Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵ (ص ۵۲-۴۱)

بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف پنبه

علی نادری عارفی[۱]، علی احمدی[۲*]، منیژه سبکدست[۳]، علیرضا توکلی[۴] و موسی‌الرضا وفایی‌تبار[۵]

۱. کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود (ایستگاه گرمسار)

۲ و ۳. استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)

۴. استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)

۵. استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (ورامین)

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۷/۲۲)

چکیده

در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به‌منظور بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد پنبه، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرمسار انجام شد. سی ژنوتیپ پنبه در شرایط گلخانه و در یک آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، ارزیابی اولیه شد. پس‌ازآن، عملکرد پنج ژنوتیپ شامل K8801, K8802 آونگارد، ورامین، خرداد و بومی قوزهٔ قرمز قم در شرایط مزرعه و در سطوح مختلف تنش کمبود آب بررسی شد. بررسی صحرایی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی بود که کرت‌های اصلی به سه سطح تنش (شاهد، متوسط و شدید) و کرت‌های فرعی به ژنوتیپ‌های پنبه اختصاص داده شدند. نتایج نشان داد، در شرایط گلخانه ویژگی‌های رویشی رقم‌های تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفتند. در آزمایش صحرایی و در شرایط تنش کمبود آب، رقم‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف از نظر ویژگی‌های رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد تفاوت معنی‌دار آماری داشتند. درمجموع، صفات زیست‌تودهٔ ریشه و شاخساره، شمار انشعاب ریشه، قطر طوقه و میزان سبزینگی همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در مزرعه داشتند. به‌طورکلی مقایسهٔ ژنوتیپ‌های موردبررسی در این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ k8801 از نظر تولید عملکرد در شرایط تنش کمبود آب، بیشترین میزان این صفت را داشت و به‌عنوان ژنوتیپ برتر در این منطقه معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: پنبه، تنش کمبود آب، ژنوتیپ، عملکرد.

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) پرکاربردترین لیف طبیعی و مهم‌ترین گیاه صنعتی دو منظورهٔ جهان است که در ۷۹ کشور موجب اشتغال میلیون‌ها نفر در صنایع مرتبط شده است. تولید پنبه ۳درصد آب کشاورزی مصرفی جهان را به خود اختصاص می‌دهد (Ibragimov *et al*., 2008). آب به‌عنوان مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین عامل تولید در ایران، اهمیت ویژه‌ای دارد (Haeri & Asayesh, 2010). درنتیجه شناخت ویژگی‌های مرتبط باتحمل به خشکی پنبه، می‌تواند در بهره‌وری بهینه از منابع آب موجود مؤثر باشد. در پژوهش‌های مرتبط باتحمل خشکی پنبه، بر صفات مختلفی مانند پدیدهٔ نورساخت (فتوسنتز) و هدایت روزنه‌ای (Nepomuceno *et al*., 1998)، آهنگ تعرق (Leidi *et al*., 1999)، دمای تاج‌پوشش یا کانوپی (Leidi *et al*., 1999)، وزن ویژهٔ برگ (Kumar *et al*.,)

* تلفن: ۰۲۶-۳۲۲۲۷۴۱۳، ۰۹۱۲۲۳۸۱۱۴۲
E-mail: ahmadia@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

2014)، تبعیض ایزوتوپی کربن در برگ (Leidi *et al*., 1999)، تنظیم اسمزی برگ و ریشه (Saranga & Yakir, 1998)، تابناکی یا فلورسانس برگ (Basal *et al*. 2005))، محتوای رطوبت نسبی برگ (Pettigrew, 2004; Farah *et al*., 2012)، تجمع زیست‌توده یا بیوماس (McMichael & Quisenberry, 1991)، ثبات غشای یاخته‌ای (Rahman *et al*., 2008)، رفتار میوه‌دهی (Burke, 2007) و طول ریشه (Sumartini *et al*., 2013) تمرکز شده است. باوجوداین، تاکنون هیچ‌یک از صفات فیزیولوژیکی بالا همبستگی مثبت پایداری با تحمل تنش کمبود آب نشان نداده‌اند.

پنبه گیاهی با رشد نامحدود است و درنتیجه، در شرایط مطلوب شمار برگ، گرهٔ جدید، شاخهٔ زایا و غنچه ممکن است افزایش یابد، بدون اینکه چارچوب زمانی گذارشناختی (فنولوژیکی) آن محدود شود و تولید اندام‌های جدید تا هنگامی‌که شرایط مطلوب باشد، ادامه می‌یابد (Gibb *et al*., 2007). در شرایط تنش آبی، گزارش شده است که همهٔ ویژگی‌های رویشی رقم‌های مختلف پنبه غیر از شمار شاخهٔ رؤیا، تغییر می‌کند (Sahito *et al*., 2015; Soomro *et al*., 2011). ویژگی‌های ریشه از صفات مهم مؤثر در تحمل خشکی است. در شرایط کمبود آب، صفاتی مانند قطر کم ریشه، طول ویژهٔ (وزن واحد طول) بالاتر ریشه، افزایش تراکم ریشه‌های مویین و طول ریشه می‌تواند، جذب آب توسط گیاه پنبه را افزایش دهد و در نتیجه نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر کربن را برای جذب آب کاهش دهد. بااین‌حال، چنانچه تنش شدید باشد، رشد ریشه در اثر کاهش رطوبت و مقاومت بالای خاک، کم می‌شود (Comas *et al*., 2013).

ارتفاع بوته از دیگر ویژگی‌های رویشی مهم پنبه است که به‌طورمعمول تحت تأثیر میزان نهاده‌های مورد استفاده و ساختار ژنتیکی رقم مورد کاشت قرار دارد. این صفت به‌طور مستقیم در عملکرد نقش دارد (Zabihi *et al*., 2013). گزارش شده است که ارتفاع بوته در رقم‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف و در شرایط محیطی متفاوت، تغییر می‌کند (Ehsan *et al*., 2008; Zabihi *et al*., 2013). در شرایط گرگان، ارتفاع بوته و میزان سبزینگی تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت، به‌طوری‌که بالاترین میزان این صفت در شرایط تنش کمبود آب حاصل شد. باوجوداین، خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه نداشت، رقم تابلادیلا بیشترین میزان سبزینگی و ارتفاع بوته را در شرایط تنش داشت (Barzali, 2008). بررسی‌ها نشان داد تنش کمبود آب، رشد شاخساره را بیش از ریشه کاهش می‌دهد (Pace *et al*., 1999).

شمار گره و طول میان‌گره نشان‌دهندهٔ میزان رشد رویشی بوته بوده که تحت تأثیر عامل‌های محیطی مانند دما، رطوبت، نیتروژن، عامل‌های مؤثر بر ریزش غوزه و استفاده از مواد بازدارندهٔ رشد قرار دارد (Stewart *et al*., 2010). گزارش شده است که گیاهچهٔ ژنوتیپ‌های بلغار ۴۳۳ و تابلادیلا وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته و شمار برگ بیشتری داشته و از مقاومت بالایی به خشکی برخوردارند (Rezaei, 2001). همچنین تنش کمبود آب باعث کاهش ارتفاع بوته شد که کمترین ارتفاع بوته مربوط به ژنوتیپ ۴۳۲۲۸ به میزان حدود ۴۳ سانتی‌متر بود (Zangi, 2002).

