

نقش صفات مورفوفیزیولوژیک در مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های پنبه

لیلا عدالتی فرد^۱، *سرا... گالشی^۲، افشین سلطانی^۲ و فرشید اکرم قادری^۳

^۱به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، اعضای هیات علمی و دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۴/۵/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۲/۳۱

چکیده

ایجاد مقاومت به خشکی یکی از اهداف اصلاحی در پنبه است زیرا معمولاً این گیاه در طول دوره رشد خود در معرض دوره‌های متفاوت خشکی با شدت‌های مختلف قرار می‌گیرد. در این رابطه آزمایشی به منظور بررسی نقش صفات مورفوفیزیولوژیک در مقاومت به خشکی پنبه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۴ مرحله نمونه‌برداری در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی، غوزه‌دهی و باز شدن غوزه (برداشت) در گلخانه دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. تیمارها شامل: پتانسیل‌های رطوبتی با سه سطح ۱- (به‌عنوان شاهد)، ۴- و ۸- بار و ۴ ژنوتیپ پنبه شامل بلغار ۴۳۳ و سیندوز ۸۰ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و نارابرای و H.A.R. به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی انتخاب شدند. زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها به مراحل نمونه‌برداری رسیدند دمای برگ، ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد برگ، سطح برگ، تعداد شاخه رویا و زایا، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی به تفکیک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد تنش خشکی دمای برگ را افزایش و طول ساقه را کاهش می‌دهد. تعداد شاخه رویشی و زایشی نیز تحت تنش تغییر کردند ولی این کاهش در کلیه مراحل معنی‌دار نبود. تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی (برگ، ساقه و کل بوته) با افزایش شدت تنش کاهش معنی‌داری یافت. ژنوتیپ‌های متحمل بلغار ۴۳۳ و سیندوز ۸۰ نسبت به ژنوتیپ‌های حساس نارابرای و H.A.R. از ارتفاع بلندتر، تعداد گره و برگ بیشتر، در نتیجه سطح برگ بیشتری برخوردار بودند. به‌طور کلی مجموعه‌ای از صفات مورد ارزیابی که در هر دو گروه متحمل و حساس کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفت می‌تواند به‌عنوان صفات مقاومت به خشکی در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، پنبه، صفات مورفوفیزیولوژیک، مقاومت به خشکی

مقدمه

تنش‌های محیطی بی‌شک از عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی می‌باشند (بلوم و ابرکان، ۱۹۸۸). طبق برآورد انجام شده توسط لویت (۱۹۸۰)، شاید تنها ۱۰ درصد از زمین‌های قابل کشت جهان به‌عنوان منطقه عاری از تنش طبقه‌بندی شوند که تنش خشکی با ۲۶ درصد به‌عنوان مهمترین تنش‌ها بوده و سایر تنش‌ها اغلب به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم از طریق تنش خشکی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تنش خشکی تقریباً تمامی جنبه‌های رشد گیاه و بیشتر فرآیندهای فیزیولوژیک آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (هونگ، ۲۰۰۰). وانجورا و آبچرج (۲۰۰۲) گزارش کردند در پنبه و ذرت وقتی دمای برگ تغییر می‌کند مقدار آب نسبی برگ نیز تغییر می‌یابد و با افزایش دما، مقدار آب نسبی برگ کاهش می‌یابد. گرهام و همکاران (۱۹۹۸) همبستگی بالا و منفی بین دمای برگ و کاهش عملکرد مشاهده نمودند، به‌طوری‌که افزایش دمای بیش از حد (۳۷ تا ۳۸/۷ درجه سانتی‌گراد) موجب کاهش معنی‌دار عملکرد پنبه شد. ضابط و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند کاهش ارتفاع بوته ماش و تعداد گره در ساقه دلیلی است بر اینکه تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی گردیده و رشد رویشی گیاه را کاهش داده است. بنابراین عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش پیدا می‌کند زیرا قدرت منبع در تولید مواد فتوسنتزی به مساحت برگ و میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ بستگی دارد (کوچکی و نصیری، ۱۳۷۵).

تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت تنش از طریق آن کنترل خود را بر استفاده از آب حفظ می‌کنند (بلوم، ۱۹۹۶) و از طریق تعدیل سطح برگ، کاهش آب را از سایه انداز با توجه به مقدار آن در خاک تنظیم می‌نمایند (پاسیورا، ۱۹۹۶). ریچی و همکاران (۱۹۹۰) بیان می‌کنند در صورت شناسایی پایه‌های فیزیولوژیک مقاوم به خشکی، به نژادگران می‌توانند از صفات مورفوفیزیولوژیک به‌عنوان شاخص‌های گزینشی استفاده کنند. کویسن بری و همکاران (۱۹۸۲) گزارش

