



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵
صفحه‌های ۹۸۷-۹۹۹

اثر تنش آبی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ و مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف پنبه

علی نادری عارفی^۱، علی احمدی^{۲*}، علی‌رضا توکلی^۳، موسی‌الرضا وفايي تبار^۴ و منیژه سبکدست^۵

۱. استادیار بخش تحقیقات پنبه و گیاهان لیفی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین - ایران
۲. استاد، گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران
۳. دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج - ایران
۴. استادیار بخش تحقیقات پنبه و گیاهان لیفی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین - ایران
۵. استادیار گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۰۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۱۰

چکیده

آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در گلخانه و مزرعه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرمسار، در سال زراعی ۹۳-۹۲ انجام شد. کرت‌های اصلی به تنش و کرت‌های فرعی به ژنوتیپ‌های پنبه اختصاص یافت. پس از ارزیابی ۲۸ ژنوتیپ در گلخانه، ژنوتیپ‌های ورامین، خرداد، K8801 و K8802 براساس ماده خشک در تنش به عنوان ارقام تجاری برتر انتخاب و در آزمایش مزرعه‌ای پاسخ آنها به تنش بررسی شد. در گلخانه تنش خشکی باعث کاهش RWC و تلفات رطوبتی برگ قطع شده (ELWL) گردید. ژنوتیپ No.221، آریا، نارابرای و سپید از نظر RWC به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند. بیشترین ELWL در ژنوتیپ آریا، K8802 و K8801 مشاهده شد که از رطوبت نسبی بالاتری هم برخوردار بودند. ELWL در شرایط تنش در ارقام ورامین و ساحل کمتر بود. در مزرعه اثر دوره‌های آبیاری ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۰ روزه بر عملکرد ورامین و خرداد و ژنوتیپ‌های K8801 و K8802 بررسی شد. دور آبیاری ۹ روزه باعث افزایش عملکرد ارقام ورامین، خرداد و K8801 شد، اما با شاهد در یک سطح آماری بودند. در سطوح رطوبتی چهارم و پنجم عملکرد کاهش یافت. دور آبیاری ۱۸ روزه نیز عملکرد را کاهش داد، اما با توجه به عدم تفاوت آماری و صرفه‌جویی، توصیه می‌شود پس از آبیاری‌های معمول تا شروع گل‌دهی (۳ نوبت با فواصل ۱۲ روزه)، از این دور آبیاری استفاده شود. توسعه کشت K8801 در مناطق مشابه می‌تواند ضمن کاهش مصرف آب باعث پایداری تولید شود.

کلیدواژه‌ها: تلفات آب برگ جدا شده، خشکی، ژنوتیپ، عملکرد، محتوای رطوبت نسبی

۱. مقدمه

در پژوهش‌های مرتبط با مقاومت به خشکی پنبه، بر صفات مختلفی از قبیل آهنگ تعرق، تبعیض ایزوتوپی کربن [۱۸]، دمای کانوپی [۱۰]، وزن ویژه برگ [۵]، ثبات غشای سلولی، تنظیم اسمزی برگ و ریشه [۲۴]، محتوای رطوبت نسبی برگ و طول ریشه [۲۰]، تجمع بیوماس [۷ و ۱۴] تمرکز شده است. با وجود این، تاکنون هیچ‌یک از صفات فیزیولوژیکی فوق همبستگی مثبت پایداری با تحمل تنش خشکی نشان نداده‌اند.

برگ جدا شده، مدل ساده‌ای برای مطالعه تلفات آب از کل بوته در طول تنش شدید آبی می‌باشد. پس از قطع برگ، روزه‌ها بسته می‌شوند و خروج رطوبت تنها از سطح کوتیکول و احتمالاً روزه‌های نیمه‌باز صورت می‌گیرد. بررسی تلفات آب برگ جدا شده (ELWL) روشی نسبتاً آسان و کم‌هزینه برای ارزیابی سریع تعداد زیادی از ژنوتیپ‌ها می‌باشد [۹]. از روابط آبی برگ جدا شده برای تخمین مقاومت به خشکی گندم استفاده شده است [۸]. بررسی تلفات آب نسبت به رطوبت اولیه برگ جدا شده روشی ساده و نسبتاً قابل اعتماد برای مقاومت به خشکی پنبه می‌باشد [۲۲]. تلفات آب برگ جدا شده (ELWL) به طور منفی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت [۲۸]. با کاهش ELWL مقاومت به خشکی افزایش یافت [۲۶]. با اندازه‌گیری ELWL در فواصل نیم ساعته و به مدت ۸ ساعت، مشخص گردید که این صفت، همبستگی بالایی با تحمل به خشکی پنبه دارد [۸].

تغییر در محتوای رطوبت نسبی برگ از پاسخ‌های دیگر گیاهان به تنش خشکی می‌باشد. تنش خشکی باعث کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ پنبه گردید که پاسخ ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت بود [۳۰]. این صفت با میزان تعرق همبستگی بالایی دارد [۱۷ و ۲۱]. بنابراین،

انتظار می‌رود که با افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ، تعرق نیز افزایش یافته و دمای برگ کاهش یابد. کاهش وزن اندام‌های رویشی از جمله ارتفاع بوته و طول ریشه از دیگر پاسخ‌های پنبه به تنش خشکی است. بررسی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح مختلف تنش خشکی در شرایط گلخانه نشان داد که گیاهچه ژنوتیپ‌های بلغار ۴۳۳ و تابلا دیلا وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته و تعداد برگ بیشتری داشته و از مقاومت بالایی به خشکی برخوردارند [۳].

علاوه بر ویژگی‌های رویشی، تنش خشکی عملکرد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. با بررسی تغییرات اجزای مختلف عملکرد ارقام مختلف پنبه در تنش خشکی مشخص گردید که تنش آبی از طریق کاهش تعداد غوزه، عملکرد را کاهش می‌دهد که در مجموع ارقام تابلا دیلا و سای‌اکرا متحمل‌تر بودند [۶]. همچنین، تنش آبی در شرایط گرگان باعث کاهش وزن غوزه و عملکرد گردید که این کاهش در رقم تابلا دیلا شدیدتر بود [۴]. کاهش عملکرد ارقام مختلف در اثر تنش خشکی در شرایط پنبه‌کاری پاکستان نیز گزارش گردید، در این پژوهش مشاهده شد که تنش خشکی تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه و عملکرد را کاهش می‌دهد [۲۲ و ۲۸].

