،۱۳۸۰). تقریباً تمامی واکنش های سوخت وساز تحت تأثیر کمبود آب در گیاه قرار می گیرند. کمبود شدید آب عموماً موجب کاهش فعالیت آنزیمی می گردد ولی این اثرات انتخابی هستند بدین معنی که در زمان از دست دادن آب پروتوپلاسم، فعالیت برخی از آنزیمهایی که در ساختن مواد فعالیت دارند قبل از سایر آنزیمها کاهش می یابد(Hong Boاوهمکاران،۲۰۰۵).

تحقیقات نشان می دهد که افزایش تنش آب در ذرت، موجب کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نسبت به آنزیم پروکسیداز می گردد (Facioوهمکاران،۲۰۰۶). در پنبه، مشاهده شده است که مقدار قند برگ در اثر تنش خشکی افزایش و مقدار نشاسته کاهش می یابد. در حالی که درساقه ها مقدار قند و نشاسته بطور مداوم افزایش می یابد. این موضوع نشان می دهد که کمبود آب نه تنها بر فتوسنتز اثر گذاشته بلکه توانایی گیاه در استفاده از مواد حاصله از فتوسنتز را نیز مختل می سازد (Galotaوهمکاران،۲۰۰۶).

در یک بررسی (Hong Boاوهمکاران،۲۰۰۶) مشخص شد که در گیاه گندم، در صد کربوهیدراتهای محلول در برگهای تحت تنش دائماً افزایش یافته و به ۳ تا ۴ برابر گیاهان شاهد رسید. تبدیل نشاسته به قندها و تجمع آنها باعث افزایش فشار اسمزی می گردد، این عمل باعث کاهش تراوایی سلول گیاه شده به طوری که مقاومت داخلی سلول در برابر عبور آب افزایش می یابد و به این وسیله تلفات اب را کاهش می دهد. کمبود آب باعث افزایش فعالیت آنزیم تجزیه کننده RNA شده و در نتیجه سرعت تجزیه RNA بیشتر از سنتز آن خواهد شد. در این شرایط

رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می گیرد. در گیاهچه های جوان ذرت مقدار پروتئین ها و نوکلئوتید ها در اثر تنش کاهش یافته در حالیکه RNA در گیاهچه های جوان جمع می شود. در بسیاری از گیاهان تنش خشکی موجب تجمع اسیدهای آمینه خصوصاً پرولین می شود (Borrasوهمکاران،۲۰۰۴). در آزمایشی که در محیط قابل کنترل برروی بوته های جو تحت تنش صورت گرفت مقدار قابل ملاحظه ای پرولین آزاد در برگهای گیاه تجمع یافت و از این لحاظ اختلاف زیادی بین ارقام مختلف این گیاه مشاهده شد (Li وهمکاران،۲۰۰۴).

بخش عمده ای از سلولهای زنده از غشاهایی تشکیل شده اند که زنده هستند و ساختمانی پویا دارند. در شرایط تنش، زمانی که سلولها به شدت پسابیده می شوند، آماس آنها از بین رفته، پروتوپلاست چروکیده شده و در صورت نازک بودن، دیوارهٔ سلولی ممکن است به پروتوپلاست چسبیده و همراه آن متلاشی شود. در حالی که اگر دیواره ضخیم باشد، در هنگام چروکیده شدن پروتوپلاست دیواره از آن جدا می شود (پلاسمولیز). اگر غشای پلاسمایی صدمه ببیند، ممکن است محتوای سلولها به بیرون تراوش کرده و سلول از بین برود (Li و همکاران،۲۰۰۶). مکانیسم هایی که غشاها را طی خشکی محافظت می کنند شامل : ۱- تجزیه آنزیمی سوپراکسید به وسیله سوپر اکسید دسیمو تاز، کاتالازوپراکسیداز ۲- ممانعت از پراکسیده شدن چربی به وسیله آنتی اکسیدانها و ۳- حذف رادیکالهای آزاد به وسیله آنیونها، قندها، اسیدهای آمینه و پرولین می باشد(احمدی و بیکر،۲۰۰۱).

آزمایشات مختلف حاکی از حساسیت ساخت پروتئین ها به تنش خشکی است. خشکی سریع مقدار پلی زومهای سلول و در نتیجه ساخت پروتئین را در ذرت کاهش می دهد. بسیاری از مولکولهای پروتئین پس از تشکیل، عمر کوتاهی دارند زیرا دوره بازگشت آنها سریع است، بنابراین محصولات تجزیه پروتئین نظیر اسیدهای آمینه طی خشکی تجمع می یابند و در تنظیم اسمزی شرکت کرده یا ذخیره شده و به عنوان پیش ماده جهت جبران خسارات ناشی از تنش بکار می روند. در شرایط ادامه خشکی از فعالیت آنزیمهای متابولیسم کربن ومواد معدنی تا حد زیادی کاسته می شود. بقیه آنزیمهای تحریک شده ممکن است مسئول ساخت و انتقال املاح قابل استفاده در تنظیم اسمزی و محافظت کننده های اسمزی باشند و پروتئین های جدید ممکن است خودشان به تثبیت حضور پروتئین های سلولی کمک نمایند(DanielوTriboi،۲۰۰۲).

۲ ـ ۶ ـ اثرات تنش آب بر تنفس و فتوسنتز :

با افزایش تنش آب، فتوسنتز کاهش می یابد. تنش موجب کاهش اندازه سلولها و فواصل بین آنها، ضخیم شدن دیواره سلول و نمو بیشتر بافتهای مکانیکی می شود (Mohammadianوهمکاران،۲۰۰۵). تنش آب می تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی فتوسنتز اثر بگذارد. بعلاوه با بسته شدن روزنه ها ورود CO_2 به داخل برگها تحت تأثیر قرار گرفته، انتقال مواد فتوسنتزی مختل شده و موجب اشباع برگها از این مواد می شود بطوری که ممکن است فتوسنتز

محدود گردد. تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه ها و کاهش فعالیتهای سیستم پروتوپلاسمی موجب تقلیل فتوسنتز می گردد(Liu وهمکاران،۲۰۰۵).

پژوهشگران اظهار داشته اند که اغلب اثرات شدید خشکی عبارت از کاهش در سطوح فتوسنتزی و تولید مواد خشک است. علاوه بر این کاهش مقدار فتوسنتز در هر واحد سطح برگ نیز مهم است. کاهش زیاد فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاهانی که با تنش آب مواجه می باشند با بسته شدن روزنه ها در ارتباط است. به طور کلی کاهش سرعت فتوسنتز از زمانی که کمبود آب جزئی است شروع شده و تقریباً در اماس صفر متوقف می شود. رابطه نزدیک بین بازدارندگی فتوسنتز در شرایط تنش و تغییرات کلروپلاست دلیلی بر اثر مستقیم تنش بر کلروپلاستها است(کوچکی وهمکاران،۱۳۸۲).

در مطالعاتی که بر روی تنش آب بر فتوسنتز گندم انجام گردید مشاهده شد که از آغاز پژمردگی گیاه، شدت فتوسنتز به طور مستمر کاهش یافت، بلافاصله پس از کاهش تنش آب راندمان فتوسنتز به طور فزاینده ای بالا رفت. تنش آب در خاک و کمبود رطوبت در هوا، به طور فزاینده ای سبب کاهش شدت فتوسنتز می شوند. رژیم رطوبتی نامطلوب، ضمن کاهش سطح برگها، پیری آنها را هم تسریع نموده و بدین وسیله می تواند میزان تولید را خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می یابد، کاهش دهد. برای مثال، تنش آب به میزانی که جذب خالص را فقط ۵۰٪ کاهش دهد کافی است تا رشد برگها را کاملاً متوقف کند. این موضوع نمایانگر آن است که سطح برگها بیشتر از شدت جذب خالص تحت تأثیر تنش آب قرار می گیرند(Bloch وهمکاران،۲۰۰۶).

اثرات کمبود آب بر تنفس متغیر است. در برخی آزمایشات تنفس موقتاً افزایش یافته و هرچه تنش آب شدید گردد سرعت تنفس کاهش می یابد. دلیل این موضوع هیدرولیز نشاسته به قند است که در گیاهانی که در معرض تنش آب قرار دارند مشاهده می گردد (Liوهمکاران،۲۰۰۶). تنش آب موجب تغییرات زیادی در انواع و مقادیر کربوهیدراتهای گیاه می شود. با افزایش تنش آب در برگها میزان نشاسته آنها کاهش یافته و معمولاً مقدار قند افزایش پیدا می کند. البته افزایش مقدار قند در تمام گونه ها رخ نمی دهد. احتمالاً تغییرات نسبت قندها و پلی ساکاریدها مربوط به تغییرات فعالیتهای آنزیمی است. بین گونه های مختلف از نظر اثرات تنش آب بر متابولیسم کربوهیدارتها اختلاف زیادی وجود دارد. این واکنش از این لحاظ پیچیده است که غالباً کاهش تنفس از فتوسنتز کندتر بوده و باعث تخلیه ذخیره مواد غذایی و تغییر خواص کربوهیدارتهای مختلف می گردد(Sadras، ۲۰۰۴).

در طول تنش خشکی، رشد متوقف شده و پس از رفع تنش ادامه می یابد. میزان صدمه وارده به گیاهان به سن فیزیولوژیکی، میزان تنش آب و گونه گیاهی بستگی دارد. به طوریکه بخشهایی از گیاه که در زمان بروز تنش رشد سریعی داشته اند بیش از همه صدمه می بینند. صدمات وارده در اثر تنش ناگهانی آب بیش از تنش تدریجی در طی یک دوره طولانی است. گیاهانی که یک یا چند

دوره با تنش آب مواجه بوده اند کمتر از گیاهانی که قبلاً با تنشی مواجه نبوده اند آسیب می بینند. برخی از محققین علت این امر را مربوط به تغییرات پروتوپلاسم در جهت افزایش لزجت و ظرفیت آب پیوندی می دانند(Karimiوهمکاران،۱۹۹۱).

در گیاهان تحت تنش نسبت ریشه به ساقه افزایش، برگها کوچکتر، ضخامت لایه کوتینی بیشتر و رگبرگها متراکم می شود و این خصوصیات در مواردی که گیاه مجدداً با تنش آب مواجه می شود مفید است(احمدی و همکاران،۱۳۸۲). این خصوصیات موجب می شود زمانی که روزنه ها در نتیجه تنش آب بسته می شوند آب کافی در اختیار بافتها قرار گرفته و میزان تعرق پائین نگهداشته شود. بنابراین گیاهانی که قبلاً با تنش آب مواجه شده اند ممکن است بر تلفات آب کنترل بهتری داشته باشند. به عنوان نمونه گزارش شده است که درسویا پس از اعمال تنش آبی، میزان تعرق کاهش پیدا می کند. علت این مساله آن است که مقدار چربی در سطح برگ گیاهان تحت تنش زیادتر از سایر گیاهان است. گرچه کاهش آماس سلول مهم ترین عامل کوچک ماندن اندازه گیاه است اما تنش آب تقریباً بر هر فرآیندی از گیاه موثر است. اصولاً فشار آماس در سلولهای در حال رشد کم است ولی برای اتساع و بزرگ شدن سلولها به حداقلی از فشار آماس نیاز می باشد زیرا وجود فشار آماس جهت باز و بسته شدن روزنه ها، رشد برگها، گلها و دیگر بخشهای گیاه الزامی است(Eck و همکاران،۱۹۸۷).

معمولاً اثر تنش آبی بر رشد گیاه تصاعدی است. با بسته شدن روزنه ها میزان فتوسنتز تقلیل یافته و تامین دی اکسید کربن نیز تقلیل می یابد که خود اثرات نامطلوب دیگری را بر رشد گیاه در پی دارد(Monneveuxوهمکاران،۲۰۰۵). گیاهان تحت تنش آب اغلب مقدار زیادی از مواد آلی را ذخیره کرده و نگهداری این مواد ممکن است مستلزم فعالیت تنفسی بیشتر باشد. محلول های آلی و مولکولهای دیگر ممکن است به عنوان ترکیبات تنظیم کننده اسمزی استفاده شوند که فعالیت آنها با هزینه قابل توجهی همراه باشد. فرهمند و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعات خود ملاحظه کردند همچنان که پتانسیل آب برگهای گوجه فرنگی کاهش می یابد، سرعت تنفس نیز کم می شود. همچنین با همان مقدار کاهش در پتانسیل آب برگ کاهش سرعت فتوسنتز به طور قابل توجهی بیشتر از کاهش تنفس بود. چنین عکس العملی نشان دهنده تاثیر تنش بر میزان اسیمیلات و سرعت رشد می باشد.

خواجوئی نژاد و همکاران (۱۳۸۴) مشاهده کردند که کاهش تنفس و فتوسنتز ظاهری اندامهای هوایی سویا، ذرت و آفتابگردان در اتاقک رشد با کاهش پتانسیل آب متناسب است.اما کاهش در سرعت بزرگ شدن برگ بسیار بیشتر از کاهش پتانسیل آب برگ بود. عکس العمل سرعت تنفس به پتانسیل آب در هر سه گیاه تقریباً یکسان بود. با این حال حتی در پتانسیل های آب خیلی پایین در حالی که سرعت تنفس سویا در حدود ۵۰ درصد سرعت تنفس در شرایط عدم تنش بودکاهش فتوسنتز ظاهری در حدود ۸۰ درصد برآورد گردید.

اثرات تنش آب بر جذب اکسیژن توسط میتوکندری جدا شده از گیاه ذرت منعکس کننده تاثیر تنش آب بر تنفس دربافتهای دست نخورده می باشد. در شرایط تنش مشخص شده است که از سرعت تنفس بافت کاسته می شود(منصوری فر،۱۳۸۴).

در یک تحقیق(Howellوهمکاران،۱۹۹۰)تغییرات تنفس در سورگوم دانه ای تحت تنش آب مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که سرعت تنفس اندام های هوایی سورگوم دانه ای در طی دوره تنش متوسط رطوبتی افزایش یافت اما با تشدید شرایط شدت تنش، سرعت تنفس در مقایسه با بوته های شاهد کاهش یافت. افزایش سرعت تنفس در شرایط تنش ملایم آب و متعاقباً کاهش آن با تشدید تنش برای بوته های جوان گندم نیز گزارش شده است(Liuوهمکاران،۲۰۰۶).

نتایج آزمایشات نشان داد که در بوته های لوبیا، پنبه و سورگوم تنش آب نه تنها سرعت تنفس برگ بلکه سرعت تنفس را در واحد سطح برگ نیز کاهش داد. با این حال، در لوبیا و پنبه بعد از ابیاری مجدد سرعت تنفس در بوته های تحت تنش و بوته های شاهد مشابه بود. این یافته ها بر این امر دلالت دارند که کاهش سرعت تنفس درواحد سطح برگ نتیجه افزایش سطح ویژه برگ یعنی نسبت سطح برگ به وزن آن است. تنفس برگ بر اساس سطح و وزن خشک آن در بوته های سورگومی که قبلاً در معرض تنش قرار گرفته بودند بیشتر بود(Purcell و همکاران،۲۰۰۳). سرعت تنفس ویژه ذرت و گندم در شرایطی که از طریق آوردن پلی اتیلن گلیکول(PEG) سریعاً در معرض تنش آب قرار گرفتند فقط به مقدار اندکی کاهش یافت. در این شرایط سرعت طویل شدن برگ حتی در تیمارهای تنش ملایم آب به شدت کاهش یافت. سرعت تنفس در برنج در طی یک دوره تنش آبی در تاریکی مستمر به طور معنی داری افزایش یافت. با این حال در شرایط متناوب روشنایی و تاریکی، جریان CO_2 خروجی در طی دوره تاریکی تحت تاثیر تنش آب به مدت ۴ روز قرار نگرفت، هر چند که فتوسنتز ظاهری در روز چهارم منفی بود(Qukوهمکاران،۲۰۰۶). با کاهش پتانسیل آب در نقطه رشد انتهایی گندم سرعت تنفس کاهش می یابد.ازآنجائیکه مقدار کربوهیدراتها در نقطه رشد انتهایی با سرعت مشابه تنفس کاهش پیدا نمی کند، به نظر می رسد که کاهش در سرعت تنفس نه به دلیل محدودیت مواد اولیه بلکه به طور عمده به دلیل کاهش رشد می باشد. آزمایش هایی که روی گیاه برنج تحت شرایط تنش رطوبتی انجام شد نشان داد که تنفس نگهداری افزایش می یابد زیرا در این شرایط تنفس کل گیاه افزایش اما رشد بوته ها کاهش یافت(Peralesوهمکاران،۲۰۰۵).

در شرایط مزرعه، افزایش تنش آب به طور طبیعی باعث تجمع بتائین در برگهای جو می شود. در چنین شرایطی بتائین ممکن است به عنوان یک عامل اسمزی مهم عمل نماید. آگوس و همکاران (۲۰۰۱)، هزینه سوخت و ساز تولید بتائین و باز سازی پروتئین را در برگ ها محاسبه کرده و دریافتند سرعت هزینه باز سازی پروتئین اندازه گیری شده براساس وزن خشک برگ در برگهای تحت تنش آب بیشتر بود. بررسی منابع در زمینه موازنه کربن در ارتباط با تنش نشان داد که وقتی تنش آب به سرعت اتفاق افتد در مقایسه با زمانی که این تنش به تدریج اعمال شود نتایج

متفاوتی به دست می آید. در شرایط مزرعه، تنش آب بـه تـدریج افـزایش پیـدا مـی کنـد امـا در بسیاری از مطالعات انجام شده در محیطهای کنترل شده معمولاً، تنش به سرعت اعمال می شـود. برای بسیاری از تنش های دیگر در گیاهان زراعی نیز همین حالـت وجـوددارد، عکـس العملهـای متابولیکی به یک تنش سریع الزاماً عکس العملهای مربوط به تـنش تـدریجی (شـرایط مزرعـه) را منعکس نمی کند. در محیطهای مصنوعی، گیاهان زراعی قادرند آماس و هدایت روزنـه ای بـالای خود را در پتانسیل های خیلی پایین تر آب حفظ کنند. به این دلیل انتظار می رود که در شـرایط وقوع تنش آب در شرایط مزرعه به علت حفظ میزان کربن دریافت شده از طریق فتوسنتز، سرعت تنفس به طور نسبی ثابت باقی بماند(Poodling)وهمکاران،۲۰۰۳).

کوچکی و همکاران (۱۳۸۲) به نقل از مک کری بیان کردند که در شرایط مزرعه، افزایش تدریجی تنش آب، تنفس رشد را متناسب با فتوسنتز کاهش می دهد زیرا در این حالت تنفس رشد تقریبـاً تحت تاثیر قرار نگرفته و تنفس ویژه نگهداری به موازات کاهش عمومی فعالیـت متـابولیکی گیـاه زراعی کاهش می یابد. به طور کلی، افزایش تدریجی تنش آب سـرعت تـنفس گیاهـان زراعـی را کاهش می دهد. در این وضعیت احتمالاً بافتهای مریستمی از حساسیت بیشتری برخوردارند. تنش رطوبتی بر کاهش میزان کلروفیل برگ موثر است. احمدی و بیکـر(۲۰۰۱) اظهـار داشـتند کـه در شرایط تنش خشکی آنزیم های کلروفیلاز و پراکسید از عوامل موثر در کاهش کلروفیل می باشند. همچنین کاهش سبزینه ای برگ در شرایط تنش رطوبتی طولانی مدت ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش انتقال نیتروژن به بافتها و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتـاز باشـد. کـوچکی و همکـاران (۱۳۸۲) به نقل از کوستونکی و مارکاهارات اظهار داشتند که واکنش اولیه لوبیا به تنش رطـوبتی، بسته شدن روزنه ها است که در نتیجه سرعت فتوسنتز و فشار جزئـی گـاز CO_2 در داخـل بـرگ کاهش می یابد.

کوچکی و همکاران(۱۳۸۲)اظهار داشتند که محدودیت آب موجب بسته شدن روزنه ها مـی شـود که دلیل آن افزایش سنتز اسیدآبسیزیک و کاهش تورژسانس سلولهای محافظ روزنه می باشد. وزن دانه حاصل فعالیت فتوسنتز جاری و نیز انتقال مجدد مواد ذخیره ای از ساقه و سنبله است. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار در سهم فتوسنتز جاری در عملکرد می شود. تحت شـرایط تـنش، فتوسنتز جاری در گندم کاهش و انتقال مجدد افزایش مـی یابـد (سـی و سـه مـرده و همکـاران، ۱۳۸۳).

فتح باهری وهمکاران(۱۳۸۴)دریافتند که در محیطهای گـرم و خـشک، متناسـب بـا افـزایش آب آبیاری، میزان تبخیر و تعرق افزایش می یابد ولی کارایی مصرف آب از نظر تولید ماده خشک ابتدا ثابت و سپس کاهش پیدا می کند. تنش خشکی مقاومت روزنه ای را افـزایش مـی دهـد و از ایـن طریق کارآیی مصرف آب را بهبود می بخشد. به عبارت دیگر، در چنین مواقعی، تلفات آب بـر اثـر تعرق بیشتر از میزان فتوسنتز کاهش یافته و در نتیجه کارآیی مصرف آب بهبود پیدا می کند.

احمدی و همکاران(۱۳۸۴) گزارش کردند که در اثر تنش خشکی هدایت مزوفیلی کاهش پیدا می کند. از جمله عوامل موثر بر کاهش هدایت مزوفیلی می توان به کاهش غلظت کلروفیل اشاره کرد. اعمال تنش آب، غلظت کلروفیل a را به طور متوسط در حدود ۳۵٪ و کلروفیل b را ۳۸٪ کاهش داد. تنش خشکی سرعت رشد رابطور معنی داری کاهش می دهد. کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی، تسریع پیری برگ و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی علت عمده کاهش رشد می باشد. در بررسی های گلخانه ای و آزمایشگاهی مشاهده شد که تنش کوتاه مدت خشکی باعث کاهش شدید فتوسنتز گردید، ولی توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام ها و تخصیص انها به دانه تحت تاثیر قرار نگرفت، هرچند که در شدتهای شدیدتر خشکی ورود کربن نشاندار به دانه کاهش یافت(احمدی وهمکاران،۱۳۸۴).

۲ ـ ۷ ـ اثر تنش آبی بر روابط هورمونها :

اطلاعات موجود پیرامون اثرات تنش آب بر تولید و انتقال مواد تنظیم کننده رشد بسیار اندک است. اما از روی اثرات آن بر متابولیسم ازت و کربوهیدراتها چنین به نظر می رسد که تولید تنظیم کننده های رشد نیز تحت تاثیر قرار می گیرد. با تنش آب در گیاهان جابجایی ترکیبات آلی به مقدار زیادی کاهش یافته و همچنین نحوه انتقال مواد نیز تغییر می کند. به نظر می رسد کاهش انتقال مواد تولیدی در برگها یکی از عوامل کاهش فتوسنتز در گیاهان باشد که تحت تنش آب قرار گرفته اند. در نتیجه کمبود آب فعالیت سیتوکینین کاهش یافته در حالی که فعالیت اسید آبسیزیک افزایش می یابد. در اثر کاهش تامین سیتوکینین از ریشه ها، پیری ساقه ها آغاز می شود. ثابت شده است که پاشیدن محلول سیتوکینین بر روی برگهای تعدادی از گیاهان یکساله، موجب می شود از بین رفتن کلروفیل به تاخیر افتاده و جذب اسیدهای آمینه و پروتئین سازی در برگ افزایش یابد(Yangوهمکاران،۲۰۰۱). در گیاهان جوان مشاهده شده که پس از ۲ ساعت مقدار اسید آبسیزیک در برگهای پژمرده به چند برابر می رسد. به نظر می رسد که اسید آبسیزیک در کنترل عکس العملهای فیزیولوژیکی گیاهان در شرایط تنش رطوبت موثر است.

قندها و یونهای معدنی در واکوئل تجمع پیدا می کنند، بنابراین به منظور جلوگیری از شیبهای اسمزی در عرض تونوپلاست، غلظت مولکولهای آلی در سیتوپلاسم افزایش پیدا می کند. فراوان ترین مواد سازگار پرولین و بتائین هستند. مزیت آنها این است که اختلال نسبتاً کمی در فرآیندهای متابولیکی ایجاد کرده و از تخریب پروتئینها در طی پسابیدگی پیشگیری می کنند. پرولین بسیار ناپایدار است و فقط در طی چند هفته خشکی در سلول های در حال رشد، تجمع پیدا می کند، به نظر می رسد که در بافتهای بالغ تجمع پرولین علامت مرگ قریب الوقوع باشد. پرولین آزاد در هنگام تنش خشکی که سنتز نشاسته و پروتئین متوقف می شود به عنوان منابع ذخیره ای برای کربن و ازت عمل می کند(Castrilloو Colcargo،۱۹۸۹). وقتی گیاه با کمبود آب مواجه شود سلولهای روزنه، روزنه را مسدود کرده، اتلاف آب را محدود می سازند. در گذشته این

راه مکانیزم عمده گیاه در جلوگیری از پژمردگی شدید شناخته شده بود. حال معلوم شده است که گیاهان راه سریع تر و موثرتری برای توقف تعرق دارند. طی مراحل مقدماتی تنش ناشی از کمبود آب در بسیاری از گیاهان مقدار هورمون اسید آبسیزیک افزایش چشمگیری می یابد. این وضعیت سبب برگشت K^+ از سلول روزنه می شود و به دنبال آن روزنه ها بسته می شود. بنابراین یکی ازوظایف فیزیولوژیکی مهم هورمون اسید آبسیزیک محافظت در قبال خشکی است (Zhangوهمکاران،۲۰۰۵). نتایج آزمایشات متعدد نشان می دهد که بعد از تنش آبی مقدار اسید آبسیزیک تا حدود ۲۰ برابر افزایش پیدا می کند. ریشه های تحت تنش آب نیز می توانند اسید ابسیزیک تولید کرده و در سرتاسر گیاه منتشر کنند. در شرایطی که محدودیت آب وجود دارد، نوک ریشه ها با درک این مساله اسید آبسیزیک تولید کرده و به برگها انتقال می دهندکه نتیجه آن بسته شدن روزنه ها می باشد. بنابراین در نهایت منجر به کاهش از دست رفتن آب و فتوسنتز می شود و به این دلیل به عنوان یک مکانیزم حفظ بقا عمل می کند(Zhang وهمکاران،۲۰۰۵).

زمانی که گیاه دچار تنش آبی می شود محتویات اسید آبسیزیک برگها سریعاً افزایش می یابد. اسیدآبسیزیک روی سلولهای روزنه تاثیر می گذارد و سبب پلاسیده شدن آنها می شود به طوری که روزنه ها سریع تر از آنکه به علت از دست رفتن کلی آب مسدود گردند، بسته می شوند. با فراهم شدن مجدد آب روزنه ها بلافاصله باز نمی شوند زیرا مدتی طول می کشد تا مقدار اسید آبسیزیک کاهش یابد. با توجه به اهمیت باز و بسته شدن روزنه در زندگی گیاه، درک این مطلب مهم است که حرکات روزنه ای به وسیله سایر عوامل محیطی علاوه بر تنش ناشی از کمبود آب تنظیم می شود. مثلاً محتویات CO_2 فضای زیر روزنه ای عامل تنظیم کننده باز و بسته شدن روزنه در بسیاری از گیاهان است، وقتی غلظت CO_2 در فضای مزبور به کمتر از ۰/۰۳ ٪ که مقدار طبیعی این گاز در اتمسفر است نقصان یابد، سلولهای روزنه متورم شده، روزنه باز می شود(Zhangوهمکاران،۲۰۰۵). همچنین مشخص شده است که تعداد زیادی از تنشها از قبیل مواد شیمیایی، تابش، صدمات مکانیکی و خشکی تولید اتیلن را تحریک می کنند(Yangوهمکاران،۲۰۰۱). در برگهای پنبه مقدار تولید بیش از حد اتیلن با کمبود شدید آب رابطه دارد. اتیلن می تواند از حرکت اکسین از دمبرگهای پنبه به طرف ساقه ممانعت به عمل آورده و بدین وسیله موجب کنترل ریزش برگ گردد. نتایج این تحقیقات نشان می دهد که تولید اتیلن در دمبرگهای تنش دیده موجب ریزش جوانه های گل و غوزه می گردد(Earl وEnnahli،۲۰۰۵).

۲ ـ ۸ ـ خشکی و تغذیه معدنی :

زمانی که ریشه ها در خاک مرطوب رشد می کنند، در مقایسه با زمانی که در خاک خشکتر رشد می کنند در تماس بیشتر با یونهای عناصر غذایی هستند چون در این شرایط ریشه ها رشد

بیشتری دارند. این نکته به ویژه در جذب کلسیم و منیزیم مهم است. گزارشات حاکی از آن است که با افزایش تنش رطوبتی غلظت N،P،K در برگهای ذرت کاهش یافت(ZhangوOweis،۱۹۹۹).
نتایج تحقیقی چند ساله نشان داد که واکنش سویا به فسفر از سالی به سال دیگر متفاوت است. معلوم شد که تغییر این واکنش در ۱۲ هفته پس از کاشت در یک دوره ۱۸ ساله با مقدار بارندگی رابطه نزدیکی داشته است. هرچه میزان بارندگی کمتر باشد شدت واکنش به فسفر بیشتر است. همین رابطه برای پتاسیم نیز به دست آمده است. جذب نیتروژن در خاکهای خشک و تحت شرایط تنش قطعاً کمتر می شود، هرچند که این کاهش به اندازه کاهش فسفر و پتاسیم نیست . در شرایط خشک تجزیه ماده آلی و آزاد سازی نیتروژن در خاک کند می شود(ck؛اوهمکاران،۱۹۸۷). کمبود موقت بور در دوره های خشکی کاملاً عادی است. توجیه ان چنین است که قسمت عمده بور در ماده آلی است و در شرایط خشک تجزیه ماده آلی و آزاد سازی بور کند می شود. در برخی نواحی مقدار بور افقهای پایین تر خاک در مقایسه با لایه های سطحی کمتر است. در شرایط خشک فعالیت ریشه ها در افقهای سطحی کمتر است و گیاهان بور کمتری جذب می کنند. در شبدر افزایش رطوبت سبب جذب بیشتر کبالت و مولیبدن می شود. در محلول خاک مقدار این دو عنصر بیشتر بوده و بیشتر بودن آنها در گیاه با تعرق بیشتر و جریان محلول غنی از این دو عنصر به داخل گیاه توجیه می شود. نتایج آزمایشات مختلف نشان داد که میزان رطوبت بر جذب مس تاثیری ندارد(i،اوهمکاران،۲۰۰۴). جذب کانیها در گیاهانی که در معرض تنش قرار گرفته اند کاهش می یابد. یکی از اولین علائم تنش، انتقال فسفر از برگهای مسن به ساقه و بافتهای مریستمی است. انتقال ازت، که بلافاصله بعد از فسفر صورت می گیرد، نشان دهنده تجزیه پروتئین و تغییر در اعمال عادی سلول می باشد(ZhangوOweis،۱۹۹۹).
کوچکی و همکاران(۱۳۸۲) به نقل از پسرکلی بیان کردند که در شرایط تنش خشکی، جریان نیتروژن از ریشه به برگ کند شده و تجمع بالایی از نیترات آمونیوم در ریشه گیاهان به وجود می آید به طوریکه تجمع نیتروژن در ریشه گیاهان تحت تنش، جذب نیتروژن را از خاک محدود می کند. همچنین بیان کردند که در تنش خشکی غلظت نیتروژن در برگها بعد از مرحله گرده افشانی کاهش می یابد و کمبود آب حرکت نیتروژن از برگها به دانه هارا کاهش می دهد.

۲ ـ ۹ ـ پاسخ گیاهان به تنش خشکی :

به تغییر ساختمان یا متابولیسم گیاه در واکنش به تغییر ایجاد شده در محیط سازگاری گفته می شود. سازگاری می تواند از دو طریق صورت گیرد :
نخست گیاهان ممکن است فنولوژی، ساختمان یا متابولیسم خود را به منظور کاهش اثرات تنش تغییردهند. این تغییرات ممکن است در عرض چند ثانیه و یا به تدریج در طول یک فصل رشد صورت گیرند. این فرآیند ها معمولاً به عنوان تطابق شناخته می شوند .

دوم اینکه، تغییرات محیطی ممکن است باعث تکثیر ژنوتیپ هایی شود که از بقیه مطلوبترند . همه تغییرات ناشی از واکنش به خشکی تطابق محسوب نمی شوند بلکه برخی از آنها ممکن است نتیجه اختلال یا عدم تعادل در فرآیندهای متابولیکی باشند (Shearmanوهمکاران،۲۰۰۵). در مجموع راهکارهای مختلفی را که گیاهان در جهت سازگاری با تنش های محیطی به کار می گیرند می توان در چهار گروه زیر طبقه بندی کرد :

۱ـ نموی : ساز و کار هایی هستند که تعداد زیادی ژن در آنها دخیل بوده و با ایجاد تغییرات کلی در ساختار رشدی گیاه، آن را به محیط سازگار می سازند .

۲ـ ساختاری : صفاتی را شامل می شوند که با تغییر در ساختار فیزیکی گیاه تحمل آن را نسبت به تنش افزایش می دهند.

۳ـ فیزیولوژیکی : صفاتی در این دسته قرار می گیرند که با تغییرات اساسی در سوخت و ساز طبیعی گیاه تحمل آن را نسبت به تنش افزایش می دهند.

۴ـ بیوشیمیایی : صفاتی مانند تولید تنظیم کننده های اسمزی موجب افزایش سازگاری گیاه نسبت به تنش می شوند (تائب،۱۳۷۳).

برخی پیشنهاد کرده اند که تنها دو مکانیزم اساسی مقاومت به خشکی وجود دارد که عبارتند از مکانیزم اجتناب و تحمل خشکی. گیاهان ممکن است با نگهداری آب در داخل خود به خشکی مقاومت نمایند. این عمل توسط ریشه های عمیق و توسعه یافته و یا کاهش شدت تعرق انجام می گیرد. وجود یک کوتیکول بسیار ضخیم و غیر قابل نفوذ و بسته شدن روزنه های برگ در ساعات گرم و خشک روز می تواند تعرق را کاهش دهد. بسته شدن روزنه ها ممکن است از خشکی شدید جلوگیری نماید ولی چون مقاومت روزنه ها به عبور گاز کربنیک افزایش می یابد، فتوسنتز نیز کاهش یافته و عملکرد معمولاً کاهش پیدا می کند. چنین گیاهانی به خاطرداشتن مکانیسم اجتناب دارای قدرت تحمل خشکی می باشند(Piroوهمکاران،۲۰۰۳). مقاومت گیاهان در برابر کم آبی به دو روش امکان پذیر است یکی اینکه پروتوپلاسم قادر است بدون واردآمدن خسارت، کمبود آب را تحمل نماید و دیگر اینکه خصوصیات ساختمانی و فیزیولوژیکی گیاه به نحوی است که اثرات کشنده تنش آب را به تعویق انداخته یا خنثی کند. ساختمان پروتوپلاسم تعدادی از گیاهان به گونه ای است که می توانند شرایط هوای آزاد را بدون آنکه از بین بروند تحمل نمایند. در این شرایط، اگر خشکی زیاد ادامه یابد این گیاهان از بین می روند(Yuanوهمکاران،۲۰۰۴). تأثیر یک دوره خشکی طولانی بر فرایندهای متابولیکی گیاه به عوامل زیادی بستگی دارد که از آن جمله می توان به زمان خشکی در رابطه با دوره رشد گیاه، ظرفیت نگهداری آب در خاک و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه اشاره کرد.