نسبت ارتفاع به گره از دیگر ویژگی‌های مؤثر در واکنش گیاه به شرایط محیطی است. همانند نسبت قد به وزن در پزشکی اطفال، نسبت ارتفاع به گره، ابزاری برای پایش موقت رشد و تغییرات نموی بوته است که برای رقم‌ها و مناطق مختلف باید تعیین شود (Stewart *et al*., 2010). نسبت ارتفاع به گره شامل نسبت ارتفاع بوته از گره لپه‌ای تا انتهای بوته به شمار گره است. این نسبت شاخص مناسبی برای تعیین بنیهٔ بوته است. نسبت ارتفاع به گره و سرعت رشد به‌عنوان شاخص قدرت رشد رویشی در بوته پیشنهاد شده است (Kerby *et al*., 1998). نسبت ارتفاع به گره در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است (Naderi arefi & Hamidi, 2014) اما در مورد تأثیر تنش خشکی بر این صفت گزارشی مشاهده نشد.

از دیگر صفات موردبررسی در تحقیقات، می‌توان به قطر ناحیهٔ طوقه اشاره کرد. با بررسی شاخص‌های مقاومت در شرایط تنش کمبود آب روی رقم‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف بیان شد که می‌توان از محیط طوقه که اندازه‌گیری آن سریع، ارزان و آسان است،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌عنوان یک شاخص گزینش در افزایش ظرفیت عملکرد، تحمل به تنش کمبود آب و افزایش عملکرد در شرایط خشک استفاده کرد (Zangi, 2002).

با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف پنبه مشخص شده است که از نظر وزن غوزه، زودرسی و عملکرد، تفاوت زیادی بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد که بیشترین وزن غوزه در حدود ۶ گرم به رقم ساحل و ژنوتیپ‌های کوکر، زتا، موتاژنز و P.U تعلق داشت (Rezaei, 2001). همچنین گزارش شده است که تنش کمبود آب عملکرد، شمار غوزه، وزن غوزه، شمار و طول شاخه‌های رؤیا و زایا را کاهش می‌دهد اما زودرسی را القا می‌کند. همچنین، تنش آبی با کاهش شمار غوزه عملکرد را کاهش می‌دهد اما در مجموع رقم‌های تابلادیلا و سای‌اکرا متحمل‌ترند (Alishah & Ahmadikhah, 2009). کاهش عملکرد رقم‌های مختلف در اثر تنش کمبود آب در شرایط پنبه‌کاری پاکستان نیز گزارش شد، در این پژوهش مشاهده شد که تنش کمبود آب ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ رؤیا، شمار غوزه در بوته، وزن غوزه و عملکرد را کاهش می‌دهد (Sumro *et al.*, 2011). تنش کمبود آب باعث کاهش طول ساقه، شمار برگ و وزن خشک اندام هوایی شد اما کاهش شمار شاخهٔ رؤیا و زایا در اثر تنش معنی‌دار نبود (Edalati fard *et al.*, 2007). همچنین، در شرایط گرگان گزارش شده است که تنش آبی باعث کاهش وزن غوزه و عملکرد شد که این کاهش در رقم تابلادیلا شدیدتر بود (Mali, 2007).

با توجه به وراثت چندژنی تحمل به تنش کمبود آب، گزینش یک ویژگی به‌عنوان شاخص تحمل به خشکی بسیار دشوار است. انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای تا حدود زیادی اثرگذاری‌های متقابل ژنوتیپ و محیط را کاهش داده و کارایی ارزیابی صفات مرتبط با تنش را افزایش می‌دهد. همان‌گونه که بیان شد، هیچ‌یک از صفات فیزیولوژیکی موردبررسی، همبستگی مثبت پایداری با تحمل تنش کمبود آب از نظر عملکرد نشان نداده‌اند. بر این پایه، در این پژوهش، برخی از ویژگی‌های رویشی ارزیابی شد تا رابطهٔ این صفات با عملکرد چندی از رقم‌ها در شرایط تنش کمبود آب در مزرعه بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرمسار و در شرایط گلخانه به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی ژنوتیپ و عامل فرعی سطوح تنش کمبود آب (شاهد یا حفظ رطوبت در حدود ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی؛ تنش به نسبت شدید، آبیاری با رسیدن محتوای رطوبت نسبی خاک به ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و تنش شدید، آبیاری با رسیدن محتوای رطوبت نسبی خاک به ۱۵ درصد ظرفیت زراعی) بود. رقم‌ها و ژنوتیپ‌های موردبررسی عبارت بودند از:

رقم‌های تجاری *Gossypium hirsutum* (چهارلادی یا تتراپلوئید)

ورامین، سپید، خرداد، ساحل، سیلند، اولتان، بختگان، پاک، نازیلی ۸۴، تابلادیلا، نارابرای استرالیا، بلغار ۴۳۲، آونگارد.

رقم‌های تجاری *G. barbadense* (چهارلادی)

دکتر عمومی، ترمز ۱۴.

رقم‌های در شرف معرفی *G. hirsutum* (چهارلادی)

K 8802، K 8801.

رقم‌های بومی G. herbaceum

بومی آریا، بومی گرمسار، بومی سرخهٔ سمنان، بومی قوزهٔ قرمز قم، بومی کاشمر.

دیگر ژنوتیپ‌ها *G. hirsutum* (چهارلادی)

43347, 43254, ASJ2, CA228, No.200, No.210, No.211, Q31.

پس از تهیهٔ بذر، بذرهای یادشده از مؤسسهٔ تحقیقات پنبهٔ کشور در تاریخ ۹۳/۲/۲۴ اقدام به کاشت آن‌ها در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانهٔ ۱۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر شد. برای تعیین میزان رطوبت در نقطهٔ پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی نمونهٔ خاک مورداستفاده در گلدان‌ها به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود ارسال شد. برای تعیین محدودهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

رطوبتی ۳۰ و ۱۵ درصد ظرفیت زراعی از خاک گلدان‌ها نمونه‌گیری شد و پس از کسر وزن گلدان و گیاه در گلدان‌های غیرآزمایشی، درصد رطوبت وزنی نسبت به ظرفیت زراعی از فرمول زیر تعیین شد:

$$\text{درصد رطوبت وزنی} = \frac{\text{(وزن خاک خشک - وزن خاک مرطوب)}}{\text{وزن خاک خشک}} \quad (۱)$$

سپس در هر گلدان چهار عدد بذر کاشته و اقدام به آبیاری همهٔ گلدان‌ها شد. در مرحلهٔ دوبرگی و پس از تنک کردن، در هر گلدان یک بوته باقی ماند. گلدان‌های شاهد به‌طور مرتب آبیاری شدند. برای اعمال تنش، با توزین روزانهٔ بعضی از گلدان‌ها رطوبت نسبت به ظرفیت زراعی تعیین و آبیاری در محدوده‌های تنش، انجام شد. ۲۴ ساعت پس از آخرین آبیاری، ویژگی‌های ظاهری شامل شمار برگ، ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و میزان سبزینگی (شاخص SPAD) تعیین شد. برای بررسی ویژگی‌های ریشه، گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار داده شدند تا امکان جداسازی بیشینه‌ای ریشه فراهم شود. پس از جداسازی ریشه، بقایای ریشه‌ها با شستشوی خاک گلدان جدا شد. برای بررسی واکنش رقم‌ها به تنش کمبود آب و همبستگی صفات گزینش‌شده با عملکرد در مزرعه رقم‌های K8801، K8802 آونگارد، ورامین، خرداد و بومی قوزهٔ قرمز قم گزینش و در آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایهٔ بلوک کامل تصادفی در سه تکرار بررسی شدند. آبیاری تیمار شاهد برابر عرف کشاورزان منطقه و با فاصلهٔ دوازده روزه انجام شد. برای اعمال تنش ملایم و شدید، پس از مرحلهٔ شش برگی آبیاری از نظر زمانی به ترتیب با تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به میزان ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌متر انجام گرفت و محتوای رطوبت نسبی خاک محیط ریشه با نمونه‌گیری، خشک کردن و توزین آن‌ها در زمان‌های تعیین‌شده با تشتک تبخیر، مشابهٔ آزمایش گلخانه اندازه‌گیری شد. از هر کرت پنج بوته گزینش و صفات رویشی و اجزای عملکرد تعیین شد. برای اندازه‌گیری طول شاخهٔ زایا میانگین طول سه شاخه از هر بوته تعیین شد. برای تعیین شمار قوزهٔ ریخته شده، تأثیر محل ریزش در پنج بوته از هر کرت شمارش شد. در پایان، داده‌ها در نرم‌افزار Excel ثبت و با نرم‌افزار SAS تجزیه‌وتحلیل شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شاخساره در گلخانه