کردند روش اصلاح پنبه به منظور افزایش عملکرد در مناطق خشک بایستی مانند روش‌های مرسوم مقاومت به خشکی باشد بدین معنی که بایستی کوشید تا صفات مرتبط با مقاومت یا ژرم پلاسماهای حاوی مقاومت را به‌دست آورد. بنابراین هدف از این تحقیق مقایسه ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات فیزیولوژیک و ارتباط آن با مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد است تا بتوان از این صفات در برنامه‌های اصلاحی بعدی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی نقش صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک تحمل به خشکی پنبه در اردیبهشت سال ۱۳۸۲ در گلخانه دانشکده علوم زراعی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و ۴ مرحله نمونه‌برداری در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی، غوزه دهی و باز شدن غوزه (برداشت) اجرا شد. چهار ژنوتیپ پنبه شامل بلغار ۴۳۳ و سیندوز ۸۰ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و نارابری و H.A.R. به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی و پتانسیل‌های رطوبتی، از آزمایشی که فرزانه (۱۳۸۰) به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و رشد گیاهچه بر روی ۴۰ ژنوتیپ پنبه انجام داده بود، انتخاب شدند. برای کاشت از گلدان‌هایی به حجم ۱۵ لیتر استفاده شد. بافت خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک مورد استفاده، درصد رطوبت در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم قبل از کاشت در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اندازه‌گیری شد. بافت خاک لوم رسی شامل ۶۹ درصد سیلت، ۲۲ درصد رس، ۹ درصد شن و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۲ گرم بر سانتی‌متر بود. منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده که رابطه بین پتانسیل

غوزه‌دهی، بازشدن غوزه (برداشت) بودند صفات: دمای برگ، ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد برگ، سطح برگ، تعداد شاخه رویا و زایا، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی به تفکیک اندازه‌گیری شد. در هر مرحله سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ دلتا تی اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که در هر پتانسیل رطوبتی و هر ژنوتیپ ۴ گلدان در نظر گرفته شد، که در هر مرحله نمونه‌برداری یک گلدان حذف و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. در این بررسی چهار ژنوتیپ در دو مرحله غنچه‌دهی و گلدهی در سه پتانسیل آبی ۱-، ۴-، ۸- بار با یکدیگر مقایسه شدند و مورد بررسی قرار گرفتند، ولی در مرحله غوزه‌دهی و باز شدن غوزه بوته‌های پنبه به دلیل شدت تنش رشد نکرده و وارد این مراحل نشدند در نتیجه عملاً کار با پتانسیل‌های ۱- و ۴- بار ادامه یافت. داده‌های به دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار آماری SAS تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون L.S.D در سطح احتمال ۵ درصد برآورد گردید.

نتایج و بحث

مطابق جدول ۱، سطوح مختلف تنش خشکی در مرحله غنچه‌دهی در سطح احتمال ۵ درصد بر دمای برگ تأثیر گذاشت، ولی ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از نظر دمایی با یکدیگر نشان ندادند. تفاوت بارزی بین دمای برگ و دمای محیط در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های حساس و متحمل دیده نشد. حداکثر تفاوت دما در ژنوتیپ H.A.R با ۲/۵۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در مرحله گلدهی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها و سطوح خشکی از نظر تفاوت دمای برگ با محیط وجود داشت (جدول ۲).

آب خاک و مقدار رطوبت آن را مشخص می‌کند از طریق برنامه^۱ Psaycalc به ترتیب زیر رسم شد:

$$\Psi_m = A\theta_v^B$$

Ψ_m = پتانسیل ماتریک بر حسب بار، θ_v = نسبت رطوبت حجمی بر حسب سانتی‌متر مکعب آب در سانتی‌متر مکعب خاک و مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta_v = P^b * \theta_m$$

θ_m = نسبت رطوبت وزنی (بر حسب گرم آب در گرم خاک)، P^b = وزن مخصوص ظاهری (بر حسب گرم در سانتی‌متر مکعب) و A و B نیز به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$A = \exp[-4.396 - 0.0715C - 4.88 * 10^{-4}S^2 - 4.285 * 10^{-5}S^2C] * 100$$

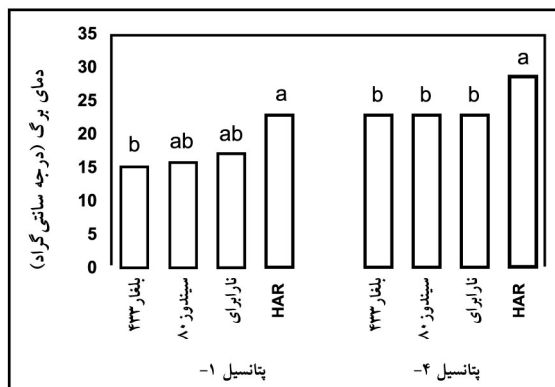
$$B = -3.140 - 0.00222C^2 - 3.48 * 10^{-5}S^2C$$

S = درصد شن خاک و C = درصد رس خاک (فرزانه)،
(۱۳۸۰).

در داخل گلدان‌ها، پلاستیک‌های بدون منفذ به منظور کنترل آب قرار داده شد و جداگانه وزن گردیدند (گلدان و پلاستیک). سپس با ۱۲/۷۸ کیلوگرم خاک پر شدند. مجموع وزن خاک، وزن گلدان با پلاستیک و وزن آب در پتانسیل‌های مختلف به عنوان وزن مرجع در نظر گرفته شد. این وزن برای پتانسیل‌های ۱-، ۴- و ۸- بار به ترتیب ۱۴/۰۵، ۱۳/۵۰ و ۱۳/۲۸ کیلوگرم بود. در هر گلدان به تعداد ۱۰ بذر از ژنوتیپ‌های مورد نظر پنبه کشت شد و در مرحله ۴ برگی به دو بوته در گلدان و در مرحله ۶ برگی به یک بوته در گلدان تنک شدند. تیمارهای خشکی از مرحله ۲ برگی (بعد از استقرار گیاهچه) اعمال شد. گلدان‌ها یک روز در میان و در روزهای بسیار گرم به طور روزانه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین می‌شدند و به اندازه اختلافشان از وزن مرجع آب اضافه می‌شد. به منظور نمونه‌گیری، زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی،

۱- این برنامه رایانه‌ای توسط دکتر افشین سلطانی عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان نوشته شده است.