مقاومت به خشکی در گیاهان زراعی نسبت به گونه های وحشی متفاوت است. اگر یک گیاه زراعی با خشکی زیاد مواجه شود از بین رفته و یا مقدار محصول آن به شدت کاهش می یابد. حال آنکه در گونه های وحشی بقای آن گونه مطرح بوده و مقدار تولید در نظر گرفته نمی شود.

با این وجود به دلیل کمبود آب در اکثر مناطق خشک مقاومت ارقام مختلف گیاهان زراعی به خشکی همیشه مورد نظر بوده و به عنوان یکی از عوامل مورد نظر در اصلاح نبات در نظر گرفته می شود(NguyenوValliyodan،۲۰۰۶). مقاومت به خشکی از طرف گیاه به سه روش اعمال می شود که عبارتند از : فرار از خشکی، تحمل خشکی با ذخیره آب در بافتها و تحمل خشکی بدون ذخیره آب در بافتها .

۲ ـ ۱۰ ـ فرار از خشکی :

دو ویژگی مهم گیاه را قادر می سازد تا ازمکانیسم خشکی فرار کرده و در عین حال عملکرد قابل ملاحظه ای نیز داشته باشد. این دو خصوصیت عبارتند از : سرعت نمو فنولوژیکی و شکل پذیری در مراحل مختلف رشد.

در مناطقی که احتمال وقوع کم آبی در اواخر دوره رشد وجود دارد زودرس بودن محصولات یک مزیت محسوب می شود. گیاهان این مناطق به طور طبیعی با آن سازگاری پیدا کرده اند ولی در مورد گیاهان زراعی یا باید از ارقام زودرس استفاده کرده و یا با اعمال روشهای زراعی رسیدن محصول را به جلو انداخت. از جمله این روشها مطابقت دادن فصل رویش با وضعیت آبی موجود است(Sharmaوهمکاران ،۲۰۰۴).

انعطاف پذیری فیزیکی یک گیاه از راه های فرار از خشکی است. مثلاً گندم در صورت مواجه شدن با خشکی طول دوره گرده افشانی خود را کوتاه کرده و یا از وزن دانه های آن کاسته می شود. لیو و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند که از جمله مکانیسم های مرتبط با فرار از خشکی کاهش سطح برگ است. وی عقیده دارد که در اکثر گیاهان زراعی به ندرت تحمل خشکی به عنوان یک عامل تعیین کننده مقاومت به خشکی مطرح است. از جمله تغییراتی که در نتیجه تنش حاصل می شود حجم سلولی کوچکتر، کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ است. احمدی و سی و سه مرده (۱۳۸۲) به نقل از پالگ و آسپینال اظهار کردند که یکی از جنبه های تطابق گیاهان تحت شرایط خشکی سطح برگ کمتر نسبت به وزن خشک آن است.

۲ ـ ۱۱ ـ تحمل خشکی با حفظ ذخیره آب :

گیاهان زراعی قادرند از طریق جلوگیری از تلفات آب و حفظ ذخیره آن برای دوره های بحرانی با خشکی مقابله کنند. به منظور جلوگیری از تلفات آب، گیاه از طریق بستن روزنه ها، کاهش سطوح تبخیر کننده، کاهش جذب تابش و یا ترکیبی از این عوامل تعرق راکاهش می دهد. افزایش کرک و موم در سطح شاخ و برگ باعث کاهش جذب تابش می شود. برگها نیز به صورت فعال می توانند جهت خود را نسبت به تابش تغییر داده و به صورت لوله ای در آیند تا حداقل تابش به آنها برسد . یکی دیگر از راههای مقابله با خشکی ریزش برگها و یا کم کردن سطح آنهاست که در برخی از گونه های گیاهی مشاهده می شود .

حفظ تداوم جریان ورود اب از خاک به ریشه نیز از دیگر روشهای تحمل گیاه به خشکی است. لازمه این کار ان است که اولاً ریشه ها از نظر عمق، گسترش یافته و متراکم باشند و ثانیاً از مقاومت ریشه درمقابل ورود آب به داخل آن ها کاسته شود(Yuanوهمکاران،۲۰۰۴).

۲ ـ ۱۲ ـ تحمل خشکی با عدم ذخیره آب :

بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نسبت به آماس سلولها حساس می باشند . لذا حفظ آماس سلول به معنی حفاظت از این فرآیندها است. حفظ آماس از طریق تنظیم وضعیت اسمزی و افزایش قابلیت ارتجاع یا اندازه سلول امکان پذیر می باشد که در مورد بسیاری از گونه ها و ارقام زراعی اعمال می شود. در شرایط یکسان افزایش برگشت پذیری برگها باعث افزایش پتانسیل آماس سلولها می گردد. به طور کلی تنظیم اسمزی، افزایش قابلیت ارتجاع، کاهش اندازه سلول و آب کشیدگی از طریق تحمل پروتوپلاسمی و تغییر در خصوصیات دیواره سلولی از روشهای تحمل گیاه به خشکی می باشد(علیزاده،۱۳۸۰).

۲ ـ ۱۳ ـ کنترل جذب آب به وسیله ریشه ها :

بسیاری از گونه های گیاهی بوسیله افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام های هوایی و حجم آب قابل دسترس برای گیاه به خشکی پاسخ می دهند. این امر می تواند به علت تفاوت حساسیت ریشه ها و اندام های هوایی به اسید آبسیزیک داخلی و تنظیم اسمزی بیشتر در ریشه ها باشد. الگوی مطلوب رشد سیستم ریشه به ترکیبی از توزیع بارندگی در طول سال، عمق خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، تقاضای آب اندام های هوایی در یک محصول در حال رشد و رقابت بین گیاهی بستگی دارد. یک راه استفاده کار آمدتر از منابع، مخصوصاً توسط گیاهان یک ساله، برای سیستم ریشه این است که از نظر فنولوژی انعطاف پذیر باشند و فقط هنگامی که تحت تنش خشکی قرار می گیرند به عمق خاک نفوذ کنند. برای مثال گزارش شده است که موثرترین رقم گندم برای شرایط نیمه خشک رقمی است که یک توده ریشه بزرگ در افقهای ۳۰ سانتی متری بالای خاک داشته و در صورت نیاز توانایی ورود به اعماق بیشتر را هم داشته باشد(Shunqingوهمکاران،۲۰۰۳).

۲ ـ ۱۴ ـ کنترل تلفات آب از طریق برگها :

هدایت روزنه ای ظاهراً به وسیله سه مکانیسم پاسخ محیطی کنترل می شود. مکانیسم اول شامل تبخیر از اپیدرم مخصوصاً در مناطقی ازبرگ است که کوتیکول نازک تر و احتمالاً نفوذ پذیرتر می باشد. مکانیسم دوم در پاسخ به وضع ظاهری آب برگ در رابطه با هدایت و پتانسیل آب است که بستگی به ماهیت تنش خشکی دارد. روزنه هنگامی بسته می شود که آماس سلولی از بین برود

که به نظر می رسد به علت انتقال مجدد اسید آبسیزیک از کلروپلاستها به آپوپلاست سلول محافظ باشد، که متابولیسم یونی، غشای پلاسمایی را تغییر می دهد و بسته شدن را تحریک می کند. مکانیسم سوم جهت بسته شدن روزنه پاسخ به علائم شیمیایی اسید آبسیزیک است که بوسیله ریشه هایی که در معرض خاک خشک قرار می گیرند به وجود آمده و از طریق آوند چوبی به آپوپلاست سلول محافظ منتقل می گردند(Correiaوهمکاران،۲۰۰۵).

در طی سازکاری، روزنه ممکن است کمتر به تنش حساس شود و بنابراین تعرق ادامه می یابد. البته نتیجه بسته شدن روزنه، کاهش انتشار بخار آب به خارج از برگ است، اما این کاهش اغلب آن قدر زیاد نیست که در ابتدا تصور می رود. برای گیاهان علوفه ای و زراعی در مزرعه، تبخیر و تعریق در مقایسه با وضعیت روزنه ها، بیشتر به ویژگی های جوی بستگی دارد. هرچند بسته بودن روزنه به حفظ آب بافتهای برگ کمک خواهد نمود و بنابراین پسابیدگی را به تأخیر می اندازد(GiuntaوRobertson،۱۹۹۴).

۲ ـ ۱۵ ـ اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد موادفتوسنتزی:

گیاه برای استفاده کار آمد از تشعشع خورشید و ذخیره مواد فتوسنتزی به یک سیستم انتقال از محل ساخته شدن این مواد تا محل مصرف نیاز دارد. در زمان جوانه زنی، مواد فتوسنتزی ذخیره شده در بذر به صورت قابل استفاده در آمده و به مریستم هایی که جدیداً در نموبرگ، ساقه و ریشه فعال شده اند منتقل می شوند و کمی پس از آن گیاهچه اتوتروف می شود. برخی از این ترکیبات ساختمانی شامل سلولز و همی سلولز هستند که ساختمان فیزیکی گیاه را تشکیل می دهند و معمولاً در جایی که ساخته می شوند باقی می مانند. سلولهای گیاهی دارای سیستم آنزیمی که بتوانند ترکیبات ساختمانی را تجزیه کنند، نیستند ولی برخی دیگر از ترکیبات تولید شده در گیاه، ترکیبات غیر ساختاری هستند که می توانند به اشکال قابل استفاده برای سایر قسمتهای گیاه تغییر یابند. با وجود نوسانات فتوسنتزی ، ترکیبات ذخیره ای برای نگهداری و تداوم رشد و نمو دارای اهمیت زیادی هستند. بیشتر این ترکیبات را کربوهیدراتها تشکیل می دهند و غالباً شامل مقادیر زیادی لیپید و پروتئین هستند(سرمدنیاوکوچکی، ۱۳۸۰).

انتقال مجدد به دو صورت انجام می شود :

۱ـ در مراحل خاصی از نمو، مواد فتوسنتزی بیشتر از آنچه که فرآیندهای رشد و نمو مصرف می کنند، تولید می شوند. این مازاد می تواند به ترکیبات ذخیره ای تبدیل شود. در مراحل بعدی ، به عنوان مثال میوه دهی که فتوسنتز قادر به تامین نیازهای گیاه نیست، ترکیبات ذخیره ای می توانند دوباره منتقل شده و به مراکز فعال مانند دانه انتقال یابند.

۲ـ در اواخر عمر برگ، کربوهیدراتها یا ترکیبات حاوی نیتروژن، فسفر، سولفور و سایر عناصر قابل انتقال، دوباره به مقاصد جاری گیاه منتقل می شوند(چائی چی وهمکاران،۱۳۸۲).

مواد فتوسنتزی که در دانه ذخیره می شوند از سه مبداء عمده فتوسنتز جاری برگ، فتوسنتز جاری قسمتهای سبز غیر از برگ و انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره شده در سایر اندام های گیاه تأمین می شوند. اینکه چه اندازه این عوامل در عملکرد نهایی دانه سهم دارند به گونه گیاه و محیط بستگی دارد. تحقیقات انجام شده بر روی گندم و جو نشان داده است که فتوسنتز برگ پرچم، ساقه و سنبله که نزدیکترین مبداء ها به دانه هستند سهم عمده ای از وزن دانه را تأمین می نمایند. در این گیاهان برگهای پایینی نیاز قسمتهای تحتانی ساقه و همچنین ریشه را تأمین می نمایند . اگر برگهای بالایی غلات برداشته شوند برگهای پایینی مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه را تأمین خواهند کرد . اگر برگهای پایینی گیاه قطع شوند برگ پرچم مواد فتوسنتزی خود را به ریشه ها منتقل خواهد کرد . تخمین زده شده است که سهم فتوسنتز انجام شده قبل از گلدهی ۲۵٪، فتوسنتز جاری ساقه و برگ حدود ۴۵٪ و فتوسنتز سنبله حدود ۳۰٪ بوده است. تنش خشکی در زمان پر شدن دانه ها باعث کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش فتوسنتز جاری می گردد. لذا نیاز مقصد برای پرکردن دانه از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تامین می گردد. در نتیجه این امر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به منظور پر کردن دانه ها در این شرایط اهمیت بیشتری پیدا می کند. در گیاهان یک ساله کمی پس از تشکیل دانه، مقصد عمده مواد فتوسنتزی را دانه ها تشکیل می دهند. بنابراین در طول پر شدن دانه ها، قسمتهای عمده ای از مواد فتوسنتزی جاری و ذخیره شده برای افزایش وزن دانه به کار گرفته می شود(سرمدنیاوکوچکی، ۱۳۸۰).

انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در برنج به این صورت است که در مرحله گرده افشانی و سنبله دهی، مواد فتوسنتزی تولید شده بیش از احتیاج گیاه است، بنابراین مازاد آن به ساقه منتقل و به صورت نشاسته ذخیره شده و سپس در مرحله پرشدن دانه مورد استفاده قرار می گیرد(Kumarو همکاران ،۲۰۰۶). در غلات دانه ریز مانند گندم، جو و یولاف یک دوره ۲۱-۲۰ روزه از چند روز قبل از گلدهی تا چند روز بعد از آن اهمیت زیادی دارد و میزان ماده ذخیره شده در این دوره بسیار زیاد است. زیرا در این مرحله شاخص سطح برگ حداکثر بوده، سنبله ها سبزند و نیاز فتوسنتزی خود را تأمین می کنند، رشد ریشه ها کم بوده و نیاز آنها به مواد فتوسنتزی نیز کم می باشد.گلها هم تا حدودی نیاز فتوسنتزی خود را تأمین می کنند، بنابراین در این دوره، مواد فتوسنتزی زیادی در میانگره های برگ پرچم تا میانگره برگ سوم از بالا ذخیره می شود که این مواد ذخیره شده از چند بعد اهمیت دارند :

۱ـ در نیمه اول پر شدن دانه به این دلیل که سنبله ها سبزند، مواد لازم برای پرشدن دانه از فتوسنتز جاری تأمین می شود ولی در نیمه دوم پر شدن دانه، انتقال مجدد مواد ذخیره شده به دانه صورت می گیرد و در شرایط معمولی حدود ۱۰-۸٪ از این مواد و درشرایط تنش درصد زیادی از این مواد انتقال می یابند و به این طریق گیاه، قسمتی از خسارت ناشی از تنش را جبران می کند.

۲ـ بعد دیگر اهمیت مواد ذخیره ای این است که گیاه با وجود مواد ذخیره ای در منبعهای ثانویه تعداد گلها یا دانه های کمتری را سقط می کند، به شرط اینکه فتوسنتز کاهش نیابد، این کار باعث افزایش عملکرد می شود(Palta وهمکاران،۱۹۹۴).

در حقیقت هر عاملی از قبیل افزایش رشد مقاصد متابولیکی، فتوپریود نامطلوب، پیری زود هنگام که در اثر کمبود آب ایجاد می شود، فتوسنتز را کاهش داده، دوره پر شدن دانه را کوتاه می کند و انتقال ذخیره های کربن را به دانه ها افزایش می دهد. با ایجاد تنش آبی، مقداراسید آبسیزیک دربرگ و ساقه ها افزایش می یابد که رابطه منفی با پروتئین و محتوای کلروفیلی این اندام ها دارد. از طرف دیگر افزایش اسید آبسیزیک موجب افزایش سنتز اتیلن می شود که پیری برگ را به همراه دارد. افزایش اسید آبسیزیک در زمان تنش آبی موجب افزایش انتقال کربوهیدراتها و در واقع افزایش مقدار انتقال مجدد می شود. در تیمارهایی که تحت تنش شدید قرار می گیرند، تنفس و جذب CO_2، انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال مواد در آوندهای چوبی سریعاً کاهش می یابد و این در حالی است که فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده افزایش می یابد (Nagarajan وهمکاران،۱۹۹۹).

در اثر تنش، عملکرد قسمتهای رویشی گیاه بیش از عملکرد دانه کاهش می یابد. تنش بر رشد طولی و وزن خشک ریشه به اندازه رشد طولی ساقه و سطح برگ اثر نمی گذارد. گونه های رشد نا محدود به علت آنکه دوره گلدهی طولانی تری دارند به اندازه گیاهان رشد محدود نسبت به تنش آب حساس نیستند، از این رو گونه های رشد نا محدود برای کاشت در مناطق دارای تنش ترجیح داده می شوند. تنش آبی در طول دوره پر شدن دانه در گندم و برنج می تواند پیری گیاه را تسریع کرده و منجر به انتقال سریع ترکربن ذخیره شده از بافتهای رویشی به دانه ها شود. تنش ابی موجب کاهش کربوهیدراتهای غیر ساختاری در ساقه، افزایش انتقال از ساقه به دانه، کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و افزایش میزان پر شدن دانه می شود. بررسی ها نشان داده است که مقدار پروتئین و کلروفیل برگ پرچم در گیاهانی که تحت تنش آبی بودند نسبت به گیاهان شاهد، به میزان بیشتری کاهش پیدا کرد(احمدی وهمکاران،۱۳۸۳).

۲ ـ ۱۶ ـ اثرات تنش آبی درمراحل مختلف رشد :

عوامل محیطی مثل دما، طول روز و شرایط آبی از عوامل مهم تعیین کننده فنولوژی گیاه به شمار می روند. اثرات خشکی بر روی فنولوژی نه تنها به شدت و مدت تنش بستگی دارد بلکه با زمان وقوع تنش در فصل رشد نیز در ارتباط است. طبق تحقیقات انجام شده (خواجوئی نژاد وهمکاران،۱۳۸۴) سویا هایی که در مرحله تشکیل گل در معرض تنش خشکی قرار گرفتند از دوره گلدهی کوتاهتری برخوردار بودند. به عقیده یانگ و همکاران (۲۰۰۶) بروز تنش آبی در طول مراحل نهایی نموزایشی موجب تسریع پیری در این گیاهان می گردد، این وضعیت با کاهش مدت پر شدن دانه همراه می باشد.

از انجا که در بسیاری از گیاهان زراعی شدت اثرات نامطلوب خشکی در مراحل مختلف رشد متفاوت است لذا شناسایی مرحله بحرانی و یا زمانی که گیاه بیشترین حساسیت را نسبت به خشکی دارد حائز اهمیت است. زمان وقوع تنش و شدت آن ممکن است از سالی به سال دیگر تغییر نماید. به طوری که گیاهان برخوردار از انعطاف پذیری بالاتر در سالهای مرطوبتر، دارای رشد رویشی و شاخ و برگ بیشتری می شوند. این حالت در ارزن زمانی که در معرض خشکی قرار گرفته مشاهده شده است(پناهی،۱۳۸۳). یکی از استراتژیهای گیاهان برای مقابله با خشکی بویژه در مناطق برخوردار از بارندگی متغیر در تابستان، وجود ظرفیت لازم برای رشد رویشی و گلدهی در یک دوره وسیع می باشد. به نظر می رسد که این گیاهان با وجود رفتار رشدی نامحدود، توانایی بالاتری برای گذر از دوره های وقوع خشکی دارند. برعکس گیاهان رشد محدود که تعداد مشخصی از برگ و گل را در یک دوره محدود تولید می نمایند حساسیت بیشتری را نسبت به این وضعیت خواهند داشت(اسدی وهمکاران،۱۳۸۲).

مشاهده شده است که ذرت خوشه ای در شرایط بارندگی متغیر در مقابل خشکی بسیار مقاوم تر از ذرت می باشد، زیرا به سهولت مبادرت به تولید ساقه های ثانویه می نماید. ساقه های ثانویه پس از رسیدگی کامل ساقه اصلی به رشد خود ادامه می دهند. ذرت به عنوان یک گیاه رشد محدود، قادر به تولید ساقه های ثانویه نیست، لذا اگر مرحله میوه دهی بر اثر تنش خشکی آسیب ببیند، حتی در صورت وقوع بارندگی در مراحل بعدی نیز در وضعیت آن بهبودی حاصل نخواهد شد (Howell،۱۹۹۰). دربرخی گیاهان تنش آب در مرحله رشد رویشی ممکن است مرحله زایشی را تحریک نماید. ممکن است تنش جزئی قسمتهای هوایی ذخیره کننده غذا را تحت تاثیر قرار دهد ولی بر عملکرد اقتصادی تاثیر نداشته باشد به طور مثال در آزمایش جالوتا و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده شد که رشد پنبه در رژیم های مختلف رطوبتی بسیار متفاوت بود، لیکن این تغییرات تاثیر قابل ملاحظه ای بر عملکرد وش وعملکرد پنبه دانه نداشت.

تقلیل رطوبت خاک تا حد نقطه پژمردگی دائمی برای مدت دو روز به هنگام تشکیل گلهای نر، در ذرت عملکرد دانه را ۲۵٪ کاهش داد. وقتی مدت تنش به ۶ تا ۸ روز رسید عملکرد دانه ۵۰٪ کاهش یافت. کاهش عملکرد به این علت بود که فقط در قسمتی از بلال دانه تشکیل شده بود(Borrasوهمکاران،۲۰۰۴). هنگامی که واریته های کتان در زمان ظهور گل در معرض تنش آب قرار گرفتند، عملکرد دانه تا ۶۵٪ گیاهان شاهد تنزل یافت. اثر تنش آب بر عملکرد عمدتاً به این موضوع بستگی دارد که چه مقدار از کل ماده خشک تولیدی به عنوان بخش مفید قابل برداشت محسوب می شود. اگر عملکرد از اندامهای ذخیره کننده مواد فتوسنتزی به جز میوه و بذر بدست آمده باشد، حساسیت عملکرد نسبت به تنش آب عموماً به اندازه حساسیت رشد کل گیاه می باشد. وقتی عملکرد بذر یا میوه است، ماده خشک ذخیره شده در بذر یا دانه، عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام شده بعد از گلدهی می باشد. بنابراین اثر تنش آب به مرحله رشد گیاه در زمان وقوع تنش بستگی دارد. اگر عملکرد شامل موادی مثل قند، مواد دارویی، الیاف و ... باشد تنش

متوسط ممکن است بر عملکرد اثری نداشته و حتی آنرا افزایش دهد، زیرا شرایط خشک میزان آلکالوئیدها را در بسیاری از گیاهان افزایش می دهد(Yangو Zhang،۲۰۰۶). اثرات تنش آب بر عملکرد چند جانبه است. در مراحل نمو رویشی وقوع تنش جزئی می تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعد، شاخص سطح برگ را کاهش دهد. در صورت وقوع تنش شدید روزنه ها بسته شده، جذب CO_2 و تولید ماده خشک کاهش می یابد(Ritchieو همکاران،۱۹۹۰). بررسی اثرات تنش رطوبتی بر روی گیاه سویا نشان داد که تنش بر رشد طولی و وزن خشک ریشه به اندازه رشد طولی ساقه، وزن خشک گیاه و سطح برگ تاثیر نداشت. وزن خشک قسمتهای رویشی گیاه بیشتر از عملکرد دانه کاهش یافت. علت وقوع این وضعیت آن بوده که درمراحل پر شدن دانه و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده از قسمتهای رویشی به دانه، دسترسی به آب بیشتر بود. شدیدترین اثر تنش در مراحل ابتدائی رشد رویشی کاهش سطح برگ است. اثر زمان ظهور تنش آب بر عملکرد دانه ممکن است به اندازه شدت تنش آب اهمیت داشته باشد(Ottmanوهمکاران،۲۰۰۰).

مقدار آب مصرفی برای کامل شدن دوره زندگی گندم از گیاهان زراعی دیگر همچون ذرت و یونجه بسیار کمتر است. ریشه های گندم حالت افشان داشته و تقریباً تمام آب قابل دسترس در خاک را جذب کرده و آبی را در خاک برای گیاه بعد از خود باقی نمی گذارند. از لحاظ کارآیی استفاده از آب، گندم یکی از گیاهان زراعی سه کربنه با بازدهی بالا می باشد. نیاز آبی گندم در تمام طول فصل یکسان نیست. در فصل پاییز این گیاه در مقایسه با فصل بهار که هنگام رشد و نمو فعال گیاه است به آب کمتری نیاز دارد. در بهار حساسیت گندم به کم آبی در همه مراحل یکسان نیست. مراحل رشد طولی ساقه، سنبله دهی و گلدهی نسبت به کم آبی بسیار حساس هستند(GuptaوNayyar،۲۰۰۶). در حالی که آبیاری گندم از مرحله خمیری نرم به بعد تاثیر چندانی بر عملکرد نخواهد داشت. از آنجا که گندم از شروع غلاف دهی تا رسیدن به مرحله خمیری نرم نیاز آبی زیادی دارد، نباید با تنش خشکی روبرو شود، در غیر این صورت با کمبود عملکرد در واحد سطح روبرو خواهد شد(کیانی و همکاران ،۱۳۸۳).

۲ ـ ۱۷ ـ اثر تنش آبی در مرحله جوانه زنی :

چرخه رشد گیاهان یکساله شامل چهار مرحله جوانه زنی، رشد رویشی، رشد زایشی و رسیدن محصول می باشد. مقدار جذب آب مورد نیاز به منظور جوانه زنی در بین گونه های مختلف گیاهی و حتی ارقام مختلف یک گونه متفاوت است. تنش در مرحله جوانه زنی باعث کاهش درصد و نیز سرعت جوانه زنی می شود. بررسی تاثیر میزان آب خاک در سبز شدن گندم نشان داده است که دراثر افزایش تنش آب کاهش معنی داری در سرعت جوانه زنی ایجاد می شود (اکبری مقدم وهمکاران،۱۳۸۱). در گندم، هنگامی که بذر معادل ۴۰-۳۰ درصد وزن خشک خود رطوبت جذب کرد، جوانه زنی آغاز می شود. هر چه مقدار رطوبت جذب شده بیشتر باشد، سرعت

جوانه زنی هم افزایش می یابد. از آغاز جوانه زنی به بعد حساسیت نسبت به کمبود رطوبت بیشترمی شود(Lopez, Iوهمکاران،۲۰۰۵).

۲ ـ ۱۸ ـ اثر تنش آبی در مرحله پنجه زنی :

تنش آب بر روی پنجه زنی گندم تاثیر منفی دارد. تعداد پنجه ها در گیاه اولین عامل تعیین کننده عملکرد دانه در گندم است و کاهش عملکرد در نتیجه کمبود آب تا حدودی ناشی از کاهش تعداد پنجه های تولید کننده دانه است. تعدادی از پنجه ها از زمان خروج آنها تا زمان پر شدن دانه از بین می روند، کمبود آب باعث افزایش این تعداد می شود(Blumوهمکاران،۱۹۹۰). براس و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده کردند که تعداد پنجه ها با شروع تنش به شدت کاهش پیدا کرد، به گونه ای که در هنگام بلوغ تنها بخش کمی از آنها تولید سنبله کردند.

هنگ بو و همکاران (۲۰۰۵) در بررسیهای خود نشان دادند که پنجه زنی گندم به کمبود آب بسیار حساس بوده به نحوی که کمبود رطوبت به توقف موقت رشد پنجه ها منجر می شود. در هنگام تنش، تجمع املاح در محیط اطراف ریشه تشکیل پنجه ها را به تأخیر انداخته، سطح برگ را کاهش داده و باعث کاهش ماده خشک می گردد. لیو و همکاران (۲۰۰۴) تاثیر تنش آبی را بر گندم مطالعه کرده و گزارش نمودند که چنانچه تنش رطوبتی در ابتدای رشد واقع شود، گیاه به راحتی با آن سازگار می شود ولی زمانی که تنش در اواسط یا اواخر رشد اتفاق افتد چنین تطابقی به سختی روی می دهد. دیو و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در شرایط کنترل، تعداد پنجه تا ۵۰ روز پس از آن افزایش یافته و تعداد آن به بیش از ۳ پنجه در بوته رسیده سپس در فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ روز پس از سبز شدن کاهش می یابد. در این بررسی وقوع تنش در ابتدای پنجه زنی سبب کاهش حداکثر تعداد پنجه به حدود ۲/۸ پنجه در هر بوته شد. بلوم و همکاران (۱۹۹۰) اظهار داشتند پنجه ها می توانند منبعی از ماده خشک برای پر شدن دانه باشند. این منبع در شرایط تنش ازاهمیت بیشتری برخوردار است. آنها نشان دادند که تاثیر افت سریع پتانسیل آب بر کاهش وزن دانه پنجه ها بیش از دانه های حاصل از ساقه اصلی بود. این امر دلیل بر حمایت پنجه ها از رشد دانه در ساقه اصلی است. اکبری مقدم و همکاران(۱۳۸۱) در بررسی خود اظهار کرد قطع آب در مرحله پنجه زنی به دلیل کاهش تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله باعث کاهش عملکرد دانه می شود. احمدی و همکاران(۱۳۸۲) به نقل ازابراهیمی پاک و نیشابوری تأثیر تنش رطوبتی را بر عملکرد جو در مراحل مختلف رشد مورد مطالعه قرار داده و گزارش نموده اند که حذف یک نوبت آبیاری در مرحله پنجه زنی نسبت کاه به دانه را افزایش داد. وقوع تنش در مرحله ساقه رفتن کاهش عملکرد دانه را در پی داشت. حذف آبیاری در مرحله گلدهی باعث کاهش عملکرد دانه، کاه و کلش گردید و حذف آبیاری در مرحله تشکیل سنبله و دانه باعث کاهش وزن هزار دانه و همچنین عملکرد دانه در هکتار گردید. کریمی و همکاران (۱۹۹۱) بیان کردند که خشکی خاک اغلب در نمو کلئوپتیل و پنجه زنی گیاه مشکل ایجاد کرده و موجب کاهش تعداد

پنجه در گیاه می شود. کاهش تعداد پنجه در نهایت منجر به کاهش تعداد سنبله و کاهش عملکرد می شود.

۲ ـ ۱۹ ـ اثر تنش آبی در مرحله ساقه رفتن :

در مرحله طویل شدن ساقه چنانچه گیاه تحت تنش رطوبتی قرار گیرد میزان نسبت کربن و در نتیجه میزان ذخائر ساقه کاهش می یابد. چائی چی و همکاران(۱۳۸۲) گزارش کردند که اعمال تنش رطوبتی در مراحل حساس نمو گندم (از مرحله طویل شدن ساقه تا پر شدن دانه ها) تأثیر منفی بسیاری بر فرآیندهای متابولیکی مرتبط با فتوسنتز و انتقال و اختصاص مواد دارد. به طوری که پس از رفع تنش و انجام آبیاری مجدد نیز اثر سوء تنش جبران نمی شود.

چائی چی و همکاران (۱۳۸۲) به نقل از رابرستون و گیونتا اظهار داشتند که اعمال تنش رطوبتی در مرحله ساقه رفتن باعث کاهش ارتفاع بوته و در نتیجه کاهش تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی می شود. با حذف آبیاری در مراحل مختلف نموگندم از جمله مرحله طویل شدن ساقه و پر شدن دانه ها، ارتفاع بوته ارقام گندم به طور معنی داری کاهش یافت که دلیل آن کاهش فاصله میانگره ها و در نتیجه کاهش اندازه گیاه بود. در زمان ساقه رفتن ارتفاع بالقوه بوته تعیین می شود و در صورت بروز تنش خشکی، گیاه به ارتفاع بالقوه خود نرسیده و کوتاه می ماند. در این وضعیت سلولهای مریستمی تولید کننده رشد رویشی در حال فعالیت شدید بوده و به شدت صدمه می بینند. بنابراین می توان گفت حساس ترین مرحله به تنش خشکی در ارتباط با ارتفاع بوته، مرحله ساقه رفتن است(Gutticri وهمکاران،۲۰۰۱).

در ارقامی که دارای برگ پرچم کوچکتری هستند زمانی که در مرحله ساقه رفتن آبیاری انجام نشود، تنش باعث کوچک ماندن برگ پرچم و در نهایت ریزش آنها قبل از بلوغ نهایی می گردد. همچنین در ارقامی که برگ پرچم بزرگتری دارند اگر چه برگ پرچم آنها تحت تنش رطوبتی در ابعاد کوچکتری باقی می ماند ولی تداوم آن روی ساقه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می گیرد. ارقامی که در مرحله ساقه رفتن دچار تنش می شوند، علاوه بر آنکه ساقه رفتن در آنها به تأخیر می افتد بوته نیز کوتاه می ماند. در این شرایط سنبله ضعیف تولید شده و در صورت ادامه تنش ساقه های ضعیف تر، سنبله ای تولید نخواهد کرد. همچنین تعدادی از ساقه های ضعیف به همراه سنبله هایشان حذف می شوند تا ساقه های قوی تر، سنبله های طبیعی تولید کنند. به این ترتیب تعداد سنبله ها در متر مربع به شدت کاهش می یابد. بر این اساس اصولاً در ارقامی که تعداد پنجه ها و ساقه های تولید شده آنها بالاست اگر چه تنش در مرحله ساقه رفتن تعدادی از ساقه ها را از بین می برد ولی سایر ساقه ها قادرند تا حدودی این کمبود را در عملکرد نهایی جبران نمایند. اما ارقامی که تعداد پنجه و ساقه کمتری تولید می کنند با از دست دادن حتی یک یا دو ساقه در واقع سهم بزرگی ازعملکرد را از دست می دهند(سپاسخواه وهمکاران،۲۰۰۶).

۲ـ ۲۰ ـ اثر تنش آبی در مرحله گلدهی :

مهم ترین عاملی که در دوره گلدهی تحت تاثیر تنش قرار می گیرد تولید سلولهای جنسی بارور و تلقیح است. نمو پرچم و تقسیم میوز نسبت به تنش آب حساس هستند و در بررسی اثر تنش رطوبت بر روی گندم مشاهده شد که کاهش دانه ها در سنبله عمدتاً به علت عدم باروری گلهای اولیه و ثانویه در هر سنبلک ناشی از نرعقیمی می باشد(Guttieriوهمکاران،۲۰۰۵). کاهش در تعداد دانه می تواند ناشی از کمبود مواد کربوهیدارته در طی نمو گل آذین و گلچه ها باشد. حتی در صورتی که رطوبت به میزان کافی در طی دوره قبل از گرده افشانی در دسترس باشد، منابع برای رشد بالقوه بسیار سریع گیاه در این مرحله کافی نیست. لذا اندام هایی از گیاه که قدرت رقابت بیشتری دارند باقی می مانند وسنبلکها و پنجه های کوچکتر که بعداً تشکیل شده اند و قدرت رقابت کمی دارند به دلیل فقدان منابع برای رشد از بین می روند(Niuوهمکاران،۱۹۹۸). اسدی و همکاران (۱۳۸۲) اظهار داشتند که تعداد دانه تا حد زیادی در مرحله گرده افشانی تعیین می گردد. هر چند شرایط پس از گرده افشانی نیز بر آن تأثیر دارد. بررسی جالوتا (۲۰۰۶) روی پنبه نشان داد که تنش آبی در ابتدای گلدهی موجب ریزش جوانه های تازه گل می شود. تنش درزمان اوج گلدهی نیز موجب ریزش جوانه گل و کاهش دوام غوزه ها می گردد.