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱) ویژگی اندام‌های هوایی مانند وزن تر و خشک شاخساره، شمار برگ ریخته شده، میزان سبزینگی (شاخص SPAD) و قطر طوقه در ژنوتیپ‌ها و رقم‌های موردبررسی تفاوت معنی‌دار داشت. مقایسهٔ میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک شاخساره از ژنوتیپ‌های سیلند و بختگان در سطح اول تنش به ترتیب به میزان ۲۰۲ و ۱۸۸ گرم حاصل شد. کمترین وزن خشک شاخساره مربوط به ژنوتیپ آونگارد در سطح اول و سوم تنش به ترتیب به میزان ۲۵/۹۹ و ۲۱/۴۳ گرم بود. همچنین بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین داده‌ها ژنوتیپ‌های k8801 و سیلند در تیمار بدون تنش به ترتیب با ۸۴/۳۵ و ۸۲/۲۳ گرم، بیشترین وزن خشک شاخساره را داشتند. این صفت در تنش شدید در اغلب ژنوتیپ‌ها کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین وزن خشک شاخساره به میزان ۸/۶۷ و ۷/۳۸ گرم به‌ترتیب به رقم‌های تابلادیلا و آونگارد مربوط است. این نتایج با یافته‌های Pace *et al.* (1999) و Mali (2007) هماهنگی دارد. همچنین باوجوداین، تحقیقات Alishah & Ahmadikhah (2009) و Rezaei (2001) نشان‌دهندهٔ وزن خشک شاخسارهٔ بالاتر رقم تابلادیلا در مقایسه با دیگر رقم‌ها است.

ژنوتیپ‌های مختلف از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). تأثیر متقابل ژنوتیپ با سطوح مختلف تنش نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها، بیشترین ارتفاع بوته در حدود ۵۶ سانتی‌متر به رقم‌های ورامین و بومی آریا در شرایط بدون تنش مربوط بود. با کمترین ارتفاع بوته به میزان ۲۷/۱۷ سانتی‌متر به رقم آونگارد در تنش متوسط و ژنوتیپ Q31 در تنش شدید (۲۸/۴ سانتی‌متر) تعلق داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

میزان سبزینگی نشان داده شده توسط دستگاه سبزینه‌سنج یا کلروفیل‌متر (SPAD) به‌عنوان شاخصی از پیری برگ است. علائم پس‌خور ارسالی از شاخساره به ریشه در تنظیم پیری زودرس ناشی از کمبود پتاسیم توسط شاخساره نقش دارد. تولید این علائم در اثر تنش کمبود آب در پنبه مستند نشده است (Li *et al.*, 2012). بنا بر نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱)، تأثیر ژنوتیپ و تنش بر میزان سبزینگی کاملاً معنی‌دار است. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که ژنوتیپ Q31 بیشترین میزان سبزینگی را دارد (حدود۶۰ واحد). در رقم تابلادیلا مقدار آن ۵۷/۲۳ است که در هر دو ژنوتیپ در شرایط بدون تنش حاصل شده است. بیشترین میزان پیری (شاخص میزان سبزینگی ۱۴/۰۶) از ژنوتیپ No.200 و در تنش متوسط حاصل شد. در تنش شدید رقم ورامین شدت پیری بالاتری داشت که شاخص سبزینگی آن ۲۳/۶۶ و بالاتر از ژنوتیپ No.200 در تنش متوسط بود. هرچند این نتایج از نظر میزان سبزینگی بالاتر رقم تابلادیلا، با یافته‌های Barzali, 2008 هماهنگ است، اما از نظر تأثیر تنش، عکس نتایج پژوهش یادشده است که در آن بالاترین میزان سبزینگی در شرایط تنش کمبود آب حاصل شد. کاهش سبزینگی به علت تأثیر منفی کمبود رطوبت در جذب و انتقال نیتروژن و تنش اکسایشی (اکسیداتیو) احتمالی، طبیعی به‌نظر می‌رسد.

جدول ۱. میانگین مربعات صفات رقم‌های موردبررسی در شرایط گلخانه و در پاسخ به سطوح مختلف تنش کمبود آب

Table 1. Mean squares of cultivar attributes in greenhouse conditions and different levels of drought stress

S.O.V	df	Crown diameter (mm)	Root number	Root length (cm)	Root dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Plant height (cm)	Leaves number	SPAD value	Shoot dry weight (g)	Shoot fresh weight (g)
Drought	2	7.7**	766.6**	3368**	6764**	9797**	334.75**	11.53**	1473**	33620**	17745.95**
Sub error	52	0.005	2.77	45.27	0.075	3.56	2.22	0.14	0.18	31.87	69.485
Genotype	27	1.9**	587.6**	169.7**	63.45**	275**	302.73**	0.34**	115.9**	724.52**	7286.8**
Genotype × Drought	54	0.97**	168.8**	87.15**	30.48**	77.54**	147.15*	0.26**	82.7**	331.22**	1879.6**
Main error	166	0.009	4.07	3865.32	0.14	4.5	2.83	0.4	0.56	55.75	89.67
CV		1.41	3.71	15.1	3.97	10.14	4.42	17.46	1.3	17.87	7.84

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

ns, *, ** : respectively, non significant and significant at 5% and 1% levels of probability.

کاهش سطح تعرق با ریزش برگ یکی از واکنش‌های پنبه به تنش کمبود آب است. آهنگ رشد برگ، ساقه و ریشه به علت وابستگی به توسعهٔ یاخته، به تنش آب بسیار حساس است (Hearn, 1994). رقم‌های مختلف از نظر این صفت تفاوت عمده‌ای داشتند، همچنین تأثیر سطوح مختلف تنش بر این صفت، معنی‌دار بود (جدول۱). نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان می‌دهد که در تنش شدید ژنوتیپ k8802 و رقم خرداد بیشترین ریزش برگ را داشتند (۲/۳۳ عدد). رقم‌های بومی آریا و دکتر عمومی کمترین ریزش برگ را داشتند. ریزش کمتر برگ در رقم‌های بومی مقاوم و رقم حساس به خشکی دکتر عمومی می‌تواند با تغییر جهت آسیمیلات تولیدی به سمت اندام‌های رویشی به هزینهٔ اندام‌های زایشی و کاهش عملکرد ارتباط داشته باشد.