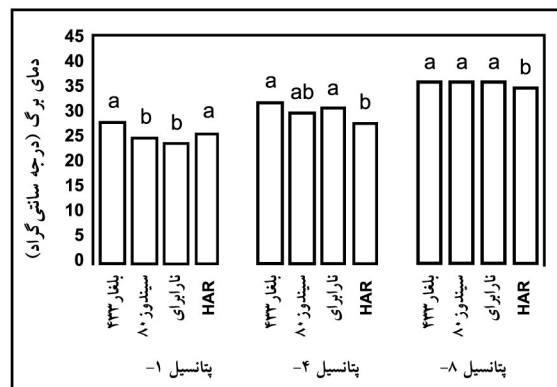
بار به $23/33$ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل ۴- بار افزایش داد (شکل ۲). ژنوتیپ سیندوز ۸۰ نیز با ۳۰ درصد افزایش، دمای خود را از ۱۶ درجه سانتی‌گراد به ۲۳ درجه سانتی‌گراد افزایش داد. ژنوتیپ نارابرای با ۲۵ درصد افزایش، دمای برگ را از ۱۷ درجه سانتی‌گراد تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد بالا برد. ژنوتیپ H.A.R با افزایش ۱/۵ برابر دمای برگ را از ۲۳ درجه سانتی‌گراد به ۲۹ درجه سانتی‌گراد افزایش داد. طبق نتایج، تنش خشکی باعث افزایش دمای برگ شد. به‌طورکلی وقتی شدت جذب انرژی توسط برگ بالا می‌رود، گیاه به‌دلیل عدم دسترسی به آب، روزنه خود را بسته و تعرق کاهش یافته و گیاه نمی‌تواند خود را خنک کند، بنابراین از طریق انتقال طول موج بلند و هدایت گرمایی حرارت را از خود دفع می‌کند (لسانی و مجتهدی، ۱۳۷۷). گرهام و همکاران (۱۹۹۸) نیز طی بررسی تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک پنبه در یک خاک لوم شنی دریافتند که بین دمای برگ در ژنوتیپ‌های مختلف پنبه تفاوت معنی‌داری وجود دارد و دمای برگ در زمان تنش بیشتر یا مساوی با دمای هوا می‌شود.



شکل ۲- تغییرات دمای برگ در ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله غوزه‌دهی.

۱). هر چند ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ ارتفاع بلندتری از سایر تیمارها داشت ولی ژنوتیپ متحمل سیندوز ۸۰ کمترین تغییر ارتفاع تحت تنش را در بین ژنوتیپ‌ها دارا بود (شکل ۳). در مرحله گلدهی سطوح تنش و ژنوتیپ‌ها

بیشترین تفاوت دمای برگ با محیط در ژنوتیپ‌های سیندوز ۸۰ و نارابرای، با $4/44$ درجه سانتی‌گراد و کمترین تفاوت دما در ژنوتیپ بلغار ۴۳۳، $3/11$ درجه سانتی‌گراد بود، همچنین ژنوتیپ متحمل بلغار ۴۳۳ دمای برگ خود را از ۲۸ درجه سانتی‌گراد تحت پتانسیل ۱- بار به ۳۶ درجه سانتی‌گراد تحت پتانسیل ۸- بار افزایش داد (شکل ۱). ژنوتیپ سیندوز ۸۰ نیز با ۱۱ درجه افزایش دمای برگ را از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل ۱- بار به ۳۶ درجه سانتی‌گراد تحت پتانسیل ۸- بار بالا برد. ژنوتیپ‌های حساس نارابرای و H.A.R نیز هر کدام با ۱۲ و ۹ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، نسبت به شرایط تنش عکس‌العمل نشان دادند. در نتیجه نشان داده شد که با افزایش شدت تنش، دمای برگ نیز افزایش پیدا کرد. در مرحله غوزه‌دهی سطوح تنش باعث افزایش دمای برگ شدند، ولی دما تفاوت قابل توجه و معنی‌داری را در ژنوتیپ‌ها از خود نشان نداد (جدول ۳). در مرحله باز شدن غوزه دمای گیاه تحت تنش نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۴) که ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ میانگین دمای برگ خود را از $15/33$ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل ۱-



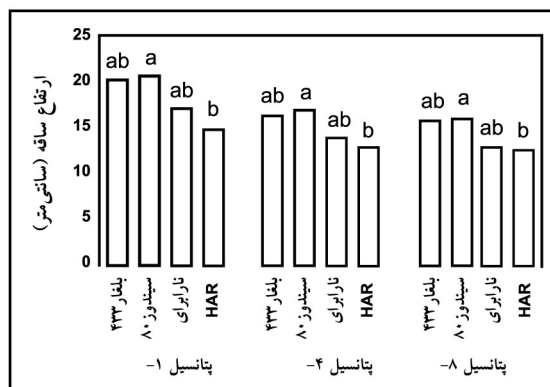
شکل ۱- تغییرات دمای برگ در ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله گلدهی.

ارتفاع بوته در مرحله غنچه‌دهی تحت سطوح مختلف تنش خشکی اختلاف معنی‌داری را از خود نشان دادند. ژنوتیپ‌های حساس و متحمل نیز از نظر ارتفاع بوته با یکدیگر تفاوتی در سطح احتمال ۵ درصد داشتند (جدول

ماش، کاهش تقسیمات سلولی را موجب افت رشد گیاه و ارتفاع بوته دانستند.