تنش خشکی تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو پنبه دارد و اثر اولیه آن بر ساختار گیاه، مرفولوژی برگ و ساختار سلول است [۱۶ و ۲۰]. با توجه به همبستگی صفات مختلف برگ با عملکرد و تحمل خشکی، این پژوهش با هدف شناخت ویژگی‌های مطلوب برگ انجام گردید تا با مدیریت آنها از طریق عملیات به‌زراعی و به‌نژادی، عملکرد در شرایط تنش خشکی فزاینده، افزایش یابد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرمسار و در

1. Excised Leaf water Loss

به‌زراعی کشاورزی

در مرحله دوبرگی، گلدان‌ها تنک شده و در هر گلدان یک بوته باقی ماند. گلدان‌های شاهد به‌طور مرتب آبیاری شدند. با توزین روزانه تعدادی از گلدان‌ها میزان رطوبت نسبت به ظرفیت زراعی تعیین و آبیاری آنها در محدوده‌های رطوبتی هر سطح تنش، انجام شد. در مرحله شروع گل‌دهی و ۲۴ ساعت پس از آخرین آبیاری، خصوصیات ظاهری شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد برگ ریخته شده، دمای برگ، و میزان کلروفیل (شاخص SPAD)، رطوبت نسبی برگ، تعیین شد. دمای برگ در ساعت ۱۲ تا ۱۴ با استفاده از دماسنج مادون قرمز (Terminator, TIR 8861) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین میزان رطوبت نسبی برگ (RWC^*) و تلفات آب برگ جدا شده (ELWL) برگ دوم کاملاً باز شده انتهایی، قطع و پس از تعیین وزن تازه توسط ترازوی دیجیتال، در فواصل دو ساعته، کاهش وزن اندازه‌گیری شد. سپس، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شد و پس از خشک کردن با کاغذ خشک کن، وزن اشباع آنها تعیین شد. در نهایت برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن خشک آنها تعیین شد. تلفات آب برگ جدا شده (ELWL) پس از ۲، ۴ و ۶ ساعت محاسبه شد [۲۲].

$$ELWL = 100 \times (W_F - W_m) / (W_F - W_D) \quad (1)$$

در این رابطه، ELWL افت رطوبت برگ قطع شده، W_m وزن تر برگ، W_D وزن برگ پژمرده در ۲، ۴ و ۶ ساعت پس از قطع و W_F وزن خشک برگ می‌باشد. کرت‌های اصلی به سطوح مختلف تنش آبی و کرت‌های فرعی به ژنوتیپ‌های ورامین، خرداد، K8801 و K8802 اختصاص داده شدند. کرت‌های فرعی به صورت ۵ سطح رطوبتی شامل: (۱) شاهد (حفظ رطوبت ناحیه

شرایط گلخانه و مزرعه به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا گردید. دمای گلخانه در روز در حدود ۴۰ درجه و در شب حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. رطوبت نسبی ۴۵ درصد و ساعات روشنایی در کل دوره رشد ۱۵ ساعت بود. در گلخانه عامل اصلی ۲۸ ژنوتیپ و عامل فرعی سطوح تنش خشکی (شاهد: حفظ رطوبت در ۸۵ درصد ظرفیت زراعی، تنش نسبتاً شدید و شدید: آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک گلدان به ۴۵ و ۲۰ درصد) بود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی عبارت بودند از: ارقام تجاری *Gossypium hirsutum* (تراپلوئید):

ورامین، سپید، خرداد، ساحل، سیلند، اولتان، بختگان، پاک، نازیلی ۸۴، تابلا دیلا، نارابرای استرالیا، بلغار ۴۳۲

ارقام تجاری *G. barbadense* (تراپلوئید): ترمز ۱۴

ارقام در شرف معرفی *G. hirsutum* (تراپلوئید):

K8801, K8802

ارقام بومی *G. herbaceum*: بومی آریا، بومی گرمسار

سایر ژنوتیپ‌ها *G. hirsutum* (تراپلوئید): 43347,

43254, ASJ2, CA228, No.200, No.210, No.211, Q31

پس از تهیه بذر ارقام فوق از مؤسسه تحقیقات پنبه

کشور، در تاریخ ۹۲/۲/۲۵ اقدام به کاشت در گلدان‌های

پلاستیکی زهکش‌دار، با قطر دهانه ۱۰ و ارتفاع ۵۰

سانتی‌متر گردید. ترکیب خاک مورد استفاده ماسه بادی،

کود حیوانی و خاک مزرعه به نسبت ۳۰، ۳۰ و ۴۰ درصد

و بافت خاک لوم سیلتی بود. جهت تعیین میزان رطوبت

ظرفیت زراعی، در گلدان‌های غیرآزمایشی از روش

رطوبت نسبی خاک ($RSWC^1$) استفاده شد [۲]:

(وزن گلدان خشک - وزن گلدان بعد از خروج آب

اضافه) / (وزن تر کل بوته - وزن خشک گلدان - وزن

گلدان کامل) = $RSWC$

با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

آزمایش گلخانه‌ای

اثر تنش خشکی بر وزن خشک شاخساره، محتوای رطوبت نسبی برگ و تلفات رطوبتی برگ قطع شده در مقاطع زمانی مختلف معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات پاسخ متفاوتی به تنش خشکی نشان دادند (جدول ۱). در شرایطی که آبیاری بوته‌ها پیش از رسیدن رطوبت خاک به ۸۵ درصد ظرفیت زراعی انجام می‌شد، بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ به میزان حدود ۹۴ درصد در ژنوتیپ‌های ۴۳۲۵۹، بلغار و ۴۳۳۴۷ مشاهده شد (جدول ۲). کمترین محتوای رطوبت نسبی برگ هم در رقم بختگان (۸۰ درصد) و ترمز ۱۴ (۷۰/۱ درصد) مشاهده گردید.