ویژگی‌های ریشه

در تیمار شاهد ژنوتیپ‌های k8802 و بلغار بیشترین وزن تر ریشه را به ترتیب به میزان ۵۳/۱۹ و ۳۸/۹۴ گرم داشتند و کمترین وزن تر ریشه به ژنوتیپ‌های k8801 و NO.200 به میزان ۳/۸۴ و ۳/۶۵ گرم تعلق داشت. بیشترین وزن خشک ریشه هم مانند وزن تر به میزان ۳۴/۴۰ گرم مربوط به ژنوتیپ k8802 بود و پس‌ازآن رقم بومی سرخهٔ سمنان قرار داشت که وزن خشک ریشهٔ آن در تیمار شاهد ۳۱/۶۷ گرم بود (جدول ۲).

کمترین وزن خشک ریشه متعلق به ژنوتیپ‌های نارابرای استرالیا و k8801 به ترتیب به میزان ۰/۹۱ و ۰/۵۸ گرم بود. شمار ریشهٔ فرعی در ژنوتیپ‌های k8802 و ASJ2 حدود شصت‌وچهار عدد و در تیمار بدون تنش کمبود آب بیش از دیگر ترکیبات تیماری

www.SID.ir

Archive of SID

بود (جدول ۲). با تشدید تنش کمبود آب واکنش ژنوتیپ‌ها متفاوت بود به‌طوری‌که ژنوتیپ NO.210 در تنش شدید کمترین شمار انشعاب ریشه (۳۰ انشعاب) را داشت اما رقم تابلادیلا حتی در شرایط بدون تنش هم شمار ریشهٔ فرعی کمتری داشت (بیست‌وهشت عدد، جدول۳). تفاوت‌های ژنتیکی در توانایی ریشه‌زایی با تولید محصول ارتباط دارد و درنتیجه افزایش این توانایی (در درجهٔ اول افزایش انشعاب و توزیع ریشه) موجب افزایش عملکرد پنبه در شرایط خشک می‌شود (Quisenbery *et al.*, 1986).

جدول ۲. خلاصهٔ نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های متقابل خشکی و ژنوتیپ بر صفات مختلف در شرایط گلخانه

Table 2. Mean comparisons of drought × genotype interactions on some aspects of cotton in greenhouse conditions

Shoot fresh weight (g)				Shoot dry weight (g)			
S1sealand	S1bakhtgan	S1vavengard	S3 vavengard	S1kc8801	S1sealand	S3tabladila	S3avengard
202.72 a	188.17 ab	25.99 wx	21.43 x	84.35 a	82.23 a	8.67 pq	7.38 q
Root fresh weight (g)				Root dry weight (g)			
S1k8802	S1bolghar	S3k8801	S3No.200	S1k8802	S1sorkhe	S3narrabri	S3k8801
53.19 a	38.94 b	3.84 qr	3.65 r	34.04 a	31.67 a	0.91 n	0.58 n
Root number				Crown diameter (mm)			
S2k8802	S2asj2	S3N0.210	S1tabladila	S1No.221	S2CA228	S2avengard	S1Q21
64.33 a	63.67 ab	30 fg	28 g	6.43 a	6.1 ab	4 d	3.9 d
Root length (cm)				Plant height (cm)			
S1v43347	S3omumi	S3vavengard	S1oltan	S1varamin	S1aria	S3Q31	S2avengard
52 a	51.67 ab	25.33 gh	23.32 h	56.33 a	56 ab	28.4 gh	27.17 h
Chlorophyll content (SPAD value)				Loss leaves number			
S1Q31	S1tabladila	S3varamin	S2No.200	S3k8802	S3khordad	S1aria	S1omumi
59.8 a	57.23 ab	23.66 jk	14.06 k	2.33 ab	2.33 ab	0.5 ab	0.05 ab

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک گروه قرار دارند.

Means having at least one similar letter are not significantly different at 5% level of probability (Duncan's method).

جدول ۳. میانگین مربعات صفات مختلف رقم‌های موردبررسی در شرایط مزرعه و در پاسخ به سطوح مختلف تنش کمبود آب

Table 3. Mean squares of cultivar attributes in field conditions and different levels of drought stress

S.O.V	df	yield	Boll weigth	Earliness	Height to node ratio	Boll number	Loss bolls	Mean length of sympodial	Number of sympodial	Length of highest monopodial	Number of monopodials	Plant height
Drought	2	1.1 *	2.01 ns	1520 **	0.59 *	26.54 **	39.06 **	30.13 **	9.93 *	607.3 **	1.48 *	1921.21 **
Sub error	4	0.13	0.023	4.65	0.89	1.23	2.05	11.67	0.77	3.3	023	19.37
Genotype	5	21.22 **	10.42 **	1890 **	0.32 ns	95.8 **	20.66 **	292.21 **	29.95 **	380.5 **	7.03 **	1475.14 **
Genotype × Drought	10	0.81 **	0.13 *	245.8 *	0.41 *	29.5 **	3.67 ns	128.78 **	18.55 **	186.43 **	1.44 **	147.15 **
Main error	23	0.36	0.024	33.37	0.092	1.35	2.71	12.94	0.99	7.17	0.33	21.9
CV		10.72	4.28	14.6	6.35	11.73	25.24	21.64	7.19	15.75	12.3	4.75

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

ns, *, **: non significant and significant at 5% and 1% levels of probability.

واکنش ژنوتیپ‌ها ازنظر طول ریشه به سطوح مختلف تنش نیز متفاوت است (جدول ۱). بر پایهٔ مقایسهٔ میانگین داده‌ها (جدول ۲) طول ریشهٔ ژنوتیپ ۴۳۳۴۷ در تیمار شاهد ۵۲ سانتی‌متر است که بیش از دیگر ترکیبات تیماری است و پس‌ازآن رقم دکتر عمومی با طول ریشه‌ای به میزان ۵۱/۶۷ سانتی‌متر قرار دارد. کمترین طول ریشه (۲۵/۳۳ سانتی‌متر) متعلق به رقم آونگارد و در تنش شدید است، پس‌ازآن رقم اولتان قرار دارد که در شرایط بدون تنش طول ریشهٔ آن حدود ۲۳ سانتی‌متر است. Pace (1999) نیز بیان می‌کند که تنش کمبود آب باعث کاهش رشد ریشه می‌شود.

در بعضی از تحقیقات پنبه از قطر طوقه به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی مقاومت به خشکی، یاد شده است. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین داده‌ها (جدول ۲) بیشترین قطر طوقه به میزان ۶/۴۳ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ NO.221 در سطح اول تنش است و پس‌ازآن ژنوتیپ CA228 در تنش متوسط بیشترین قطر طوقه (۶میلی‌متر) را دارد. کمترین قطر طوقه به رقم آونگارد در تنش متوسط و Q21 در شرایط بدون تنش مربوط است (۴ و ۳/۹ میلی‌متر).

ویژگی‌های رویشی در شرایط مزرعه

اغلب ویژگی‌های رویشی ژنوتیپ‌های موردبررسی در شرایط مزرعه مانند ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ رؤیا، طول

www.SID.ir

Archive of SID

بلندترین شاخهٔ رؤیا، شمار شاخهٔ زایا و طول میانگین شاخهٔ زایا تفاوت معنی‌داری داشتند. اثر شدت‌های مختلف تنش نیز بر این صفات معنی‌دار بود (جدول۳). همچنین تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش بین شدت تنش و ژنوتیپ در مورد این صفات معنی‌دار است. بر این پایه، رقم ورامین در شرایط بدون تنش بیشترین ارتفاع بوته به میزان ۱۱۴/۷ سانتی‌متر را داشت. با تشدید تنش، ارتفاع بوته کاهش یافت، به‌طوری‌که کمترین ارتفاع بوته به میزان ۷۴/۳ سانتی‌متر در تنش شدید و از ژنوتیپ K8802 به دست آمد (جدول ۴). تنش کمبود آب باعث کاهش ارتفاع بوته از راه کاهش شمار گره شد اما عملکرد آن قابل‌مقایسه با تیمارهای تنش بود (Snowden *et al*., 2015).