در مرحله غنچه‌دهی، ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد گره از خود نشان ندادند (جدول ۱)، ولی در مرحله گلدهی ژنوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند، ژنوتیپ متحمل بلغار ۴۳۳ هر چند بیشترین تعداد گره را دارا بود ولی تحت تنش ۳۲ درصد (از ۱۱/۶۶ گره در بوته به ۸ گره در بوته) کاهش نشان داد. این کاهش در بین ژنوتیپ‌های دیگر نیز روند تقریباً یکسانی داشت. تعداد گره در مرحله غوزه‌دهی، در هیچکدام از منابع تغییر تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداد (جدول ۳). مرحله باز شدن غوزه نیز مشابه مرحله غوزه‌دهی ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد گره با یکدیگر نداشتند، ولی پتانسیل‌های آبی در سطح احتمال ۱ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان دادند، به‌طوری‌که پتانسیل ۴- بار تعداد گره کمتری (۱۰/۱۶ عدد) از پتانسیل ۱- بار (۱۲/۹۱ عدد) تولید کرده بود (جدول ۴).

اثرات معنی‌داری را بر ارتفاع بوته از خود نشان دادند (جدول ۲)، در این رابطه ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ با طول ساقه ۲۱/۷۵ سانتی‌متر بیشترین و ژنوتیپ H.A.R با ۱۷/۸۵ سانتی‌متر کوتاه‌ترین طول ساقه را دارا بودند. مطابق جدول ۳، در مرحله غوزه‌دهی نیز ژنوتیپ متحمل سیندوز ۸۰ با ارتفاع ساقه ۲۲/۳۷ سانتی‌متر بیشترین و ژنوتیپ حساس H.A.R با ۲۰/۷۰ سانتی‌متر کمترین طول ساقه را داشتند. در زمان باز شدن غوزه با کاهش پتانسیل آب، ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های مختلف تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین ارتفاع ساقه تحت تنش مربوط به ژنوتیپ حساس نارابرای با ۲۸/۳۸ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع مربوط به ژنوتیپ سیندوز ۸۰ با ۲۲/۰۳ سانتی‌متر بود. به‌طورکلی پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و عمل بر طول سلول‌ها و قسمت‌های حساس به کمبود آب، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). ضابط و همکاران (۱۳۸۲) با بررسی تنش خشکی در



شکل ۳- تغییرات ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله غنچه‌دهی.

تعداد گره و ارتفاع گیاه را برای تشخیص حساسیت به تنش‌های جزئی قبل از گلدهی مفید دانستند. سطح برگ در مرحله غنچه‌دهی تحت سطوح تنش کاهش معنی‌داری از خود نشان داد (جدول ۱). ژنوتیپ H.A.R با ۸۶/۸ سانتی‌متر مربع سطح برگ کمترین و ژنوتیپ سیندوز ۸۰

تعداد گره در شاخه اصلی و شاخه‌های زایشی، در نمونه بسیار مهم است زیرا تعداد برگ در گیاه را تعیین می‌کند و باعث افزایش جذب نور و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود (ردی و همکاران، ۱۹۹۷). دی اسلاو و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثر تنش خشکی بر سویا،

با ۱۰۰/۹۰ سانتی متر مربع بیشترین سطح برگ را در بین ژنوتیپ‌ها تولید کردند. در مرحله گلدهی نیز سطوح تنش موجب کاهش سطح برگ در ژنوتیپ‌های پنبه شد (جدول ۲) بدین صورت که ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ و سیندوز ۸۰ با حدود ۱۱۱ سانتی مترمربع سطح برگ بیشترین و ژنوتیپ H.A.R و نارابرای به ترتیب با ۸۶ و ۹۸ سانتی متر مربع کمترین سطح برگ را تولید کردند (جدول ۲)، ولی بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری از این لحاظ وجود نداشت. در مرحله غوزه‌دهی سطح برگ در پتانسیل ۴- بار در سطح احتمال ۱ درصد به طور معنی داری کمتر از پتانسیل ۱- بار بود ولی ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری از این نظر با یکدیگر نداشتند، هر چند ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ با سطح برگ ۱۳۴/۸۴ سانتی مترمربع بیشترین و ژنوتیپ نارابرای با ۱۱۳/۰۴ سانتی مترمربع کمترین سطح برگ را تولید کردند (جدول ۳). در مرحله برداشت، سطح برگ در هیچ یک از تیمارها تفاوت معنی داری پیدا نکرد. ژنوتیپ متحمل سیندوز ۸۰ دارای بیشترین سطح برگ (۲۲۰ سانتی مترمربع) و ژنوتیپ حساس H.A.R دارای کمترین سطح برگ (۱۶۹/۴ سانتی مترمربع) بود که نشان داد هر چند ژنوتیپ H.A.R تعداد برگ بیشتری داشت ولی سطح برگ کمتری تولید کرده بود. به طور کلی سطح برگ نیز در سطوح خشکی کاهش پیدا کرد زیرا رشد سلول که شامل دو فرآیند تقسیم و بزرگ شدن سلول است تحت تأثیر تنش قرار می گیرد که البته رشد سلول بیشتر متأثر می شود و تا سلولی به اندازه کافی رشد نکند، تقسیم انجام نخواهد شد (لامبرت و همکاران، ۱۹۹۸). کویسن بری و همکاران (۱۹۸۵) نشان دادند که با ثابت بودن سطح برگ، ارقامی که دارای تعداد برگ بیشتر ولی کوچک تر بودند عملکرد بیشتری در شرایط تنش خشکی داشتند.