ریشه در حد ۸۵ درصد ظرفیت زراعی معادل ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، (۲) تنش ملایم (۶۵ درصد ظرفیت زراعی، معادل ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، (۳) تنش متوسط (۴۵ درصد ظرفیت زراعی، معادل ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، (۴) تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی، معادل ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و (۵) تنش خیلی شدید (۱۵ درصد ظرفیت زراعی، معادل ۳۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) اعمال گردید. هر کرت فرعی متشکل از ۴ خط کشت به طول ۸ متر و فاصله ۷۵ سانتی‌متر، با تراکم ۷ بوته در مترمربع بود. کاشت به صورت دستی و عملیات معمول زراعی شامل کوددهی، وجین و تنک انجام شد. در پایان، از هر کرت ۵ بوته انتخاب و صفات رویشی و اجزای عملکرد شامل تعداد بوته در واحد سطح، تعداد غوزه در بوته و وزن تک غوزه اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصله در نرم‌افزار Excel ثبت و

جدول ۱. میانگین مربعات ماده خشک شاخساره و ویژگی‌های برگ در شرایط گلخانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ماده خشک شاخساره (gr)	RWC (%)	ELWL2 (%)	ELWL4 (%)	ELWL6 (%)
تنش	۲	۱۱۱/۶**	۱۰/۲**	۱۷۸۴/۵**	۴۵۹۳۷**	۵۴۹۶۱**
اشتباه اصلی	۴	۲/۰۵	۰/۰۳	۸۶/۲	۱۹۵/۲	۸۲/۰۳
ژنوتیپ	۲۷	۲/۳۶**	۰/۲۵**	۶۰۳/۴۵**	۱۵۵۷**	۷۲۰**
ژنوتیپ × تنش	۵۴	۰/۵۶**	۰/۰۹**	۳۱۱۱**	۴۰۹**	۴۸۳/۴**
اشتباه فرعی	۱۶۲	۰/۲۱	۰/۰۰۴	۳۰/۴	۳۸	۱۱/۵
ضریب تغییرات (%)	-	۱۹/۷	۹/۷۵	۲۷/۸	۱۱/۴	۵/۴

ns، * و **: غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

برگ در ارقام تابلا دیلا، آریا و پاک مشاهده گردید (به ترتیب ۹۱، ۸۴/۵ و ۸۲/۳ درصد). رقم بومی گرمسار با ۵۸ درصد و رقم بلغار ۴۳۲ با رطوبت نسبی ۵۵/۶ درصد،

کاهش رطوبت خاک تا ۴۵ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ به میزان ۱۶/۲ درصد شد. در این سطح از تنش، بیشترین محتوای رطوبت نسبی

در تنش شدید (۲۰ درصد ظرفیت زراعی) تلفات رطوبت کمتر بود که ژنوتیپ‌های ورامین و K8802 از این نظر به بقیه ژنوتیپ‌ها برتری نشان دادند (به ترتیب ۸/۴۵ و ۶/۴ درصد). ژنوتیپ‌های آریا با اتلاف ۲۲/۴ درصد و بومی گرمسار با ۲۲/۱ درصد، بیشترین تلفات رطوبت را در شرایط تنش شدید نشان دادند (جدول ۳). پس از گذشت ۴ ساعت، میانگین تلفات آب برگ از ۷۹/۴ درصد در شرایط شاهد به ۴۴/۹ درصد در تنش ملایم و ۳۸/۳۲ درصد در تنش شدید کاهش یافت که نشان‌گر سازگار شدن ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش می‌باشد. بیشترین مقدار این صفت در تیمار شاهد و در ارقام ساحل و آریا به ترتیب ۸۵/۹ و ۸۵/۷ درصد مشاهده گردید. کمترین مقدار آن هم در ارقام سیلند، ۱۳/۵ درصد و خرداد، ۱۰/۳ درصد مشاهده گردید.

با گذشت شش ساعت از قطع کردن برگ‌ها از بوته، ELWL6 به طور متوسط از ۸۴/۵ درصد در تیمار شاهد به ۵۸/۲۶ درصد در تنش ملایم و ۳۹/۶۵ درصد در تنش شدید کاهش یافت. در تیمار شاهد پس از ۶ ساعت برگ ژنوتیپ‌های Asj2 و N0.200 در حد خشکیدگی قرار داشت (ELWL6 معادل ۹۴ و ۹۳/۶ درصد). با این حال، برگ ژنوتیپ‌های خرداد و نازیلی تنها ۱۵ و ۱۷ درصد آب خود را از دست دادند که حاکی از توانایی بالای این ژنوتیپ‌ها در حفظ رطوبت برگ می‌باشد (جدول ۳). با اندازه‌گیری ELWL در فواصل نیم ساعته و به مدت ۸ ساعت، همبستگی بالایی با تحمل به خشکی پنبه مشاهده گردید [۸]. با کاهش ELWL مقاومت به خشکی افزایش می‌یابد [۲۵]. در پژوهش حاضر نیز مشاهده گردید که با افزایش شدت تنش، تلفات آب برگ قطع شده کاهش یافت.

کمترین مقدار این صفت را داشتند. کاهش رطوبت خاک تا ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، محتوای رطوبت نسبی برگ را از ۸۶/۹ در تیمار شاهد به ۴۸/۵ در تنش شدید کاهش داد (۴۴ درصد کاهش). در این سطح از تنش ژنوتیپ‌های سپید، با ۷۵/۵۱ درصد، No.221 با ۷۳/۳ درصد و بومی سرخه با ۷۱/۳ درصد، دارای بیشترین محتوای رطوبت نسبی بودند (جدول ۲). کمترین مقدار این صفت در تنش شدید در رقم بومی گرمسار و ژنوتیپ Asj2 مشاهده شد (به ترتیب ۳۲/۲ و ۳۱ درصد). کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی در تحقیقات دیگر نیز اثبات شده است [۱۱، ۱۸ و ۲۰].