شمار شاخهٔ رؤیا در ژنوتیپ‌های مختلف در سطح ۱درصد تفاوت داشت. تأثیر شدت‌های مختلف تنش بر این صفت نیز معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و شدت تنش در مورد این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۴) رقم بومی قوزهٔ قرمز قم در سطح سوم تنش بیشترین شمار شاخهٔ رؤیا (۵/۳۳) را داشت و کمترین شمار شاخهٔ رؤیا به شمار دو عدد مربوط به ژنوتیپ K8801 بود. طول بلندترین شاخهٔ رؤیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ و شدت تنش قرار داشت. همچنین اثر برهمکنش ژنوتیپ و شدت تنش در مورد این صفت نیز معنی‌دار است (جدول ۳). مانند شمار شاخهٔ رؤیا، ازنظر طول بلندترین شاخهٔ رؤیا نیز رقم بومی قوزهٔ قرمز قم (۳۸/۳۳ سانتی‌متر) بر دیگر رقم‌ها برتری داشت، اما در این مورد برخلاف شمار شاخهٔ رؤیا، بیشترین طول شاخهٔ رؤیا در شرایط بدون تنش حاصل شد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت کمترین طول شاخهٔ رؤیا به میزان ۱/۶۷ سانتی‌متر، متعلق به ژنوتیپ K8802 بود که جزء ژنوتیپ‌های بسته است.

شمار شاخهٔ زایا نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر هر عامل ژنوتیپ و تنش کمبود آب قرار داشت. برهم‌کنش این دو عامل هم در مورد شمار شاخهٔ زایا معنی‌دار بود (جدول ۳). بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های متقابل (جدول ۴) بیشترین شمار شاخهٔ زایا نیز به میزان ۳۳/۱۷ عدد متعلق به رقم بومی قوزهٔ قرمز قم در شرایط بدون تنش بود. برخلاف انتظار، کمترین شمار شاخهٔ زایا از رقم ورامین در شرایط بدون تنش به دست آمد که احتمال ناشی از رشد رویشی زیاد در شرایط بدون تنش است. ازنظر میانگین طول شاخهٔ زایا ژنوتیپ‌ها با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شدت‌های تنش کمبود آب قرار گرفت (جدول ۳). رقم خرداد در شرایط بدون تنش بیشترین طول شاخهٔ زایا را به شمار ۳۱/۶۷ سانتی‌متر داشت و کمترین طول شاخهٔ زایا به میزان ۳/۶۷ سانتی‌متر به ژنوتیپ K8801 مربوط است که با توجه به تیپ بستهٔ آن، طبیعی است. کاهش طول و شمار شاخه‌های رؤیا و زایا توسط Sumro *et al.* (2011) نیز گزارش شده است، باوجوداین، Edalati fard *et al.* (2007) گزارش کردند که کاهش شمار شاخهٔ رؤیا و زایا در اثر تنش معنی‌دار نیست.

در این پژوهش مشاهده شد که تنش کمبود آب ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ رؤیا، شمار غوزه در بوته، وزن غوزه و عملکرد را کاهش می‌دهد که با نتایج Sumro *et al.* (2011) هماهنگی دارد. گزارش شده است که گیاهچهٔ ژنوتیپ‌های بلغار ۴۳۳ و تابلادیلا نسبت به دیگر ژنوتیپ‌های موردبررسی، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته و شمار برگ بیشتری داشته و مقاومت بالایی به خشکی دارند (Rezaei, 2001). تنش کمبود آب باعث کاهش طول ساقه، شمار برگ و وزن خشک اندام هوایی شد اما کاهش شمار شاخه رؤیا و زایا در اثر تنش معنی‌دار نبود (Edalati fard *et al*., 2007). همچنین، در شرایط گرگان گزارش شده است که تنش آبی باعث کاهش وزن غوزه و عملکرد شد که این کاهش در رقم تابلادیلا شدیدتر بود (Mali, 2007).

نسبت ارتفاع به گره از صفاتی است که در تحقیقات به‌عنوان شاخصی از شدت رشد رویشی استفاده می‌شود. این صفت نیز تحت تأثیر معنی‌دار هر دو عامل بررسی شد. برهمکنش ژنوتیپ با سطوح مختلف تنش هم در این مورد معنی‌دار است (جدول۳). مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های متقابل (جدول ۴) نشان می‌دهد که بیشترین نسبت ارتفاع به گره در شرایط بدون تنش و مربوط به ژنوتیپ K8801 است. افزایش شدت تنش کمبود آب باعث کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

طول ساقه و درنتیجه نسبت ارتفاع به گره شد که کمترین میزان آن به میزان ۴/۱ سانتی‌متر در تنش شدید کم‌آبی از ژنوتیپ K8802 به دست آمد.

ویژگی‌های مرتبط با عملکرد در شرایط مزرعه

شمار غوزهٔ ریخته‌شده، شمار غوزهٔ موجود، وزن غوزه و زودرسی از صفات اندازه‌گیری‌شده مرتبط با عملکرد هستند. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۳) ژنوتیپ‌ها ازنظر این صفات تفاوت معنی‌دار نشان دادند. باوجود معنی‌دار شدن اثر تنش کمبود آب بر همهٔ صفات، وزن وش تحت تأثیر این عامل قرار نگرفت. برهمکنش ژنوتیپ و تنش هم در سطوح ۵ و ۱درصد در مورد این صفات، معنی‌دار است. با تشدید تنش، میزان ریزش غوزه افزایش می‌یابد (جدول۴). رقم ورامین در تنش شدید بیشترین ریزش غوزه را داشت (ده عدد). کمترین غوزه ریزش غوزه (دو عدد) مربوط به ژنوتیپ K8802 در شرایط بدون تنش بود. مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های متقابل در مورد شمار غوزه موجود نشان می‌دهد که رقم ورامین در شرایط بدون تنش بیشترین شمار غوزه را به شمار ۱۷ عدد دارد و پس‌ازآن رقم خرداد با ۱۴ غوزه قرار گرفته است. کمترین شمار غوزه مربوط به رقم قوزهٔ قرمز قم و در تنش شدید است (به‌طور میانگین ۳/۵ غوزه). در تأیید این نتایج Alishah & Ahmadikhah (2009) گزارش کرده‌اند که تنش کمبود آب با کاهش شمار غوزه، عملکرد را کاهش می‌دهد. آنان بیان کرده‌اند که در مجموع رقم‌های تابلادیلا و سای‌اکرا متحمل‌ترند.

ژنوتیپ‌های موردبررسی از نظر وزن غوزه بسیار متفاوت هستند اما این صفت تحت تأثیر سطوح تنش قرار نگرفته است (جدول ۳). بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین اثرگذاری‌های متقابل (جدول ۴) وزن غوزه ژنوتیپ K8801 و رقم ورامین در شرایط بدون تنش بیش از همه ترکیبات تیماری و در حدود ۴/۶۵ گرم است. کمترین وزن غوزه به میزان ۱/۲۸ گرم مربوط به رقم قوزهٔ قرمز قم و در تنش شدید است. وزن غوزهٔ این رقم در دیگر سطوح تنش هم پایین‌تر از دیگر ترکیبات تیماری است. ثبات وزن غوزه در شرایط مختلف محیطی به اثبات رسیده است (Oosterhuis, 2012).