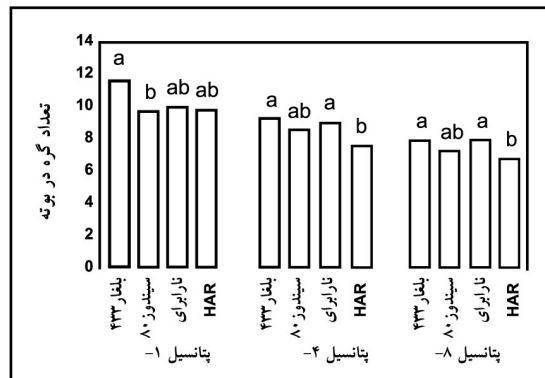
تعداد شاخه رویشی و زایشی نیز تحت تنش تغییر کردند ولی این کاهش در کلیه مراحل معنی دار نبود، که با نتایج پهلوانی (۱۳۷۸) و فرناندز و همکاران (۱۹۹۶) تناقض داشت، که می تواند بدلیل غیر قابل تعریف بودن شرایط محیطی به وجود آمده توسط محقق باشد. در

مرحله غنچه‌دهی ژنوتیپ‌های مختلف از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی شامل برگ، ساقه و کل گیاه تفاوت معنی داری نشان ندادند. سطوح مختلف تنش نیز بر وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل گیاه در مرحله غنچه‌دهی تأثیری نداشت و تنها وزن خشک باقیمانده اندام‌های هوایی از جمله دمبرگ‌ها، غنچه و بقایای برگ و غوزه تحت تنش از خود کاهش معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد نشان دادند (جدول ۱)، در این رابطه پتانسیل ۸- بار بیشترین اثر را در کاهش وزن خشک سایر اندام‌های هوایی از جمله دمبرگ‌ها، غنچه و بقایای برگ و غوزه داشت و تمامی ژنوتیپ‌ها با کاهش پتانسیل آبی از ۱- بار به ۸- بار وزن خشک برگ را کاهش دادند. ژنوتیپ متحمل بلغار ۴۳۳ وزن خشک برگ را از ۴۳۰ میلی گرم در پتانسیل ۱- بار به ۲۲۳/۳۳ میلی گرم در پتانسیل ۸- بار تقلیل داد. ژنوتیپ سیندوز ۸۰ نیز با ۶۰ درصد کاهش وزن خشک برگ خود را از ۵۴۶ میلی گرم به ۲۲۰ میلی گرم کاهش داد. ژنوتیپ‌های حساس نارابرای و H.A.R نیز با ۴۸ و ۵۰ درصد کاهش، وزن خشک برگ را از ۴۷۰ و ۴۰۳ میلی گرم به ۲۳۰ و ۲۰۰ میلی گرم کاهش دادند (شکل ۵). در مرحله گلدهی، سطوح تنش نیز در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی با یکدیگر نشان دادند (جدول ۱). با افزایش شدت تنش از مقدار وزن خشک اندام‌های هوایی شامل برگ، ساقه و کل گیاه کاسته شد به طوری که در پتانسیل ۸- بار کمترین وزن خشک و پتانسیل ۱- بار بیشترین وزن خشک اندام هوایی به دست آمد که نشان می داد کاهش وزن ژنوتیپ‌ها در اثر تنش خشکی رخ داده است (جدول ۲). وزن خشک برگ کلیه ژنوتیپ‌ها نیز با کاهش پتانسیل آب کاهش یافت. ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ با کاهش پتانسیل آب از ۱- بار به ۸- بار میزان وزن خشک برگ از ۶۹۶/۶ میلی گرم به ۳۲۰ میلی گرم کاهش یافت (۵۵ درصد کاهش). ژنوتیپ سیندوز ۸۰ نیز با کاهش وزن خشک برگ از ۷۴۳/۳ میلی گرم در پتانسیل ۱- بار به ۲۹۳/۳ میلی گرم تحت پتانسیل ۸- بار نسبت به

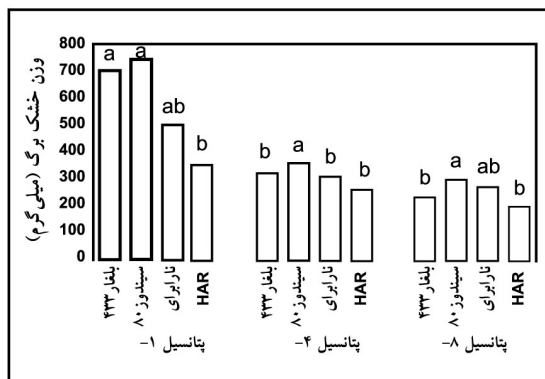
تنش واکنش نشان داد. ژنوتیپ‌های نارابرای و H.A.R. نیز به ترتیب با ۴۳ و ۴۲ درصد کاهش، وزن خشک برگ را از ۴۹۰ و ۳۴۳/۳ میلی‌گرم در پتانسیل ۱- بار به ۲۳۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در پتانسیل ۸- بار کاهش دادند که ژنوتیپ H.A.R. با ۴۲ درصد کاهش کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر قرار گرفت (شکل ۶).