بررسی تلفات آب برگ جدا شده (ELWL) نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت به طور معنی‌داری اختلاف دارند (جدول ۱). تلفات رطوبت از برگ بوته‌هایی که در تنش شدید رشد کرده بودند، پس از ۶ ساعت از حدود ۸۵ درصد در شرایط شاهد، به ۴۰ درصد کاهش یافت. در تیمار شاهد ۲ ساعت پس از قطع برگ‌ها (ELWL2) تلفات رطوبت برگ ژنوتیپ‌های سیلند، Asj2 و نازیلی به ترتیب ۶/۷، ۸/۱۱ و ۹/۸ درصد بود که بیان‌گر توانایی این ژنوتیپ‌ها در حفظ رطوبت برگ می‌باشد (جدول ۳). بیشترین تلفات رطوبتی برگ پس از ۲ ساعت (ELWL2) در ژنوتیپ‌های Q31 و K8801 به ترتیب ۵۷/۶ و ۴۷/۳ درصد مشاهده گردید. در شرایط بدون تنش ارقام خرداد و پاک از نظر این صفت به ژنوتیپ‌های دیگر برتری نشان دادند، به طوری که ELWL2 آنها به ترتیب ۷/۴ و ۶/۹ درصد بود. در تنش ملایم (رطوبت خاک معادل ۴۵ درصد ظرفیت زراعی) پس از گذشت ۲ ساعت از قطع (ELWL2)، کاهش رطوبت برگ رقم سپید و ژنوتیپ K8802 بیش از بقیه ژنوتیپ‌ها بود (به ترتیب ۵۷ و ۵۴/۲ درصد)، اما ارقام خرداد و پاک کمترین تلفات رطوبت برگ (۷/۴ و ۶/۹ درصد) را نشان دادند.

اثر تنش آبی بر ویژگی های فیزیولوژیکی برگ و مقاومت به خشکی ژنوتیپ های مختلف پنبه

جدول ۳. مقایسه میانگین تلفات رطوبتی برگ و درصد تغییرات آن در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و شدید. خشکی بلند مدت از مرحله ۸ برگی تا شکفتن اولین غوزه ادامه یافت. در این مرحله در هر سطح از تنش، بیش از آبیاری جوان ترین برگ انتهایی قطع شد و پس از تعیین وزن تر تغییرات وزن آن پس از ۲ (ELWL2) و ۴ (ELWL4) ساعت (ELWL6) ثبت شد. هر عدد میانگین سه تکرار است. در انتهای جدول میانگین صفات و میانگین درصد تغییرات درج شده است.