در گندم کلیه مراحل رشد تحت تاثیر تنش قرار می گیرند ولی حساس ترین مرحله طی دوره گلدهی تا زمان کامل شدن سنبلچه ها بود. وقوع تنش آب حتی کوتاه مدت درزمان باز شدن گلها، تعداد گلهائی را که به دانه تبدیل می شوند را به طور قابل توجهی کاهش می دهد. دوره بحرانی در غلات با ظهور سلولهای مادری گرده شروع شده و پس از گرده افشانی خاتمه می یابد(اکبری مقدم و همکاران،۱۳۸۱). در ذرت وقوع تنش شدید چهار روزه مرحله از ابتدای گرده افشانی تا دو هفته پس از آن می تواند بحرانی باشد، در این مدت وقوع تنش تعداد دانه را به شدت کاهش می دهد(زارع وهمکاران،۱۳۸۳). گونه های رشد نامحدود به علت آنکه برای مدت طولانی استعداد گلدهی دارند، به اندازه گیاهان رشد محدود نسبت به تنش آب حساس نیستند. تنش شدید لکن کوتاه مدت در مراحل اولیه گلدهی سویا اگر چه موجب ریزش گلها می گردد ولی چون گیاه پس از رفع تنش برای تولید گلهای جدیدفرصت دارد لذا عملکرد دانه کاهش نمی یابد(خواجوئی نژاد، ۱۳۸۴).

در ذرت تنش خشکی خصوصاً طی گلدهی می تواند خسارت زا باشد، زیرا قابلیت زنده ماندن و جوانه زدن دانه گرده را کاهش داده وسبب اختلال در همزمانی رسیدگی مادگی وپرچم و تأخیر در آغاز گلدهی می شود. فتح باهری و همکاران (۱۳۸۴) به نقل از اسویرا بیان کردند که تنش رطوبت پس از گرده افشانی باعث کاهش سرعت پر شدن دانه و در نتیجه وزن هزار دانه می شود. در این بررسی مرحله بین سنبله رفتن تا ظهور سنبله ومرحله گلدهی تاتشکیل دانه بعنوان مراحل حساس به تنش در گندم گزارش شده است. سپاسخواه(۲۰۰۶) ضمن بررسی اثر دفعات آبیاری بر مراحل مختلف رشد به این نتیجه رسید که مرحله گلدهی مرحله بحرانی جهت آبیاری جو بهاره

می باشد. خواجوئی نژاد و همکاران(۱۳۸۴) گزارش کردند که عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله علاوه بر تأثیر منفی بر روی وزن دانه های تازه تشکیل شده، موجب کاهش تعداد دانه در سنبله ها نیز می شود. تنش رطوبتی میزان کلروفیل برگ را کاهش می دهد. کوچکی و همکاران (۱۳۸۲) میزان کلروفیل برگ پرچم را تحت شرایط تنش خشکی در طی مرحله گرده افشانی با کلروفیل متر اندازه گیری کردند و دریافتند که میزان کلروفیل برگ با افزایش تنش کاهش می یابد.

۲ ـ ۲۱ ـ اثر تنش آبی در مرحله پر شدن دانه :

در اوایل مرحله پر شدن دانه رقابت بسیار شدیدی بین ساقه وسنبله برای کربوهیدراتهایی که توسط برگ پرچم و سنبله ها ساخته شده اند وجود دارد. پتانسیل وزن هر دانه ظاهراً قبل از گرده افشانی تعیین می شود ولی اینکه دانه ها به چه میزانی پر می شوند به شرایط محیطی در طی پر شدن دانه بستگی دارد. کمبود اب بعد از گرده افشانی بدان معنی است که دانه ها به پتانسیل واقعی خود نمی رسند و وزن هزار دانه کاهش می یابد(Li Feng اوهمکاران،۲۰۰۱). بینگ نیان و شنگ (۲۰۰۶) اظهار کردند که خشکی بعد از گلدهی موجب کاهش وزن هزار دانه در گندم می شود. ثابت شده است که تنش خشکی انتقال مواد غذایی را از برگها به دانه ها کاهش می دهد و با توجه به این که خشکی، رسیدن دانه ها را تسریع می نماید، این عکس العمل علاوه بر کاهش فتوسنتز سبب کاهش عملکرد غلات می شود. یانگ و ژانگ (۲۰۰۶) اظهار نمودند که در اثر تیمارهای تنش رطوبتی شدید طول دوره پر شدن دانه در گندم کاهش می یابد. در شرایط مطلوب افزایش نسبی طول دوره پر شدن دانه ها یک مزیت به حساب می آید، زیرا گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته و از این طریق عملکرد افزایش می یابد. در شرایط رطوبتی محدود القاء زود رسی برای فرار از شرایط سخت محیطی از اهمیت بیشتری برخوردار است. احمدی و همکاران (۱۳۸۲) به نقل از ساوین گزارش کردند که تنش خشکی وزن دانه را از طریق کاهش طول دوره پر شدن دانه کاهش می دهد. تحقیقات نشان می دهد که مراحل گلدهی و دانه بندی از بحرانی ترین مراحل رشد و نمو گندم هستند و در صورت وقوع تنش رطوبتی، در این مراحل عملکرد کاهش خواهد یافت (قدسی و همکاران ،۱۳۷۷). تنش رطوبتی در طول مدت نمو بذر اغلب باعث ضعیف شدن و چروکیدگی بذر می شود که همین مسأله باعث کاهش بنیه بذر می گردد(مدندوست وهمکاران،۱۳۸۴). نتایج به دست آمده از مطالعه فرهمند و همکاران (۱۳۸۴) نشان داد که تنش رطوبتی در زمان نمو دانه گندم با شدتی که موجب پژمرده شدن برگها و کاهش شدید فتوسنتز شد، نمو دانه را تحت تأثیر قرار نداد. وزن نهایی دانه در سنبله که از اجزاء مهم عملکرد است متأثر از دو عامل سرعت و مدت پر شدن دانه است. از این دو عامل برای تجزیه و تحلیل رشد دانه ونحوه تأثیر عوامل گیاهی و محیطی بر روی آن استفاده می شود. تنش رطوبتی در طول دوره پر شدن دانه ممکن است از طریق کاهش در دوره پر شدن دانه و کاهش در سرعت پر شدن دانه عملکرد راکاهش دهد. سرعت و مدت زمان تقسیم سلولهای

آندوسپرمی یک عامل مهم دیگر تعیین کننده ظرفیت نهایی دانه برای پذیرش مواد فتوسنتزی می باشد. دوره تقسیم سلولی در دانه گندم از حدود ۱۲ تا ۱۹ روز پس از گرده افشانی بسته به نوع رقم و شرایط محیطی متفاوت است(Jiunta)وهمکاران،۱۹۹۳).

در بررسی انجام شده توسط احمدی و بیکر (۲۰۰۱) مشاهده گردید که مقدار رطوبت و ساکارز موجوددر دانه گندم که دو فاکتور مهم و تأثیر گذار بر تقسیم سلولی هستند، تحت تأثیر تنش رطوبتی اعمال شده در زمان پر شدن دانه قرار نمی گیرند. لذا کاهش مشاهده شده در وزن دانه دران شرایط به فرایند پر شدن دانه ارتباط داشته و به تقسیم سلولی ارتباطی ندارد. از طرف دیگر، تنش رطوبتی درمراحل پر شدن دانه ممکن است از طریق کاهش تعداد سلولهای آندوسپرم بر روی پر شدن دانه و در نتیجه عملکرد تأثیر بگذارد(احمدی وهمکاران،۱۳۸۴). کیوک و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که در شرایط تنش رطوبتی کاهش در دوره پر شدن دانه همراه با افزایش سرعت پرشدن دانه پدیده جبرانی در گیاهان زراعی به شمار می آیند و نقش آنها ثابت نگه داشتن عملکرد دانه در شرایط تنش است. احمدی وبیکر(۲۰۰۱) به نقل از باسنایاک اظهار کردند که تنش خشکی در ژنوتیپ های مختلف گندم موجب کاهش عملکرد از ۹ تا ۵۱٪ می شود. تحقیقات آنها حاکی از آن است که تنش خشکی در طول دوره پرشدن دانه در گندم موجب افزایش انتقال مجدد کربوهیدارتهای ذخیره شده به دانه می شود. در تیمارهای تحت تنش ۷۹ الی ۸۵٪ درصد کربن ذخیره شده در برگ پرچم به دانه ها منتقل شد در حالیکه در شرایط شاهد میزان انتقال کربوهیدراتها به دانه ۵۵ تا ۶۵ درصد بود.

۲ ـ ۲۲ ـ تأثیر تنش آبی برمقدار و کیفیت پروتئین دانه گندم :

رطوبت عامل بسیار مهمی است که در رشد گندم بی نهایت مؤثر می باشد. هرچه محیط دارای رطوبت کمتر و خشکتر باشد، چون توازن بین جذب آب از زمین و تبخیر از برگها بهم می خورد، به ریشه های آن صدمه وارد شده و موجب پژمردگی آن و چروکیده شدن دانه ها می گردد و در این حالت است که گیاه احتیاج به آب بیشتری داشته و آبیاری توصیه می شود. از طرف دیگر وجود رطوبت مناسب در عمل کربن گیری دخالت دارد زیرا CO_2 جذب شده با آب ترکیب گریده و تولید قند می کند. همچنین آب جهت نقل و انتقال مواد از اندامی به اندام دیگر دخالت می کند. مواد نشاسته ای که در برگها تهیه می شوند به صورت گلوکز درآمده، در آب حل شده و به اندام های مختلف گیاه جهت تغذیه و همچنین به دانه ها منتقل گردیده و به صورت نشاسته ذخیره می شوند. خواص کیفی و ارزش نانوایی گندم نیز همانند عملکرد و خصوصیات مورفولوژیکی تحت تأثیر تنش های محیطی قرار می گیرد(رجب زاده ، ۱۳۷۵) .

علاوه بر کیفیت پروتئین به مقدار پروتئین نیز باید توجه کرد. مقدار پروتئین به شرایط محیطی بستگی دارد و برای یک واریته از سالی به سال دیگر متغیر است. مشخص شده که مقدار پروتئین شدیداً تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آنها است. کاهش پتانسیل آب باعث جلوگیری از

تقسیم سلولی، رشد اندامها، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین می شود و تعادل هورمونی را در بافتهای مهم گیاه تغییر می دهد. اگرچه تنش رطوبت عمدتاً عملکرد دانه را کاهش می دهد ولی تنش می تواند باعث افزایش قیمت محصول از طریق افزایش سایراجزاء عملکرداقتصادی مثل کیفیت پروتئین دانه شود(Kichey و همکاران،۲۰۰۶).

گوتیری (۲۰۰۱) در آزمایش خود به این نتیجه رسید که تنش می تواند باعث افزایش پروتئین دانه گندم شود. اگر چه از دیدگاه بیوشیمیایی ترکیب پروتئین در مرحله اول به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد ولی اثر متقابل آن با محیط معنی دار است. احمدی و بیکر (۲۰۰۱)به نقل از استارک گزارش کردند که تنش های محیطی نه تنها بر کمیت پروتئین تأثیر گذاشته بلکه می توانند کیفیت پروتئین را نیز تغییر دهند. بروز تنش آبی در مراحل اولیه پس از گرده افشانی می تواند باعث کاهش تجمع نشاسته شود. وقوع این وضعیت می تواند دلیلی برای افزایش پروتئین دانه در تیمارهای تحت تنش خشکی باشد. بسیاری از محققین عقیده دارند که هرچه تعداد دانه در سنبله بیشتر باشد دانه ها کوچکتر و وزن هزار دانه کمتر خواهد شد. در این حالت میزان پروتئین دانه ها بیشتر و نشاسته آنها کمتر خواهد بود(سیادت ، ۱۳۸۰). سینگ (۱۹۸۱) گزارش کرد که در اوایل مرحله پرشدن دانه رقابت بسیار شدیدی بین ساقه و سنبله برای کربوهیدارتهایی که توسط برگ پرچم و سنبله ساخته شده اند وجود دارد. نظیر عملکرد دانه، کیفیت دانه گندم نیز صفت مرکبی است که نتیجه ای از اثرات متقابل بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است و به وسیله ژنهای متعددی کنترل می شود. بنابراین نمی توان کیفیت دانه را به صورت صفت واحدی توصیف نمود. درصد پروتئین دانه یکی از اجزای مهم کیفیت دانه گندم و معیار برآورد کیفیت آن به شمار می آید، زیرا اهمیت زیادی در تغذیه انسان و کیفیت نانوایی دارد. در بسیاری از مناطق که همزمان تنش خشکی و تنش گرما وجود دارد و اثر یکدیگر را تشدید می کنند، تشکیل نشاسته در دانه گندم در هوای گرم و خشک بیشتر از تشکیل پروتئین تحت تأثیر قرار می گیرد. این شرایط باعث تشکیل دانه های کوچک و لاغر، اما غنی از پروتئین خواهد شد. بافت استخوانی دانه به همراه رنگ تیره در گندم دلیل بر بالا بودن نسبت پروتئین آن است. در صورتی که دانه هایی که از نظر پروتئین فقیر باشند همواره رنگ روشن و بافت آردی و نرم دارند. درصد کل پروتئین دانه یکی از شاخص های مهم ارزیابی کیفیت دانه می باشد(رادمهر، ۱۳۷۶).

فصل سوم

مواد و روشها

مواد و روشها :

به منظور مطالعه تأثیررژیم های مختلف رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پاییزه این تحقیق با استفاده از طرح اسپلیت پلات در زمان و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۵ – ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به اجرا درآمد. حداکثر درجه حرارت در منطقه ^{c} ۴۰ و حداقل درجه حرارت ^{c} ۹/۶- و ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۶۶ متر می باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در ضمیمه ۱ نشان داده شده است.

در این بررسی مراحل مختلف رشد گندم و آبیاری به ترتیب به عنوان عوامل اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. نقشه طرح در ضمیمه ۲ آورده شده است.

الف ـ سطوح فاکتور اصلی i) (مراحل رشد) عبارت بودند از :

۱. مرحله به ساقه رفتن
۲. مرحله گلدهی
۳. مرحله پرشدن دانه

ب ـ سطوح فاکتور فرعی I (آبیاری) عبارت بودند از :

۱. ظرفیت زراعی
۲. ۷۵٪ ظرفیت زراعی
۳. ۵۰٪ ظرفیت زراعی
۴. ۲۵٪ ظرفیت زراعی

با توجه به معنی دار نشدن اثر متقابل بلوک در سطوح آبیاری جز در دو صفت شاخص برداشت و وزن کاه و کلش (ضمیمه۵)، جدول تجزیه واریانس داده ها برای سایر صفات مورد بررسی بر اساس طرح اسپلیت پلات تنظیم شد(ضمایم۶،۷). تجزیه واریانس دو صفت مذکور بر اساس طرح اسپلیت پلات در زمان انجام شد(ضمیمه۸).

در این آزمایش از گندم رقم امید که به طور گسترده در شاهرود کشت می شود استفاده شد. گندم امید پاییزه، نسبتاً دیررس، مقاوم به ریزش است و خاصیت نانوایی متوسط دارد. سطح زیر کشت این واریته از تمام واریته های گندم در ایران بیشتر است. لذا به عنوان گندم آبی یا دیم می توان آن را در کلیه مناطق گندم خیز به استثنای خوزستان و کناره های دریای خزر کشت کرد. وزن هزار دانه گندم امید ۴۱ تا ۴۸ گرم، حساس به زنگ قهوه ای، سیاهک پنهان و خوابیدگی و نسبتاً

حساس به زنگ زرد است. از نظر مقاومت به خشکی در گروه متوسط قرار می گیرد و عملکرد آن در شرایط مناسب زراعی ۳ تا ۵ تن در هکتار می باشد.

این آزمایش شامل ۴۸ کرت فرعی به ابعاد ۳× ۲/۵ متر مربع بود. هر کرت فرعی شامل ۱۰ خط کاشت به طول ۳ متر و فاصله ردیفهای کاشت ۲۵سانتی متر در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از اثرات جانبی آبیاری کرتهای مجاور بر یکدیگر، بین کرت های فرعی فاصله ای به اندازه ۱ متر و بین کرتهای اصلی فاصله ای به اندازه ۲ متر در نظر گرفته شد. همچنین بین هر دو بلوک مجاور فاصله ای به میزان ۱متر درنظر گرفته شد .تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، ایجاد فارو و سایر عملیات زراعی قبل از کاشت و طبق عرف معمول منطقه انجام شد. مقدار بذر مصرفی درزمان کاشت بر مبنای عرف محل و به میزان ۱۸۰ کیلوگرم بذر در هکتار صورت گرفت. بعلاوه مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به هنگام تهیه زمین و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک در دو مرحله انتهای پنجه زنی (آغاز ساقه رفتن) و پرشدن دانه ها استفاده شد.

به منظور اعمال سطوح مختلف آبیاری نمونه خاک مزرعه آزمایشی به دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری، محتوای رطوبت نمونه خاک در پتانسیل های مختلف تعیین شد. براین مبنا، محتوای آب خاک در پتانسیل های خاک در ظرفیت زراعی، ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۲۱، ۱۵/۷، ۱۰/۵ و ۵/۲۵ درصد وزنی تعیین گردید. به این منظور قبل از اعمال سطوح آبیاری روزانه از کرت های مورد نظر نمونه برداری صورت گرفته و جهت تعیین میزان رطوبت به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه از روش فلاسک بمنظور تعیین محتوای رطوبتی نمونه خاک هر کرت استفاده شد. به طور کلی اندازه گیری رطوبت خاک به خصوص در کشاورزی آبی مهم بوده و می تواند در تعیین زمان آبیاری و میزان آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری راهنمای خوبی باشد. روش فلاسک در سال ۱۹۷۹ بوسیله گروهی از محققین ابداع گردید. تنها وسایل مورد نیاز جهت اندازه گیری رطوبت خاک در این روش شامل تعدادی فلاسک و یک ترازو می باشد. با در دست داشتن وزن مخصوص حقیقی خاک (Dp) و وزن فلاسک پر از آب (G) کافی است مقداری خاک مرطوب (A) را در فلاسک ریخته، با آب به حجم رسانده، وزن آن (H) را تعیین و با استفاده از فرمول زیر درصد رطوبت نمونه خاک (MP) را محاسبه نمود (حاج رسولیها و همکاران،۱۳۶۱).

$$MP = \left(\left(A(Dp-1)/(H-G)Dp\right)^{-1}\right) 100$$ درصد رطوبت نمونه خاک

تنش در زمان ساقه رفتن در ۱۸۲ روز پس از رشد گیاه مطابق با ۱۰۶۹ GDD، تنش در زمان گلدهی در ۲۰۵ روز پس از رشد گیاه مطابق با GDD1428 و تنش در زمان پر شدن دانه در ۲۲۶ روز پس از رشد گیاه مطابق با GDD1855 اعمال گردید. در طول دوره رشد یادداشت برداری

های لازم از مواردی مثل آفات و امراض، درصد خوابیدگی، وزن خشک بوته و سطح برگ گیاه انجام شد. همچنین در طول دوره رشد طی ۷ مرحله از هرکرت، مساحتی معادل ۰/۲ متر مربع نمونه برداری و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه به اجزای آن تفکیک و پس از اندازه گیری سطح برگ، وزن خشک نمونه ها در آون و بعد از گذشت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ $^{\circ}$c تعیین شد. با استفاده از سطح برگ و وزن خشک نمونه های حاصل، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سایر شاخص های فیزیولوژیک گندم اندازه گیری شد(احمدی و همکاران،۱۳۸۲).

به منظور اندازه گیری شاخص های فیزیولوژیک گندم از روابط زیر استفاده شد.

$$CGR = (w_2 - w_1)/(t_2 - t_1)$$
$$NAR = LAI \cdot CGR$$
$$RGR = (\ln w_2 - \ln w_1)/(t_2 - t_1)$$
$$SLA = (L_{A_2}/w_2 + L_{A_1}/w_1)/2$$

در انتهای دوره رشد (اوایل تیرماه) عملیات برداشت انجام شد. به این منظور پس از حذف خطوط حاشیه مساحتی معادل ۱ متر مربع از هر کرت فرعی برداشت و جهت تعیین وزن خشک کل بوته به آزمایشگاه منتقل شد. در محیط آزمایشگاه تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت مشخص شد. همچنین با استفاده از روش کجلدال درصد پروتئین دانه ها تعیین شد. در زمان برداشت رطوبت دانه های گندم تقریباً ۱۴٪ بود. جهت تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصله از برنامه Mstat-c و نرم افزار Excel استفاده شد.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱ ـ بررسی نتایج حاصل از نمونه برداری های انجام شده در طول فصل رشد:

۴ ـ ۱ ـ ۱ ـ نمونه برداری های اول و دوم :

نمونه برداری اول که پس از گذشت ۷۰ روز از کاشت گیاه انجام شد مصادف با مرحله پنجه زنی بود. در این مرحله نمونه ها به آون منتقل شده و پس از خشک شدن، وزن آن ها که فقط از برگ تشکیل شده بودند محاسبه شد.

نتایج آزمایش در این مرحله از رشد که هیچ گونه تیماری اعمال نشده بود اختلاف معنی داری را بین میانگین های به دست آمده نشان نداد. مشابه با نمونه برداری اول، نتایج به دست آمده از نمونه برداری دوم نیز نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین میانگین های حاصله بود که با توجه به عدم اعمال تیمارهای مورد نظر نتایج بدست آمده منطقی به نظر می رسد(جداول۵،۱و۶).

۴ ـ ۱ ـ ۲ ـ نمونه برداری سوم :

این مرحله از نمونه برداری همزمان با مرحله ساقه رفتن گندم بود. این مرحله شروع اعمال رژیم های آبیاری در کرت های مورد نظر بود. در این مرحله از رشد تنش خشکی براساس رژیم های آبیاری در ظرفیت زراعی، ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۵۰٪ ظرفیت زراعی و ۲۵٪ ظرفیت زراعی اعمال شد. مقایسه نتایج میانگین ها با نتایج حاصل از سایر کرت ها که هنوز تیمارهای مربوطه اعمال نشده بود نشان داد که کمترین وزن خشک برگ به دست آمده مربوط به اعمال تنش درمرحله ساقه رفتن معادل ۷۰/۰۲ گرم در متر مربع بود. همچنین بررسی نتایج حاصله نشان داد که بین رژیم های مختلف رطوبتی اعمال شده نیز اختلاف معنی داری وجود داشت. بیشترین وزن خشک برگ مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۷۶/۵۲ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک برگ مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۷۱/۵۵ گرم در متر مربع بود. بین میانگین های به دست آمده از رژیم های آبیاری در ۷۵٪ ظرفیت زراعی و آبیاری در ۵۰٪ ظرفیت زراعی اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۱). بررسی اثر متقابل دو عامل فوق نشان داد که کمترین وزن خشک برگ مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن بود و بین سطوح دیگر آبیاری اختلاف معنی داری مشاهده نشد(جدول۷). بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین های وزن خشک ساقه نشان داد که کمترین وزن خشک ساقه مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۷۵/۹۷ گرم در متر مربع بود. همچنین نتایج بدست آمده

از اعمال رژیم های مختلف آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش وزن خشک ساقه بطور معنی داری کاهش یافت. بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۸۰/۹۳ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۷۸/۴۵ گرم در متر مربع بود که بین آنها اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول۲). با بررسی نتایج مربوط به اثر متقابل دو عامل فوق مشخص شد که کمترین وزن خشک ساقه مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن بود و بین سطوح دیگر آبیاری اختلاف معنی داری مشاهده نشد(جدول۸). نتایج به دست آمده برای وزن خشک بوته نیز روند مشابهی داشت. اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن به طور معنی داری موجب کاهش وزن خشک بوته شد. همچنین اعمال رژیم های مختلف رطوبتی نیز وزن خشک بوته را به طور معنی داری کاهش داد. به نحوی که با افزایش شدت تنش وزن خشک بوته کاهش یافت. وزن خشک بوته در رژیم های مختلف آبیاری در ظرفیت زراعی، ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۵۰٪ ظرفیت زراعی و ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب معادل ۱۵۷/۴، ۱۵۵، ۱۵۲/۴، ۱۴۹ گرم در متر مربع بود(جدول۴). بررسی اثر متقابل دو عامل فوق حاکی از کاهش وزن خشک کل بوته در رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن بود(جدول۹).

۴ ـ ۱ ـ ۳ ـ نمونه برداری چهارم :

نتایج بدست آمده در این مرحله از نمونه برداری نشان داد که اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک برگ تاثیر معنی داری داشت. کمترین وزن خشک برگ مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۹۰/۵۲ گرم در متر مربع بود. همچنین تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک برگ معنی دار بود. بیشترین وزن خشک برگ از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۱۱/۵ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک برگ از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۹۳/۳۵ گرم در متر مربع بدست آمد. اختلاف مشاهده شده بین میانگین های بدست آمده از سطوح مختلف رژیم های آبیاری معنی دار بود(جدول۱). اثر متقابل اعمال رژیم های مختلف رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک برگ معنی دار بود و کمترین وزن خشک برگ مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن و معادل ۷۲/۷۶ گرم در متر مربع بود(جدول۱۰). براساس نتایج حاصل از این آزمایش، تأثیر اعمال تنش در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک ساقه معنی دار بود و کمترین وزن خشک ساقه پس از اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن و معادل ۱۴۴/۵ گرم در متر مربع بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک ساقه حاکی از معنی دار بودن تأثیر اعمال این سطوح بر وزن خشک ساقه بود. بیشترین وزن خشک ساقه از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۸۶ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک ساقه از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۱۵۳/۴ گرم در متر مربع به دست آمد. میانگین های بدست آمده از این نظر اختلاف معنی داری با

یکدیگر داشتند(جدول۲). جدول ۱۱ نشان می دهد که تأثیر متقابل دو عامل فوق معنـی دار شـد. کمترین وزن خشک ساقه از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعـی در مرحلـه سـاقه رفـتن معـادل ۹۸/۲۵ گرم در متر مربع بدست آمد. وزن خشک بوته در این نمونه برداری تحت تاثیر اعمال رژیم های آبیاری در مراحل مختلف رشد قرار گرفت و کمترین وزن خشک بوته در مرحله ساقه رفتن و معادل ۲۳۴ گرم در متر مربع حاصل شد. تأثیر رژیم هـای مختلـف آبیـاری بـر وزن خـشک بوتـه معنی دار بود. به طوری که بیشترین وزن خشک بوته معادل ۲۹۷/۶ گرم در متر مربـع از آبیـاری در ظرفیت زراعی حاصل شد. با افزایش شدت تنش آبی، وزن خـشک بوتـه بـه طـور معنـی داری کاهش پیـدا کـرد و کمتـرین وزن خـشک بوتـه از آبیـاری در ۲۵٪ ظرفیـت زراعـی بدسـت آمـد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل فوق معنی دار بـود و کمتـرین وزن خـشک بوته از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن حاصل شد(جدول ۱۲).

۴ ـ ۱ ـ ۴ ـ نمونه برداری پنجم :

این مرحله از نمونه برداری منطبق بر مرحله گلدهی بود و در این مرحله سـری دوم کـرت هـا بـا اعمال تنش مواجه شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که تنش در مراحل ساقه رفتن و گلدهی بـر وزن خشک برگ تأثیر معنی دار داشت. کمترین وزن خشک برگ مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۹۵/۳۶ گرم در متر مربع بود که با میانگین حاصل از وزن خشک برگ مربوط به اعمال تنش درمرحله گلدهی معادل ۱۰۵/۲ گرم در متر مربع اختلاف معنـی داری داشـت. تـأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن خشک برگ در این مرحله از نمونه بـرداری معنـی دار بـود. بـا افزایش شدت تنش آبی، وزن خشک برگ به طور معنـی داری کـاهش پیـدا کـرد بـه نحـوی کـه کمترین وزن خشک برگ مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۹۴/۶۳ گرم در متر مربع و بیشترین آن مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعـی معـادل ۱۱۵/۷ گـرم در متـر مربـع بود(جدول۱). اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن خشک برگ معنی دار شـد و کمتـرین وزن خـشک برگ از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۷۶/۹۱ گرم در متر مربـع حاصل شد(جدول۱۳). نتایج بدست آمده ازایـن آزمـایش نـشان داد کـه اعمـال تـنش در مراحـل گلدهی و ساقه رفتن بر وزن خشک ساقه تأثیر معنی دار داشت. مقدار میانگین وزن خـشک سـاقه در مرحله گلدهی معادل ۲۵۰/۵ گرم در متر مربع و در مرحله ساقه رفتن معـادل ۲۱۳/۳ گـرم در متر مربع بود. همچنین بررسی ها نشان داد که با افزایش شدت تـنش وزن خـشک سـاقه کـاهش می یابد که این میزان کاهش در مقایسه با سطوح دیگر معنی دار بود. کمترین وزن خشک ساقه از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۲۰۵/۸ گرم در متر مربع حاصـل شـد(جـدول۲). بـا بررسی اثر متقابل دو عامل فوق معلوم شد که کمترین وزن خشک ساقه از تیمار مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن حاصل شد(جدول ۱۴).

بررسی تأثیر اعمال تنش در مراحل مختلف رشد نشان داد که اعمال تنش در مرحله گلدهی موجب کاهش معنی دار وزن خشک سنبله نسبت به سایر مراحل رشد شد. کمترین وزن خشک سنبله از اعمال تنش در مرحله گلدهی حاصل شد که معادل ۹۶/۴۴ گرم در متر مربع بود. همچنین تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بروزن خشک سنبله نیز معنی دار بود و با افزایش شدت تنش وزن خشک سنبله کاهش پیدا کرد به طوری که بیشترین و کمترین وزن خشک سنبله به ترتیب از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۳۴ گرم در متر مربع و رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۹۰/۳۵ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول ۳). بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل اعمال رژیم های مختلف آبیاری در مراحل مختلف رشد نشان داد که کمترین وزن خشک سنبله از رژیم آبیاری در ۲۵ ٪ ظرفیت زراعی در مرحله گلدهی بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین در جدول ۱۵ ذکر شده است. بررسی نتایج بدست آمده در این نمونه برداری حاکی از تأثیر معنی دار اعمال تنش در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک کل بوته بود. کمترین وزن خشک بوته از اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن حاصل شد. نتایج بدست آمده پس از اعمال تنش در مراحل ساقه رفتن و گلدهی به ترتیب معادل ۴۱۶/۱ و ۴۵۲/۱ گرم در متر مربع بود که به طور معنی داری با هم اختلاف داشتند. همچنین تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک بوته معنی دار بود و با افزایش شدت تنش آبی وزن خشک بوته از ۵۳۹/۱ گرم در متر مربع در آبیاری در ظرفیت زراعی به ۴۹۲/۱ گرم در متر مربع در ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۴۴۱/۵ گرم در متر مربع در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و ۳۸۳/۵ گرم در متر مربع در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد(جدول۴). اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن خشک کل بوته معنی دار بود و کمترین وزن خشک بوته از آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن حاصل شد(جدول۱۶).

۴ ـ ۱ ـ ۵ ـ نمونه برداری ششم :

این نمونه برداری پس از اعمال کلیه تیمارهای مربوط به اعمال تنش در مراحل مختلف رشد انجام شد. نتایج حاصله نشان داد که اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه نسبت به سایر مراحل رشد، وزن خشک برگ را به شدت کاهش می دهد. از آنجا که کاهش وزن برگ در این مرحله قابل جبران نیست نتایج بدست آمده منطقی به نظر می رسد. بیشترین وزن خشک برگ از اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۴۴/۳۳ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک برگ از اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه معادل ۳۴/۹۹ گرم در متر مربع حاصل شد. کاهش وزن برگها در مراحل ساقه رفتن و گلدهی توسط گیاه قابل جبران بوده و لذا در این نمونه برداری وزن برگها در مراحل ذکر شده کاهش کمتری پیدا کرده است. تأثیر اعمال رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک برگ معنی دار بوده و با افزایش شدت تنش وزن خشک برگ کاهش یافت به طوری که وزن خشک برگ از ۵۰/۳۴ گرم در متر مربع درآبیاری در ظرفیت زراعی به ۲۸/۳۷ گرم در متر مربع در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد(جدول۱). بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل عوامل مورد

بررسی بر وزن خشک برگ معنی دار بود و مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۵۴/۰۹ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک برگ از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پرشدن دانه معادل ۲۳/۸۴ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول۱۷).

نتایج بدست آمده نشان داد که اعمال تنش در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر وزن خشک ساقه می گذارد. کمترین و بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به اعمال تنش در مراحل ساقه رفتن و پر شدن دانه به ترتیب معادل ۳۰۵/۹ گرم در متر مربع و۳۳۶/۱ گرم در متر مربع بود که مؤید این مطلب است که وقوع تنش در اواخر دوره رشد تأثیر چندانی بر وزن ساقه نمی گذارد.

با بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها پس از اعمال رژیم های مختلف آبیاری مشخص شد که با افزایش شدت تنش آبی وزن خشک ساقه به طور معنی دار کاهش پیدا می کند. بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به آبیاری در ظرفیت زراعی و معادل ۳۷۰/۷ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۲۶۵/۶ گرم در متر مربع بود(جدول۲). با بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل دو عامل فوق، مشخص شد که کمترین وزن خشک ساقه مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۲۳۲/۹ گرم در متر مربع و بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۳۸۰/۳ گرم در متر مربع بود. نتایج در جدول ۱۸ ذکر شده است. بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که اعمال تنش درمرحله پر شدن دانه منجر به کاهش چشمگیر وزن خشک سنبله نسبت به اعمال تنش در مراحل ساقه رفتن و گلدهی شد. ازآنجا که وزن سنبله در مرحله پر شدن دانه ها تعیین می شود لذا اعمال تنش در این مرحله منجر به کاهش وزن سنبله می شود. بیشترین وزن سنبله مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۳۸۶/۴ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه معادل ۳۰۵/۶ گرم در متر مربع بود. همچنین اعمال رژیم های مختلف آبیاری بر وزن سنبله تأثیر گذاشت و با افزایش شدت تنش وزن خشک سنبله از ۴۱۷/۵ گرم در متر مربع در آبیاری در ظرفیت زراعی به ۲۷۱/۳ گرم در متر مربع در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد(جدول۳).

اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن سنبله تأثیر معنی دار داشت. بیشترین وزن خشک سنبله از آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۴۶۶/۲ گرم در متر مربع و کمترین آن از تیمار ابیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۲۲۴/۶ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول۱۹). در نهایت با بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک بوته در این نمونه برداری مشخص شد که بیشترین کاهش مربوط به اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه بود. بین میانگین ها اختلاف معنی دار وجود داشت و بیشترین وزن خشک بوته مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۷۳۶/۳ گرم در متر مربع حاصل شد. با اعمال تنش در مرحله

گلدهی وزن خشک بوته نسبت به مرحله ساقه رفتن کاهش یافته و معادل ۷۰۴/۳ گرم در متر مربع شد. رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک بوته تأثیر گذاشته و با افزایش شدت تنش آبی، وزن خشک بوته از ۸۳۸/۱ گرم در متر مربع در آبیاری در ظرفیت زراعی به ۵۶۵/۳ گرم در متر مربع در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد. بین میانگین های بدست آمده در سطوح مختلف رژیم های آبیاری اختلاف معنی دار مشاهده شد. نتایج در جدول ۴ ذکر شده است. با بررسی اثر متقابل اعمال رژیم های مختلف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک بوته مشخص شد که بیشترین عملکرد از تیمار مربوط به آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۸۷۸/۴ گرم در متر مربع و کمترین عملکرد از تیمار مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۵۴۸/۴ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول۲۰).