در مرحله غوزه‌دهی ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک اندام‌های هوایی با یکدیگر نداشتند (جدول ۳) ولی سطوح تنش در سطح احتمال ۵ درصد وزن خشک برگ، سایر اندام‌های هوایی از جمله دمبرگ‌ها، غنچه، بقایای برگ و غوزه و وزن خشک کل را تحت تأثیر قرار داده، آن را کاهش دادند. اثر متقابل تنش × ژنوتیپ نیز با کاهش پتانسیل آب از ۱- بار به ۴- بار وزن خشک کل اندام‌های هوایی را کاهش داد (شکل ۷)، به طوری که ژنوتیپ‌های متحمل سیندوز ۸۰ و بلغار ۴۳۳ با ۳۹ و ۳۷ درصد کاهش، وزن خود را از ۲۸۰۳/۳۳ و

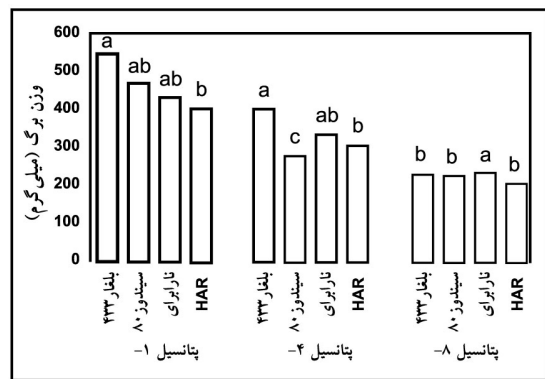
۲۶۵۰ میلی‌گرم در پتانسیل ۱- بار به ۱۷۳۰ و ۱۶۸۶/۶۶ میلی‌گرم در پتانسیل ۸- بار کاهش دادند. وزن خشک کل اندام‌های هوایی ژنوتیپ حساس نارابرای تحت تنش شدید ۲۴ درصد کاهش یافت، در مرحله باز شدن غوزه تغییرات وزن خشک برگ در ژنوتیپ‌های مختلف در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود به طوری که ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ با میانگین ۱۷۵۹/۲ میلی‌گرم دارای بیشترین وزن خشک برگ و ژنوتیپ سیندوز ۸۰ با ۶۷۵/۲۰ میلی‌گرم حداقل وزن خشک برگ را دارا بودند. عدم اثر متقابل نشان داد سطوح تنش در تغییر وزن برگ ژنوتیپ‌ها تأثیری نداشته است. وزن خشک ساقه در سطح احتمال ۱ درصد بین ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش معنی‌دار بود. ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ بیشترین وزن خشک ساقه و ژنوتیپ سیندوز ۸۰ کمترین وزن را داشت (جدول ۴). اثر متقابل ژنوتیپ × سطوح تنش در کاهش وزن خشک ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۸).



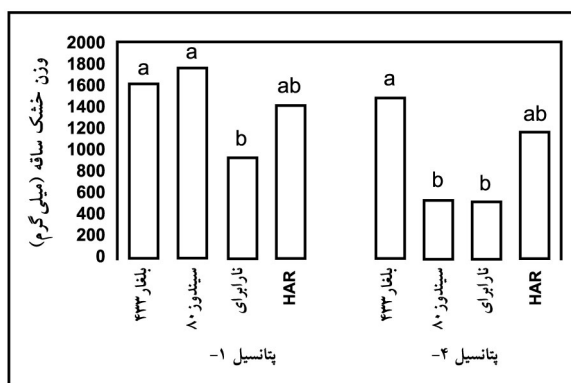
شکل ۴- تغییرات تعداد گره ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله گلدهی.



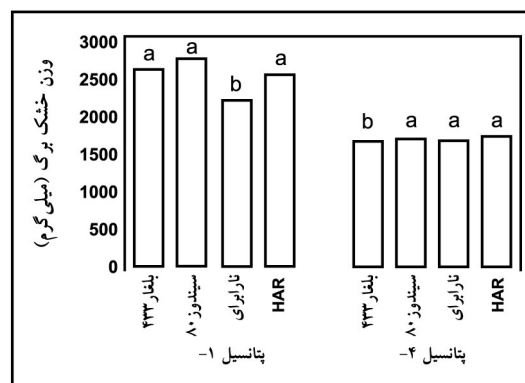
شکل ۶- تغییرات وزن خشک برگ ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله گلدهی.



شکل ۵- تغییرات وزن خشک برگ ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله غنچه‌دهی.



شکل ۸- تغییرات وزن خشک ساقه ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله برداشت.

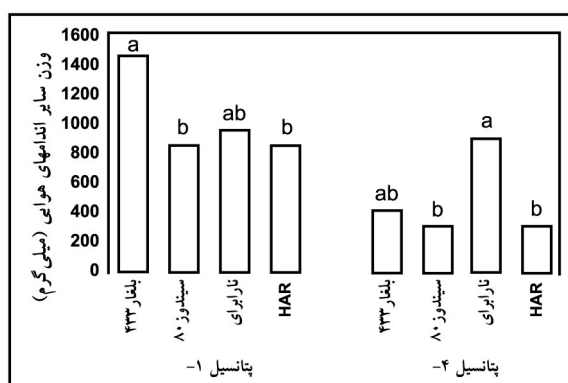


شکل ۷- تغییرات وزن خشک برگ ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله غوزه‌دهی.

اندام‌های هوایی بی‌تأثیر بود، ولی بر وزن سایر اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۹). وزن خشک سایر اندام‌های هوایی به جز برگ و ساقه در ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ با ۷۴ درصد کاهش بیش از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر قرار گرفت. ژنوتیپ حساس نارابرای با حداکثر ۷ درصد کاهش وزن خشک سایر اندام‌ها، نسبت به تنش کمترین عکس‌العمل را نشان داد.