ELWL2 (%)										ELWL4 (%)									
ژنوتیپ	شاهد	رتبه	تنش ملایم	درصد تغییر	رتبه	تنش شدید	درصد تغییر	رتبه	ژنوتیپ	شاهد	رتبه	تنش ملایم	درصد تغییر	رتبه	تنش شدید	درصد تغییر	رتبه	ژنوتیپ	
Q31	۵۱/۶۸	۱	۳۰/۴۸۸	-۱۱	۱۳	۱۳/۳۰۰	-۱۶	۱۳	Sahel	۸۵/۹۸	۱	۲۹/۵۸۸	۱/۲	۱۰	۲۹/۵۸۸	۱/۲	۷	K8802	
K8802	۳۷/۴۵	۲	۵/۶۸۸	۵-۵	۱۵	۶/۳۰	-۵۲	۱۵	Aria	۸۵/۹۸	۲	۳۵/۴۸۰	-۵/۷	۱۲	۳۵/۴۸۰	-۵/۷	۱۰	No.221	
No.221	۳۱/۴۵	۳	۱۵/۶۰۰	۱۰	۱۷	۱۶/۴۰۰	-۷۷	۱۷	Varamin	۸۵/۹۸	۳	۲۰/۴۸۰	-۱/۸	۱۸	۲۰/۴۸۰	-۱/۸	۱۸	CA228	
CA228	۳۱/۴۵	۴	۱۵/۶۰۰	۱۹	۲۱	۹/۳۰۰	-۷۲	۲۱	Q31	۸۵/۹۸	۴	۱۵/۴۸۰	-۸	۴	۱۵/۴۸۰	-۸	۴	Sepid	
Sepid	۳۵/۴۵	۵	۵/۶۰۰	۱۴	۲	۱۶/۳۰۰	-۶۴	۲	No.200	۸۵/۹۸	۵	۱۱/۴۸۰	-۱۲	۶	۱۱/۴۸۰	-۱۲	۶	Sorkhe	
Sorkhe	۳۳/۴۵	۶	۳۵/۶۰۰	۷	۱۸	۹/۳۰۰	-۱۹	۱۸	B557	۸۵/۹۸	۶	۱۱/۴۸۰	-۱۵/۷	۱۱	۱۱/۴۸۰	-۱۵/۷	۱۱	No.210	
No.210	۳۳/۴۵	۷	۳۶/۴۸۰	-۲۷	۱۷	۱۱/۵۰۰	-۷۶	۱۷	Sepid	۸۵/۹۸	۷	۱۱/۴۸۰	-۲۲/۴	۳	۱۱/۴۸۰	-۲۲/۴	۳	No.200	
No.200	۳۳/۴۵	۸	۳۱/۴۸۰	۵	۱۹	۹/۳۰۰	-۵۸	۱۹	43259	۸۵/۹۸	۸	۱۱/۴۸۰	-۱۳/۲	۱۵	۱۱/۴۸۰	-۱۳/۲	۱۵	Aria	
Aria	۳۳/۴۵	۹	۳۸/۴۸۰	-۱۴	۲۱	۱۱/۴۸۰	-۳۳	۲۱	43347	۸۵/۹۸	۹	۱۱/۴۸۰	-۱/۹	۱۹	۱۱/۴۸۰	-۱/۹	۱۹	Bolgahar	
Bolgahar	۳۳/۴۵	۱۰	۱۵/۶۰۰	-۱۰	۲۲	۱۱/۴۸۰	-۶۲	۲۲	Sorkhe	۸۵/۹۸	۱۰	۱۱/۴۸۰	-۲۷/۱	۲	۱۱/۴۸۰	-۲۷/۱	۲	Garmsar	
Garmsar	۳۳/۴۵	۱۱	۱۵/۶۰۰	۷۸	۱۲	۱۱/۴۸۰	۸	۱۲	Termez14	۸۵/۹۸	۱۰	۱۱/۴۸۰	-۲۱/۵	۱۴	۱۱/۴۸۰	-۲۱/۵	۱۴	K8801	
K8801	۳۳/۴۵	۱۲	۱۵/۶۰۰	-۱۷	۲۳	۱۱/۴۸۰	۷	۲۳	K8802	۸۵/۹۸	۱۱	۱۱/۴۸۰	-۲۱/۶	۱	۱۱/۴۸۰	-۲۱/۶	۱	Omumui	
Omumui	۳۳/۴۵	۱۳	۳۳/۴۸۰	۴۰	۲۴	۱۶/۳۰۰	-۱۳	۲۴	Asj2	۸۵/۹۸	۱۲	۳۰/۴۸۰	-۲۵/۳	۲۶	۳۰/۴۸۰	-۲۵/۳	۲۶	Narabrai	
Narabrai	۳۳/۴۵	۱۴	۱۵/۶۰۰	-۱۳	۲۵	۱۵/۳۰۰	-۷	۲۵	Nazili	۸۵/۹۸	۱۳	۳۰/۴۸۰	-۲۵	۲۰	۳۰/۴۸۰	-۲۵	۲۰	Sahel	
Sahel	۳۳/۴۵	۱۵	۱۵/۶۰۰	۱۵	۲۶	۱۶/۳۰۰	-۲۴	۲۶	Sealand	۸۵/۹۸	۱۴	۲۵/۴۸۰	-۱۹/۸	۲۱	۲۵/۴۸۰	-۱۹/۸	۲۱	43259	
43259	۳۳/۴۵	۱۶	۱۶/۶۰۰	-۱۵	۲۷	۱۶/۳۰۰	-۱۶	۲۷	Narabrai	۸۵/۹۸	۱۵	۲۵/۴۸۰	-۵/۲	۱۳	۲۵/۴۸۰	-۵/۲	۱۳	Khordad	
Khordad	۳۳/۴۵	۱۷	۱۶/۶۰۰	-۲۲	۲۸	۱۶/۳۰۰	-۲۹	۲۸	K8801	۸۵/۹۸	۱۶	۲۳/۴۸۰	-۲۰/۸	۱۴	۲۳/۴۸۰	-۲۰/۸	۱۴	Bakhtegan	
Bakhtegan	۳۳/۴۵	۱۸	۱۶/۶۰۰	-۶۴	۲۹	۱۶/۳۰۰	-۵۹	۲۹	Pak	۸۵/۹۸	۱۷	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۸	۱۳	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۸	۱۳	Oltan	
Oltan	۳۳/۴۵	۱۹	۱۶/۶۰۰	۳۲	۳۰	۱۶/۳۰۰	۵۱	۳۰	Bakhtegan	۸۵/۹۸	۱۸	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۸	۲۵	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۸	۲۵	Pak	
Pak	۳۳/۴۵	۲۰	۱۶/۶۰۰	۲۵	۳۱	۱۶/۳۰۰	-۹	۳۱	Oltan	۸۵/۹۸	۱۹	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۲	۱۶	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۲	۱۶	B557	
B557	۳۳/۴۵	۲۱	۱۶/۶۰۰	۳	۳۲	۱۶/۳۰۰	-۴	۳۲	No.221	۸۵/۹۸	۱۹	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۶	۹	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۶	۹	Termez14	
Termez14	۳۳/۴۵	۲۲	۱۶/۶۰۰	-۶	۳۳	۱۶/۳۰۰	-۲۸	۳۳	Tabladilla	۸۵/۹۸	۲۰	۲۳/۴۸۰	-۴۲/۲	۱۷	۲۳/۴۸۰	-۴۲/۲	۱۷	Varamin	
Varamin	۳۳/۴۵	۲۳	۱۶/۶۰۰	-۱۹	۳۴	۱۶/۳۰۰	۱	۳۴	No.210	۸۵/۹۸	۲۱	۲۳/۴۸۰	-۵۶/۲	۵	۲۳/۴۸۰	-۵۶/۲	۵	Tabladilla	
Tabladilla	۳۳/۴۵	۲۴	۱۵/۶۰۰	-۳	۳۵	۱۶/۳۰۰	-۱۲	۳۵	CA228	۸۵/۹۸	۲۲	۲۳/۴۸۰	-۶۲	۷	۲۳/۴۸۰	-۶۲	۷	43347	
43347	۳۳/۴۵	۲۵	۱۶/۶۰۰	۱۱	۳۶	۱۶/۳۰۰	۲۳	۳۶	Bolgahar	۸۵/۹۸	۲۳	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۲	۱۲	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۲	۱۲	Nazili	
Nazili	۳۳/۴۵	۲۶	۱۶/۶۰۰	-۲۷	۳۷	۱۶/۳۰۰	-۵۷/۹	۳۷	Khordad	۸۵/۹۸	۲۴	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۲	۲۲	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۲	۲۲	Asj2	
Asj2	۳۳/۴۵	۲۷	۱۶/۶۰۰	-۲۷	۳۸	۱۶/۳۰۰	-۵۷/۱	۳۸	Omumui	۸۵/۹۸	۲۵	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۱	۸	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۱	۸	Sealand	
Sealand	۳۳/۴۵	۲۸	۱۶/۶۰۰	-۵۵	۳۹	۱۶/۳۰۰	-۱۰	۳۹	Garmsar	۸۵/۹۸	۲۶	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۱	۲۲	۲۳/۴۸۰	-۵۷/۱	۲۲	Miyaghin	
Miyaghin	۳۳/۴۵	۲۹	۱۶/۶۰۰	۲/۳۲	۴۰	۱۶/۳۰۰	-۲۳/۶	۴۰		۸۵/۹۸	۲۷	۲۳/۴۸۰	-۳۷/۶	۲۲	۲۳/۴۸۰	-۳۷/۶	۲۲		

در هر ستون، میانگین هایی که با حروف مشابه نشان داده شده اند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ در یک گروه قرار دارند.