عملکرد ژنوتیپ‌ها با هم تفاوت زیادی دارد. همچنین سطوح مختلف تنش کمبود آب اثرگذاری‌های متفاوتی بر عملکرد ژنوتیپ‌ها داشته است (جدول‌های ۳ و ۴). بیشترین عملکرد به میزان ۵۰۲۷ کیلوگرم در هکتار و در شرایط بدون تنش از رقم ورامین به‌دست‌آمده است که پس‌ازآن ژنوتیپ K8801 در سطوح مختلف تنش کمبود آب و با عملکردی معادل ۴۱۶۵ و ۳۶۶۷ کیلوگرم قرار گرفته است. این ژنوتیپ یکی از ژنوتیپ‌های دارای تیپ رشدی بسته است که با توجه به عملکردهای بالاتر در شرایط کم‌آبی قابلیت معرفی شدن به عنوان رقم جدید را دارد. تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کمبود آب توسط Sumro *et al.* (2011) و Mali (2007) نیز گزارش شده است اما Snowden (2015) گزارش کرد که عملکرد رقم‌ها در اثر تنش کمبود آب تفاوت معنی‌داری نداشت.

همبستگی بین ویژگی‌های رویشی در گلخانه و عملکرد در مزرعه

همبستگی بین صفات مربوط به تولید در شرایط مزرعه با ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در گلخانه در جدول ۵ نشان داده شده است. عملکرد در مزرعه با وزن خشک شاخساره، وزن خشک ریشه و قطر طوقه در گلخانهٔ همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. باوجوداین، همبستگی عملکرد با صفاتی مانند میزان سبزینگی، طول ریشه و شمار ریشه‌های فرعی همبستگی منفی نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های ورامین، Kc8801 و kc8802 که از نظر این صفات برتری داشتند، عملکردشان هم بالاتر بود. به نظر می‌رسد که این صفات در ارزیابی‌های سریع و گلخانه‌ای برای مقاومت به تنش از لحاظ عملکرد، مناسب باشند. وزن خشک ساقه با وزن خشک ریشه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان می‌دهد. اما همبستگی این صفت با طول ریشه و شمار ریشهٔ فرعی منفی است. در ظاهر، توزیع وزن ریشه در شمار کمتری ریشهٔ فرعی یا ضخیم‌تر شدن انشعاب‌های ریشه، برای دستیابی به عملکردهای بالاتر مطلوب‌تر باشد. باوجوداین، شمار بالاتر انشعاب‌ها و وجود انشعاب‌های باریک‌تر که به خلل و فرج ریز خاک دسترسی بیشتری داشته باشد، توانایی جذب رطوبت را افزایش می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش کمبود آب در شرایط مزرعه بر صفات مختلف

Table 4. Mean comparisons of drought × genotype interactions on some aspects of cotton in field conditions

	Plant heogth (cm)	Number of monopodials	Length of monopodials (cm)	Number of sympodials	Length of sympodials (cm)	Loss noll	Height to node ratio	Ealiness (%)	Boll number	Boll weigth (g)	Yielf (kg)
S1 K8801	106.3 ABC	2F	5.33GH	12.7 CD	3.67 J	4DEF	6.23 A	51.3 CD	12.33 BCD	4.65 A	3667 BC
S1 K8802	93 DEF	2.7EF	4.7 GHIJ	8.3 E	9.33HIJ	2F	4.73FGH	43.33 E	10.33 EF	4.37 B	2892 DE
S1 REDQOM	113 AB	4.32ABCD	38.34 A	12.7 CD	25.67 B	3EF	5.7 BCDE	15 I	5.33 JK	1.64 F	556 J
S1 KHORDAD	100 CD	5.33 A	21.67 C	14BC	37.67 A	4.23DEF	5CDEF	61 BC	14 B	4.2 B	3376 BC
S1 AVENGARD	81.7 GH	3.7CDE	12 EF	7.7 E	14.7DEFG	3GH	5.4 BC	30.9 FG	8.8 FG	3.57 DE	2436 EF
S1 varamin	114 A	3.5 CDE	33.67 B	14 BC	14FGH	5.7CDE	5.53 B	18 HI	17 A	4.67 A	5027 A
S2 K8801	86.3 FG	1.67F	3.7 HIJ	14.17 BC	5.23IJ	6 BCDE	4.9DEFG	57.7 C	11.7 DE	4.35 B	3113 D
S2 K8802	94.8DE	4.33ABCD	4GHIJ	12.17D	17.33GHI	6.3 BCD	4.8EFGH	55.3 CD	12.17 BCD	4.37 B	3411 CD
S2 REDQOM	105.2 BC	5AB	18.67D	16.42A	20.5BCD	4DEF	4.7DEFG	29.33 GH	4.7 JK	1.37 G	405 J
S2KHORDAD	92.43 DEF	4.67 ABC	17.67D	8.8 E	7.7HIJ	5.7CDE	4.7FGH	58.7 BC	9 FG	4.13 B	2383 EFG
S2 AVENGARD	86.8 EFG	4.33ABCD	6.7GH	8.83E	21BCD	6.7BCD	5.47 BCD	55 CD	11.17 CDE	3.33 E	2376 EFG
S2 varamin	112.3 AB	3.67CDE	9.7F	14.17BC	20BCDE	4 DEF	4.9DEFG	24.66 HI	13.3 BC	4.3 B	3675 BC
S3 K8801	77.8H	3.67 CDE	14 E	14 BC	19 DEF	7.7 ABC	4.7 FGH	69.3 AB	12.7 BCD	3.42 E	4163 B
S3 K8802	74.3H	4.33 ABCD	1.67 J	14.33 BC	8.7 GHIJ	8.97 AB	4.1 I	56 C	7.8 GH	3.72 CD	1865 GHI
S3 REDQOM	107.5 AB	5.32 A	4.7 GHIJ	15 AB	14.6 EFG	5.7 CDE	4.66 FGH	37 EF	3.5 K	1.28 G	286 J
S3 KHORDAD	17.75 H	4.23 ABCD	6.9 G	13 CD	20.5 BCD	7.7 ABC	4.33 HI	52.7 CD	7 GHI	3.53 DE	1572 HI
S3 AVENGARD	55.1 I	3.33 DE	3.5 G	11.7 D	22.26 BC	6 BCDE	4.5 GHI	77.33 A	6.43 HIJ	3.3 E	1338 I
S3 varamin	3.97 D	4 BCD	11.13 F	8.7 E	13.47 GH	1 A	4.5 GHI	39 EF	8 GH	3.85 C	1972 FGH

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، در یک گروه قرار دارند.

Means having at least one similar letter are not significantly different at 5% level of probability (Duncan's method).