در مرحله غنچه‌دهی ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از نظر سطح ویژه برگ (SLA) از خود نشان ندادند. ولی مقادیر سطح ویژه برگ در سطوح مختلف

در پتانسیل ۴- بار وزن خشک ساقه ژنوتیپ متحمل بلغار به مقدار ۹/۴۳۳ درصد کاهش یافت، در حالی که این کاهش در ژنوتیپ‌های سیندوز ۸۰ و نارابرای به ترتیب ۷۰ و ۴۷ درصد بود. نتایج نشان داد که تنش باعث کاهش رشد ساقه گیاهان شده است. وزن خشک کل اندام‌های هوایی نیز بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و در سطوح تنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. ژنوتیپ بلغار ۴۳۳ بیشترین وزن خشک کل و ژنوتیپ سیندوز ۸۰ کمترین وزن خشک کل را تولید کردند. اثر متقابل ژنوتیپ × سطوح تنش بر وزن خشک کل



شکل ۹- تغییرات وزن سایر اندام‌ها ژنوتیپ‌های مختلف در مرحله برداشت.

تنش آبی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد از خود نشان دادند. تنش خشکی سطح ویژه برگ را از $0/482$ سانتی‌مترمربع بر گرم در پتانسیل ۱- بار به $0/182$ سانتی‌مترمربع بر گرم در پتانسیل ۸- بار کاهش داد (جدول ۱). ژنوتیپ متحمل سیندوز ۸۰ با کاهش ۴۸ درصدی کمترین و ژنوتیپ حساس H.A.R با کاهش ۷۸ درصدی بیشتر از ژنوتیپ‌های دیگر تحت تأثیر قرار گرفتند. در مرحله گلدهی، سطوح تنش در سطح احتمال ۱ درصد موجب کاهش سطح ویژه برگ شدند، ولی ژنوتیپ‌ها از نظر سطح ویژه برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). در مرحله غوزه‌دهی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها و سطوح پتانسیل آب بر روی مقادیر و سطح ویژه برگ دیده نشد (جدول ۳). در مرحله باز شدن غوزه (برداشت) ژنوتیپ‌ها از نظر سطح ویژه برگ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، پتانسیل تنش نیز نسبت به شاهد تأثیر معنی‌داری از خود نشان نداد. گریک و همکاران (۱۹۹۶) در پنبه گزارش کردند که با کاهش شاخص سطح برگ، سطح برگ ویژه و وزن مخصوص برگ در سطوح مختلف تنش آبی اختلاف معنی‌داری از خود نشان می‌دهند زیرا این شاخص‌ها ارتباط مستقیمی با سطح برگ دارند، از این رو تغییرات آنها نیز تابع تغییرات سطح برگ است.

از دیگر تغییرات مشاهده شده در این بررسی کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی (برگ، ساقه و کل بوته) با افزایش شدت تنش بود که احتمالاً بدلیل کمبود آب و بسته شدن روزنه و در نتیجه کاهش فتوسنتز در گیاه صورت گرفته است. فاکر (۱۳۷۹) نیز با بررسی تنش خشکی بر رشد گیاه مرزه دریافت که در شرایط کمبود آب نسبت وزن اندام‌های هوایی از جمله برگ و شاخه کاهش می‌یابد، اگرچه این صفت تحت کنترل ژنتیکی است ولی شدیداً تحت تأثیر محیط نیز قرار دارد. در شرایط تنش آبی، دهیدراتاسیون و کاهش حجم سلولی در شاخه‌ها بیشتر از ریشه‌هاست بنابراین تحت این شرایط ذخایر فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها تخصیص داده می‌شود و وزن اندام‌های هوایی نقصان می‌یابد، گیاه بیشتر انرژی خود را صرف حفظ و بقا در شرایط تنش کرده در

نتیجه رشد و توسعه سلولی خود را کند و در شدیدترین حالت تنش متوقف می‌شود. دمای بالای برگ به علت ایجاد شرایط تنش می‌تواند یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد تیمارها باشد، ترلتسکایا (۲۰۰۰) نیز با بررسی تنش خشکی در پنبه به این نتیجه رسید که افزایش دمای برگ از زمان کشت تا گلدهی حتی غوزه‌دهی بیشترین تأثیر را در رشد گیاه می‌گذارد ولی از مرحله باز شدن غوزه تا زمان برداشت دمای پایین نقش بیشتری دارد و دمای بالا عملکرد را کاهش می‌دهد.

ضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورد مطالعه در مرحله گلدهی در جدول ۵ ارائه شده است. بین ارتفاع بوته با سطح برگ ($r=0.69^*$) و وزن ساقه ($r=0.78^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین تعداد گره با تعداد برگ ($r=0.31^*$) و سطح برگ ($r=0.33^*$) و تعداد برگ نیز با سطح برگ و وزن برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد. سطح برگ نیز با تعداد شاخه زایا و سطح ویژه برگ همبستگی معنی‌داری دارد. از این ضرایب همبستگی می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های مقاوم پنبه در این مطالعه با داشتن ارتفاع و تعداد گره بیشتر روی ساقه اصلی، تعداد برگ و به دنبال آن سطح برگ بیشتری را در بوته تولید کردند که در نتیجه افزایش سطح برگ، دریافت تشعشع افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیشتری در دسترس گیاه برای رشد قرار می‌گیرد. که باعث می‌گردد ژنوتیپ‌های مقاوم پنبه تحت تنش رطوبتی ماده خشک بیشتری تولید کنند.