۴ ـ ۱ ـ ۶ ـ نمونه برداری هفتم :

نتایج بدست آمده در این نمونه برداری نشان داد که با اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه وزن خشک برگ معادل ۱۷/۶۹ گرم در متر مربع حاصل شد که کاهش قابل ملاحظه ای در مقایسه با اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۲۵/۷۲ گرم در متر مربع داشت. بین میانگین های بدست آمده از اعمال تنش خشکی در مراحل ساقه رفتن و گلدهی تفاوت معنی داری ملاحظه نشد. همچنین تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک برگ معنی دار بوده و با افزایش شدت تنش وزن خشک برگ از ۳۳/۶۹ گرم در متر مربع در آبیاری در ظرفیت زراعی به ۲۵/۳۸ گرم در متر مربع در آبیاری در ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۱۸/۰۴ گرم در متر مربع در آبیاری در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و ۱۱/۰۳ گرم در متر مربع در رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش پیدا کرد(جدول۱). اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن خشک برگ معنی دار شناخته شد و بیشترین وزن خشک برگ از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن و کمترین وزن خشک برگ از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه حاصل شد(جدول۲۱). با بررسی نتایج مربوط به تأثیر اعمال تنش در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک ساقه، مرحله ساقه رفتن به عنوان حساس ترین مرحله در کاهش وزن خشک ساقه شناخته شد. اعمال تنش در این مرحله منجر به کاهش عملکرد از ۳۷۲/۱ گرم در متر مربع در اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه به ۳۴۱/۲ گرم در متر مربع در اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن شد. بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها حاکی از تأثیر معنی دار رژیم های مختلف آبیاری بر وزن خشک ساقه بود. به طوری که بیشترین وزن خشک ساقه از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی حاصل شده و با افزایش شدت تنش، وزن خشک ساقه کاهش پیدا کرد(جدول۲). اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن خشک ساقه تأثیر گذاشت و بیشترین وزن خشک ساقه از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی درمرحله پر شدن دانه معادل ۴۱۴/۵ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک ساقه از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۲۵۹/۹ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول۲۲). تأثیر اعمال

تنش در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک سنبله مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که بیشترین وزن سنبله مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۵۴۳/۴ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه معادل ۴۰۶/۷ گرم در متر مربع بود. براساس نتایج بدست آمده با افزایش شدت تنش در رژیم های مختلف آبیاری نیز وزن خشک سنبله به طور معنی دار کاهش یافت. بیشترین وزن خشک سنبله مربوط به آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۵۵۷/۱ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۴۱۰/۶ گرم در متر مربع بود(جدول۳). اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن خشک سنبله معنی دار بود. بیشترین وزن سنبله از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۵۱۱/۴ گرم در متر مربع و کمترین وزن سنبله از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۳۱۹/۲ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول۲۳). در نهایت نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که اعمال تنش در مراحل مختلف رشد، وزن خشک بوته را به طور معنی دار کاهش داد. وزن خشک بوته حاصل از اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۸۲۰/۲ گرم در متر مربع، در مرحله گلدهی معادل ۷۹۰/۷ گرم در متر مربع و در مرحله پر شدن دانه معادل ۷۷۳/۷ گرم در متر مربع بود. بر این اساس اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن خشک بوته داشت . رژیم های مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی داری بر کاهش وزن خشک بوته داشت و با افزایش شدت تنش وزن خشک بوته از ۹۱۳/۲ گرم در متر مربع در آبیاری در ظرفیت زراعی به ۶۵۸/۳ گرم در متر مربع در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش یافت(جدول۴). بررسی نتایج حاصل از تأثیر متقابل دو عامل فوق نشان داد که بیشترین وزن خشک بوته از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۹۴۳ گرم در متر مربع و کمترین آن در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۶۲۴/۳ گرم در متر مربع بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین در جدول ۲۴ ذکر شده است.

۴ – ۲ – بررسی خصوصیات کمی و کیفی :

۴ ـ ۲ ـ ۱ ـ وزن خشک کل بوته :

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب کاهش وزن خشک کل بوته می شود. اعمال تنش در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر وزن خشک کل بوته داشت. تنش در مرحله پر شدن دانه بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن خشک کل بوته گذاشت(شکل ۱). دراین مرحله وقوع تنش خشکی باعث ریزش برگها شده و گیاه دیگر قادر به جبران صدمه وارده نیست. پس از مرحله گلدهی تنش خشکی به ندرت برگها را از بین می برد، بلکه برگها زرد یا پژمرده می شوند که این امر در مراحل بعدی توسط آبیاری جبران می شود اما از مرحله سخت شدن دانه به بعد، به دلیل آنکه مواد غذایی برگها به شدت به سمت دانه ها در حال حرکتند فرصتی برای جبران برگهای از دست رفته نیست و وزن خشک کل بوته کاهش می یابد. برای گیاهانی که از تمام قسمتهای رویشی آنها استفاده می شود افزایش وزن خشک کل بوته صفت مثبتی است اما برای سایر گیاهان، افزایش وزن خشک کل بوته تا حدی قابل قبول است که به عملکرد اقتصادی لطمه ای وارد نشود (Upadhyaya،۲۰۰۵).

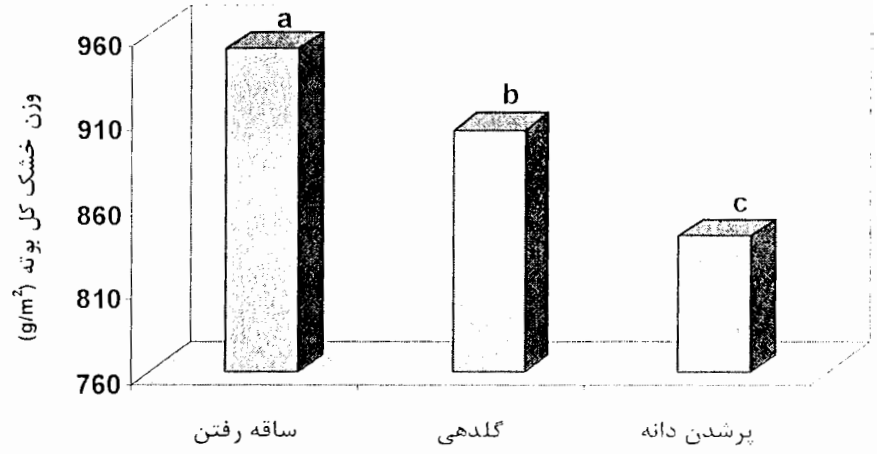
برخی از غلات و از جمله گندم و جو قادرند که تا قبل از مرحله ساقه رفتن صدمات وارده از محیط را جبران کنند. به عنوان مثال چریدن توسط دام یا هر عاملی که باعث از دست رفتن پنجه ها تا بالای طوقه گردد در مرحله ساقه رفتن قابل جبران است. گیونتا و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی بر روی چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در ارقام مختلف گندم گزارش نمودند که علیرغم کاهش معنی دار وزن خشک بوته در این شرایط، تنش رطوبتی اثر قابل توجهی بر توزیع مواد فتوسنتزی بین برگها، سنبله ها و ساقه ها نداشت.

نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر رژیم های آبیاری بر وزن خشک کل بوته معنی دار بود و با افزایش شدت تنش آبی، وزن خشک کل بوته به طور معنی داری کاهش پیدا کرد(شکل ۲). بیشترین وزن خشک کل بوته مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی با عملکرد ۱۰۲۸ گرم درمتر مربع و کمترین آن مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی با عملکرد ۷۷۳/۷ گرم در متر مربع بود.

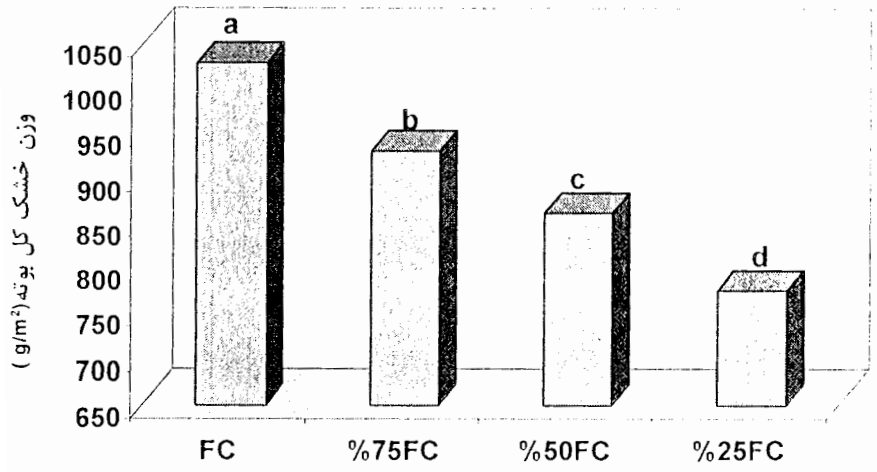
خواجوئی نژاد و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر دور های مختلف آبیاری بر ارقام گندم بیان کردند که وزن خشک کل بوته بر اثر تنش خشکی کاهش می یابد. احمدی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته می شود.

این نتایج با یافته های بهرا و همکاران (۲۰۰۲) و کلی و همکاران (۲۰۰۱) که اظهار داشتند تنش رطوبتی بر روی عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته در مراحل پایانی رشد گندم تاثیر معنی داری دارد مطابق است. شارما و تاکور (۲۰۰۴) نیز با تحقیق بر روی چند رقم گندم بهاره بیان کردند که تحت شرایط تنش، عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته کاهش پیدا می کند. جدول ۲۵ نشان می دهد که تأثیر متقابل رژیم های مختلف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر وزن خشک بوته

معنی دار بوده است به طوری که بیشترین وزن خشک بوته از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن با عملکرد ۱۱۲۸ گرم در متر مربع و کمترین وزن خشک بوته از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه ها با عملکرد ۷۲۳ گرم در متر مربع حاصل شد.



شکل ۱ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بروزن خشک کل بوته



شکل ۲ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن خشک کل بوته

۴ ـ ۲ ـ ۲ ـ عملکرد دانه :

مهم ترین شاخص اقتصادی در گیاهان دانه ای، عملکرد دانه است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که وقوع تنش در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه داشت. به طوری که اعمال تنش در مرحله گلدهی گیاه بیشترین تأثیر را بر کاهش عملکرد دانه نشان داد و اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه دانه بر کاهش عملکرد دانه تاثیری نداشت.

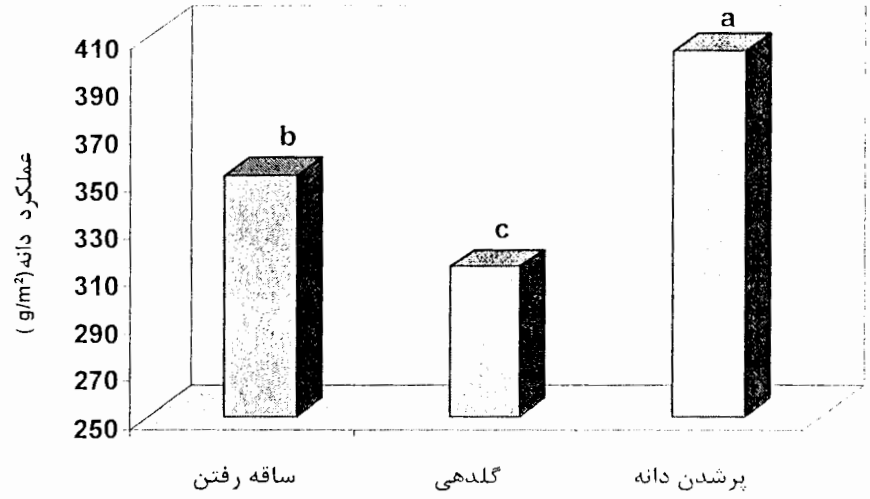
نتایج ازمایشات مختلف (Maو همکاران، ۲۰۰۴) حاکی از تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه می باشد که این تأثیر معمولاً با تغییر در اجزاء عملکرد رخ می دهد. تنش در مرحله گلدهی باعث کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله می گردد و بدین ترتیب عملکرد را کاهش می دهد. تنش در مرحله ساقه رفتن منجر به کاهش تعداد سنبله در متر مربع می گردد اما از آنجائیکه در مرحله گلدهی دو جزء ازعملکرد را کاهش می دهد لذا بیشترین کاهش عملکرد در این مرحله رخ می دهد. پتانسیل گیاه برای تولید دانه درمرحله گلدهی مشخص می شود و لذا در این مرحله تلقیح گلها در نتیجه تنش آبی به تعویق افتاده و در اثر عدم تلقیح، دانه های پوک تولید می شوند. از طرف دیگر آبیاری مطلوب در این زمان سبب می شود که سلولهای مریستمی گل فعالتر عمل کرده و تعداد سنبلچه و همین طور دانه بیشتری تولید گردد (Shengوهمکاران،۲۰۰۶). تنش درمرحله پر شدن دانه تأثیر چندانی بر عملکرد دانه ندارد و دلیل آن این است که نیاز گیاه به آب در مرحله پر شدن دانه حداقل است . پس از گلدهی حساس ترین مرحله رشد گیاه نسبت به تنش خشکی در رابطه با عملکرد دانه، مرحله ساقه رفتن می باشد. در این مرحله جزء اول عملکرد یعنی تعداد سنبله در متر مربع به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد. زمانی که گیاه در این مرحله با تنش آبی مواجه می شو ، علاوه بر آنکه ساقه رفتن گیاه به تأخیر می افتد، بوته نیز کوتاه و ضعیف شده و در نتیجه سنبله های ضعیف تر تولید کرده و در صورت ادامه تنش ساقه های ضعیف تر تولید سنبله نخواهند کرد. البته ممکن است تعدادی از ساقه های ضعیف به همراه سنبله هایشان در اثر انتقال مواد به سایر سنبله ها حذف شوند تا ساقه های قویتر تولید سنبله های قوی تری نمایند(ZhangوOweis،۱۹۹۹).

مطالعات متعددی جهت بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه گندم انجام شده است که در هر یک از آنها بسته به زمان اعمال تنش یکی از اجزاء عملکرد بیش از دیگر اجزاء تحت تأثیر قرار گرفته است. عیسوند و همکاران(۱۳۸۴) به نقل از اهدایی گزارش کردند که وقوع تنش پس از گرده افشانی سبب کاهش تمامی اجزاء عملکرد شامل تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد که در این میان تعداد سنبله و تعداد دانه به ترتیب کمترین و بیشترین تأثیر را پذیرفت. پالتا و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که تنش خشکی عملکرد دانه را ۲۴ درصد کاهش و انتقال مجدد مواد ذخیره ای را ۳۶ درصد افزایش داد. احمدی و همکاران (۱۳۸۳) با بررسی روند تغییرات وزن خشک دانه بیان کردند که تنش خشکی تا ۲۴ روز پس از گرده افشانی تأثیری بر سرعت رشد دانه نداشت ولی پس از آن سرعت پر شدن دانه را کاهش داد. باغانی و قدسی

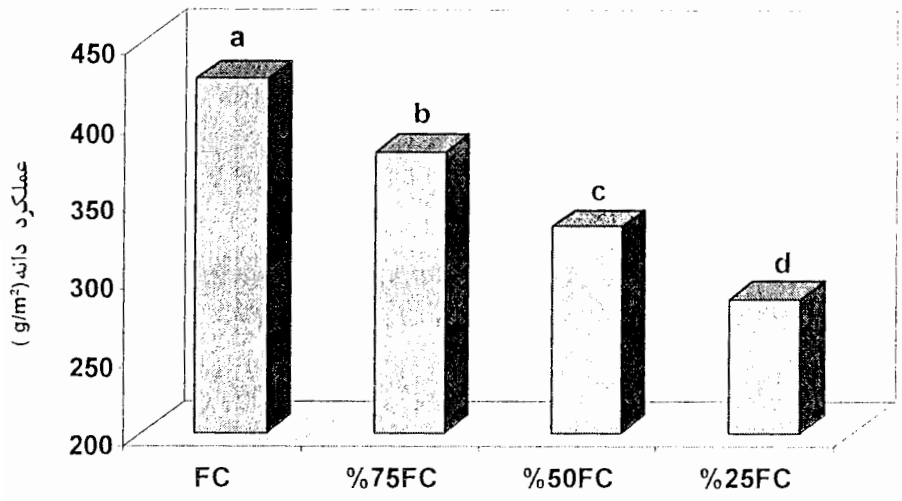
(۱۳۸۳) گزارش کردند که در مقایسه با شاهد، در تیمار ۴۱ درصد کاهش در مقدار آب مصرفی عملکرد حدود ۱۷ درصد و در تیمار ۴۸ درصد کاهش در مقدار آب مصرفی عملکرد حدود ۵۵ درصد کاهش پیدا کرد. دانائی و آینه (۱۳۷۹) با بررسی تأثیر قطع آخرین آبیاری و قطع دو آبیاری آخر بر ۸ رقم گندم در بهبهان اظهار نمودند که بالاترین عملکرد در حالت آبیاری کامل و کمترین عملکرد در حالت قطع دو آبیاری آخر بدست آمد. رمضان پور و دستفال (۱۳۸۳) درارزیابی ارقام جدید گندم نسبت به خشکی در استان فارس نشان دادند که کاهش ۲۵ و ۵۰ درصد آب مصرفی، عملکرد دانه را به میزان ۲۱ و۴۰ درصد کاهش داد. نتایج تحقیق اسدی و همکاران (۱۳۸۲) بر روی گندم مهدوی نشان داد که تنش رطوبتی باعث افت عملکرد دانه در این رقم شد. کیوک (۲۰۰۶) با بررسی تعداد سه ژنوتیپ گندم اظهار داشت که تنش خشکی نسبت به شاهد موجب کاهش عملکرد دانه از ۹ تا ۵۱٪ شد. تنش می تواند به صورت یک دوره کوتاه مدت در مرحله پر شدن دانه یا در دوره رویشی گیاه اعمال شود و برعملکرد دانه تأثیر بگذارد. در آزمایش باسنایاک اعمال تنش خشکی به صورت کاهش ۱۲ تا ۴۶٪ در آب مصرفی موجب کاهش عملکرد دانه شد. همچنین در تیمارهای تحت تنش وزن خشک کل بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت کاهش پیدا کرد.

بررسی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اعمال تنش در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه داشت(شکل ۳). به طوری که بیشترین کاهش عملکرد مربوط به اعمال تنش در مرحله گلدهی با عملکرد ۳۱۲/۶ گرم در متر مربع بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین تنش در مرحله ساقه رفتن با عملکرد ۳۵۱/۳ گرم در متر مربع و تنش در مرحله پر شدن دانه با عملکرد ۴۰۴/۱ گرم در متر مربع دانه اختلاف معنی داری وجود داشت. همچنین با بررسی نتایج حاصله مشخص شد که تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه معنی دار بود(شکل ۴). با افزایش شدت تنش عملکرد دانه به طور معنی داری کاهش پیدا کرد به نحوی که رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی با عملکرد ۴۲۶/۳ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد را نسبت به رژیم های آبیاری ۷۵٪ ، ۵۰٪ ، ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب با عملکردهای ۳۸۰/۲ گرم در متر مربع، ۳۳۱/۸ گرم در متر مربع و ۲۸۵/۷ گرم در متر مربع داشت.

در بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل دو عامل فوق (جدول ۲۶) معلوم شد که بیشترین عملکرد دانه معادل ۴۶۸/۴ گرم در متر مربع مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه و کمترین عملکرد دانه معادل ۲۵۰/۷ گرم در متر مربع مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله گلدهی بود.



شکل ۳ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر عملکـرد دانـه



شکل ۴ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر عملکرد دانـه

۴ ـ ۲ ـ ۳ ـ شاخص برداشت :

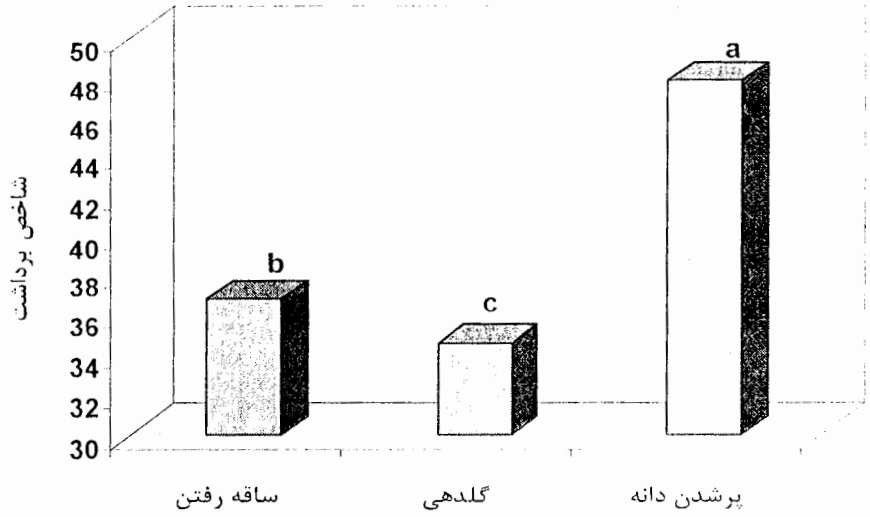
اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر شاخص برداشت تأثیر معنی داری داشت(شکل ۵). بیشترین تأثیر اعمال تنش بر شاخص برداشت در مرحله پر شدن دانه ها و حداقل تأثیر از اعمال تنش بر شاخص برداشت در مرحله گلدهی بدست آمد. به طور کلی عملکرد گیاه زراعی را می توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش شاخص برداشت و یا از هر دو طریق افزایش داد. افزایش عملکرد دانه غلات دانه ریز، عمدتاً به علت افزایش در شاخص برداشت می باشد. به عبارت دیگر گیاه ماده خشک اضافی تولید نمی کند بلکه قسمت بیشتری از ماده خشک به عملکرد اقتصادی دانه تخصیص می یابد(سیادت وهمکاران، ۱۳۸۰).

بررسی منابع حاکی از آن است که در شرایط تنش، حداکثر شاخص برداشت زمانی حاصل می شود که تنش در مرحله پرشدن دانه صورت گیرد زیرا مواد غذایی در این مرحله در اثر تنش سریع تر به دانه منتقل می گردد و حداقل شاخص برداشت مربوط به زمانی است که تنش در مرحله گلدهی صورت گیرد. وقوع تنش دراین مرحله همزمان وزن دانه ها و تعداد دانه ها را کاهش می دهد(وزیری،۱۳۷۹). همچنین گزارش شده است که با اعمال آبیاری در تمام مراحل رشد به دلیل آنکه در مرحله سخت شدن دانه نیز آبیاری صورت می گیرد، گیاه دیرتر برگهای خود را از دست داده و دانه ها با سرعت کمتری پر می شوند. لذا شاخص برداشت نسبت به زمانیکه وقوع تنش در مرحله سخت شدن دانه صورت می گیرد، کمترخواهد بود(Bonfilوهمکاران،۱۹۹۹).

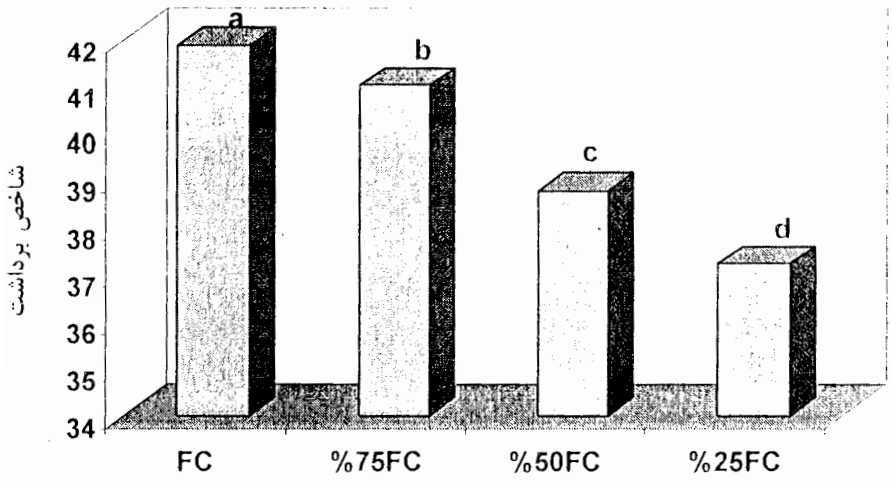
نتایج این بررسی حاکی از آن است که اثرات مربوط به اعمال رژیم های آبیاری بر میزان شاخص برداشت معنی دار بوده و با افزایش شدت تنش، شاخص برداشت به طور معنی داری کاهش پیدا کرد(شکل ۶). به طوری که حداکثر و حداقل شاخص برداشت مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی و ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب معادل ۴۱/۹ و ۳۷/۲۲ بود. احمدی و همکاران(۱۳۸۳) به نقل از وان کینگل اظهار داشتند که گرچه شاخص برداشت ارقام جدید تحت شرایط مطلوب حدود ۵۰٪ است ولی در شرایط تنش این شاخص به حدود ۳۵٪ تنزل می یابد لذا در شرایط خشک مقدار قابل توجهی از پتانسیل عملکرد حاصل نمی شود. دیو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که عملکرد دانه، وزن خشک کل بوته و شاخص برداشت در شرایط تنش نسبت به شاهد کاهش معنی داری پیدا می کند. فارا و فاسی (۲۰۰۶) با بررسی اثر تنش آبی بر ذرت و سورگوم اظهار کردند که تنش آبی وزن خشک کل بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد. اثر تنش بر کاهش عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل بوته بود.

نتایج بررسی اثر متقابل عوامل مورد بررسی بر شاخص برداشت معنی دار بوده و حداقل شاخص برداشت ۳۲/۸۶ مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله گلدهی و حداکثر شاخص برداشت ۵۰/۸۴ مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه بود (جدول ۲۷). در بررسی انجام شده توسط خواجوئی نژاد و همکاران (۱۳۸۴) نیز عنوان شد که دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی عمدتاً به حساسیت بیشتر رشد زایشی در

مقایسه با رشد رویشی مربوط می شود . در این بررسی عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله موجب کاهش شدیدتر عملکرد دانه درمقایسه با وزن خشک کل بوته شد.



شکل ۵ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر شـــاخص برداشـــت



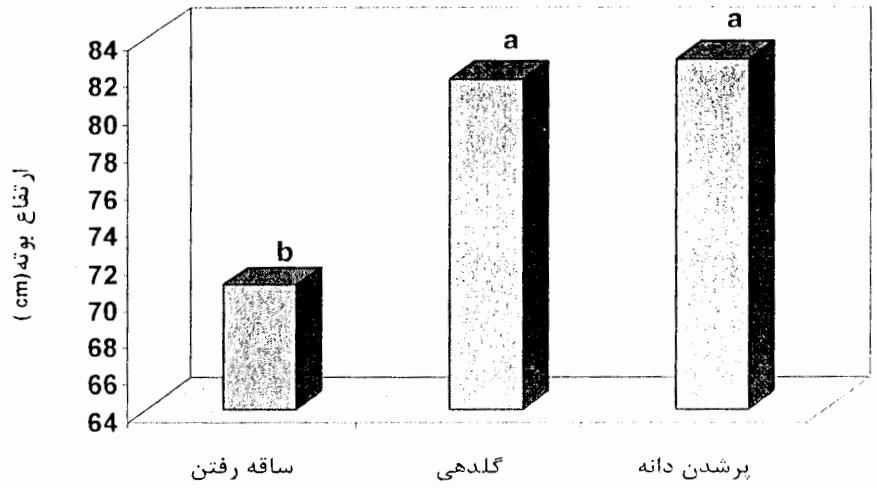
شکل ۶ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر شاخص برداشـــت

۴ ـ ۲ ـ ۴ ـ ارتفاع بوته :

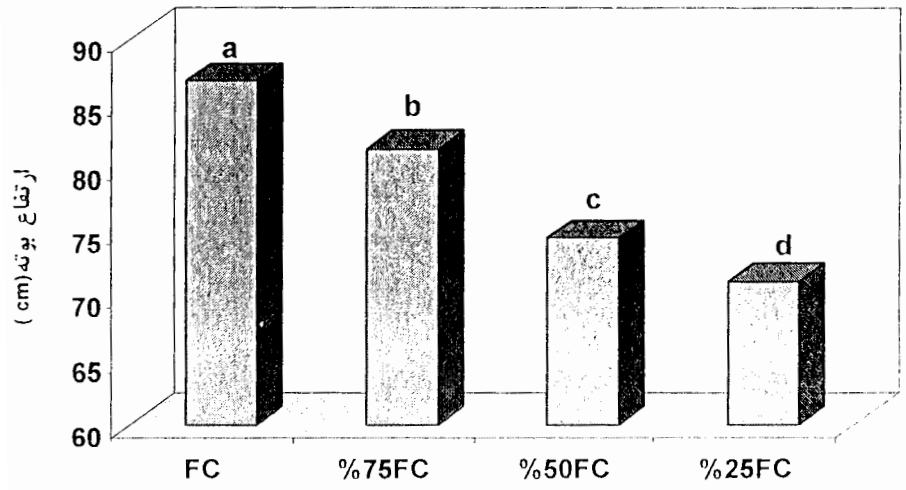
ارتفاع نهایی گیاه معمولا تحت تأثیر ژنتیک می باشد ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده اعمال تنش در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشته است(شکل ۷). کمترین تأثیر اعمال تنش بر ارتفاع بوته مربوط به اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه با ارتفاع ۸۲/۸۱ سانتی متر و بیشترین تأثیر آن مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن با ارتفاع ۷۰/۶۹ سانتی متر می باشد. گندم معمولاً در مرحله ساقه رفتن و پنجه زنی به تنش خشکی حساس بوده و در صورت بروز تنش، گیاه کوتاه باقی می ماند. چون در این زمان سلولهای مریستمی تولید کننده رشد رویشی در حال فعالیت شدید هستند و به شدت صدمه می بینند(احمدی وهمکاران، ۱۳۸۳). معمولاً ارتفاع بوته جزء مهمی درتعیین عملکرد دانه نیست ولی ارقامی که ارتفاع بوته بلندتری دارند معمولاً وزن خشک کل بوته بیشتری دارند.

بررسی نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر رژیم های آبیاری بر ارتفاع بوته معنی دار بود(شکل ۸). به طوری که با افزایش شدت تنش ارتفاع بوته کاهش پیدا کرد. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی با ارتفاع ۸۶/۶۷ سانتی متر و کمترین آن مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی با ارتفاع ۷۱ سانتی متر بود. مطابق با نتایج فوق، سالمی وافیونی(۱۳۸۴) بیان کردند که کاهش ۴۰٪ آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، وزن خشک کل بوته و ارتفاع بوته راکاهش داد. نتایج آزمایشات منتجبی و وزیری (۱۳۸۳) نشان داد که در تیمارهای تحت تنش گندم ارتفاع بوته نسبت به تیمارهای شاهد کاهش یافت.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شدت تنش آبی در مراحل مختلف رشد معنی دار بود و بیشترین ارتفاع بوته معادل ۹۰ سانتی متر مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه و کمترین ارتفاع ۶۱/۲۵ سانتی متر بوته مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن بود(جدول ۲۸).



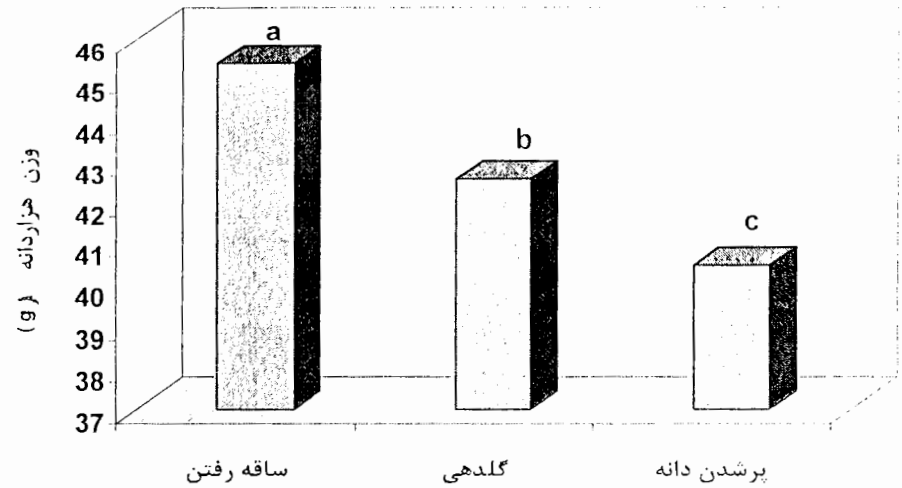
شکل ۷ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر ارتفـاع بوتــه



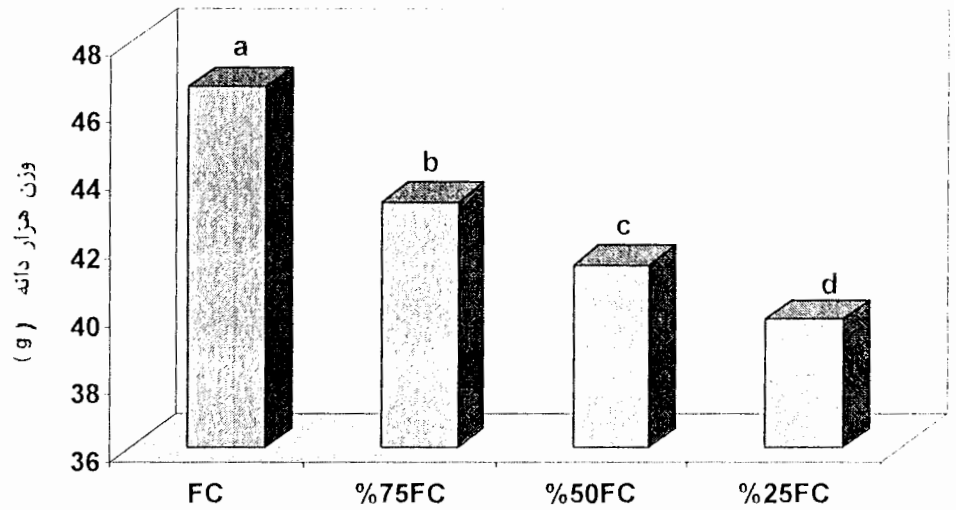
شکل ۸ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر ارتفاع بوتــه

۴ ـ ۲ ـ ۵ ـ وزن هزار دانه :

وزن هزار دانه تحت تأثیر وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف رشد قرار گرفت به طوری که وزن هزار دانه به طور معنی دار کاهش یافت. تنش در مرحله پر شدن دانه بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن هزار دانه داشت(شکل ۹). همچنین مقایسه میانگین وزن هزار دانه در مراحل ساقه رفتن و گلدهی حاکی از وجود اختلاف معنی دار بین این دو مرحله بود به طوریکه تنش در مرحله گلدهی تأثیر بیشتری برکاهش وزن هزار دانه داشت. به طور کلی، وزن هزار دانه در مرحله گلدهی و پس از آن در مرحله شیری شدن دانه تعیین می گردد. در مرحله گلدهی درشت یا ریز شدن دانه ها تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله تنش آبی قرار می گیرد. پس از اینکه تعداد دانه گندم تعیین شد عملکرد دانه فقط تابعی از وزن دانه ها خواهد بود که آن هم تحت تأثیر سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه قرار دارد. قدسی و همکاران (۱۳۷۷) اثر رژیم های مختلف آبیاری را برهشت رقم گندم بررسی نموده و گزارش کردند که اعمال تنش به صورت قطع دو مدار آخر آبیاری در مقایسه با شاهد باعث کاهش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. وزن نهایی دانه در سنبله که از اجزای مهم عملکرد است متاثر از دو مولفه سرعت و مدت پر شدن دانه می باشد. از این دو عامل برای تجزیه و تحلیل رشد دانه و نحوه تأثیر عوامل گیاهی و محیطی بر آن استفاده می شود. تنش رطوبتی در طول دوره پر شدن دانه ممکن است از طریق کاهش تعداد سلولهای آندوسپرم بر روی پر شدن دانه و درنتیجه عملکردتاثیر بگذارد(EhdaieوWaines،۱۹۹۳).
در این آزمایش تأثیر رژیم های آبیاری بر وزن هزار دانه معنی دار بود و با افزایش شدت تنش وزن هزار دانه کاهش یافت. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به آبیاری در ظرفیت زراعی و معادل ۴۶/۶۷ گرم و کمترین آن مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۳۹/۸۳ گرم بود (شکل ۱۰). بررسی نتایج اثر متقابل دو عامل فوق نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن و کمترین وزن هزار دانه از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه بدست آمد که به ترتیب معادل ۴۹/۷۵ گرم و ۳۷ گرم بود (جدول ۲۹).