جدول ۵. ضریب‌های همبستگی پیرسون بین صفات مختلف

Table 5. Pearson correlation coefficients between the different attributes

	Yield	Shoot DM in greenhouse	Root DM in greenhouse	Root lengt	Root number	Crown diameter	Chlorophyll content
Yield	1						
Shoot DM in greenhouse	0.3 *	1					
Root DM in greenhouse	0.37 *	0.275 *					
Root lengt	-0.13 *	-0.024 ns	1	1			
Root number	0.01 ns	-0.016 ns	0.21 ns	0.36*	1		
Crown diameter	0.4*	0.025 ns	0.21ns	0.19 ns	0.59**	1	
Chlorophyll content	0.11 ns	0.11 ns	-0.13 ns	0.06 ns	0.17 ns	0.19 ns	1

جدول ۶. ضریب همبستگی پیرسون بین اجزای عملکرد و بعضی از صفات رویشی

Table 6. Pearson correlation coefficients between yield components and vegetative aspects

	Loss boll	Boll number	Boll weight	Yield	Height to node	earliness
Loss boll	1					
Boll number	0.7 **	1				
Boll weight	0.31 *	ns -0.15	1			
Yield	0.001 ns	0.95**	-0.24ns	1		
Height to node	0.28 ns	-0.12 ns	0.99**	0.21ns	1	
earliness	0.1 ns	0.26 ns	-0.58**	0.26 ns	-0.36 *	1

ns، * و **: غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد.

ns, *, **: respectively, non significant and significant at 5 % and 1 % levels of probability.

همبستگی بین اجزای عملکرد در مزرعه

عملکرد به‌دست‌آمده در شرایط مزرعه با شمار غوزهٔ همبستگی مثبت و بالایی دارد (جدول ۶)، باوجوداین، همبستگی عملکرد با وزن غوزهٔ منفی و غیرمعنی‌دار است. وزن غوزهٔ بالاتر احتمال دارد به بهای کاهش شمار غوزه بوده و باعث همبستگی منفی این صفت با عملکرد شده باشد. همبستگی عملکرد با غوزهٔ ریخته‌شده بسیار ناچیز است و از نظر عملکرد، شمار غوزهٔ باقی‌ماندهٔ روی بوته اهمیت دارد. همبستگی بین شمار غوزه و غوزهٔ ریخته‌شدهٔ مثبت اما غیرمعنی‌دار است. به‌عبارت‌دیگر هرچه شمار بیشتری غوزه تشکیل شود، احتمال ریزش نیز افزایش می‌یابد. همبستگی بین وزن غوزه و شمار غوزهٔ ریخته‌شده، مثبت و معنی‌دار است. این بدان معناست که با ریزش شمار بیشتری از غوزه‌ها، آسیمیلات تولیدی به سمت غوزه‌های موجود انتقال یافته و موجب سنگین‌تر شدن آن‌ها می‌شود. در تأیید این نتایج،

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی منفی بین وزن و شمار غوزه در تحقیقات چندی به اثبات رسیده است (Kipling *et al*., 2010; Liu *et al*., 2013; Goncalo & Rafael, 2009).

همبستگی بین نسبت ارتفاع به گره با وزن غوزهٔ مثبت و به‌طور کامل معنی‌دار است. این صفت با شمار غوزهٔ همبستگی منفی و با غوزهٔ ریخته شده مثبت و غیرمعنی‌دار دارد (جدول ۶). احتمال دارد با افزایش این نسبت که نشانگر افزایش رشد رویشی است، رشد زایشی کاهش و در نتیجه شمار غوزه کم می‌شود. کاهش شمار غوزهٔ موجود هم می‌تواند ناشی از کاهش تشکیل غوزه و هم افزایش ریزش غوزه باشد. گزارش شده است که رقم‌های پنبه از نظر همبستگی بین شمار گره و عملکرد تفاوت بسیاری دارند، به‌طوری‌که در رقم ورامین این همبستگی مثبت و در رقم بلی‌آیزوار منفی است (Vafayi & tajick 2012).

زودرسی با وزن غوزه و نسبت ارتفاع به گره، همبستگی منفی و معنی‌دار نشان می‌دهد (جدول ۶). با توجه به اینکه نسبت ارتفاع به گره زیاد به معنای رشد رویشی بیشتر است، طبیعی است که در این شرایط محصول دیررس‌تر شود. وزن غوزهٔ بالا با نسبت ارتفاع به گره همبستگی مثبت دارد و این می‌تواند همبستگی منفی آن را با زودرسی توجیه کند.

نتیجه‌گیری کلی

تعیین مقاومت به خشکی بر پایهٔ شاخص‌های فیزیولوژیکی به علت نتایج مختلف پژوهش‌ها، به سادگی امکان‌پذیر نیست. این موضوع در مورد صفات رویشی هم صدق می‌کند. بر این پایه، در این تحقیق مجموعه‌ای از صفات رویشی در شرایط گلخانه و همبستگی آن‌ها با عملکرد در مزرعه بررسی شد. با توجه به برتری نسبی عملکرد ژنوتیپ‌های ورامین و k8801 در شرایط تنش و نیز برتری آن‌ها از لحاظ صفاتی مانند میزان سبزینگی، طول و شمار انشعاب‌های ریشه از یک‌سو و همبستگی بالاتر عملکرد با این صفات، به نظر می‌رسد که صفات زیست‌تودهٔ ریشه و شاخساره، شمار انشعاب‌های ریشه، قطر طوقه و میزان سبزینگی شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی مقاومت به خشکی رقم‌ها باشند. همچنین استفاده از ژنوتیپ k8801 به عنوان یک رقم جدید مقاوم به خشکی و نیز با عملکرد بالا توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Alishah, O. & Ahmadikhah, A. (2009). The Effects of Drought Stress on Improved Cotton Varieties in Golesatn Province of Iran. *International Journal of Plant Production*, 3, 17-26.
2. Barzali, M. (2008). Germination and vegetative aspects of cotton genotypes under drought stress. Iran Cotton research institute, Final report of research project, 2-015-16000-02-000-85016. (in Persian with English Summary)
3. Basal, H., Smith, C.W., Thaxton, P.S. & Hemphill, J.K. (2005). Seedling drought tolerance in upland cotton. *Crop Science*, 45, 766-771.
4. Burke J. John. (2007). Evaluation of Source Leaf Responses to Water-DeficitStresses in Cotton Using a Novel Stress Bioassay. *Plant Physiology*, 143, 108-121.
5. Comas, H., Louise, S.R.B., Von Mark V. Cruz, Patrick, F. Byrne & David, A. Dierig. (2013). Root traits contributing to plant productivity under drought. *Frontiers in Plant Science*, 4, 1-16.
6. Edalati fard, L., Galeshi, S., Soltani, A. & Akram ghaderi, F. (2007). The role of morphophysiological traits in drought tolerance of cotton genotypes. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource*, 13(2) special issue. (in Persian with English Summary).
7. Ehsan, F., Asghar, A., Muhammad, A.N., Muhammat, T. & Atif, M. (2008). Comparative Yield Performance of New Cultivars of Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Life and Social Science*, 6(1), 1-3.
8. Farah, Deeba, A.K., Pandey, S., Ranjan, A., Mishra, R., Singh, Y.K., Sharma, P.A. & Shirke, V.P. (2012). Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 1(53), 6-18.
9. Gibb D. James Neilsen & Greg Constable. (2007). Cotton growth responses to water stress, WATERpak, *a guide for irrigation management in cotton, Section 3: Irrigation management of cotton.*
10. Goncalo, B. & Rafael, J.L. (2009). Genotype and planting date effects on cotton growth and production under south Portugal conditions. I, phenology and growth analysis. *Journal of food. Agriculture & environment*, 7(2), 300-312.
11. Haeri, A. & Asayesh, A. (2010). Iran and world cotton status. *a report for society of texture industry*, The office of statistical a strategic research, 33 page. (In Persian with English Summary).