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد هر چند ژنوتیپ‌های متحمل در اکثر صفات و مراحل رشد از موقعیت بهتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس برخوردار بودند ولی ژنوتیپ‌های حساس نیز در بعضی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کمتر از ژنوتیپ‌های متحمل تحت تأثیر شرایط تنش قرار گرفتند. به‌طورکلی مجموعه‌ای از صفات مورد ارزیابی که در هر دو گروه متحمل و حساس کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته است می‌تواند به‌عنوان صفات مقاومت به خشکی در برنامه‌های به نژادی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

۱. احمدی، ع. و بیکر، د.آ. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم تحت شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۱(۴): ۸۱۳-۸۲۵.
۲. پهلوانی، م. ه. ۱۳۷۸. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ارقام پنبه تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۰ صفحه
۳. ضابط، م.، حسین زاده، ع.، احمدی، ع. و خیالپرست، ف. ۱۳۸۲. مطالعه اثرات تنش خشکی بر صفات مختلف و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در ماش. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۴(۴): ۸۸۹-۸۹۹.
۴. فاخر باهر، ز. ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، برخی جنبه‌های فیزیولوژیک، کمیت و کیفیت اسانس در مرحله گلدهی گیاه مرزه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی. دانشگاه تربیت معلم. ۱۱۲ صفحه.
۵. فرزانه، س. ۱۳۸۰. بررسی تحمل ژنوتیپ‌های پنبه به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه گرگان، ۱۰۰ صفحه.
۶. کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۵. اکولوژی گیاهان زراعی (روابط گیاه با محیط). جلد اول. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۹۱ صفحه
۷. لسانی، ح. و مجتهدی، م. ۱۳۷۷. مبانی فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران. ۷۲۶ صفحه
8. Blum, A., and Ebercon, A. 1988. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci.* 21:43-47.
9. Blum, A. 1996. Crop response to drought and the interpretation of adaption. *Plant Growth Regulation.* 20: 135-148.
10. De Sclaux, D., Huynh, T.T., and Roumet, P. 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Sci.* 40: 716-722.
11. Fernandes, C.J., McInnes, K.J., and Cothren, J.T. 1996. Water status and leaf area production in water and nitrogen stressed cotton. *Crop Sci.* 36:1224-1233.
12. Gerik, T.J., Faver, K.L., Thaxton, P.M., and El-zik, K.M. 1996. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water use and yield. *Crop Sci.* 36: 014-921.
13. Gorham, J., Brideg, J., Malik, M.N.A., and Khan, A. 1998. Physiological responses of cotton to water deficit in Pakistan. *Proceeding of the world cotton research conference-2.* Athens. Greece. Sept 6-12. 587-590.
14. Hung, B. 2000. Role of root morphological and physiological characteristics in drought resistance of plant. *Plant Environmental Interaction.* 39-64.
15. Lambers, H., Chapin, F.S., and Pons, T. 1998. *Plant physiological ecology.* Springer-verlag, Newyork. P650
16. Levitt, J. 1980. *Response of plants to environmental stresses.* Vol.2. water, radiation, salt and other stresses. Academic press.
17. Passioura, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. *Plant and Growth Regulation.* 20:79-83.
18. Quisenberry, Y.E., Roark, B., and McMichael, B.L. 1982. Use of transpiration decline curves to identify drought tolerant cotton germplasm. *Crop Sci.* 22:918-922.
19. Quisenberry, C.W., Wendt, J., Berlin, D., and McMichael, B.L. 1985. Potential for using leaf turgidity to select drought tolerance in coron. *Crop Sci.* 25: 294-299.
20. Reddy, R.K., Hodges, H.F., and Mckinion, J.M. 1997. Modeling temperature effects on cotton internode and leaf growth. *Crop Sci.* 37:503-509.
21. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Haloday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30:105-111.
22. Shamshad, S., and Nagavi, M. 1994. *Plant hormones and stress phenomena.* in: M. Pessaraki (Ed). *Plant and Crop Stress.* Marcel dekker Inc. 383-400.
23. Terletskaia, N. 2000. *Water stress.* (American Society of Plant Biologists).
24. Wanjura, D.F., and Upcharch, D.R. 2002. Water status response of corn and cotton to altered irrigation.

The role of morphophysiological traits in drought tolerance of cotton genotypes

L. Edalati Fard¹, S. Galeshi², A. Soltani² and F. Akram Ghaderi³

¹M.Sc. student, ²Faculty members and ³Ph.D. student of Respectively Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Respectively, Gorgan, Iran.

Abstract

Increasing drought tolerance is one of the important breeding objectives. In order to evaluate the role of morphological traits on drought tolerance in cotton an experiment was conducted using a randomized complete block design with factorial arrangement of three soil moisture potentials (-1, -4 and -8 bars) and four cotton genotypes (Bolghare 334 of syndoze 80 as tolerant, and Narabrai and H.A.R as sensitive). There was 3 replications and 4 samplings at squaring, flowering, bolling and boll opening (harvest) growth stages. The experiment was conducted in a greenhouse of Gorgan university of Agricultural Sciences and Natural Resources. Measurements were leaf temperature, plant height, node number, leaf number, the number of vegetative and reproductive branches, specific leaf area, and dry weight of aerial organs. Results showed that drought stress increases leaf temperature, but decreases stem height. Drought stress had no effect on the number of vegetative and reproductive branches. Leaf number, leaf area and dry weight of aerial organs (leaf, stem, shoot) decreased by drought stress. Tolerant genotypes had greater plant height, node number, and leaf number and area compared to sensitive genotypes. In general, a collection of traits that were less affected by drought stress in both tolerant and sensitive genotypes can be used in breeding programs with the objective of enhanced drought tolerance.

Keywords: Drought stress; Morphophysiological traits; Drought tolerance; Cotton