شکل ۹ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر وزن هـزار دانـه



شکل ۱۰ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن هزار دانـه

۴ ـ ۲ ـ ۶ ـ وزن سنبله :

سطوح مختلف رژیم های آبیاری در مراحل مختلف رشد بر وزن سنبله تأثیر معنی دار داشت(شکل ۱۱). از این نظر بیشترین و کمترین وزن سنبله از اعمال رژیم های آبیاری در مراحل ساقه رفتن و پر شدن دانه بدست آمد که به ترتیب معادل ۵۴۶/۸ گرم در متر مربع و ۴۵۲/۸ گرم در متر مربع بود. همچنین تأثیر رژیم های آبیاری بر وزن سنبله معنی دار بود و با افزایش شدت تنش آبی وزن سنبله به میزان بیشتری کاهش یافت(شکل ۱۲). بیشترین وزن سنبله در رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۵۸۳/۳ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۴۱۶/۷ گرم در متر مربع بود.

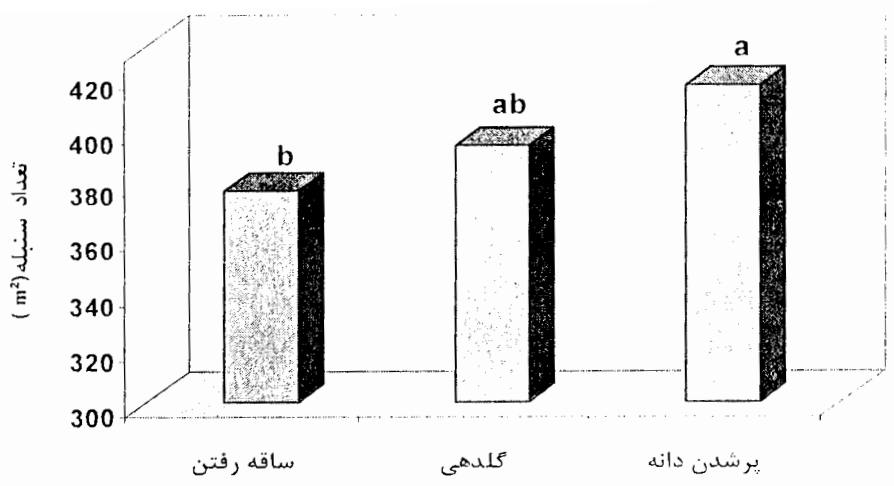
با بررسی نتایج حاصل از این آزمایش اثر متقابل دو عامل فوق بر وزن سنبله معنی دار شناخته شد و بیشترین وزن سنبله از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۶۴۳/۹ گرم در متر مربع و کمترین وزن سنبله از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۳۶۴/۳ گرم در متر مربع حاصل شد(جدول ۳۰).

۴ ـ ۲ ـ ۷ ـ تعداد سنبله :

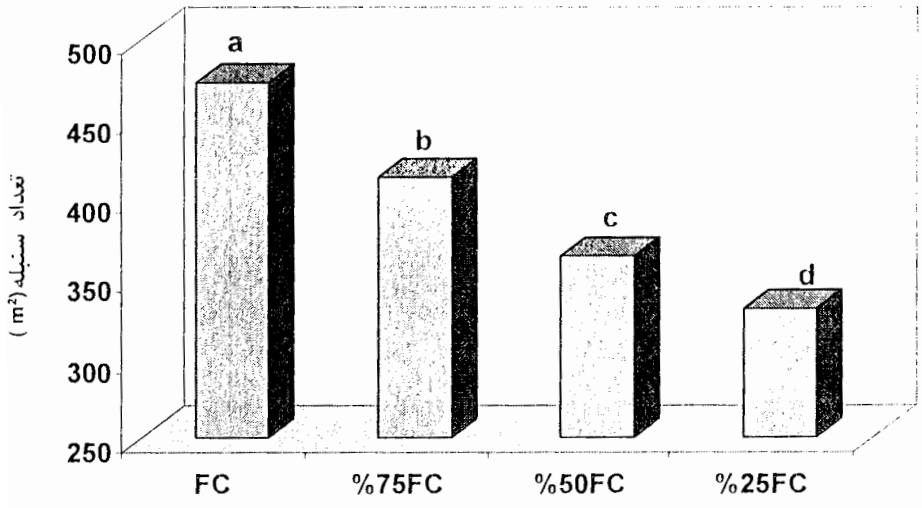
نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تعداد سنبله نشان داد که حساس ترین مرحله رشد نسبت به اعمال تنش خشکی، مرحله ساقه رفتن می باشد که وقوع تنش در این مرحله تعداد سنبله را به طور معنی داری کاهش داد. اما اختلاف معنی داری بین اعمال تنش آبی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه مشاهده نشد(شکل ۱۳). مطابق با نتایج فوق در منابع مختلف (طهماسبی و فرداد،۱۳۷۹؛ نادری و مشرف،۱۳۷۹) مراحل ساقه رفتن و پنجه زنی به ترتیب حساس ترین مراحل رشد گیاه دررابطه با تعداد سنبله در متر مربع ذکر شده است. تنش در مرحله پنجه زنی باعث از دست رفتن تعدادی از پنجه ها و کاهش تعداد سنبله در واحد سطح می شود. از طرفی در مرحله ساقه رفتن پتانسیل تولید سنبله مشخص می شود و گیاهانی که در این مرحله دچار تنش می شوند، سنبله های آن ها به مرحله ظهور نرسیده و عملکرد کاهش می یابد(اکبری مقدم و همکاران،۱۳۸۱). اسدی و همکاران (۱۳۸۲) با بررسی اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گندم اظهار کردند که اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه تأثیر چندانی بر تعداد سنبله در متر مربع نداشت.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد سنبله در متر مربع نیز معنی دار بود و با افزایش شدت تنش تعداد سنبله در متر مربع کاهش یافت(شکل ۱۴). بیشترین تعداد سنبله از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۴۷۳ سنبله در متر مربع و کمترین تعداد سنبله از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۳۳۱ سنبله در متر مربع بدست آمد. دیو و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی چندین رقم گندم بهاره اظهار کردند که تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش نسبت به شاهد کاهش یافت و کاهش عملکرد در شرایط تنش را مربوط به کاهش تعداد دانه در سنبله ها دانستند. همچنین بیان کردند که تنش در مرحله سنبله دهی موجب کاهش تعداد سنبله بارور برای تولید دانه می شود.

در این آزمایش، نتایج بررسی اثر متقابل شدت های مختلف تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر تعداد سنبله نشان داد که بیشترین تعداد سنبله مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۵۲۴ سنبله در متر مربع و کمترین تعداد سنبله مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۳۲۰ سنبله در متر مربع بود. با توجه به نتایج بدست آمده اثر متقابل دو عامل فوق معنی دار بود(جدول ۳۱).



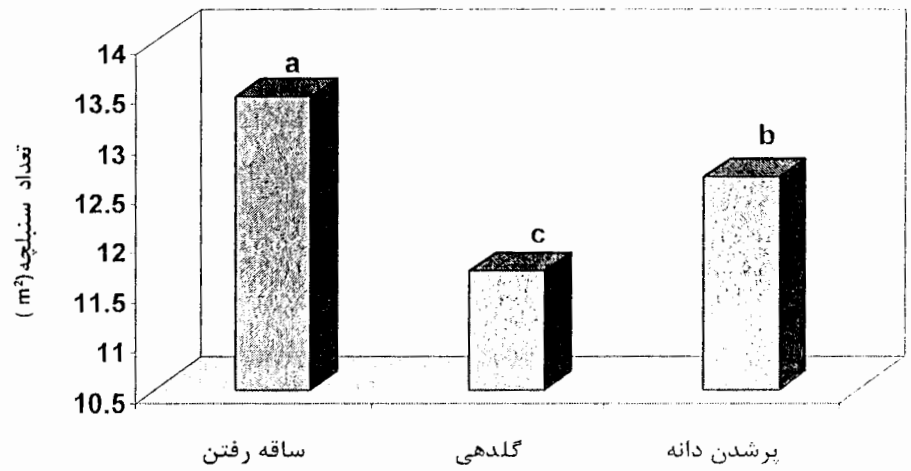
شکل ۱۳ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تعـــداد ســـنبله



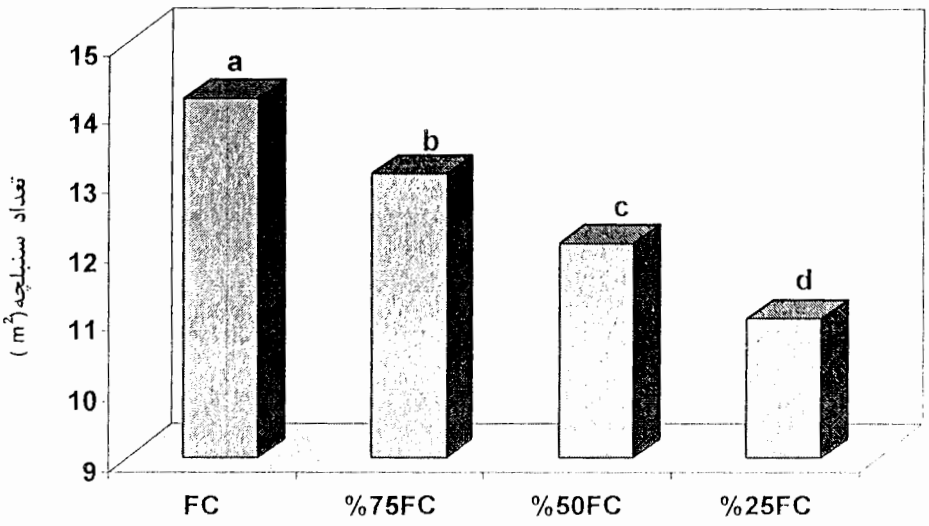
شکل ۱۴ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر تعداد ســـنبله

۴ ـ ۲ ـ ۸ ـ تعداد سنبلچه :

بررسی نتایج آزمایش حاکی از معنی دار بودن تأثیر اعمال تنش در مراحل مختلف رشد بر تعداد سنبلچه بود(شکل۱۵). کمترین تعداد سنبلچه حاصل از اعمال تنش در مرحله گلدهی معادل ۱۱ سنبلچه و بیشترین تعداد سنبلچه حاصل از اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۱۳ سنبلچه بود. همچنین تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر تعداد سنبلچه معنی دار بوده و با افزایش شدت تنش تعداد سنبلچه کاهش پیدا کرد (شکل ۱۶). کمترین تعداد سنبلچه مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۱۱ سنبلچه و بیشترین تعداد سنبلچه مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۴ سنبلچه بود. گزارشات مختلف (آلوئی و همکاران،۱۹۹۲؛آلدرفاسی و نیلسون،۲۰۰۱) نشان می دهند که تنش شدید آب در مراحل گرده افشانی و گلدهی موجب کاهش تعداد سنبله و تعداد سنبلچه می شود. احمدی و بیکر (۱۳۷۹) به نقل از آسپینال گزارش کردند که حساسیت به کمبود آب در مراحل گرده افشانی و گلدهی به گونه ای است که موجب کاهش تعداد سنبلچه، تعداد دانه، کاهش اندازه دانه بواسطه کاهش ذخیره دانه ها در طول مرحله پر شدن دانه می شود. بررسی اثر متقابل شدت تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر تعداد سنبلچه نشان داد که بیشترین تعداد سنبلچه مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۱۵ سنبلچه و کمترین تعداد سنبلچه مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله گلدهی معادل ۱۰ سنبلچه بود(جدول ۳۲).



شکل ۱۵ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بـر تعـداد سنبلچه



شکل ۱۶ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر تعداد سـنبلچه

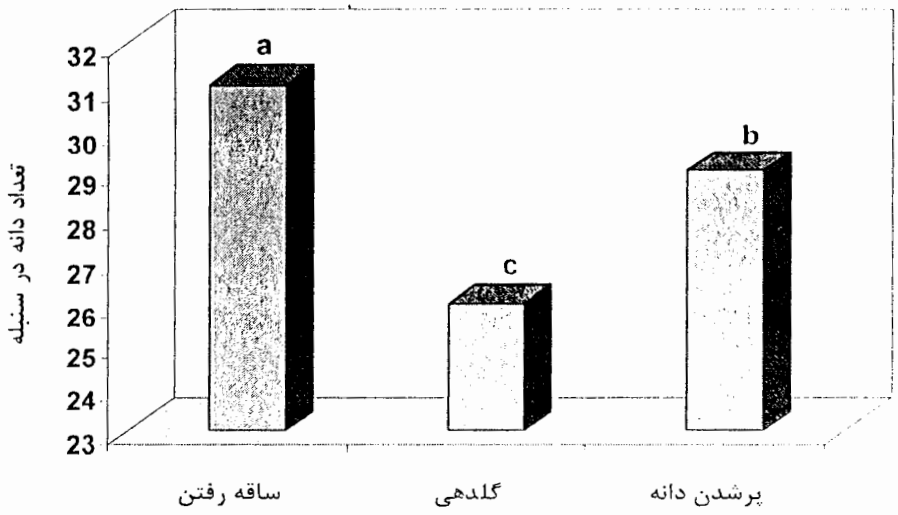
۴ ـ ۲ ـ ۹ ـ تعداد دانه در سنبله :

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر تعداد دانه در سنبله معنی دار بود. بیشترین کاهش تعداد دانه مربوط به وقوع تنش در مرحله گلدهی بود و تنش در مرحله ساقه رفتن تاثیر کمتری بر تعداد دانه در سنبله داشت(شکل ۱۷). مقایسه میانگین تاثیر وقوع تنش در مراحل ساقه رفتن و پر شدن دانه نشان داد که از نظر تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی داری بین این دو مرحله رشدی وجود داشت. بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به وقوع تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۳۱ دانه و کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به اعمال تنش در مرحله گلدهی معادل ۲۶ دانه در سنبله بود.

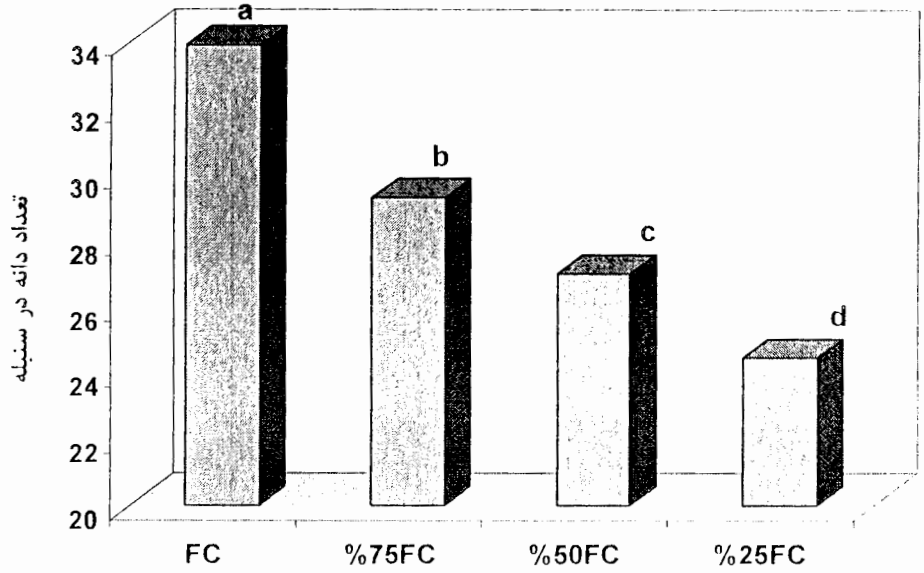
تعداد دانه در سنبله یکی از اجزای با اهمیت در محاسبه عملکرد دانه است. پتانسیل تولید دانه در سنبله در زمان گلدهی تعیین می شود بدین ترتیب که برخی از ارقام قادرند تعداد گل و دانه های بیشتری تولید کنند. پتانسیل تولید دانه در مرحله گلدهی به شدت تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می گیرد. ولی پس از تشکیل دانه، شرایط محیطی تأثیر چندانی بر تعداد دانه در سنبله ندارد (وزیری، ۱۳۷۹).

در این بررسی تنش خشکی منجر به کاهش معنی دار تعداد دانه در سنبله شد، بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به رژیم های آبیاری در ظرفیت زراعی و آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی به ترتیب معادل ۳۳ و۲۴ دانه بود(شکل ۱۸). در آزمایشی که روی ده رقم گندم در استان فارس انجام شد، با افزایش تنش آبی در همه ارقام عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور در واحد سطح، شاخص برداشت و ارتفاع بوته به طور معنی داری کاهش یافت(باغانی وقدسی،۱۳۸۳). خواجوئی نژاد و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر روی ژنوتیپ های جو بهاره بیان کردند که عدم آبیاری در مرحله ظهور سنبله علاوه بر تأثیر منفی بر روی وزن دانه ها، تعداد دانه در سنبله را نیز کاهش داد. پن و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی نتایج حاصل از اعمال تنش بر ارقام مختلف گندم بهاره گزارش کردند که در شرایط تنش تعداد دانه در سنبله و ارتفاع گیاه نسبت به تیمارهای شاهد کاهش پیدا می کند.

بررسی نتایج حاصل از اثر متقابل رژیم های مختلف آبیاری در زمانهای مختلف رشد برتعداد دانه در سنبله نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۳۷ دانه و کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله گلدهی معادل ۲۲ دانه در سنبله بود که حاکی از تاثیر معنی داراثر متقابل دو عامل فوق بود(جدول ۳۳).



شکل ۱۷ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تعـداد دانـه در سنبله



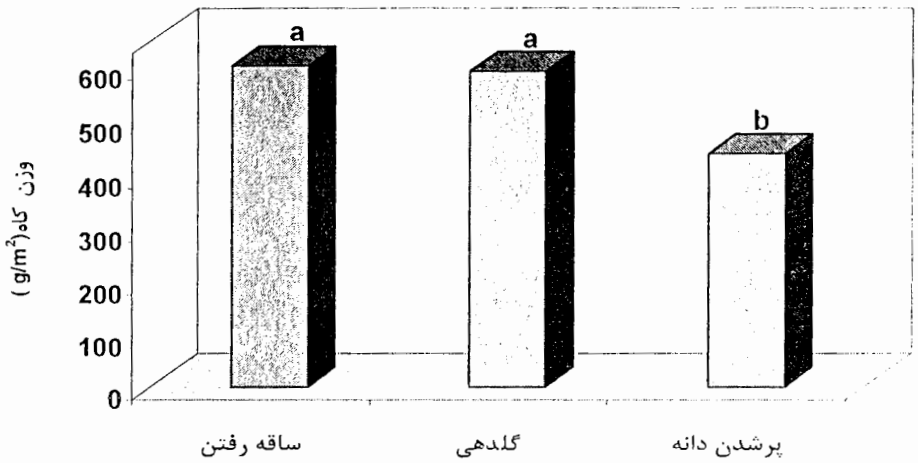
شکل ۱۸ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر تعداد دانه در سـنبله

۴ ـ ۲ ـ ۱۰ ـ وزن کاه و کلش :

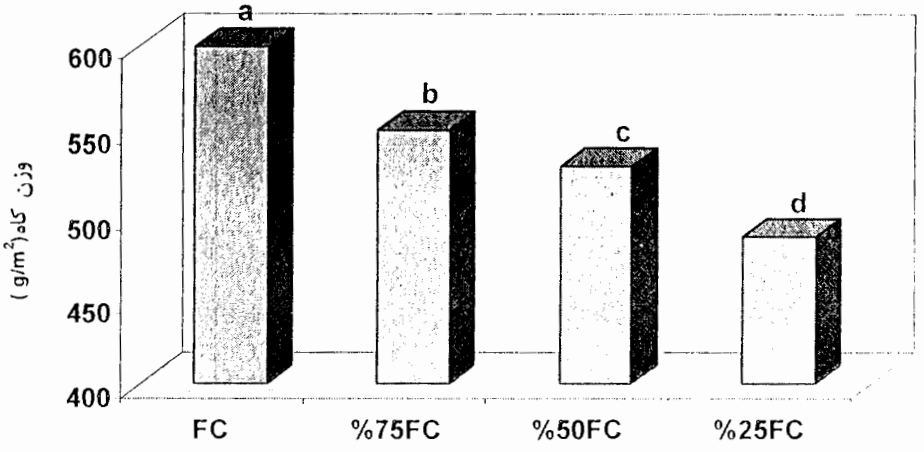
در این بررسی مشخص شد که اعمال تنش خشکی در مراحل ساقه رفتن و گلدهی تأثیر معنی داری بر وزن کاه وکلش نداشت ولی وقوع تنش در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش معنی دار وزن کاه و کلش شد(شکل ۱۹). از آنجا که در مرحله پر شدن دانه، مواد غذایی برگها به شدت به دانه ها منتقل می شوند لذا فرصتی برای جبران برگهای از دست رفته نیست و وزن کاه و کلش کاهش پیدا می کند. وزن کاه و کلش در مراحل ساقه رفتن، گلدهی و پر شدن دانه به ترتیب معادل ۵۹۹/۹، ۵۹۰/۷، ۴۳۶ گرم در متر مربع بود.

همچنین نتایج آزمایش حاکی از تأثیر معنی دار رژیم های مختلف آبیاری بر وزن کاه و کلش بود(شکل ۲۰). به طوری که بیشترین وزن کاه و کلش مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۶۰۱/۳ گرم در متر مربع و کمترین وزن کاه و کلش مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۴۸۸ گرم در متر مربع بود. وزن کاه و کلش در رژیم آبیاری در ۷۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۵۴۹/۹ گرم در متر مربع و در رژیم آبیاری در ۵۰٪ ظرفیت زراعی معادل ۵۲۹/۵ گرم درمتر مربع بود.

بررسی اثر متقابل رژیم های مختلف رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر وزن کاه وکلش نشان داد که بیشترین وزن کاه و کلش مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۶۹۱/۲ گرم درمتر مربع و کمترین وزن کاه مربوط به تیمار آبیاری در۲۵٪ ظرفیت زراعی درمرحله پر شدن دانه بود(جدول ۳۴). مطابق با نتایج بدست آمده، فتح باهری و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر رژیم های مختلف آبیاری بر برخی از صفات چند ژنوتیپ جو، اظهار کردند که از آنجا که عملکرد کاه و کلش از وراثت پذیری پایین تری برخوردار است و به مقدار زیاد تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می گیرد، لذا در شرایط تنش عملکرد کاه کاهش می یابد. همچنین آلوئی و همکاران (۱۹۹۲) با بررسی اثر اعمال تنش خشکی بر برخی از صفات جو، بیان کردند که تنش خشکی موجب کاهش وزن کاه و کلش می شود.



شکل ۱۹ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بـر وزن کـاه



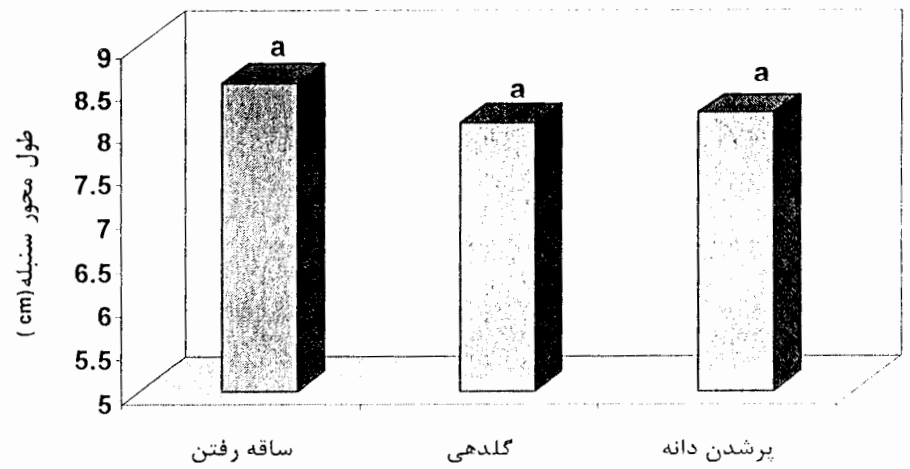
شکل ۲۰ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر وزن کـاه

۴ ـ ۲ ـ ۱۱ ـ طول محور سنبله :

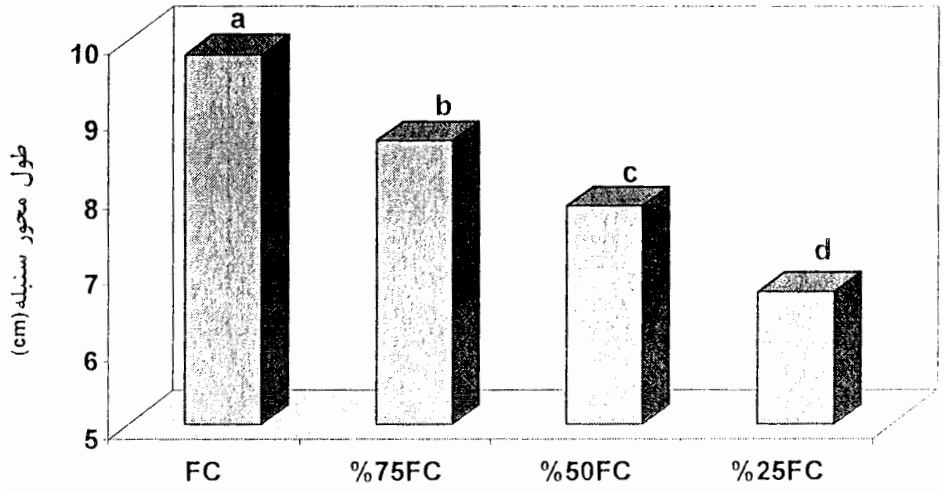
نتایج بدست آمده از این آزمایش حاکی از آن است که اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر طول محور سنبله نداشت(شکل ۲۱).

بررسی نتایج حاصله نشان داد که رژیم های مختلف رطوبتی تأثیر معنی داری بر طول محور سنبله داشت(شکل ۲۲). به طوریکه بیشترین طول محور سنبله مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۹/۸۱۷ سانتی متر بود و با افزایش تنش طول محور سنبله کاهش پیدا کرد به طوری که در رژیم های آبیاری در ۷۵٪ ظرفیت زراعی، آبیاری در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی طول محور سنبله به ترتیب معادل ۸/۶۷، ۷/۸۵، ۶/۷۲ سانتی متر بود(جدول ۳۵).

به طور کلی طول محور سنبله یکی از صفات ظاهری گندم است. محور سنبله به مقدار کم فتوسنتز کرده و درصد کمی از مواد غذایی دانه را تأمین می کند لذا در مجموع تأثیر چندانی بر عملکرد ندارد. در شرایطی که آبیاری به صورت مساعد انجام شود طول محور سنبله بیشتر می شود(کریمی،۱۳۷۱).



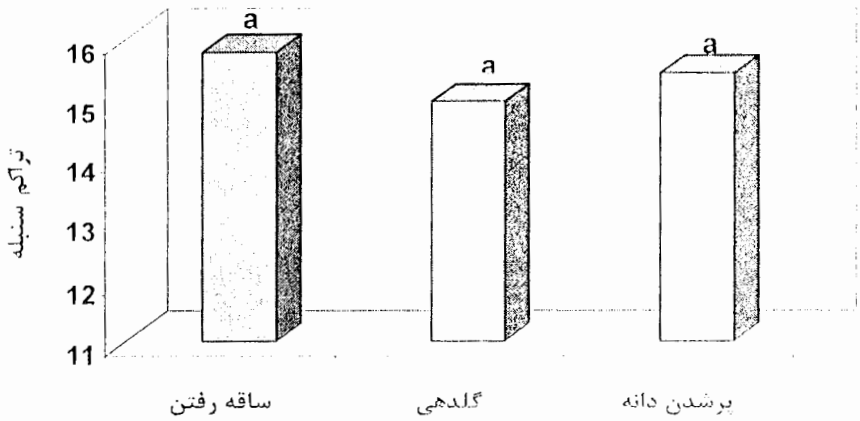
شکل ۲۱ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر طـول محـور سـنبله



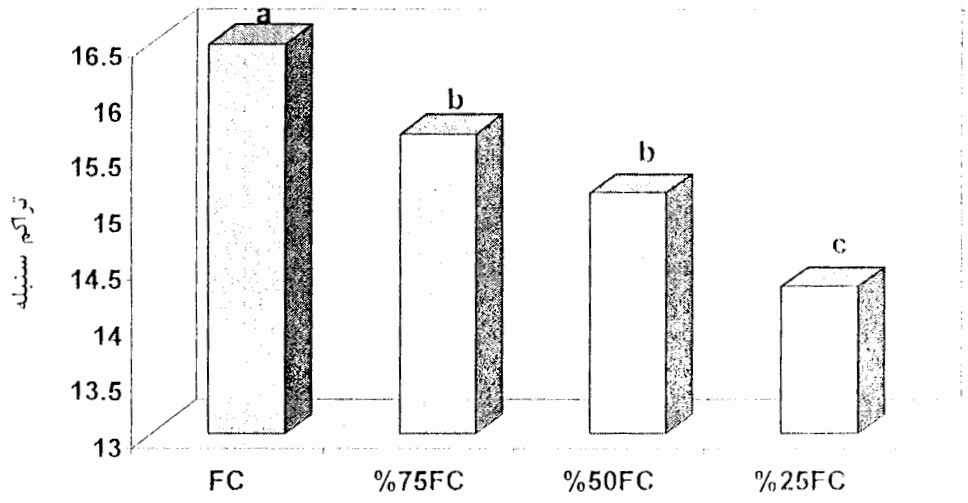
شکل ۲۲ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر طول محـور سـنبله

۴ ـ ۲ ـ ۱۲ ـ تراکم سنبله :

تعداد سنبلچه در ۱۰ سانتی متر طول محور سنبله را ، تراکم سنبله گویند. براساس نتایج بدست آمده اعمال تنش آبی در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر تراکم سنبله نداشت و بین میانگین های بدست آمده در مراحل مختلف رشد اختلاف معنی داری مشاهده نشد(شکل ۲۳). نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بر تراکم سنبله معنی دار بود (شکل ۲۴). بیشترین تراکم سنبله مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل۱۶/۴۹ و کمترین تراکم سنبله مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۴/۳۱ بود. با افزایش شدت تنش تراکم سنبله افزایش می یابد. بررسی اثر متقابل رژیم های مختلف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر تراکم سنبله نشان داد که بیشترین تراکم سنبله مربوط به تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۱۷/۱۸ و کمترین تراکم سنبله مربوط به تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله گلدهی معادل ۱۳/۹۸ بود(جدول ۳۶). به طور کلی هر قدر شرایط رشد مساعد تر باشد فاصله میان گره ها بر روی سنبله بیشتر و تراکم سنبله کمتر می شود و برعکس شرایط نامساعد محیط بخصوص خشکی موجب می گردد که محور سنبله رشد کافی ننماید و فاصله میانگره ها در سنبله تقلیل یافته و تراکم سنبله زیاد شود (بهنیا، ۱۳۷۳) .



شکل ۲۳ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر تـراکم سـنبله



شکل ۲۴ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر تراکم سـنبله

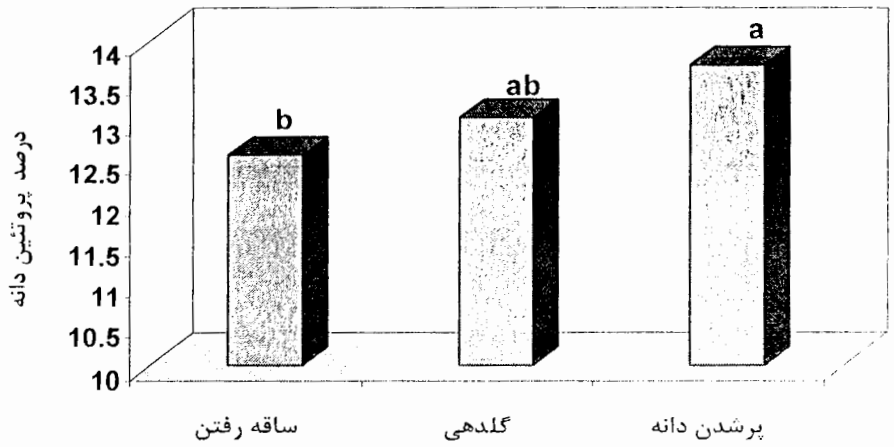
۴ ـ ۲ ـ ۱۳ ـ درصد پروتئین دانه :

بررسی نتایج حاصل از این آزمایش حاکی از تأثیر معنی دار اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر درصد پروتئین دانه بود. بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه ها و معادل ۱۳/۷۲٪ و کمترین درصد پروتئین دانه مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن معادل ۱۲/۵۸٪ بود. بین میانگین درصد پروتئین دانه در مرحله ساقه رفتن و مرحله گلدهی اختلاف معنی داری مشاهده نشد(شکل ۲۵). همچنین تأثیر رژیم های مختلف آبیاری بردرصد پروتئین دانه معنی دار بود به طوریکه با افزایش شدت تنش درصد پروتئین دانه افزایش یافت(شکل ۲۶). بیشترین درصد پروتئین دانه از رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۱۴/۶۵٪ و کمترین درصد پروتئین دانه از رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۱/۳۷٪ بدست امد. بررسی نتایج حاصله حاکی از معنی دار بودن تأثیر متقابل شدت های مختلف تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر درصد پروتئین دانه بود. بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمار آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی در مرحله پر شدن دانه معادل ۱۵/۵٪ و کمترین درصد پروتئین دانه از تیمار آبیاری در ظرفیت زراعی در مرحله ساقه رفتن معادل ۱۰/۵۶٪ بدست آمد(جدول۳۷).