آزمایش مزرعه‌ای

و اجزای عملکرد تأثیر معنی‌دار داشت ($P < 0.01$). همچنین پاسخ ژنوتیپ‌های مورد بررسی به فواصل مختلف آبیاری از نظر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۴).

پس از انتخاب ارقام حساس و مقاوم و بررسی پاسخ‌های رشدی و عملکرد آنها به سطوح مختلف آبیاری در شرایط مزرعه، مشخص گردید که تنش خشکی زودرسی، عملکرد

جدول ۴. میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد در پاسخ به تنش خشکی در شرایط مزرعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غوزه	وزن غوزه	عملکرد	زودرسی
تنش	۴	۲۴۱/۷**	۶/۲۴**	۳۰۰۹۵۴۵۳**	۲۴۴/۶**
اشتباه اصلی	۸	۰/۴۳	۰/۰۰۴۶	۸۷۷۰۲	۵/۴۷
ژنوتیپ	۳	۱۴۱**	۰/۵*	۶۸۴۱۲۰۰**	۲۳۶۱**
ژنوتیپ × تنش	۱۲	۲۲/۷**	۰/۳۵**	۹۲۷۵۲۶**	۲۳۱/۴**
اشتباه فرعی	۳۰	۰/۵۴	۰/۰۱۴	۳۴۱۴۳۹۸۲	۶/۶
ضریب تغییرات (%)		۴/۰۲	۳/۱۲	۵/۵	۵/۷

ns، * و **: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد به تنش خشکی در مزرعه

با افزایش دور آبیاری و کاهش تدریجی رطوبت خاک، پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد بررسی شد. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد، به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) تحت تأثیر کاهش تدریجی رطوبت خاک قرار گرفتند. ارقام مورد بررسی از نظر عملکرد و اجزای عملکرد تفاوت معنی‌دار نشان دادند. همچنین، واکنش ارقام از نظر صفات مورد بررسی به سطوح رطوبتی مختلف، متفاوت بود (جدول ۴).

تعداد غوزه در بوته

تعداد غوزه از صفاتی است که در تحقیقات مختلف با عملکرد همبستگی مثبت بالایی نشان داده است [۱]. در این آزمایش نیز همبستگی عملکرد با تعداد غوزه مثبت و کاملاً معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در

سطوح تبخیری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر در مقایسه با شاهد (۱۵۰ میلی‌متر) تعداد غوزه در ژنوتیپ‌های K8801 و K8802 افزایش یافت (جدول ۶) (به ترتیب ۲۰، ۱/۲ درصد و ۱۱/۲۷، ۷/۶۹ درصد). به علت محدودیت رشد اندام‌های رویشی در این ژنوتیپ‌ها، افزایش رطوبت باعث بهبود رشد اندام‌های رویشی موجود شده است که شرایط را برای آغازش تعداد بیشتری از گره‌های زایشی و مکان‌های میوه‌دهی فراهم ساخته است. با ادامه کاهش رطوبت از سطح تبخیری ۲۰۰ میلی‌متر به بعد که معادل دوره‌های آبیاری ۲۴ و ۳۰ روزه بود، تعداد غوزه این ژنوتیپ‌ها کاهش یافته است (جدول ۶).

پاسخ رقم ورامین و خرداد از نظر تعداد غوزه به کاهش تدریجی رطوبت متفاوت است، به طوری که در آبیاری زیاد (دور آبیاری نه روزه) تعداد غوزه آنها کمتر از شاهد است. این ارقام در دور آبیاری معمول منطقه (آبیاری با تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر) به ترتیب با ۲۴/۳ و ۲۲/۶

ورامین، در تنش‌های شدید هم وزن غوزه نسبت به شاهد کاهش نیافت و حتی اندکی افزایش نیز مشاهده گردید. غوزه‌های پنبه با توجه به مقاومت زیاد در برابر اتلاف آب، نسبت به برگ‌ها از حساسیت کمتری به تنش کمبود آب برخوردارند و اصولاً تعرق انجام نمی‌دهند [۲۹].

وزن غوزه با تعداد غوزه همبستگی منفی اما غیرمعنی دار نشان داد (جدول ۵). در این رقم، حجم نسبتاً بالای رشد رویشی توانایی تأمین آسیمیلات کافی برای غوزه‌های باقی مانده را داشته است. در سایر ژنوتیپ‌ها که دارای رشد رویشی محدودی هستند، احتمالاً تنش خشکی، باعث ایجاد رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی و نیز بین غوزه‌های باقی مانده به حدی شده است که باعث کاهش وزن غوزه گردید. بین تقاضای آسیمیلات تک میوه و آسیمیلات تولیدی توسط برگ مجاور آن هماهنگی وجود ندارد [۱۹] و غوزه‌ها به انتقال مجدد مواد از سایر بخش‌ها و فتوسنتزی جاری برگ‌ها وابسته هستند. این انتقال در شرایط تنش آبی محدود می‌گردد و می‌تواند در کاهش وزن غوزه مؤثر باشد. جهت تأمین نیاز غوزه‌های در حال نمو، انتقال مجدد و حرکت کربن قابل توجهی بین گره‌ها و به درون و بیرون مخازن ذخیره‌ای مورد نیاز است [۱۰].

عدد غوزه، بیشترین تعداد غوزه در بوته را تشکیل دادند. تغییرات این صفت در ۲ سطح شدید تنش (۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌متر تبخیر) در ژنوتیپ K8802 کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها و سطوح تبخیری بود، که می‌توان از این پتانسیل برای تولید در شرایط خشکی زیاد بهره‌برداری کرد.

تا زمانی که آسیمیلات کافی از طریق فتوسنتز فراهم شود، تولید غوزه ادامه می‌یابد [۱۳]. تقاضای آسیمیلات رشد زایشی به طور نمایی افزایش می‌یابد، اما منحنی تأمین آسیمیلات به طور مجانب افزایش می‌یابد [۱۲]. احتمالاً با تشدید تنش خشکی، اختلاف این دو منحنی افزایش یافته و برگ‌ها توانایی تأمین آسیمیلات کافی برای تأمین رشد زایشی را از دست داده‌اند، در نتیجه توانایی تولید و نگه‌داری غوزه در بوته‌ها کاهش یافته است.