www.SID.ir

Archive of SID

12. Ibragimov, N., Evett, S.R., Esanbekov, Y., Kamilov, B.S., Mirzaev, L. & Lamers, J.P. (2007). Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agricultural Water Management*, 90(1), 112-120.
13. Kerby, T.A., Plant, R.E., Johnson-Hake, S. & Horrocks, R.D. (1998). Environmental and cultivar effects on height-to-node ratio and growth rate in Acala cotton. *Journal of Production Agriculture*, 11, 420-427.
14. Kerby, T.A. & Horrocks, R.D. (2013). Height-to-Node Ratio as an Index of Early Season Cotton Growth. *Journal of Production Agriculture*, 10.1, 80-83.
15. Kipling, S.B., Jason, S.B., Dale M. C., Dennis, P.D. & Andrew, J.P. (2010). Planting and defoliation timing impacts on cotton yield and quality. In: *Beltwide Cotton Conferences*, New Orleans, Louisiana, January 4-7, 2010.
16. Kumar, T. Sampath, Pandian, B.J., Jeyakumar, P. & 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, 407-425.
17. Leidi, E.O., López, M., Gorham, J. & Gutiérrez, C. (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.
18. Li, B., Wang, Y., Zhiyong, Z., Baomin, W., Egrinya Eneji A., Liusheng, D., Zhaohu, L. & Xiaoli, T. (2012). Cotton shoot plays a major role in mediating senescence induced by potassium deficiency. *Journal of Plant Physiology*, 169, 327-33.
19. Liu, J., Yina, M., Fengjuan L., Ji, C., Zhiguo, Z., Youhua, W., Derrick, M.O. & Abudu, K.A. (2013). Changes of sucrose metabolism in leaf subtending to cotton boll under cool temperature due to late planting. *Field Crops Research*, 144(20), 200-211.
20. Mali, M. (2007) cotton cultivars response to drought and heat stress in phytotron. Iran Cotton research institute, *Final report of research project*, No.2-07-07-86-011. (in Persian with English Summary).
21. McMichael, B.L. & Quisenberry, J.E. (1991). Genetic variation for root-shoot relationship among cotton germplasm. *Environmental and Experimental Botany*, 31,461-470.
22. Naderi arefi, A. & Hamidi, A. (2014). Seed Cotton Yield and some Related Traits in Different Cultivars of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Garmsar Conditions. Journal of seed and plant production, 2(20) 4: 401-420. (in Persian with English Summary).
23. Nepomuceno, A.L., Oosterhuis D.M. & Stewart, J.M. (1998). Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by polyethylene glycol. *Environmental and Experimental Botany*, 40, 29-41.
24. Oosterhus, D.M. & Cothren, T.J. (2012). *Flowering and fruiting in cotton*. Cordova, Tennessee: Cotton foundation Reference book series, The Cotton Foundation, U.S.A.
25. Pace, P.F., Harry, T.C., Sherif, H., El-Halawany, M., Cothren, T.J. & Scott, A.S. (1999). Drought-induced Changes in Shoot and Root Growth of Young Cotton Plants. The *Journal of Cotton Science*, 3,183-187.
26. Pettigrew, W.T. (2004). Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. *Agronomy Journal*, 96, 377-383.
27. Quisenberry, J. E., Bruce, R. & McMichael, B.L. (1983). Use of Transpiration Decline Curves to Identify Drought-Tolerant Cotton Germplasm. *Crop Science Abstract*, 22 (5), 918-922.
28. Rahman, M., Ullah, I., Ashraf, M., Stewart, J.M. & Zafar, Y. (2008). Genotypic variation for drought tolerance in cotton. *Agronomy and Sustainable Development*, 28, 439-447.
29. Rezaei, J. (2001). Drought stress tolerance of cotton plant in greenhouse. *Iran Cotton research institute*, Final report of research project, No.117-24-7904-79-001. (in Persian with English Summary).
30. Sahito, A., Baloch, Z., Mahar, A., Otho, S., Kalhoro, S., Ali, A., Kalhoro, F., Soomro, R. & Ali, F. (2015). Effect of Water Stress on the Growth and Yield of Cotton Crop (*Gossypium hirsutum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1027-1039.
31. Saranga, Y., Flash, I. & Yakir, D. (1998). Variation in water-use efficiency and its relation to carbon isotope ratio in cotton. *Crop Science*, 38,782-787.
32. Snowden, C.M., Glen, L.R., Fulvio, R.S. & James, P.B. (2015). Timing of Episodic Drought Can Be Critical in Cotton. *Agronomy Journal*, 106 (2), 452-458.
33. Soomro, M., Markhand, H. & Soomro, B.A. (2011). Screening Pakistani cotton for drought tolerance. *Pakistan journal of botany*, 44(1), 383-388.
34. Stewart, J.M., Derrick, M.O. & James, J.H. (2010). *Physiology of Cotton*. London: Springer Dordrecht Heidelberg. Springer Science Business Media B.V. available at *www.springer.com*
35. Sumartini, E. Sulistyowati, S. & 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.

www.SID.ir

Archive of SID

36. Vafayi tabar, M. & Tajick khaveh, Z. (2012). Variation in yield and earliness correlation with other quantitative traits of early upland cotton cultivars. *Electronic journal of cotton and fiber crop*. 1(2), 97-114. (in Persian with English Summary).
37. Zabihi, H. R., Ramazani moghadam, M. R. & Noori (2013). Effect of nitrogen and irrigation water on cotton yield and yield components. Journal of Iran cotton investigations, 1(2), 43-55. (in Persian with English Summary).
38. Zangi, M. R. (2002). Genetic diversity of cotton tetraploid genotypes to drought stress. *Iran Cotton research institute*, Final report of research project, No. 100-24-15-79-04-79-152. (in Persian with English Summary).

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 47, No. 1, Spring 2016

Effect of water deficit stress on some vegetative aspects and yield of cotton genotypes

Ali Naderi Arefi[1], Ali Ahmadi[2*], Manijeh Sabokdast[3], Alireza Tavakoli[4] and Musalreza Vafaei Tbabr[5]

1. Researcher of Agricultural and Natural Research Center of Shahrood (Garmsar station), Iran
2, 3. Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture & Natural Resorces, University of Tehran, Karaj, Iran
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Semnan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (Shahrood), Iran
5. Assistant Professor of Agricultural and Natural Resources Research Center of Tehran, Iran
(Received: Jun. 27, 2015 - Accepted: Oct. 14, 2015)

ABSTRACT

In order to study of water deficit effects on yield and some vegetative aspects of cotton, 30 cotton genotypes evaluated in 2014 summer at Garmsar Agricultural Research Station in greenhouse and field conditions. The experimental design was split plot based on a completely randomized blocks with three replications. Six superior genotypes including K8801, K8802, Avengard, Varamin, Khordad and Qum red boll selected for field experiment. Main plot was stress levels including control, mild and sever water deficit and subplots designated to genotypes. In greenhouse, the results showed that vegetative indices of genotypes significantly affected by water deficit stress. Based on the result of field experiment, vegetative traits, yield and yield components of genotypes were significantly different. In general, traits such as dry matter of root and shoot, number of root branches, crown diameter and chlorophyll content (spad value) had positive and significant correlation with yield in filed, so could be used in evaluation of cotton drought tolerance. Also, K8801 had higher yield than other genotypes in water deficit condition and could be introduced as a superior genotype for the region of study.

Keywords: Genotype, water deficit, cotton, yield.

* Corresponding author E-mail: ahmadia@ut.ac.ir Tel: +98 912 2381142; +98 26 32227413

www.SID.ir