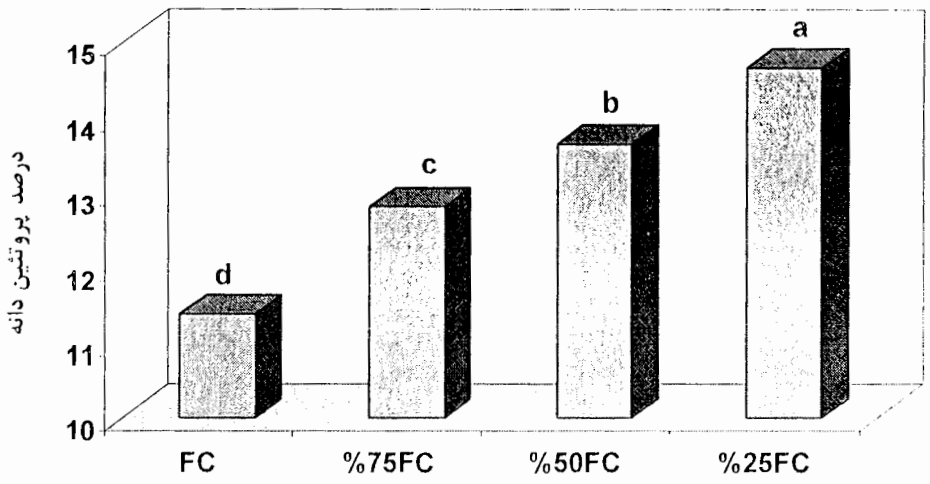
تقسیم سلولهای آندوسپرم و تشکیل گرانولهای بزرگ نشاسته در طول ۱۵ تا ۲۰ روز اول پس از گرده افشانی صورت می گیرد ولی بزرگ شدن سلولها و تشکیل گرانولهای کوچک نشاسته از زمان پایان تقسیم سلولهای آندوسپرم تا هنگام رسیدگی صورت می گیرد. لذا خشکی باعث کاهش اندازه سلولهای آندوسپرم و تعداد گرانولهای نشاسته درآندوسپرم می شود. میزان کاهش در ظرفیت ذخیره سازی و تجمع ماده خشک به شدت و زمان بروز تنش خشکی بستگی دارد. افزایش درصد پروتئین دانه در تیمارهای تحت تنش به علت کاهش تشکیل سلولهای آندوسپرم و نیز کاهش تعداد گرانولهای بزرگ نشاسته می باشد. کاهش سلولهای آندوسپرم باعث می شود که نسبت پوست دانه به آندوسپرم زیادتر شود و چون پوست دانه در مقایسه با کل دانه پروتئین بیشتری دارد در نهایت کل پروتئین دانه ها افزایش می یابد(Zhangوهمکاران،۱۹۹۹).

احمدی و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که اعمال یک دوره سه هفته ای تنش خشکی ده روز پس از گرده افشانی باعث می شود که در مقایسه با آبیاری کامل میزان نشاسته دانه ها حدود ۲۵٪ کاهش یابد. تنش آبیاری همچنین باعث کاهش معنی داری در میزان ساکارز دانه ها گردید. در مطالعات متعدد(رمضان پور و دستفال،۱۳۸۳؛عیسوند و همکاران،۱۳۸۴) به این نکته اشاره شده است که کیفیت نهایی آرد گندم تحت تأثیر رقم، محیط و اثر متقابل این دو عامل می باشد. به نظر می رسد که کاهش طول دوره پر شدن دانه درتیمارهای تحت تنش باعث کاهش تجمع نشاسته و در نتیجه افزایش نسبت پروتئین به نشاسته در دانه می گردد. دلیل دیگری که می توان به آن اشاره کرد این است که تنش خشکی باعث افزایش نسبت سطح به حجم دانه های گندم می شود و چون میزان پروتئین در بخشهای بیرونی دانه گندم نسبت به آندوسپرم بیشتر است بنابراین درصد پروتئین دانه افزایش می یابد. شیفرد و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر آبیاری

برگندم دوروم نتیجه گرفتند که آبیاری با دوره کوتاه به ویژه در مراحل انتهایی رشد، درصد پروتئین دانه را کاهش می دهد. در بررسی انجام شده توسط احمدی وبیکر (۲۰۰۱) مشاهده گردید که مقدار رطوبت و مقدار ساکارز موجود در دانه که دو فاکتور مهم و تأثیر گذار بر تقسیم سلولی هستند، تحت تأثیر تنش رطوبتی اعمال شده در زمان پر شدن دانه قرار نگرفت لذا کاهش مشاهده شده در وزن دانه در آن شرایط به فرآیند پر شدن دانه و نه تقسیم سلولی نسبت داده شد. از طرفی دیگر تنش رطوبتی در مراحل اولیه پرشدن دانه ممکن است از طریق کاهش تعداد سلولهای آندوسپرم بر روی پر شدن دانه و در نتیجه عملکرد تأثیر بگذارد. در آزمایش تری (۲۰۰۱) نشان داده شد که تنش خشکی سبب افزایش انتقال مجدد نیتروژن به دانه می شود و افزایش میانگین درصد پروتئین در شرایط تنش به طور عمده مربوط به افزایش نسبت پروتئین به نشاسته در دانه می باشد. با توجه به این مباحث می توان گفت که در شرایط تنش بواسطه کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً این کاهش از ناحیه نشاسته می باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه بهبود پیدا کرده و در واقع درصد پروتئین افزایش می یابد(Kibeوهمکاران،۲۰۰۶). احمدی و بیکر (۱۳۷۹) در بررسی اثر تنش خشکی روی گندم به این نتیجه رسیدند که مکانیزم های سنتز نشاسته در شرایط تنش خشکی حساس تر از مکانیزم های سنتز پروتئین هستند و بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتز نشاسته چشم گیر است. تنش خشکی بواسطه تغییری که در بالانس نشاسته ـ پروتئین دانه به نفع پروتئین بوجود می آورد سبب افزایش کیفیت نانوایی می گردد در حالی که تغییری درکل محتوای پروتئین دانه ایجاد نمی کند. لذا نسبت پروتئین به نشاسته از طریق کاهش نشاسته افزایش می یابد. کمبود آب ارتباط نزدیکی با افزایش پروتئین دانه دارد. آبیاری پتانسیل عملکرد را افزایش داده و در عین حال موجب کاهش محتوای پروتئینی دانه می شود. شرایط محیطی مثل تنش آبی و بیماری در طول پر شدن دانه بر اندازه و تعداد گرانولهای نشاسته تشکیل شده در دانه گندم تأثیر می گذارد(Guttieriوهمکاران،۲۰۰۵).



شکل ۲۵ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر در صد پروتئین دانه



شکل ۲۶ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر درصد پروتئین دانه

۴ ـ ۳ ـ آنالیزهای رشد:

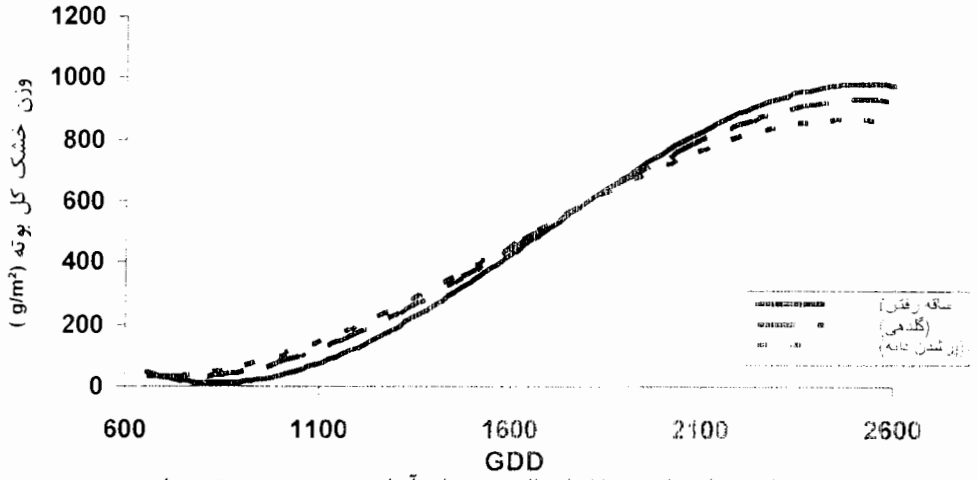
۴ ـ ۳ ـ ۱ ـ وزن خشک کل بوته[1] (TDW) :

وزن خشک کل بوته نتیجه کارایی گیاهان زراعی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رویشی است. الگوی رشد در طی یکسال به وسیله تابع رشد که موسوم به منحنی سیگموئیدی است مشخص می شود. الگوی تجمع سیگموئیدی ماده خشک نمایانگر رشد تمام اندام ها، بافتها و حتی اجزای سلول می باشد. منحنی S شکل، از سرعتهای مختلف رشد در طول دوره رشد گیاه نتیجه می شود. برای مثال رشد گیاهچه ها آهسته بوده و معمولاً وزن ماده خشک در طی یک دوره کوتاه یک تا دو هفته ای کاهش می یابد. به دنبال این مرحله دوره ای از رشد تصاعدی آغاز می شود. این مرحله تصاعدی در محصولات زراعی، نسبتاً کوتاه است. به دنبال آن مرحله رشد خطی آغاز می شود که در طی آن ماده خشک با سرعت ثابتی افزایش می یابد، این مرحله برای یک دوره نسبتاً طولانی ادامه دارد(کریمی و عزیزی،۱۳۷۳).

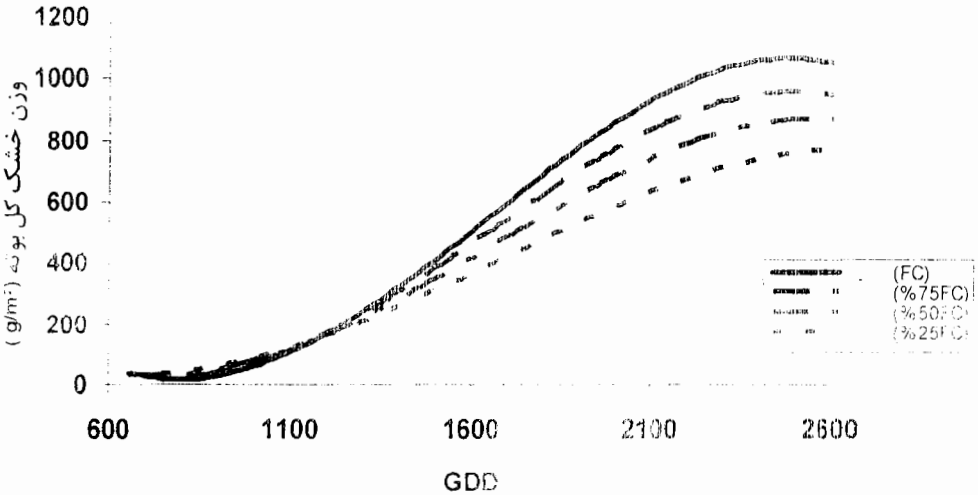
شکل ۲۷ نشان می دهد که منحنی وزن خشک بوته های گندم در طول فصل رشد از منحنی سیگموئیدی تبعییت می کند. بر اساس نتایج حاصله، بیشترین و کمترین وزن خشک بوته مربوط به اعمال رژیم های مختلف آبیاری به ترتیب در مرحله ساقه رفتن و پر شدن دانه بود. همچنین بررسی تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات وزن خشک بوته حاکی از آن است که با افزایش شدت تنش وزن خشک بوته کاهش می یابد(شکل ۲۸). به طوری که تفاوت در وزن خشک بوته ها از حدود GDD ۱۵۰۰ شروع شده و با پیشرفت فصل رشد تفاوت در تجمع ماده خشک آشکارتر می شود. بیشترین وزن خشک بوته مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی و کمترین وزن خشک بدست آمده در آخرین نمونه برداری مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی بود.

---

[1] . Total Dry Weight



شکل ۲۷ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بـر منحـنی تغیـیرات وزن خشک کل بوته

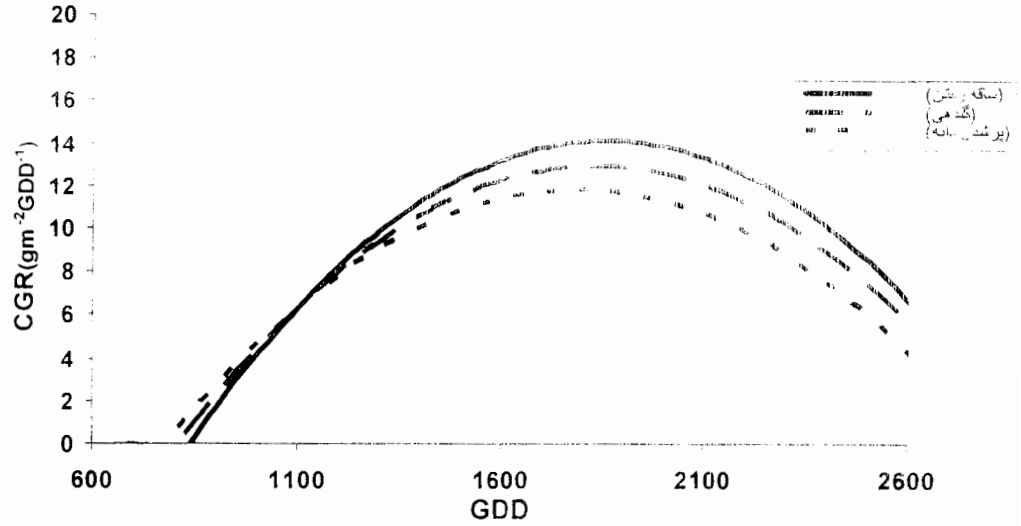


شکل ۲۸ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات وزن خشک کـل بوتـه

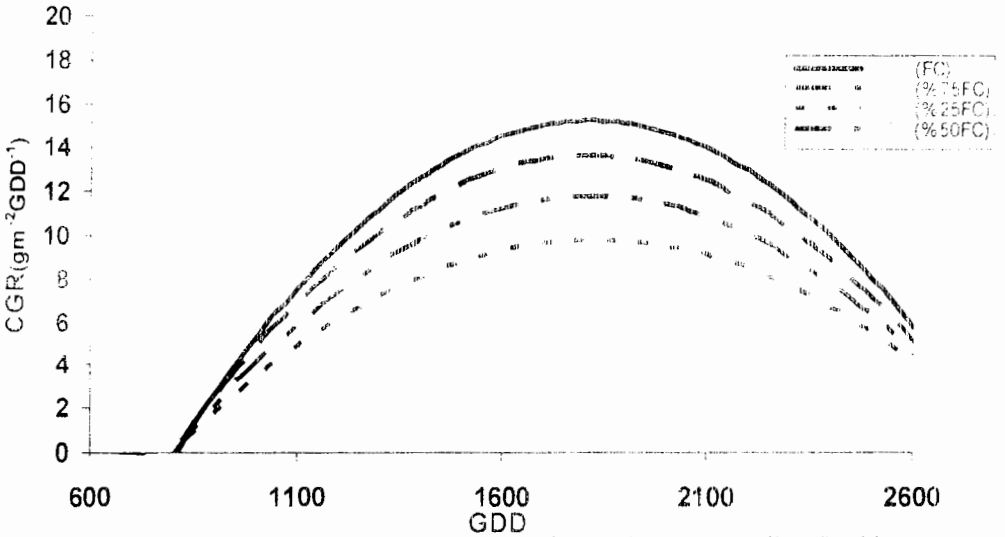
۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ سرعت رشد محصول [۱] (CGR) :

سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک در واحد سطح زمین در واحد زمان است و به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات به کار گرفته می شود. CGR برابر ۲۰ گرم در متر مربع در روز(۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در روز) جهت اکثر گیاهان بویژه گیاهان گروه C_3 مورد تایید می باشد. در گیاهان C_4، CGR برابر با ۳۰ گرم در متر مربع در روز (۳۰۰کیلوگرم در هکتار در روز) قابل حصول است(سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۰). بررسی منحنی روند تغییرات CGR در طول فصل رشد حاکی از تأثیر اعمال رژیم های آبیاری در زمانهای مختلف رشد بر مقدار CGR است. در مورد تمام تیمارها حداکثر CGR پس از کسب ۱۸۵۰GDD حاصل شد. بیشترین مقدار CGR مربوط به اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن و کمترین آن مربوط به اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه بود(شکل ۲۹). همچنین بررسی نتایج حاصله نشان داد که با افزایش شدت تنش، مقدار CGR به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. به نحوی که بیشترین و کمترین CGR به ترتیب مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۱۶ گرم در متر مربع در روز و آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی معادل ۱۰ گرم در متر مربع در روز بود(شکل ۳۰).

[۱] Crop Growth Rate



شکل ۲۹ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییرات CGR



شکل ۳۰ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات CGR

۴ ـ ۳ ـ ۳ ـ شاخص سطح برگ (LAI)[1] :

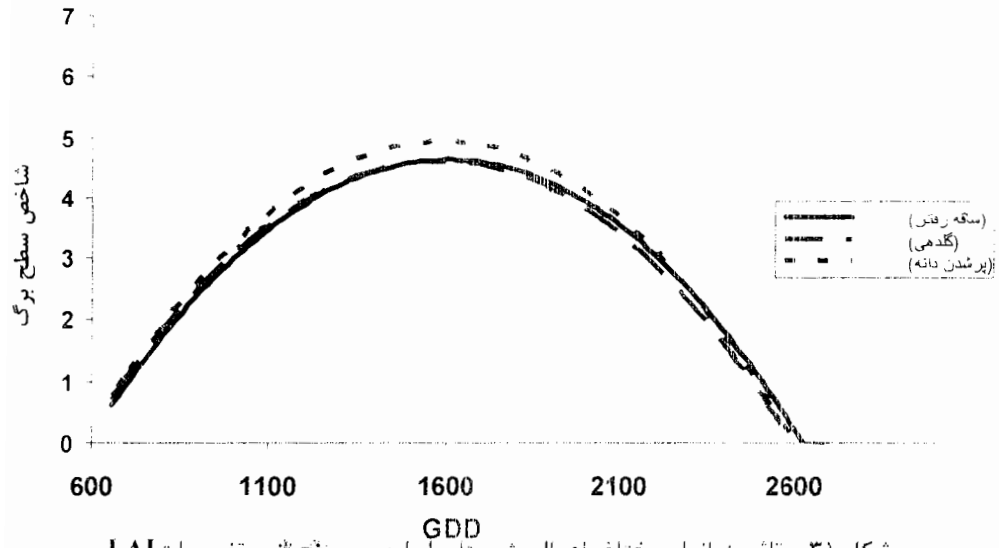
شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. LAI یک، مساوی یک واحد از مساحت سطح برگ در واحد سطح زمین است که به طور نظری می تواند تمام نور برخورد کرده به خود را دریافت نماید، ولی با توجه به شکل برگ، نازکی، زاویه و مقدار عمودی بودن برگها به ندرت تمام نور را دریافت می کند. معمولاً LAI مساوی ۵- ۳ جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است. محصولات علوفه ای مثل علفهای چمنی که برگهای آنها دارای تمایل عمودی می باشد، تحت شرایط مناسب برای دریافت حداکثر نور به LAI ۸ تا ۱۰ نیازمند می باشند(سرمدنیا و کوچکی،۱۳۸۰).

تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در شکل ۳۱ نشان داده شده است. نتایج حاصله نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به زمانی است که گیاه در اواخر فصل رشد تحت تنش قرار گیرد. اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن موجب کاهش شاخص سطح برگ می شود. البته خسارات ناشی از تنش در این مرحله، در طول فصل رشد قابل جبران است. همچنین بررسی تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر روند تغییرات شاخص سطح برگ نشان داد(شکل ۳۲) که با افزایش شدت تنش، شاخص سطح برگ به میزان بیشتری کاهش می یابد. کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش یکی از مکانیسم های گیاه جهت کاهش خسارات ناشی از تنش می باشد. بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به آبیاری در ظرفیت زراعی معادل ۶/۱ و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و معادل ۵/۰۲ بود.

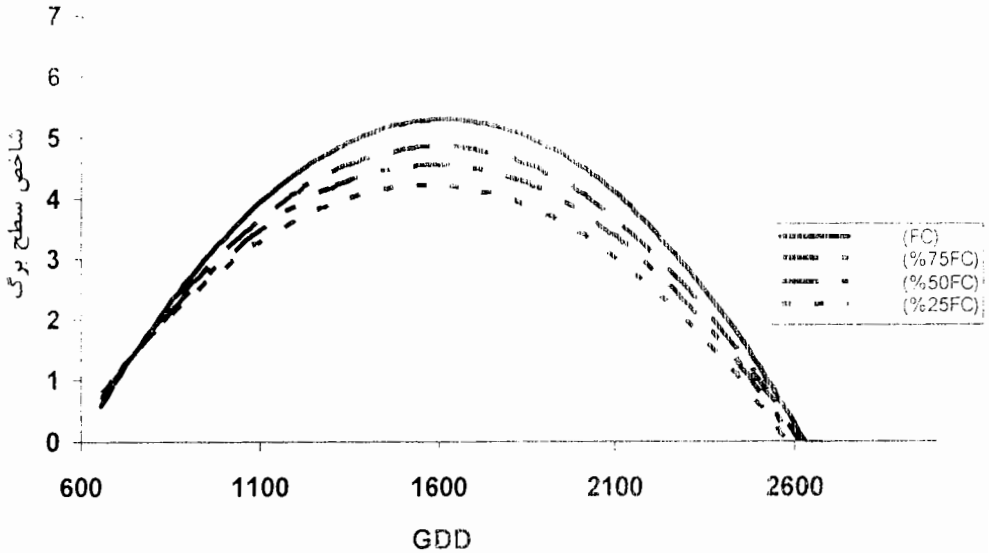
مطابق با نتایج فوق گیونتا و همکاران (۱۹۹۵) با انجام مطالعات روی گندم دوروم در شرایط تنش و کنترل رطوبتی مشاهده کردند که تنش خشکی باعث کاهش مقدار سطح برگ در مقایسه با شرایط کنترل شد. حداکثر میزان LAI در شرایط شاهد حدود ۶/۹ بود که به ۴/۷ در شرایط تنش کاهش یافت. احمدی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی دار سطح برگ و سرعت رشد گیاه می شود.

---

1. Leaf Area Index



شکل ۳۱ - تاثیر زمانهای مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییرات LAI

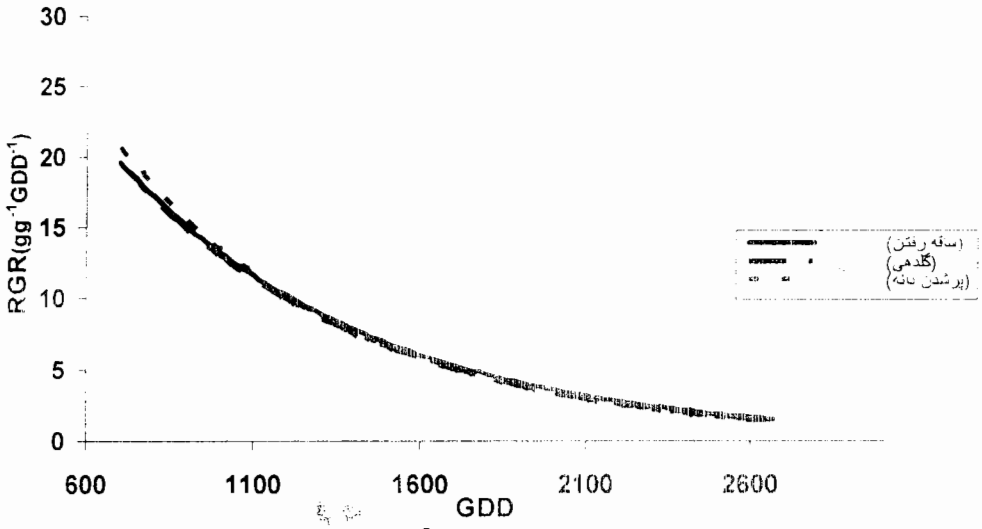


شکل ۳۲ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات LAI

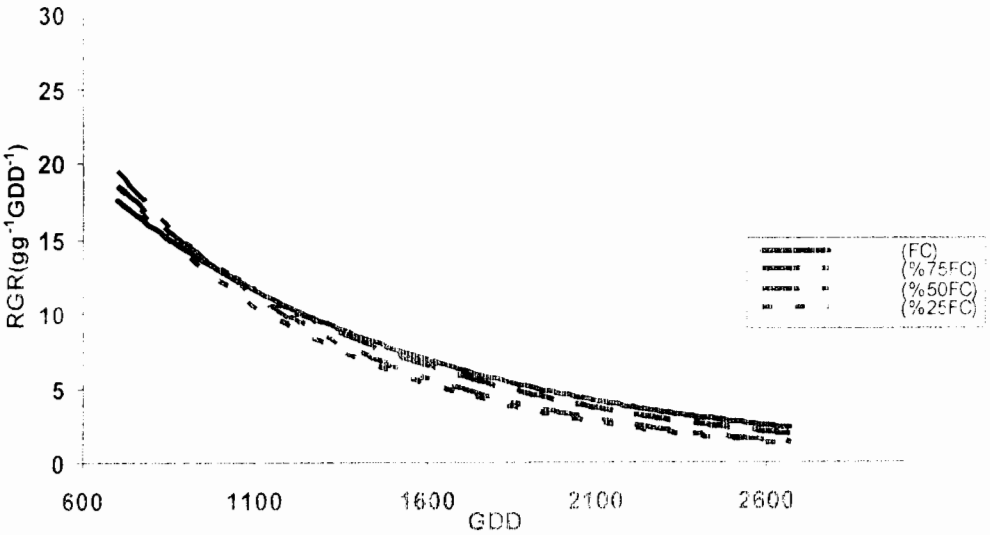
۴ ـ ۳ ـ ۴ ـ سرعت رشد نسبی[1] (RGR) :

سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی مشخص است. RGR گیاهان زراعی درست بعد از جوانه زنی معمولاً به کندی آغاز شده، متعاقب آن منحنی به سرعت بالا رفته، سپس کند می شود. گونه های گیاهی از نظر RGR متفاوت هستند (سرمدنیاو کوچکی ،۱۳۸۰). تأثیر زمانهای مختلف آبیاری بر منحنی تغییرات RGR در شکل ۳۳ نشان داده شده است. در این بررسی روند تغییرات RGR در طول فصل رشد در مورد اعمال رژیم های رطوبتی در مراحل پرشدن دانه و گلدهی مشابه بود و بیشترین کاهش در RGR از اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن حاصل شد. بررسی تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات RGR نشان داد که تنش خشکی RGR را در فاصله نمونه برداری سوم و چهارم کاهش داد اما تأثیر معنی داری بر این شاخص در فاصله نمونه برداری پنجم تا هفتم نداشت. به نظر می رسد که پس از گلدهی بواسطه پیری تدریجی برگ و کاهش نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه، RGR حتی در شرایط آبیاری مطلوب نیز کاهش یافته و خشکی این تأثیر را تشدید می کند(شکل ۳۴). احمدی و سی وسه مرده (۱۳۸۲) با بررسی نتایج حاصل از آنالیزهای رشد در ارقام مختلف گندم مشاهده کردند که با افزایش سن گیاه LAR و LWR کاهش یافت و کاهش این شاخص ها در نهایت باعث کاهش RGR شد.

1. Relative Growth Rate



شکل ۳۳ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بـر منحـنی تغیـیرات RGR

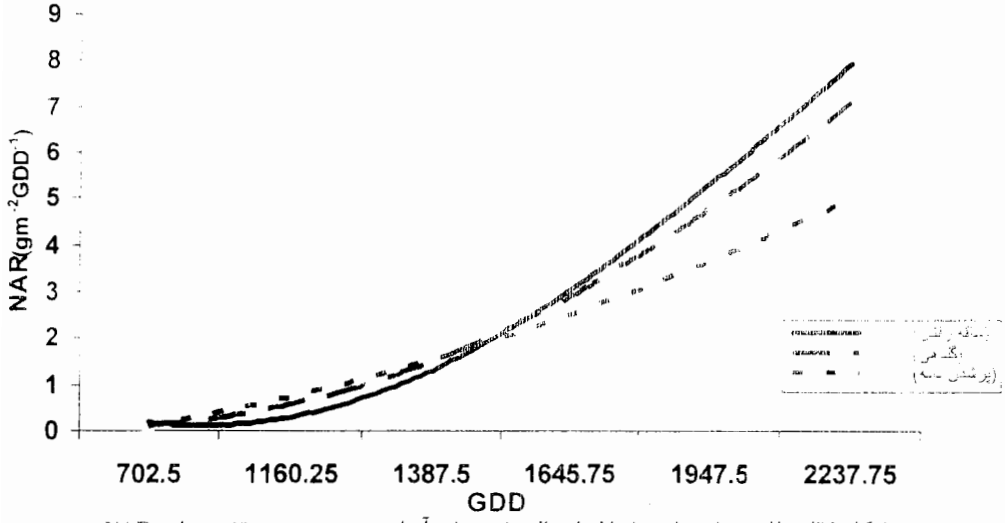


شکل ۳۴ تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات RGR

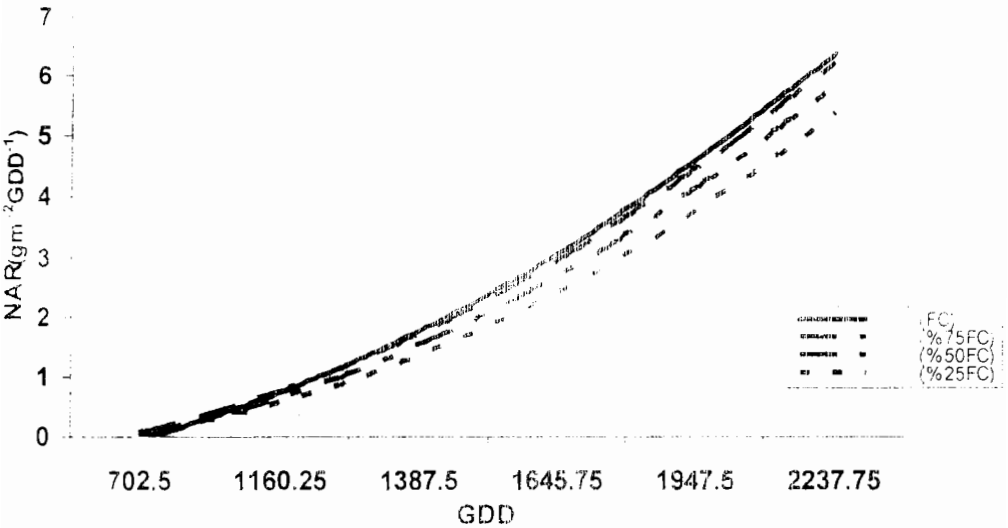
۴ ـ ۳ ـ ۵ ـ سرعت آسیمیلاسیون خالص [1](NAR) :

سرعت آسیمیلاسیون خالص عبارت از مقدار ماده فتوسنتزی ساخته شده در واحد سطح بـرگ در واحد زمان است. از آنجا که برگ عمده ترین اندام فتوسنتز کننده گیاه می باشد لذا گـاهی اوقـات بیان رشد بر اساس سطح برگ مطلوب تر می باشد. NAR معمولاً به صورت گـرم در متـر مربـع سطح برگ در روز بیان می شود(کریمی و عزیزی،۱۳۷۳). تأثیر زمان های مختلـف اعمـال رژیـم های آبیاری بر منحنی تغییرات NAR در شکل ۳۵ نشان داده شده است. اعمال تـنش در مرحلـه ساقه رفتن موجب کاهش NAR شد اما نتایج نشان داد که خسارات ناشی از تنش در این مرحله در طول فصل رشد قابل جبران است. شکل ۳۶ تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات NAR را در طول فصل رشد نشان می دهد. با افزایش شدت تنش NAR به میزان بیشتری کاهش پیدا کرد. از آنجا که LAI وRGR از عوامل تاثیر گذار بر مقدار NAR هستند و هـر دو بـا افـزایش شدت تنش کاهش می یابند، روند کاهشی NAR با افزایش شدت تنش منطقی به نظر می رسد.

[1] Net Assimilation Rate



شکل ۳۵- تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بـر منحـنی تغیـیرات NAR

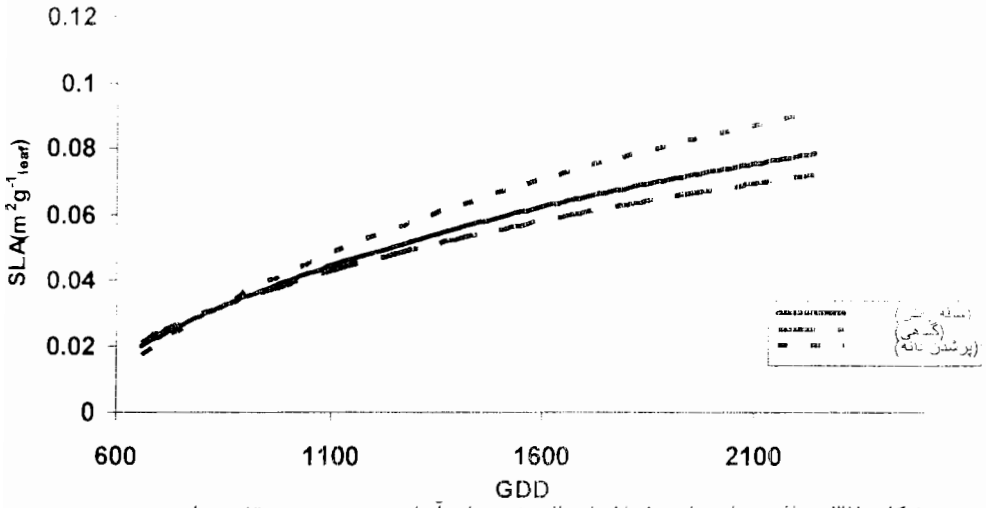


شکل ۳۶ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحـنی تغیـیرات NAR

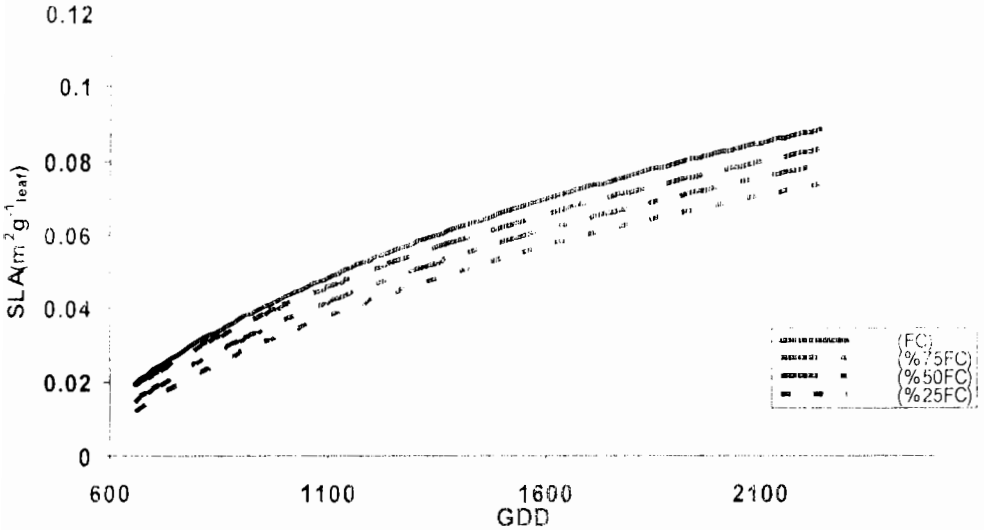
۴ ـ ۳ ـ ۶ ـ سطح ویژه برگ [1](SLA) :

شاخصی از ظرافت برگ است و عبارت از نسبت سطح برگ به وزن خشک همان برگ است (سرمدنیا وکوچکی، ۱۳۸۰). شکل ۳۷ نشان دهنده تأثیر اعمال تنش در مراحل مختلف رشد بر منحنی تغییرات سطح ویژه برگ می باشد.اعمال تنش در مرحله گلدهی بیشترین و اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه کمترین تأثیر را بر کاهش سطح ویژه برگ داشت. احمدی و سی وسه مرده (۱۳۸۲) با اعمال تنش روی چندین رقم گندم گزارش کردند که تنش تأثیر معنی داری بر سطح ویژه برگ نداشت. تأثیر اعمال رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات سطح ویژه برگ در شکل ۳۸ نشان داده شده است. با افزایش شدت تنش سطح ویژه برگ کاهش پیدا کرد به طوریکه بیشترین سطح ویژه برگ در کلیه مراحل نمونه برداری مربوط به رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی و کمترین سطح ویژه برگ مربوط به رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی بود. مطابق با نتایج فوق، کوچکی و همکاران (۱۳۸۲) به نقل از کوستونکی و سینکلر با بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر لوبیا اظهار کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، سطح ویژه برگ کاهش می یابد. احمدی و همکاران(۱۳۸۴) به نقل از پالگ و آسپینال بیان کردند که یکی از جنبه های تطابقی گیاهان تحت شرایط تنش خشکی سطح کمتر برگ نسبت به وزن خشک آن و به عبارت دیگر SLA کمتر است. بالا بودن SLA به معنی سطح برگ بیشتر به ازاء واحد وزن برگ است. ارقام دارای برگهای نازک تر به دلیل توانایی در توزیع وزن خشک به سطح برگ بیشتر و در نتیجه دارابودن سطح فتوسنتزی بیشتر، RGR بیشتری را نیز دارا هستند. تحت شرایط تنش سطح برگ بواسطه کاهش اندازه سلولی کاهش می یابد که باعث کاهش SLA می شود.