وزن غوزه

سه سطح اول رطوبتی تأثیر کاهنده بر وزن غوزه نداشت (به جز ژنوتیپ K8802). با افزایش شدت تنش از طریق افزایش دور آبیاری به ۲۴ و ۳۰ روز (۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیری)، وزن غوزه کلیه ژنوتیپ‌ها به غیر از ورامین کاهش یافت. بیشترین شدت کاهش وزن غوزه در ژنوتیپ K8802 به میزان ۳۲ درصد مشاهده گردید. در رقم

جدول ۵. همبستگی بین اجزای عملکرد در مزرعه

تیمار	غوزه ریخته شده	تعداد غوزه	وزن غوزه	عملکرد	زودرسی
غوزه ریخته شده	۱				
تعداد غوزه	۰/۷ ^{ns}	۱			
وزن غوزه	۰/۳۱*	-۰/۱۵ ^{ns}	۱		
عملکرد	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۹۵ ^{**}	-۰/۲۴ ^{ns}	۱	
زودرسی	۰/۱ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	-۰/۵۸ ^{**}	۰/۲۶ ^{ns}	۱

ns، * و **: غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

عملکرد

آبیاری در فواصل ۹ روزه با تبخیر ۱۰۰ میلی‌متر آب از تشتک تبخیر باعث افزایش رشد رویشی گردید که به صورت افزایش ارتفاع بوته، طول و تعداد شاخه رویا نمایان شد (جدول ۶). افزایش رشد رویشی تعادل بین رشد رویشی به زایشی را به نفع رشد رویشی تغییر داده است که در اثر آن عملکرد هماهنگ با افزایش تعداد آبیاری افزایش نیافت، حتی در رقم ورامین ۵/۶ درصد و در ژنوتیپ K8802 در حدود ۱۴ درصد کاهش نشان داد. هر دو ژنوتیپ مذکور در این سطح رطوبتی از رشد رویشی بی‌رویه برخوردار بودند.

مصرف زیاد آب در ژنوتیپ دارای تیپ بسته K8802 باعث تولید ۳ عدد شاخه رویا به طول حدود ۱۵ سانتی‌متر گردید که این تغییر رفتار رشدی می‌تواند در کاهش تولید آن در شرایط بدون تنش مؤثر باشد. سطح مطلوب رطوبتی ژنوتیپ‌ها به شرح زیر است (جدول ۶):

- در ژنوتیپ K8801 کاهش رطوبت خاک پس از تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک (دور آبیاری ۱۲ روزه) باعث کاهش عملکرد شد، در صورت محدودیت منابع آبی، دور آبیاری ۱۸ روزه باعث کاهش ۱۱/۶ درصدی عملکرد می‌شود، اما با تولید ۶۴۲۱ کیلوگرم محصول در هکتار نسبت به سطوح رطوبتی دیگر برتری دارد.

- بیشترین عملکرد ژنوتیپ K8802 (۵۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) در دور آبیاری نه روزه حاصل شد. افزایش تبخیر به ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر، عملکرد را به ترتیب ۲۴ و ۱۷/۵ درصد کاهش داد. مناسب‌ترین دور آبیاری قابل توصیه برای این ژنوتیپ تبخیر ۲۰۰ میلی‌متر معادل دور

آبیاری ۱۸ روزه می‌باشد که عملکردی معادل ۳۸۷۱ کیلوگرم در هکتار تولید شد.

- بیشترین عملکرد رقم خرداد به میزان ۵۹۰۵ کیلوگرم در هکتار با دور آبیاری ۹ روزه حاصل شد. پس از آن تیمار شاهد با عملکردی معادل ۴۹۰۹ کیلوگرم در هکتار قرار داشت. در دور آبیاری ۱۸ روزه، افزایش فواصل آبیاری، هر چند عملکرد را ۱۳/۸ درصد کاهش داد، اما با تولید ۴۲۳۰ کیلوگرم، از عملکرد مناسبی برخوردار بود و برای شرایط منطقه این دور آبیاری قابل توصیه است.

- بیشترین عملکرد رقم ورامین در دور آبیاری ۱۲ روزه (تبخیر ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک) به میزان ۴۹۴۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. با کاهش رطوبت تا سطح تبخیری ۲۰۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر (دور آبیاری ۱۸ روزه) عملکرد به میزان ۲/۲ درصد کاهش یافت و به ۴۸۳۳ کیلوگرم در هکتار رسید که با توجه به کاهش مصرف آب، این دور آبیاری به بقیه سطوح رطوبتی برتری دارد.

زودرسی

زودرسی از ویژگی‌های مطلوب پنبه در بیشتر نظام‌های زراعی می‌باشد. رقم خرداد در تیمار شاهد بیشترین درصد زودرسی (۶۵/۷ درصد) را داشت. در بقیه سطوح رطوبتی هم زودرسی این رقم در حد بالاتری حفظ شد. دیررس‌ترین ترکیب تیماری، ژنوتیپ K8802 در دور آبیاری ۳۰ روزه بود. به‌طور کلی، سطوح بالاتر تنش خشکی باعث کاهش زودرسی در کلیه ژنوتیپ‌ها شد و حتی در مواردی، بعضی از غوزه‌ها تا پایان فصل شکفته نشدند. این نتایج با یافته‌های محققان دیگر هماهنگی دارد [۳۱].