1. Specific Leaf Area



شکل ۳۷ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییرات

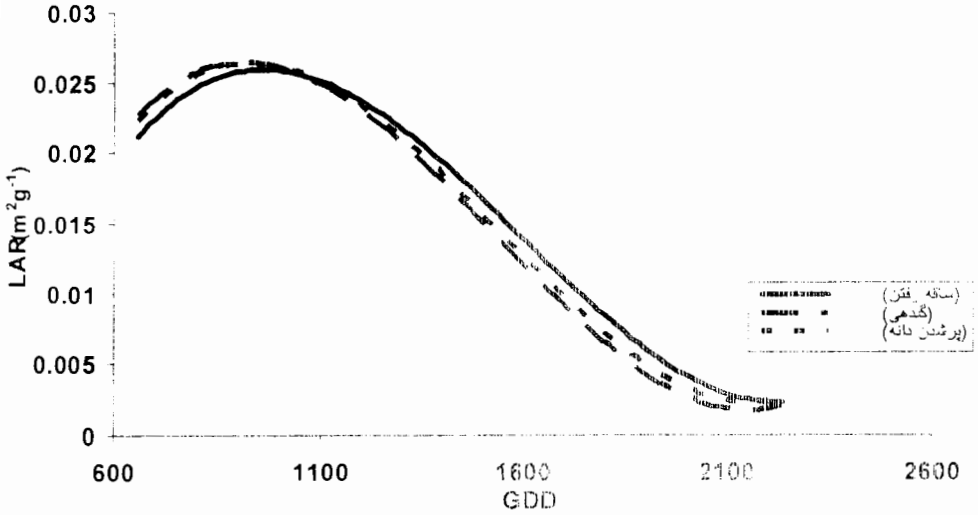


شکل ۳۸ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات SLA

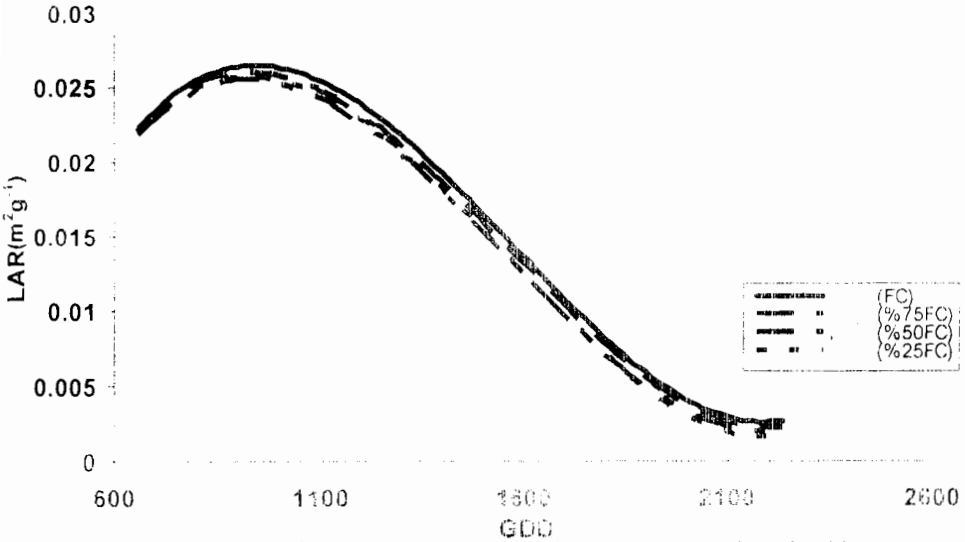
۴ ـ ۳ ـ ۷ ـ نسبت سطح برگ [1] (LAR) :

نسبت سطح برگ بیان کننده نسبت بین سطح پهنک یا بافتهای فتوسنتز کننده به وزن کل گیاه است. LAR نشاندهنده پربرگی یک گیاه است(سرمدنیا وکوچکی،۱۳۸۰). شکل ۳۹ نشان دهنده تأثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی روند تغییرات نسبت سطح برگ می باشد. نتایج نشان داد که اعمال تنش در مرحله ساقه رفتن کمترین تأثیر را بر کاهش نسبت سطح برگ داشت. به نظر می رسد کاهش نسبت سطح برگ در این مرحله از رشد در مراحل بعدی جبران شده است. اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه موجب کاهش نسبت سطح برگ شد. لذا تنش در مرحله پرشدن دانه تأثیر بیشتری بر کاهش نسبت سطح برگ داشت. در شکل ۴۰ تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات LAR نشان داده شده است. با افزایش شدت تنش، LARکاهش پیدا کرد. به طوری که از (m^2/g) ۰/۰۲ در آبیاری در ظرفیت زراعی به (m^2/g) ۰/۰۱ در رژیم آبیاری در ۲۵٪ ظرفیت زراعی کاهش یافت.

1. Leaf Area Ratio



شکل ۳۹ - تاثیر زمان های مختلف اعمال رژیم های آبیاری بر منحنی تغییـــرات LAR



شکل ۴۰ - تاثیر رژیم های مختلف رطوبتی بر منحنی تغییرات LAR

۴ – ۴ – تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در گندم در شرایط تنش رطوبت :

در بیشتر مناطق رشد گندم، مخصوصاً در مناطق مدیترانه ای، پرشدن دانه ها توسط مواد فتوسنتزی تحت تأثیر انواع تنش های محیطی قرار می گیرد. در این مناطق مرحله پرشدن دانه ها اغلب منطبق بر زمانی است که افزایش درجه حرارت محیط وکاهش ذخیره رطوبتی خاک باعث بروز تنش های خشکی وگرما می شود. نتیجه نهایی این تنش ها، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه است. در بیشتر مطالعات در مورد غلات دانه ریز مشخص شده است که ساقه و غلاف برگها محل ذخیره مواد فتوسنتزی هستند. کربوهیدرات ها در ساقه به شکل گلوکز، فروکتوز، ساکارز و نشاسته ذخیره می شوند، اما بیشتر ذخائر به شکل فروکتان می باشد. مواد ذخیره شده عمدتاً به شکل کربوهیدرات های غیر ساختمانی یا کربوهیدراتهای محلول در آب می باشند.

سهم انتقال مجدد مواد ذخیره ای ساقه یا درصد ذخائر ساقه نسبت به وزن کل دانه از طریق اندازه مخزن، محیط و رقم کنترل می شود. پس از مرحله گرده افشانی دانه های در حال پر شدن مهمترین و قویترین مخزن به حساب می آیند. بنابراین میزان تقاضای دانه ها مهمترین مولفه در تعیین میزان انتقال ذخائر از ساقه است. به هر حال این اصل کلی مورد پذیرش قرار گرفته است که سهم نسبی ذخائر ساقه به وزن کل دانه در سنبله بسته به شرایط محیط آزمایش و ارقام مورد استفاده متفاوت است(قدسی وهمکاران، ۱۳۷۷). عیسوند و همکاران (۱۳۸۴) به نقل از پاپاکوستا وکاکیاناس گزارش کردند درصد انتقال مجدد در گندم نان به طور متوسط بین ۶ تا ۷۳ درصد بوده و درشرایط تنش رطوبتی انتهای فصل رشد، ذخائر ساقه اهمیت زیادی دارند، زیرا در مناطق مدیترانه ای دوره پرشدن دانه ها با شرایط گرم وخشک مصادف شده و در فتوسنتز جاری گندم اختلال ایجاد می شود. نقش فتوسنتز جاری در عملکرد دانه را می توان به عنوان یک مکانیسم انتخابی قلمداد نمود. زیرا فرایند انتقال مجدد در هر دو مرحله انباشت و انتقال مستلزم صرف انرژی است. به عبارت دیگر، در شرایطی که مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای پرشدن دانه کافی باشد، جریان حرکت و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی محدود می شود. البته عموماً در مرحله پرشدن دانه ها، فتوسنتز جاری تحت تأثیر تنش های زیستی و غیر زیستی متعددی قرار می گیرد و در این زمان انتقال مجدد ذخائر ساقه به عنوان یک فرآیند مهم می تواند تا حدود زیادی کاهش در عملکرد دانه را جبران کند. علیرغم اهمیت زیاد ذخائر ساقه در عملکرد دانه، بین ژنوتیپ های گندم تفاوت های ژنتیکی اساسی در ذخیره سازی وانتقال مجدد کربوهیدرات ها وجود دارد. یک روش ساده و موثر برای اندازه گیری انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، اندازه گیری میزان کاهش وزن ساقه ها بین مراحل گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی است(احمدی و همکاران، ۱۳۸۳؛ چائی چی و همکاران، ۱۳۸۲). بررسی های انجام شده در این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش سهم نسبی ذخائر ساقه در عملکرد دانه افزایش می یابد. به طوری که سهم نسبی ذخایر ساقه در عملکرد دانه از ۱۷/۳۵٪ در رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی به۱۷/۶۴٪ در رژیم رطوبتی

۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۲۴/۹۲٪ در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و ۳۲/۵۶٪ در ۲۵٪ ظرفیت زراعی افزایش یافت. همچنین بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که سهم نسبی ذخائر برگ در عملکرد دانه نیز تحت تأثیر رژیم های رطوبتی قرار می گیرد. همانند ساقه با افزایش شدت تنش، سهم نسبی ذخائر برگ نیز در عملکرد دانه افزایش پیدا کرد. به طوری که از ۱۹/۲۳٪ در رژیم آبیاری در ظرفیت زراعی به ۲۲/۴۱٪ در آبیاری در ۷۵٪ ظرفیت زراعی، ۲۴/۳۹٪ در ۵۰٪ ظرفیت زراعی و ۲۹/۷۸٪ در ۲۵٪ ظرفیت زراعی رسید. مطابق با نتایج بدست آمده احمدی و همکاران (۱۳۸۴) با آزمایش روی چندین رقم گندم اظهار کردند که در شرایط مطلوب رطوبتی سهم ذخائر ساقه در پر کردن دانه های گندم نان حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد و در شرایط تنش رطوبتی بیش از ۴۰٪ بود. پالتا و همکاران (۱۹۹۴) دریافتند که در شرایط تنش رطوبتی شدید در مقایسه با تنش خفیف، هیدرات های کربن دانه به میزان ۲۴ درصد، میزان تثبیت کربن ۵۷ درصد و انتقال مجدد مواد به میزان ۳۶ درصد کاهش یافت.

۴- ۵ - نتیجه گیری :

بررسی نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که حساس ترین مرحله رشد نسبت به کاهش عملکرد دانه مرحله گلدهی بود. نتایج حاصله نشان داد که کمبود آب تا قبل از مرحله ساقه رفتن تأثیری بر عملکرد دانه ندارد ولی با آغاز گلدهی گیاه نباید با تنش مواجه شود. اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه شد ولی با شروع سخت شدن دانه نیاز آبی به حداقل می رسد و می توان از آبیاری خودداری نمود. بنا براین به نظر می رسد که حذف آبیاری آخر در شرایطی که این آبیاری با آبیاری اول محصولات تابستانه تلاقی داشته باشد از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر باشد.

با بررسی نتایج بدست آمده مشخص شد که گندم در مرحله ساقه رفتن به تنش خشکی حساس بوده ودر صورت بروز تنش در این مرحله گیاه کوتاه باقی می ماند. خسارات ناشی از اعمال تنش در این مرحله در طول فصل رشد قابل جبران است. مطابق با نتایج بدست آمده اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن کل بوته داشت. در این مرحله وقوع تنش خشکی باعث ریزش برگها شده و گیاه دیگر قادر به جبران خسارات وارده نیست. بررسی نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش وزن خشک کل بوته، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته کاهش یافت. بررسی نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار CGR به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت. تأثیر اعمال تنش خشکی بر شاخص سطح برگ نیز معنی دار بود و با افزایش شدت تنش شاخص سطح برگ کاهش پیدا کرد. همچنین با اعمال تنش خشکی مقادیر مربوط به RGR، NAR، SLA، LAR کاهش پیدا یافت. با بررسی نتایج حاصله مشخص شد که اعمال تنش خشکی بر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی تأثیر گذاشت و با افزایش شدت تنش سهم نسبی ذخائر ساقه و برگ در عملکرد دانه افزایش یافت.

۴- ۶- پیشنهادات :

- انجام مطالعات برای بدست آوردن بهترین تاریخ کاشت در منطقه به طوریکه مراحل حساس رشد مصادف با زمان وفور آب در منطقه یا بارندگی باشد.

- انجام آزمایشات جداگانه بر روی ارقام مختلف گندم و بررسی پتانسیل مقاومت به خشکی در آنها

- بررسی اقتصادی ترین روش های آبیاری برای استفاده مناسب از آب

- بررسی رابطه تنش خشکی با میزان رشد علفهای هرز در مزرعه

- انجام مطالعات برای بدست آوردن بهترین زمان مصرف کود در شرایط تنش خشکی

- انجام مطالعات برای بدست آوردن بهترین میزان مصرف کود در شرایط تنش خشکی

- بدست آوردن بهترین عمق کاشت بذر جهت مقاوم تر کردن گیاه در مقابل تنش خشکی

فصل پنجم

منابع

۱. احمدی، ع. و ع. سی و سه مرده.۱۳۸۲. **روابط بین شاخص های رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیم های مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۴. شماره ۴. ۶۷۵ - ۶۶۷

۲. احمدی، ع.، ع. سی و سه مرده و ع. زالی. ۱۳۸۳. **مقایسه توان ذخیره سازی و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و سهم آنها در عملکرد در چهار رقم گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵. شماره ۴. ۹۳۱ – ۹۲۱

۳. احمدی، ع.، م. سعیدی و ع. زالی. ۱۳۸۴. **مقا ومت به خشکی و رابطه آن با عملکرد، سطح برگ و سرعت رشد در مرحله زایشی تعدادی از ژنوتیپ های گندم نان با زمینه متفاوت به نژادی**. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی سال دوازدهم. ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات. صفحه: ۹۰ - ۸۲

۴. احمدی، ع.، م. سعیدی و م. ر. جهانسوز.۱۳۸۴. **الگوی توزیع مواد فتوسنتزی و پر شدن دانه در ارقام اصلاح شده گندم نان در شرایط تنش و عدم تنش خشکی**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۶. شماره ۶ : ۱۳۴۳ - ۱۳۳۳

۵. احمدی، ع. ۱۳۷۹. **اثر خشکی کوتاه مدت بر توزیع مواد پرورده و تقسیم شیمیایی آنها در گندم در مرحله پرشدن دانه**. مجله علوم کشاورزی ایران.جلد ۳۱. شماره ۳. ۶۶۵ - ۶۵۵

۶. احمدی، ع و آ. بیکر. ۱۳۷۹. **عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای محدود کننده فتوسنتز در شرایط تنش خشکی**. مجله علوم کشا ورزی ایران. جلد ۳۱. شماره ۴: ۸۲۵ - ۸۱۳

۷. اسدی، ح.، م. نیشابوری وح. سیادت.۱۳۸۲. **تعیین ضریب حساسیت گندم به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رویش در منطقه کرج**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۴. شماره ۳: ۵۷۹ - ۵۸۶

۸. اکبری مقدم، ح.، غ. اعتصام، ش. کوهکن، ح. رستمی و غ. کیخا. ۱۳۸۱. **بررسی اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد ارقام گندم**. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. کرج. صفحه: ۵۴۹

۹. باغانی، ج. و م. قدسی. ۱۳۸۳. **اثر رژیم های مختلف آبیاری بر ارقام گندم**. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۵. شماره ۱۹: ۱۴ – ۱

۱۰. بهنیا، م. ۱۳۷۳. **زراعت غلات سردسیری**. انتشارات دانشگاه تهران

۱۱. پناهی، م. ۱۳۸۳. **عملکرد و کارایی مصرف آب در ارزن علوفه ای در رژیمهای مختلف آبیاری**. مجله علوم خاک وآب. جلد ۱۸. شماره ۱: ۷۰ – ۶۳

۱۲. تائب، م. ۱۳۷۳. **ژنتیک تحمل به تنشهای محیطی**. سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. تبریز

۱۳. چائی چی، م. ر.، م. قدسی، م. جلال کمالی و د. مظاهری. ۱۳۸۲. **تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام گندم تحت تنش رطوبت در مراحل قبل و بعد از گرده افشانی در شرایط مزرعه ای**. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۱. شماره ۲: ۲۱۵ - ۲۰۴

۱۴. حاج رسولیها، ش.، سلیمان و ع. ا. مختارزاده. ۱۳۶۱. **کاربرد روش سریع اندازه گیری رطوبت خاک (روش فلاسک) برای تعدادی از خاکهای ایران**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۱۲. شماره های ۱، ۲، ۳، ۴: ۳۸ – ۳۰

۱۵. خواجوئی نژاد، غ. ر.، ح. کاظمی، ه. آلیاری، ع. جوانشیر وم. ج. آرمین. ۱۳۸۴. **تأثیر رژیم های آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب وکیفیت دانه سه رقم سویا در کشت تابستانه در شرایط آب و هوایی کرمان**. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. شماره چهارم: ۱۴۹ - ۱۳۷

۱۶ دانایی، ا. و ل. آینه. ۱۳۷۹. **بررسی و مقایسه عملکرد ارقام گندم در آبیاری محدود**. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر. صفحه: ۴۷۲ - ۴۷۱

۱۷. رادمهر، م. ۱۳۷۶. **تاثیر تنش گرما بر فیزیولوژی رشد ونمو گندم**. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۸ راشد محصل، م. ج و ع. کوچکی. ۱۳۷۹. **اصول و عملیات دیمکاری**. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۹ رجب زاده، م. ۱۳۷۵. **تکنولوژی غلات**. انتشارات پژوهشکده غلات.

۲۰. رمضان پور، م. و م. دستفال. ۱۳۸۳. **بررسی تحمل ارقام گندم نان و دوروم به تنش خشکی**. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. گیلان. صفحه:۲۴۳ - ۲۴۲

۲۱ زارع، م. ج. زینالی خانقاه و ج. دانشیان. ۱۳۸۳. **ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ های سویا به تنش خشکی**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵. شماره ۴: ۸۶۷ -- ۸۵۹

۲۲ سالمی، ج. ر. و ب. افیونی. ۱۳۸۴. **اثر تیمارهای کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام جدید گندم**. مجله علوم کشاورزی ومنابع طبیعی.سال دوازدهم. شماره سوم: ۲۰ – ۱۱

۲۳ سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۸۰. **فیزیولوژی گیاهان زراعی**(ترجمه). چاپ نهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

۲۴ سیادت، ع.، ق. نورمحمدی و ع. کاشانی. ۱۳۸۰. **زراعت غلات(جلد اول)**. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲۵. سی و سه مرده، ع.، ع. حمدی، ک. پوستینی و ح. ابراهیم زاده. ۱۳۸۳. **عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای کنترل کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵. شماره ۱: ۱۰۶- ۹۳

۲۶. صدر قائن، ح. و ح. هاشمی. ۱۳۸۱. **بررسی مقاومت ارقام جو نسبت به کمبود آب در مراحل آخر رشد**. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۳. شماره ۱۲: ۲۹ -۳۹

۲۷. طهماسبی، ر. و ح. فرداد. ۱۳۷۹. **اثر شروع آبیاری در مقادیر مختلف رطوبت قابل استفاده در خاک بر عملکرد محصول گندم زمستانه در کرج**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱. شماره ۱: ۱۱۶ – ۱۱۱

۲۸. علیزاده، ا. ۱۳۸۰. **رابطه آب و خاک و گیاه**. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲۹. عیسوند، ح. ر.، ع. احمدی، ع. شاه نجات بوشهری، ک. پوستینی و م. ر. جهانسوز. ۱۳۸۴. **اثر تنش خشکی و زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر انتقال مجدد نیتروژن، کیفیت نانوایی و الگوی نواری پروتئین های ذخیره ای دانه گندم**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۶. شماره ۶: ۱۴۹۷ - ۱۴۸۹

۳۰. فتح باهری، س.، ع. جوانشیر، ح. کاظمی و س. امری زاد. ۱۳۸۴. **اثرات آبیاری در مراحل مختلف فنولوژیک بر روی برخی از صفات ژنوتیپ های جو بهاره**. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۶. شماره ۱: ۱۷۶ – ۱۶۹

۳۱. فرهمند، ع.، ح. فرداد، ع. لیاقت و ع. کاشی. ۱۳۸۴. **بررسی تأثیر میزان آب آبیاری و کود ازت بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه فرنگی**. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۹. صفحه: ۲۷۰ – ۲۶۳

۳۲. قدسی، م.، م. ناظری و ا. زارع فیض آبادی. ۱۳۷۷. **واکنش ارقام جدید و لاین های امید بخش گندم بهاره نسبت به تنش خشکی**. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت واصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه: ۲۵۳ - ۲۵۲

۳۳. کافی، م. و ی. مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. **مکانیسم های مقاومت به تنش های محیطی در گیاهان**(ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۳۴. کریمی، ه. **گندم**. ۱۳۷۱. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۳۵. کریمی، م و م. عزیزی. ۱۳۷۳. **آنالیز های رشد گیاهان زراعی** (ترجمه). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۳۶. کوچکی، ع.، م. نصیری و م. صالحی. ۱۳۸۲. **میزان نیتروژن و کلروفیل برگ پرچم به عنوان شاخصی از تنش خشکی گندم**. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۱. شماره ۲. ۲۰۳ - ۱۹۷

۳۷. کیانی، ع. ر.، م. میرلطیفی، م. همایی و ع. م. چراغی. ۱۳۸۳. **تأثیر رژیم های مختلف آبیاری و شوری بر عملکرد گندم در منطقه گرگان**. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. شماره اول: ۸۷- ۷۹

۳۸. مدندوست، م.، ق. نورمحمدی، ف. درویش و ی. امام. ۱۳۸۴. **بررسی آثار تنش رطوبت، برگ زدایی و مصرف نیتروژن بر بنیه بذر ذرت هیبرید**. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات. صفحه: ۱ - ۸

۳۹. منتجبی، ن. و ژ. وزیری. ۱۳۸۳. **اثر برنامه ریزی آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در گلپایگان**. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۸. شماره ۱: ۶۲ – ۵۲

۴۰. منصوری فر، س.، ع. مدرس ثانوی، م. جلالی جواران و ا. قلاوند. ۱۳۸۴. **تأثیر تنش رطوبتی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم ذرت**. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. شماره چهارم. ۵۹ – ۵۴

53. Bonfil,D.J.,I.Mufradi.,S.Klitman,and S.Asido.1999.**Wheat grain yield and soil profile water distribution in a No-till arid environment**. Agron.J.91:363-373

54. Borras,L.,G.Slafer,and M.E.Qtegui.2004.**Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat,maize and soybean:a quantitative reappraisal**. Field Crops Research. 86:131-146

55. Borras,L.,G.Slafer,and M.E.Qtegui.2004.**Seed reserve utilization and seeding growth of wheat as affected by drought and salinity**. Field Crops Research. 55:195-200

56. Castrillo,M.and A.M.Colcargo.1989.**Effect of water stress and rewatering on ribolose-1,5-bisphosphate carboxylase activity ,chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato**. J.of Horticultural Sci. 64(4):717-724

57. Chaves,M.,J.S.Pereira.,J.Maroco.,M.L.Rodrigues.,C.P.P.Ricardo.,M.L.Osorio.,I.Carvalho.,T.Paria,and C.Pinheiro.2002.**How plants cope with water stress in the field? photosynthesis and growth**.Annals of Botany. 89 : 907 – 916

58. Clay,D.E.,R.E.Engel.,D.S.Long,and Z.Liu.2001. **Nitrogen and water stress interact to influence carbon 13 discrimination in wheat**.Soil Sci.Am. J. 65:1823-1828

59. Correia,M.J.,M.Osorio.,J.Osorio.,I.Barrote.,M.Martins,andM.David.2005.**In-fluence of transient shade periods on the effects of drought on photosynthesis,carbohydrate accumulation and lipid peroxidation in sunflower leaves**. Enviromental and Experiental Botany. 58:75-84

60. Daniel.C.,and E.Triboi.2002.**Changes in wheat protein aggregation during grain development:effects of temperatures and water stress**. European Journal of Agronomy.16:1-12

61. Du,Y.J.,Z.Li,and W.L.Li.2006.**Effect of drought and salinity on carbon isotope discrimination** in wheat cultivars. Agricultural Water Management. 79:265-279

62. Du,Y.J.,Z.Li,and W.L.Li.2005.**Effect of different water supply regims on growth and size hierarchy in spring wheat population under mulched with clear plastic film**.Agricultural Water Management 79:265-279

63. Eck,H.V.,A.C.Mathers,and J.T.Musick.1987.**Plants water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans**. Field Crops Research.17 : 1 – 16

64. Ehdaie,B.,and J.G.Waines.1993.**Variation in water use efficiency and its component in wheat**. Crop Sci. 33:294-299

65. Eitzinger,J.,M.Stastna.,Z.Zalud,and M.Dubrovsky.2003.**A simulatun study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change seenarios**. Agricultural Water Management. 61:195-217

66. Ennahli,S.,andH.J.Earl.2005.**Physiological limitations to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress**.Crop Sci. 45: 2344 – 2382

67. Farre,I.,and J.M.Faci.2006.**Comparative response of maize and sorghum to deficit irrigation in a Mediterranean environment**. Agricultural Water Management. 83:135-143

68. Giunta,F.,R.Motzo,and M.Deidda.1993.**Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment**. Field Crops Research. 33:399-409

69. Giunta,F.,R.Motzo,and M.Deidda.1995.**Effect of drought on leaf area development,biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Meditrranean environment**.Aus .J.Agric. Res. 96:99-111

70. Goodling,M.J.,R.H Ellist.,P.R.Shewry.and J.D.Schofield.2003.**Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling,drying and quality of winter wheat**. Journal of Cereal Science. 37:295-309

71. Guttieri,M.,R.McLean.,J.C.Strak.,E.Stark,and E.Souza.2005.**Managing irrigation and nitrogen fertility of hard spring wheats for optimum bread and noodle quality**.Crop Sci. 45 : 2049 – 2059

72. Guttieri,M.J.,J.C.Stark,K.O.Brain and E.Souza.2001.**Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit** .Crop Sci . 41:327-335

73. HongBo,S.,L.Zongsuo,and S.MingAn.2006.**Osmotic regulation of 10 wheat genotypes at soil water deficits** .Colloids and Surfaces B.Biointerfaces. 47 : 132 - 139.

74. HongBo,S.,L.Zongsuo,and S.MingAn.2005.**Changes of anti_oxidative enzymes and MDA content under soil water deficits among 10 wheat genotypes at maturation stage**.Colloids and Surfaces B.Biointerfaces. 45:7-13

75. HongBo,S.,L.Zongsuo.,S.MingAn.,S.Shimeng.andH.Zanmin.2005.**Investigation on dynamic changes of photosynthetic characteristics of 10 wheat genotypes during two vegetative_growth stages at water deficits.** Agricultural Water Management. 43:221-227

76. Howell,T.A.1990.**Grain ,dry matter yield relationships for winter wheat and grain sorghum-southern high plains.**Agronomy Journal. 82:914-918

77. Jalota,S.K.,A.Seed.,G.B.S.Chahal,and B.U.Choudhury.2006.**Crop water productivity of cotton-wheat system as influenced by deficit irrigation,soil texture and precipitation**.Agricultural Water Management. 84:137-146

78. Karimi,M.M.,and K.H.M.Siddique.1991.**Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars**.Aust.J.Agric.42:13-20

79. Kibe,A.M.,S.Singh,and N.Kalra.2006.**Water –Nitrogen relationships for wheat growth and productivity in late sown conditions**. Agricultural Water Management. 84:221-228

80. Kichey,T.,E.Heumez.,D.Pocholle.,K.Pageau.,H.Vanacher.,F.Dubois.,J.Le Gouis,and B.Hirel.2006.**Combined agronomic and physiological aspects of nitrogen management highlight a central role for glutamine synthetase**. New Phytologist. 169:265-278

81. Kumar,R.,A.K.Sarawgi.,C.Ramos.,A.M.Ismail.,L.J.Wade,andS.T.Amarante. 2006.**Partitioning of dry matter during drought stress in rain fed lowland rice**. Field Crops Research. 96 : 455 – 465

82. Li,L.,Q.Yu.,Y.Zheng.,J.Wang,and Q Fang 2006.**Simulating the response of photosynthate partitioning durin vegetative growth in winter wheat to environmental factors**. Field Crops Research . 96:133-141

83. Li,Z.,W.D.Li,and W.Long Li.2004.**Dry-period irrigation and fertilizer application affect water use and yield of spring wheat in semi-arid regions.** Agricutural Water Management. 65:133-143

84. Li,W.,W.Li, and Z.Li.2004.**Irrigation and fertilizer effects on water use and yield of spring wheat in semi-arid regions**. Agricultural Water Management. 67:35-46

85. Li Feng,M.,X.Ylan.,F.R.Li,and An-Hong Guo.2001.**Effects of different water supply regims on water use and yield performance of spring wheat in a simulated semi-arid environment**.Agricultural Water Management. Vol. 47(1):25-35

86. Liu,H.,F.Li,and Y.Jia.2006.**Effects of shoot removal and soil water content on root respiration of spring wheat and soybean**. Enviromental and Experimental Botany. 56 : 28-35

87. Liu,F.,M.N.Anderson.,S.Jacobsen,andC.R.Jensen.2005.**Stomatal control and water use efficiency of soybean during progressive soil drying** . Enviromental and Experiental Botany. 54:33-40

88. Liu,H.S.,F.M.Li,and H.Xu.2004.**Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought-sensitive but not drought-tolerant spring wheat.** Agricultural Water Management. 64:41-48

89. LopezBellido,L.,R.J.LopezBellido,andR.Redondo.2005.**Water-availabili at sowing and nitrogen management of durum wheat a seasonal analysis with the CERES-wheat model**. Field Crops Research. 94:86-97

90. Ma,B.L.,W.Yan,L.M.Duyer,J.Fregeau.,H.D.Voldeng.,Y.Dion,and H.Nas. 2004.**Graphic analysis of genotype,environment,nitrogen fertilizer and interactions on spring wheat yield**.Agron . J . 96:169-180

91. Mahajan,S.,and N.Tuteja.2005.**Cold,salinity and drought stresses:an overview**. Archives of Biochemistry and Biophysics. 444 : 139 – 158

92. Mohammadian,R.,M.Moghaddam.,H.Rahimian,and S.Y.Sadeghian.2005 **Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes**.Turk Journal Agric. 29: 357 – 368

93. Monneveux,P.,M.P.Reynolds.,R.Trethowan.,H.Gonzalezntayo.,R.J.Pena,and F.Zapata.2005.**Relationship between grain yield and carbon isotope discrimination in bread wheat under four water regimes**. European Journal of Agronomy. 22:231-242

94.Nagarajan,S.,M.Mahes-Wari,and P.N.Gembhir.1999.**Effect of post-anthesis water stress on accumulation of dry matter,carbon, nitrogen and their partitioning in wheat varieties differing in drought tolerance**. Crop Sci . 183:129-139

95.Nayyar,H.,and D.Gupta.2006.**Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress:association with oxidative stress and antioxidants**.Enviromental and Experimental Botany.58:106-113

96.Niu,J.Y.,Y.T.Gan,J.W.Zhang,andQ.F.Yang.1998.**Potanthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film**. Crop Science.38:1562 -1568

97.Ottman,M.J.,T.A.Doerge,and E.C.Martin.2000.**Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain filling**. Agron. J. 92:1035-1042

98.Palta,J.A.,T.Kobata,N.C.Turner,and I.R.Fillery.1994.**Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by post anthesis water deficits**. Crop Sci. 34:118 -124

99.Pan,X.Y.,G.Wang.,H.Yang, and X.P.Wei.2003.**Effect of water deficits on within-plot variability in growth and grain yield of spring wheat in northwest China**. Field Crops Research. 80:195-205

100.Perales,L.,V.Arbona.,A.Gomes-Cadenas.,M.Cornejo,and A.Sanz.2005.**A relationship between tolerance to dehydration of rice cell lines and ability for ABA synthesis under stress**.Plant Physiology and Biochemistry. 43:786-792

101.Piro,G.,M.R.Leucci.,K.Waldron,and G.Daiessandro.2003.**Exposure to water stress caused changes in the biosynthesis of cell wall polysaccharides in roots of wheat cultivars varying in drought tolerance**. Plant Science.165:559-569

102.Purcell,L.,T.R.Sinclair,andR.W.McNew.2003.**Drought avoidance assessment for summer annual crops using long_term weather data**. Agron. J. 95: 1566 - 1576

103.Quk,M.,J.Basnayake.,M.Tsubo.,S.Fukai.,K.S.Fischer.,M.Cooper,andH.Nebi .2006.**Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice**.Field Crops Research.99: 48-58

104.Ritchie,S.W.,H.T.Nguyen,and A.S.Haloday.1990.**Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance**.Crop Sci.30:105-111

105.Robertson,M.J.,and F.Giunta.1994.**Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress**. Aust. J. Agri. Res. 45:19-35

106.Sadras,V.O.2004.**Yield and water-use efficiency of water and nitrogen stressed wheat crops increase with degree of CO-limitation**.European Journal Agronomy. 21:455-464

107.Sepaskhah,A.R.,Azizian,and A.R.Tavakoli.2006.**Optimal applied water and nitrogen for winter wheat under variable seasonal rainfall and planning scenarios for consequent crops in semi-arid region**. Agricultural Water Management.84:113-122

108.Sepaskhah,A.R.,A.R.Bazrafshan.andZ.Shirmohammadi.2006.**Development and evaluation of a model for yield production of wheat,maize and sugarbeet under water and salt stresses**.Biosystems Enginearing. 93(2):139-152

109.Sharma,S.C.,and K.S.Thakur.2004.**Selection criteria for drought tolerance in spring wheat**. htt: //WWW. Hillagric.org

110.Shearman,V.G.,R.SylresterBradley.,R.K.Scott,andM.J.Foulkes.2005.**Physio -logical processes associated with wheat yield progress in the UK**.Crop Sci .45:175-185

111.Sheng Wu,Q.,Y.Ning Zou,and R.Xuc Xia.2006.**Effect of water stress and arbuscular mycorrhizal fungi on reactive oxygen metabolism and antioxidant production by citrus roots**. European Journal of Soil Biology.66:104-115

112.Shepherd,A.,S.M.McGinn,and G.C.L.Wyseure.2002.**Simulation of the effect of water shortage on the yields of winter wheat in north_east England. Ecological Modelling**. 147 : 41- 52

113. Shunqing,A.,L.Gengshan,andG.Auhong.2003.**Consumption of available soil water stored at planting by winter wheat**.Agricultural Water Management. 63:99-107

114.Singh,S.D.1981.**Moisture-sensitive growth stages of wheat and optimal sequenceing of evapotranspiration deficits**.Agron.J. 73(3):387-391

115.Terry,A.H.2001.**Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture**. Agron. J. 93:281-289

116.Upadhyaya,H.D.2005.**Variability for drought resistance related traits in the mini core collection of peanut** Crop Sci. 45 : 1432 – 1440

117.Valliyodon,B.,andH.T.Nguyen.2006.**Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants**.Plant Biology. 9:189-195

118.Yang,J., and J.Zhang.2006.**Grain filling of cereals under soil drying**. New Phytologist.169-223-236

119.Yang,J.,J.Zhang.,Z.Wang.,Q.Zhu,and W.Wang.2001.**Hormonal changes in the grains of water stress during grain filling**. Plant Phisiology.127: 315-323

120.Yang,J.,Y.Zhang.,Z.Wang.,Q.Zhu,andL.Liu.2001.**Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling**. Agron. J. 93:196-206

فصل ششم

- ضمیمه شماره (1) خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی

نوع خاک	لوم
Clay%	۳۶
Silt%	۴۸
Sand%	۱۶
درصد ازت	۰/۰۴
فسفر (ppm)	۴/۸
پتاس (ppm)	۲۸۰
درصد کربن	۰/۴۰۱
شوری ($EC*10^3$)	۱/۹۲
رطوبت $sp^0\%$	۴۰
pH	۸/۱۵
آهن (ppm)	۲/۶
روی (ppm)	۰/۶
منگنز (ppm)	۴/۶
مس (ppm)	۰/۶۲
درصد آهک	29

ـ ضمیمه شماره(۲) ـ نقشه طرح

	a_1			
I	b_1	b_3	b_2	b_4
II	b_1	b_3	b_2	b_4
III	b_1	b_3	b_2	b_4
IV	b_1	b_3	b_2	b_4

a_3			
b_3	b_4	b_1	b_2
b_3	b_4	b_1	b_2
b_3	b_4	b_1	b_2
b_3	b_4	b_1	b_2

a_2			
b_4	b_1	b_3	b_2
b_4	b_1	b_3	b_2
b_4	b_1	b_3	b_2
b_4	b_1	b_3	b_2

ضمیمه شماره(۳): جدول تجزیه واریانس برای کلیه صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		نمونه برداری اول	نمونه برداری دوم	نمونه برداری سوم			نمونه برداری چهارم			
		وزن برگ (g/m^2)	وزن برگ (g/m^2)	وزن برگ (g/m^2)	وزن ساقه (g/m^2)	وزن کل بوته (g/m^2)	وزن برگ (g/m^2)	وزن ساقه (g/m^2)	وزن کل بوته (g/m^2)
بلوک	۳	۱۹/۱۹۸ ns	۱۷/۸۶٤ ns	٤/۲۰٥ ns	۱٤۳/۷۸۳ ns	۱۱۸/۰۷۲ ns	٦۷/۷٤۷ *	٤۸/۷۸۷ ns	۱۸۰/۳۲۹ ns
مرحله رشد	۲	۱۲/۹۱۱ ns	۲۲/٤۳۲ ns	۲۱۲/۲۰٥ *	۱٥۹/۲٥۷ ns	۷٤۷/۱۹۱ *	۱٥۲۰/۸۹٦ *	۸۲۸۳/۲٦۲ *	۱٦۹۱٦/۸۰۲ *
اشتباه۱	٦	۱۱/۷۱۲	۷/۱۲	٦/۸۹۲	۳٤/۲۰۱	۷۱/۰٦	۷/۱۷۹	۱۱۱/۲٦٦	۱۳۰/۱٥۸
سطح آبیاری	۳	۰/۲٦۱ ns	٤/٥۸٤ ns	٥۳/۰۷۷ *	۱٤/۲۷۰ *	۱٥۷/۰٤ *	۸۲٤/٦۷۳ *	۲٤۷۹/٦۸۷ *	٦۱۲٦/۳۱٥ *
مرحله رشد × آبیاری	٦	۱/٤۷۱ ns	۳/۳۹٥ ns	۱٤/٥۹٥ ns	۸/۷۲۳ *	٤۸/۰۷۳ *	۲۳٥/٦۸۷ *	۱٦٦٤/۲٦۲ *	۳۱۲٦/۰۷٤ *
اشتباه ۲	۲۷	٦٤/۸۱۹	۱/٥۲٦	۱۳/٤۳٤	۳/٦۱۸	۱۹/۸۷۳	۱۹/۰۰۹	۱۱٦/۷۱٦	۱٥۲/۱۳۹
کل	٤۷								

* : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns : عدم اختلاف معنی دار

ضمیمه شماره(۴): جدول تجزیه واریانس برای کلیه صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		نمونه برداری پنجم				نمونه برداری ششم				نمونه برداری هفتم			
		وزن برگ (g/m^2)	وزن ساقه (g/m^2)	وزن سنبله (g/m^2)	وزن کل بوته (g/m^2)	وزن برگ (g/m^2)	وزن ساقه (g/m^2)	وزن سنبله (g/m^2)	وزن کل بوته (g/m^2)	وزن برگ (g/m^2)	وزن ساقه (g/m^2)	وزن سنبله (g/m^2)	وزن کل بوته (g/m^2)
بلوک	۳	۵۸/۲۳۴ *	۴۳/۷۵۲ ns	۱۸۲۳/۱۶ *	۲۲۸۸/۴۱ *	۱۷۹/۷۹ *	۲۷۸۵/۸۹*	۳۱۱۱۰/۲ *	۵۳۹۸۰/۴۴ *	۹۶/۶۸ *	۶۸/۱۱ ns	۲۲۲۴/۱۴ *	۷۱۴۳۴/۶۱ *
مرحله رشد	۲	۱۴۵۲/۰۰۴ *	۲۲۱۳۱/۰۳*	۴۳۱۵/۴۳*	۴۸۱۴۶/۸۹*	۳۵۱/۳۶ *	۳۶۴۹/۶ *	۲۶۱۵۷/۴۱ *	۱۴۲۶۹/۵۹*	۲۶۲/۵۱ *	۳۹۴۰/۸۳*	۱۴۶۹۰/۳۳*	۸۸۴۶/۴۶ *
اشتباه۱	۶	۱۱/۱۸۳	۲۳۱/۹۲۹	۱۸۹/۳	۳۵۴/۳۳	۲۳/۳۶۹	۳۲۰/۱۷	۳۶۰/۴	۱۰۱۱/۶۸	۲۱/۵۶۹	۷۹۲/۲۱	۱۰۰۴/۳۲	۱۸۴۴/۴۲
سطح آبیاری	۳	۱۱۶۱/۳۶۴ *	۱۶۱۷۱/۶۳*	۴۲۲۸/۵۵ *	۵۳۶۵۰/۸۸ *	۱۰۷۷/۷۳ *	۲۴۷۱۲/۹۹ *	۴۶۶۸۷/۷۲ *	۱۶۴۳۹۵/۱ *	۱۱۳۶ *	۳۰۶۰۴/۷۲ *	۳۷۲۱۹/۲۲ *	۱۴۶۸۲۷/۱۶*
مرحله رشد × آبیاری	۶	۲۴۱/۰۳۳ *	۳۸۷۸/۴۳ *	۱۵۸/۶۵ ns	۶۴۷۳/۷۴ *	۲/۵۳۸ ns	۹۲۰/۱۲ *	۲۰۱/۱۸ ns	۴۳۱/۱۸ ns	۷/۹۲۴ *	۶۱۴/۸۹ *	۱۳۲/۶ ns	۴۶۹/۸۸ ns
اشتباه ۲	۲۷	۵/۲۳۶	۷۶/۷۱۷	۱۷۲/۵۶	۳۸۰/۶	۱۹/۶۱۱	۱۹۷/۷۱۹	۱۸۵۲/۹۶	۱۲۳۹/۸۵	۵/۸۱۲	۳۸۲/۹۲	۸۲۵/۲۸۲	۱۴۰۲/۸۰۶
کل	۴۷												

*: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns : عدم اختلاف معنی دار

- ضمیمه شماره(۵): جدول تجزیه واریانس برای کلیه صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		عملکرد دانه	وزن کل بوته	وزن سنبله	وزن هزاردانه	تعداد سنبله	تعداد سنبلچه	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته	طول محور سنبله	تراکم سنبله	شاخص برداشت	وزن کاه	درصد پروتئین دانه
بلوک	۳													
مرحله رشد	۲													
اشتباه۱	۶													
سطح آبیاری	۳													
بلوک × آبیاری	۹	۱۵/۸۳۵ ns	۹۴۹/۷۶۲ ns	۱۴۴۶/۲۴۷ ns	۳/۰۴۶ ns	۸۷۳/۴۸۱ ns	۰/۴۴۴ ns	۲/۴۵۴ ns	۳/۱۳۲ ns	۰/۲ ns	۲/۲۸۲ ns	۱/۳۱۳ *	۸۹۱/۵۱۱ *	۰/۷۰۹ ns
مرحله رشد × آبیاری	۶													
بلوک × آبیاری × مرحله رشد	۱۸													
کل	۴۷													

* : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns : عدم اختلاف معنی دار

ضمیمه شماره(۶) : جدول تجزیه واریانس برای کلیه صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		عملکرد دانه (g/m^2)	وزن کل بوته (g/m^2)	وزن سنبله (g/m^2)	وزن هزاردانه (g)	تعداد سنبله	تعداد سنبلچه (m^2)	تعداد دانه در سنبله	ارتفاع بوته (cm)	طول محور سنبله (cm)	تراکم سنبله
بلوک	۳	۵۹۲/۱۱ *	۱۸۴۸۲/ ۵۷۶ *	۱۸۵۵۲/۷۷۳*	۱۱/۸۰۶ ns	۲۶۶۶/۱۶۷ ns	۲/۵*	۱/۱۳۹ ns	۵۳/۶۸۸ ns	۰/۲۹۲ ns	۳/۱۵۹ ns
مرحله رشد	۲	۳۳۷۷۴/۰۴۱ *	۴۹۵۹۹ /۱۸ *	۳۵۴۰۷/۹۱۲*	۹۸/۱۴۶*	۶۰۷۸/۳۹۶ ns	۱۲/۲۷۱*	۱۰۴/۰۲۱*	۷۱۸/۰۸۳*	۱/۰۱۴ ns	۲/۹۲۱ ns
اشتباه۱	۶	۱۲۹/۱۷۸	۱۳۴/۹۹۳	۳۳۵۱/۴۸	۳/۲۰۱	۱۴۱۴/۶۴۶	۰/۵۲۱	۱/۲۴۳	۲۰/۵۸۳	۰/۲۹۱	۲/۰۴
سطح آبیاری	۳	۴۴۲۵۱/۶۹۱ *	۱۳۸۵۸۳/۴۶ *	۶۰۳۰۷/۷۴۹*	۱۰۳/۴۷۲*	۴۵۸۹۸/۱۶۷*	۲۲/۰۵۶*	۱۹۱/۴۷۲*	۵۸۹/۶۳۲*	۲۰/۴۷۸*	۱۰/۰۱۷*
مرحله رشد × آبیاری	۶	۱۳۵۱/۸۲۵ *	۵۰۸۵/۹۶۵ *	۷۶۴/۷۷۴ ns	۰/۹۵۱ ns	۲۱۰۴/۱۴۶ ns	۰/۰۷۶*	۲/۸۲۶ ns	۲۲/۲۷۸*	۰/۲۰۲*	۰/۲۷*
اشتباه ۲	۲۷	۶۴/۸۱۹	۱۳۶۱/۶۰۷	۲۱۷۲/۴	۴/۴۶	۱۶۲۹/۴۷	۰/۸۸	۴/۵۴	۶/۴۶۵	۰/۴۷	۰/۷۴
کل	۴۷										

* : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns : عدم اختلاف معنی دار

- ضمیمه شماره(۷) : جدول تجزیه واریانس برای درصد پروتئین دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		درصد پروتئین دانه
بلوک	۲	۱/۰۶ ns
مرحله رشد	۲	۳/۹۴۶*
اشتباه۱	۴	۰/۵۴۳
سطح آبیاری	۳	۱۷/۳۸۹*
مرحله رشد× آبیاری	۶	۰/ ۳۸۹ ns
اشتباه ۲	۱۸	۱/۰۴
کل	۳۵	

* : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns : عدم اختلاف معنی دار

- ضمیمه شماره(۸) : جدول تجزیه واریانس برای شاخص برداشت و وزن کاه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		شاخص برداشت	وزن کاه و کلش (g/m^2)
بلوک	۳	۱۸/ ۴۷۲*	۱۴۰۷۱/۱۷۶*
مرحله رشد	۲	۸۱۵/۲۵۹*	۱۳۵۶۴۲/۰۳۵*
اشتباه۱	۶	/۲۲۶	۱۸۱/۰۳
سطح آبیاری	۳	۵۴/۴۲۹*	۲۶۶۱۸/۸۶۶*
بلوک × آبیاری	۶	۴/۳۲*	۳۱۰۷/۹۲۸*
مرحله رشد × آبیاری	۹	۱/۳۱۳*	۸۹۱/۵۱۱*
بلوک × آبیاری × مرحله رشد	۱۸	۰/۲۲۵	۲۲۲/۱۴۳
کل	۴۷		

* : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪

ns : عدم اختلاف معنی دار

جدول (۱) : مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ(گرم در متر مربع) در طول فصل رشد

نمونه برداری	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
مراحل رشد							
ساقه رفتن	۳۰/۳۵a	۳۵/۳۵a	۷۰/۰۲b	۹۰/۵۲b	۹۵/۳۶c	۴۴/۳۳a	۲۵/۷۲a
گلدهی	۲۸/۷۳a	۳۲/۹۸a	۷۶/۲۹a	۱۰۷/۴a	۱۰۵/۲b	۴۰/۳۶a	۲۲/۶۹a
پر شدن دانه	۲۸/۸۶a	۳۴/۱۶a	۷۶/۳۹a	۱۰۷/۴a	۱۱۴/۴a	۳۴/۹۹ b	۱۷/۶۹b
رژیم‌های آبیاری							
FC	۲۹/۴۷a	۳۴/۸۲a	۷۶/۵۲a	۱۰۱/۵a	۱۱۵/۷a	۵۰/۳۴a	۲۳/۶۹a
٪۷۵FC	۲۹/۴a	۳۴/۵۲a	۷۵/۰۵ab	۱۰۵/۶b	۱۱۰/۶b	۴۴/۱b	۲۵/۳۸b
٪۵۰FC	۲۹/۲۳a	۳۳/۸۶ab	۷۳/۷۸bc	۹۴/۶۵c	۹۸/۹۸c	۳۶/۷۶c	۱۸/۰۴c
٪۲۵FC	۲۹/۱۶a	۳۳/۴۶b	۷۱/۵۵c	۹۳/۳۵d	۹۴/۶۳d	۲۸/۳۷d	۱۱/۰۳d

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ ٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

جدول (۲) : مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) در طول فصل رشد

نمونه برداری	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
مراحل رشد							
ساقه رفتن	-	-	۷۵/۹۷b	۱۴۲/۵b	۲۱۳/۳c	۳۰۵/۹b	۳۴۱/۲b
گلدهی	-	-	۸۰/۸۸ab	۱۸۴a	۲۵۰/۵b	۳۱۹/۶b	۳۶۱/۲ab
پر شدن دانه		-	۸۱/۸۶a	۱۸۳/۷a	۲۸۷/۷a	۳۳۶/۱a	۳۷۲/۱a
رژیم‌های آبیاری							
FC	-	-	۸۰/۹۳a	۱۸۶a	۲۹۱/۵a	۳۷۰/۷a	۴۰۶/۹a
٪۷۵FC		-	۷۹/۹۲ab	۱۷۸/۲b	۲۶۵/۸b	۳۴۰/۷b	۳۸۰/۹b
٪۵۰FC		-	۷۸/۹۸bc	۱۶۵/۳c	۲۳۹c	۳۰۵/۱c	۳۴۶/۳c
٪۲۵FC		-	۷۸/۲۵c	۱۵۳/۴d	۲۰۵/۸d	۲۶۵/۶d	۲۹۲/۵d

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.

- جدول (۳) : مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله (گرم در متر مربع) در طول فصل رشد

نمونه برداری	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
مراحل رشد					۱۰۸/۹b	۳۸۶/۴a	۵۴۳/۴a
ساقه رفتن					۹۶/۴۴c	۳۴۴/۲b	۴۸۴/۹b
گلدهی					۱۲۹a	۳۰۵/۶c	۴۰۶/۷b
پر شدن دانه							
رژیم‌های آبیاری					۱۳۴a	۴۱۷/۵a	۵۵۷/۱a
FC					۱۱۷/۷b	۳۶۸/۵b	۴۷۸/۶b
٪۷۵ FC					۱۰۳/۶c	۳۲۴/۳c	۴۳۱/۸c
٪۵۰FC					۹۰/۳۵d	۲۷۱/۳d	۴۱۰/۶d
٪۲۵FC							

- میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.

جدول (۴) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته (گرم در متر مربع) در طول فصل رشد

نمونه برداری	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
مراحل رشد							
ساقه رفتن	۳۰/۳۵a	۳۵/۳۵a	۱۴۵/۶b	۲۳۴b	۴۱۶/۱c	۷۳۶/۳a	۸۲۰/۲a
کلدهی	۲۸/۷۳a	۳۲/۹۸a	۱۵۷/۲a	۲۹۱/۴a	۴۵۲/۱b	۷۰۴/۳b	۷۹۰ ۷ab
پر شدن دانه	۲۸/۸۶a	۳۴/۱۶a	۱۵۷/۶a	۲۹۱/۲a	۵۲۳/۹a	۶۷۶/۶c	۷۷۳/۷b
رژیم‌های آبیاری							
FC	۲۹/۴۷a	۳۴/۸۲a	۱۵۷/۴a	۲۹۷/۶a	۵۲۹/۱a	۸۳۸/۱a	۹۱۳/۲a
٪۷۵FC	۲۹/۴a	۳۴/۵۲a	۱۵۵/۰a	۲۸۳/۸b	۴۹۲/۱b	۷۵۳/۴b	۸۴۸b
٪۵۰FC	۲۹/۲۳a	۳۳/۸۶ab	۱۵۲/۴b	۲۶۲c	۴۴۱/۵c	۶۶۶/۲c	۷۶۰c
٪۲۵FC	۲۹/۱۶a	۳۳/۴۶b	۱۴۹c	۲۴۶/۷d	۳۸۳/۵d	۵۶۵/۳d	۶۵۸/۳d

- میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.

جدول شماره (۵) : مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری اول)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	۷۵٪ FC	۵۰٪ FC	۲۵٪ FC
ساقه رفتن	۳۱/۰۷a	۲۹/۹۵abc	۳۰/۵۸ab	۲۹/۸۰abc
گلدهی	۲۹/۷۵abc	۲۹/۰۵cd	۲۸/۱۰de	۲۸/۰۳de
پرشدن دانه	۲۷/۶۰e	۲۹/۱۸bcd	۲۹cde	۲۹/۶۴abc

میانگین هایی که دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر [illegible] معنی داری ندارند.
واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

جدول شماره (۶) : مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری دوم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۳۶/۹۰a	۳۶/۳۸a	۳۴/۱۵b	۳۳/۹۷b
گلدهی	۳۳/۸۰bc	۳۲/۸۹bc	۳۳/۱۵bc	۳۲/۰۸c
پرشدن دانه	۲۲/۷۵bc	۳۴/۳۰b	۳۴/۲۷b	۳۱/۳۲b

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.

- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم بر متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۷) : مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ(نمونه برداری سوم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۷۴/۳۵ab	۷۱/۷۹bc	۶۹/۵۹c	۶۴/۳۵d
گلدهی	۷۷/۹۷a	۷۶/۶۸a	۷۵/۸۸ab	۷۴/۶۳ab
پرشدن دانه	۷۷/۲۲a	۷۶/۶۷a	۷۵/۸۸ab	۷۵/۶۸ab

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی دار ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم بر متر مربع می باشد.

جدول شماره (۸) : مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه(نمونه برداری سوم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۷۹/۱۳h	۷۷/۱۰e	۷۴/۴۰d	۷۳/۲۵d
گلدهی	۸۲/۰۵a	۸۱/۰۷ab	۸۰/۳۲ab	۸۰/۰۶ab
پرشدن دانه	۸۱/۶۰a	۸۱/۵۷a	۸۲/۲۲a	۸۲/۰۷a

میانگین هایی دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد

جدول شماره (۹) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته (نمونه برداری سوم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۵۳/۵c	۱۴۸/۹d	۱۴۴e	۱۳۵/۸۱
گلدهی	۱۶۰a	۱۵۷/۸abc	۱۵۶/۲abc	۱۵۴/۷bc
پرشدن دانه	۱۵۸/۸ab	۱۵۸/۲abc	۱۵۶/۹abc	۱۵۰/۲abc

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد

جدول شماره (۱۰) مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری چهارم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۰۹/۹ab	۹۹/۴d	۸۰e	۷۲/۷۶f
گلدهی	۱۱۲/۵a	۱۰۹ab	۱۰۴/۹c	۱۰۳/۲c
پرشدن دانه	۱۱۲/۱a	۱۰۸/۴b	۱۰۵/۱c	۱۰۴/۱c

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری برگ ها گرم بر متر مربع می باشد

جدول شماره (۱۱) : مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (نمونه برداری چهارم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۸۴/۳a	۱۶۴/۵ b	۱۳۰/۸ c	۹۸/۲۵d
گلدهی	۱۸۸a	۱۸۵/۸ a	۱۸۲/۱a	۱۸۰a
پرشدن دانه	۱۸۵/۷a	۱۸۴/۳ a	۱۸۳/۱ a	۱۸۱/۸a

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- **جدول شماره (۱۲) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته (نمونه برداری چهارم)**

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۲۹۴/۲abc	۲۶۳/۹d	۲۱۰/۸e	۱۷۱f
گلدهی	۳۰۰/۵a	۲۹۴/۸abc	۲۸۷abc	۲۸۳/۲c
پرشدن دانه	۲۹۸ab	۲۹۲/۷abc	۲۸۸/۲abc	۲۸۵/۹bc

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.

- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- **جدول** شماره (۱۳) : **مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ** (نمونه برداری پنجم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۱۴/۳bcd	۱۰۵/۲e	۸۵/۰۶h	۷۶/۹۱i
گلدهی	۱۱۵/۸ab	۱۱۱/۹d	۹۸/۶۳f	۹۴/۳۴g
پرشدن دانه	۱۱۷/۱a	۱۱۴/۶abc	۱۱۳/۳bcd	۱۱۲/۷cd

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ٪۵ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۱۴) : مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (نمونه برداری پنجم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۲۸۹/۷ab	۲۴۰/۶d	۱۹۱/۱f	۱۳۱/۹g
گلدهی	۲۹۰/۷ab	۲۶۶/۵c	۲۴۱/۲d	۲۰۳/۶e
پرشدن دانه	۲۹۴/۱a	۲۹۰/۳ab	۲۸۴/۷ab	۲۸۲b

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۱۵) : مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله (نمونه برداری پنجم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۳۳/۵ab	۱۱۹/۸۰bc	۹۷/۲۶e	۸۴/۹۵ef
گلدهی	۱۲۵/۸bc	۹۹/۰۳de	۸۸/۳۳e	۷۲/۶۱f
پرشدن دانه	۱۴۲/۹a	۱۳۴/۴ab	۱۲۵/۱bc	۱۱۳/۵cd

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۱۶) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته (نمونه برداری پنجم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۵۳۷/۶a	۴۵۹/۵c	۳۷۳/۴e	۲۹۳/۸f
گلدهی	۵۳۲/۴a	۴۷۷/۵bc	۴۲۸/۲d	۳۷۰/۶e
پرشدن دانه	۵۴۷/۲a	۵۳۹/۳a	۵۲۲a	۴۸۶b

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۱۷) : مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری ششم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۵۴/۰۹a	۴۹/۱۱b	۴۱/۳۴de	۳۲/۷۶g
گلدهی	۵۲/۱۱ab	۴۴/۱cd	۳۶/۷۱f	۲۸/۵h
پرشدن دانه	۴۴/۸۱c	۳۹/۰۸ef	۳۲/۲۲g	۲۳/۸۴i

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ٪۵ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۱۸) : مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (نمونه برداری ششم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۳۵۹/۴bc	۳۳۳/۳e	۲۹۸f	۲۲۲/۹h
گلدهی	۳۷۲/۳ab	۳۳۷/۸de	۳۰۴/۴f	۲۶۴g
پرشدن دانه	۳۸۰/۳a	۳۵۱/۱cd	۳۱۲/۹f	۲۹۹/۹f

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۱۹) : مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله (نمونه برداری ششم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۴۶۶/۲a	۴۰۵/۴bc	۳۵۹/۱de	۳۱۵fg
گلدهی	۴۱۴/۱b	۳۶۷/۲de	۳۲۱/۵fg	۲۷۴/۲h
پرشدن دانه	۳۷۲/۳cd	۳۳۲/۹ef	۲۹۲/۴gh	۲۲۴/۶i

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ٪۵ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- **جدول شماره (۲۰) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته** (نمونه برداری ششم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۸۷۸/۴a	۷۸۷/۷c	۶۹۸/۴e	۵۸۰/۷g
گلدهی	۸۳۸/۵b	۷۴۹/۵d	۶۶۲/۷f	۵۶۶/۷gh
پرشدن دانه	۷۹۷/۵c	۷۲۳/۱de	۶۳۷/۵f	۵۴۸/۴h

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- **جدول شماره (۲۱) : مقایسه میانگین برای وزن خشک برگ (نمونه برداری هفتم)**

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۳۵/۸۶a	۲۸/۶۵c	۲۲/۳۶d	۱۵/۹۸f
گلدهی	۳۳/۹۵a	۲۶/۴۴c	۱۹/۴۸e	۱۰/۹g
پرشدن دانه	۳۱/۲۵b	۲۱/۰۴de	۱۲/۲۸g	۶/۲۱۵h

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- **جدول شماره (۲۲) : مقایسه میانگین برای وزن خشک ساقه (نمونه برداری هفتم)**

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۳۹۵/۷ab	۳۶۵/۱c	۳۴۴d	۲۵۹/۹f
گلدهی	۴۱۰/۷a	۳۸۶/۷b	۳۴۶/۶cd	۳۰۰/۹e
پرشدن دانه	۴۱۴/۵a	۴۰۸/۹a	۳۴۸/۲cd	۳۱۶/۹e

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۲۳) : مقایسه میانگین برای وزن خشک سنبله (نمونه برداری هفتم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۵۱۱/۴a	۴۶۵/۵b	۴۲۴/۶c	۳۷۲/۳e
گلدهی	۴۶۷/۸b	۴۲۳/۹c	۳۹۴/۵de	۳۳۳/۲f
پرشدن دانه	۴۳۷/۶۰c	۴۱۰/۲cd	۳۶۷/۸e	۳۱۹/۲f

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۲۴) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته (نمونه برداری هفتم)

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۹۴۳a	۸۶۰/۲c	۷۹۱d	۶۸۶/۷fg
گلدهی	۹۱۲/۴ab	۸۴۳/۸c	۷۶۰/۶de	۶۴۶g
پرشدن دانه	۸۸۴/۳bc	۸۴۰/۱c	۷۲۸/۳ef	۶۲۴/۳a

- میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ٪۵ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند.
- واحد اندازه گیری بر مبنای گرم در متر مربع می باشد.

- جدول شماره (۲۵) : مقایسه میانگین برای وزن خشک کل بوته(گرم در متر مربع):

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۱۲۸a	۹۴۵/۵c	۸۹۹/۳de	۸۳۱/۵f
گلدهی	۱۰۳۳b	۹۴۰/۵c	۸۳۷e	۷۶۶/۵g
پرشدن دانه	۹۲۱/۵cd	۹۰۴/۳de	۸۱۱/۸f	۷۲۳h

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۲۶) : مقایسه میانگین برای عملکرد دانه(گرم در متر مربع) :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۴۳۷/۱c	۳۵۴/۳e	۳۲۵/۵fg	۲۸۸/۲h
گلدهی	۳۷۳/۵d	۳۳۱f	۲۹۵/۳h	۲۵۰/۷i
پرشدن دانه	۴۶۸/۴a	۴۵۵/۳b	۳۷۴/۷d	۳۱۸g

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۲۷) : مقایسه میانگین برای شاخص برداشت:

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۳۸/۷۲d	۳۷/۵۳e	۳۶/۲۷f	۳۴/۷۲g
گلدهی	۳۶/۱۴f	۳۵/۱۹g	۳۳/۸۶h	۳۲/۸۶i
پرشدن دانه	۵۰/۸۴a	۵۰/۳۶a	۴۶/۱۸b	۴۴/۰۸c

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۲۸) : مقایسه میانگین برای ارتفاع بوته(سانتیمتر) :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۸۳/۲۵d	۷۴/۷۵f	۶۴/۵g	۶۱/۲۵h
گلدهی	۸۷/۷۵ab	۸۴cd	۷۹/۵e	۷۵/۵f
پرشدن دانه	۹۰a	۸۵/۵bc	۷۹/۵e	۷۶/۲۵f

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۲۹) : مقایسه میانگین برای وزن هزار دانه (گرم):

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۴۹/۷۵a	۴۵/۲۵bc	۴۴cd	۴۲/۵de
گلدهی	۴۶b	۴۳/۲۵d	۴۱efg	۴۰fg
پرشدن دانه	۴۲/۲۵bcd	۴۱/۲۵ef	۳۹/۲۵g	۳۷h

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۰) : مقایسه میانگین برای وزن سنبله(گرم در متر مربع):

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۶۳۴/۹a	۵۷۵/۱b	۵۰۸/۳cd	۴۶۹/۱de
گلدهی	۵۹۴/۱b	۵۰۶/۶cd	۴۷۱/۶de	۴۱۶/۶f
پرشدن دانه	۵۲۱c	۴۸۵/۱cd	۴۴۰/۸ef	۳۶۴/۳g

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۱) : مقایسه میانگین برای تعداد سنبله (در متر مربع):

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۴۲۹bc	۳۹۱/۵cd	۳۶۸de	۳۲۰/۸f
گلدهی	۴۶۶/۵b	۴۳۳bc	۳۵۱/۵def	۳۲۶ef
پرشدن دانه	۵۲۴/۵a	۴۱۸/۵c	۳۷۴/۳d	۳۴۷/۵def

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۲) : مقایسه میانگین برای تعداد سنبلچه(در متر مربع) :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۵a	۱۴abc	۱۳cde	۱۱/۷۵f
گلدهی	۱۳/۲۵bcd	۱۲/۲۵def	۱۱/۲۵f	۱۰g
پرشدن دانه	۱۴/۲۵ab	۱۳cde	۱۲ef	۱۱/۲۵f

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۳) : مقایسه میانگین برای تعداد دانه در سنبله :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۳۷/۵a	۳۱c	۲۹cd	۲۶/۷۵de
گلدهی	۳۰c	۲۷/۲۵d	۲۴/۷۵e	۲۲f
پرشدن دانه	۳۴/۲۵b	۲۹/۷۵c	۲۷/۵d	۲۴/۷۵e

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۴) : مقایسه میانگین برای وزن کاه (گرم در متر مربع) :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۶۹۱/۲a	۵۹۱/۲cd	۵۷۳/۷d	۵۴۳/۳e
گلدهی	۶۵۹/۸b	۶۰۹/۵c	۵۷۷/۷d	۵۱۵/۸f
پرشدن دانه	۴۵۳/۱g	۴۴۸/۹g	۴۳۷/۱g	۴۰۵h

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۵) : مقایسه میانگین برای طول محور سنبله(سانتیمتر) :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۰/۲۷a	۸/۹۲bcd	۸/۱۵def	۶/۸۵gh
گلدهی	۹/۴۵bc	۸/۶۵cd	۷/۸ef	۶/۳۷h
پرشدن دانه	۹/۷۲ab	۸/۴۵de	۷/۶fg	۶/۹۵gh

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

- جدول شماره (۳۶) : مقایسه میانگین برای تراکم سنبله :

رژیم های آبیاری / مراحل رشد	FC	٪۷۵ FC	٪۵۰ FC	٪۲۵ FC
ساقه رفتن	۱۴/۵۹cde	۱۵/۶۴bc	۱۵/۸۶b	۱۷/۱۸a
گلدهی	۱۳/۹۸e	۱۴/۴۴de	۱۵/۳۷bcd	۱۶/۰۸b
پرشدن دانه	۱۴/۳۸de	۱۵/۳۸bcd	۱۵/۸۱b	۱۶/۲۱ab

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف آماری معنی داری ندارند

Abstract:

In other to study the effects of various moisture regimes on yield and yield components of wheat, this experiment was conducted in 1384-1385 as a split plot design experiment in farm of Agricultural collage of shahrood university of technology. In this study growth stages and different water regimes were examined as a main and sub plot. Levels of main plot include: Jointing stage, Flowering stage and Grain filling stage, whereas sub plot include: Irrigation at FC, 75%FC, 50%FC and 25%FC. Results of this study showed that irrigation regimes had significant effects on total dry weight, grain yield, and weight of 1000 seeds, protein percent and also number of spike. Grain yield were significantly decreased and affected by stressed treatment in flowering stage. According to this result, water stress in grain filling stage had significant effect on 1000 seed weight. Jointing stage was the most sensitive stage with water regimes in the number of spike per square meter. Also the results showed that lowest number of spike was obtained from water stress in flowering stage. But the stress treatment has no effect on number of grain per spike. In addition results indicated that the most sensitive stage of growth in relation to plant height was jointing stage .The results of this study showed that, with increasing water stress the amount of CGR decreased considerably. Effect of water stress on leaf area index was considerable, and with increasing the intensity of stress, LAI decreased. LAI decreased from 6.9 at FC to 4.7 at 25%FC . Also with increased in water stress, the amount of RGR, NAR, SLA and LAR decreased. The results also indicated that water stress affected the assimilate partitioning and with increasing intensity of stress, relative portion of stem and leaf storage has increased in the grain yield.