منابع

50. Dhanda S, ScthiG and Behl RK (1999) Excised-leaf Water Loss as a Simple Selection Criterion for Drought Resistance in Wheat. *Der Tropenlandwirl, Beitrriige zur tropischen Landwir l schaf l und Veteriniirmedizin*. 98: 3-8.
51. Clarke JM, Romagosa I, Jana S, Srivastava JP and McCaig, TN (1989) Relationship of excised-leaf water loss rate and yield of durum wheat in diverse environments. *Canadian Journal of Plant Science*. 69: 1075-1081.
52. Constable GA and Rawson HM (1980) Effect of leaf position, expansion and age on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of cotton. *Australian Journal of Plant Physiology*. 7: 89-100.
53. Deeba, F, Pandey AK, Ranjan S, Mishra A, Singh R, Sharma YK and Pandey V (2012) Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*: 53: 6-18.
54. Hearn AB (1994) the principles of cotton water relations and their application in management. pp. 66-92. *In: Constable G.A and NW Forrester (eds.), Challenging the Future. Proc. World Cotton Conf. Brisbane, Australia.*
55. Kerby TA, Keeley J and Johnson S (1987) Growth and development of acala cotton. *Bulltin1921. Univercity of California Agricultural Experiment Station. Oakland, California*. Pp. 245-257.
56. Kiran P, Kumar V, Thakare HS, Nawalkar DP and Narwade AV (2014) Screening of cotton genotypes for water stress tolerance. *Cotton Research and Development*. 28(1): 74-81.
57. Kumar T, Sampath BJ, Pandian P, Jeyakumar P and Manickasundaram P (2014) Effect of deficit irrigation on yield, relative leaf water content, leaf proline accumulation and chlorophyll stability index of cotton-maize cropping sequence. *Experimental Agriculture*. 50(3): 407-425.
41. آسترهویز دی ام (۲۰۱۳) فیزیولوژی تنش در پنبه. (ترجمه علی نادری عارفی و عمران عالیشاه). چاپ اول، انتشارات نوروزی، گرگان.
42. ۲. برزعلی م (۱۳۸۷) بررسی خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی ارقام مختلف پنبه تحت تنش خشکی. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات پنبه ایران، ۳۲ ص.
43. ۳. رضایی ج (۱۳۷۹) بررسی مقاومت گیاهچه‌های پنبه نسبت به خشکی در شرایط گلخانه. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات پنبه ایران، ۳۲ ص.
44. ۴. عدالتی فرد ل، گالشی س، سلطانی ا و اکرم قادری ف (۱۳۸۵) نقش صفات مرفولوژیک در مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های پنبه. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳: ۱۱-۱.
45. ۵. کریم‌زاده سورش‌جانی ه، امام ی و موری س (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد و دمای سایه‌انداز گیاهی گندم نان. فرایند و کارکرد گیاهی. ۱(۱): ۵۶-۳۸.
46. Alishah O and Ahmadikhah A (2009) The Effects of Drought Stress on Improved Cotton Varieties in Golestan Province of Iran. *International Journal of Plant Production*. 3(1): 17-26.
47. Basal H, Smith CW, Thaxton PS and Hemphill JK (2005) Seedling drought tolerance in upland cotton. *Crop Science*. 45: 766-771.
48. Burke J (2007) Evaluation of Source Leaf Responses to Water-Deficit Stresses in Cotton Using a Novel Stress Bioassay. *Plant Physiology*. 143: 108-121.
49. Boquet DJ, Hutchinson RL and Breitenbeck GA (2004) Long-term tillage, cover crop, and nitrogen rate effects on cotton: Plant growth and yield components. *Agronomy Journal*. 96: 1443-1452.

58. Leidi EO, López M, Gorham J and Gutiérrez JC (1999) Variation in carbon isotope discrimination and other traits related to drought tolerance in upland cotton cultivars under dryland conditions. *Field Crops Research*. 61(2): 109-123.
59. McMichael BL and Quisenberry JE (1991) Genetic variation for root-shoot relationship among cotton germplasm. *Environmental and Experimental Botany*. 31: 461-470.
60. Nepomuceno AL, Oosterhuis DM and Stewart JM (1998) Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by polyethylene glycol. *Environmental and Experimental Botany*. 40: 29-41.
61. Loka, DA, Oosterhuis DM, Fernandez CJ and Roberts BA (2011) The effect of water-deficit stress on the biochemistry of the cotton flower. *In: D.M. Oosterhuis (ed.). Summaries of Arkansas Cotton Research*.
62. Pettigrew WT (2004) Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Science*. 44: 1265-1272.
63. Quisenberry JE, Bruce R and McMichael BL (1983) Use of transpiration decline curves to identify drought-tolerant cotton germplasm. *Crop Science*. 22(5): 918-922.
64. Rahman M, Ullah I, Ashraf M, Stewart JM and Zafar YB (2008) Genotypic variation for drought tolerance in cotton. *Agronomy Sustainable Development*. 28: 439-447.
65. Ruan RL, Llewellyn DJ, Liu Q, Xu SM, Wu LM, Wang L and Furbank RT (2008) Expression of sucrose synthase in developing endosperm is essential for early seed development. *Functional Plant Biology*. 35: 382-393.
66. Saranga Y, Flash I and Yakir D (1998) Variation in water-use efficiency and its relation to carbon isotope ratio in cotton. *Crop Science*. 38: 782-787.
67. Snowden CM, Glen LR, Fulvio RS and James P (2015) Timing of Episodic Drought Can Be Critical in Cotton. *Agronomy Journal*. 106(2): 452-458.
68. Soomro MH, Markhand GH and Soomro BA (2011) Screening Pakistani cotton for drought tolerance. *Pakistan Journal of Botany*. 44(1): 383-388.
69. Stewart JM (1986) Integrated events in the flower and fruit. pp. 261-300. *In: J.R. Mauney and J.McD. Stewart (Eds.). Cotton Physiology, Cotton Foundation, Memphis, Tenn.*
70. Sumartini ES, Mulyani S and Abdurakhman M (2013) Screening of cotton lines (*Gossypium hirsutum* L.) tolerance to drought at germination stage with PEG-6000. *Jurnal Litteri*. 19(3): 139-146.
71. Van Iersel MW and Oosterhuis DM (1996) Drought effects of the water relations of cotton fruits, bracts and leaves during ontogeny. *Experimental and Environmental Botany*. 36: 51-59.
72. Zhao D, Reddy KR, Kakani VG, Koti S and Gao W (2005) Physiological causes of cotton fruit abscission under conditions of high temperature and enhanced ultraviolet-B radiation. *Physiological Plantarum*. 124: 189-199.