بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد، ضرایب همبستگی و تجزیه علیت ارقام پنبــه در شرایط تنش خشکی

حمید رضا مهرآبادی[۱*]، احمد نظامی[۲]،
محمد کافی[۳] و محمد رضا رمضانی مقدم[۴]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۴/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۷)

چکیده

تعیین نحوه و میزان تأثیرگذاری عوامل مؤثر بر عملکرد ارقام پنبه نقش به‌سزایی در ارزیابی عملکرد در شرایط تنش خشکی دارد. لذا ایــن پژوهش به‌منظور تعیین عملکرد، اجزاء عملکرد، ضرایب همبستگی و اثرات مستقیم و غیر مستقیم اجزاء مؤثر بر عملکرد بر روی چهار رقم حساس و متحمل به خشکی پنبه انجام گرفت. ارقام پنبه به‌عنوان کرت‌های فرعی در سه سطح آب مصرفی به‌عنوان کرت‌های اصلی (آبیاری به‌میزان ($I_{33\%}$) ۳۳٪، ($I_{66\%}$) ۶۶٪ و ($I_{100\%}$) ۱۰۰٪ نیاز آبی) به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکــرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر در سال ۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تمامی اجزاء عملکرد پنبه (بــه‌جــزء وزن غوزه) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. نتایج همچنین نشان داد ابقاء تعداد بالاتر غــوزه در بوتــه عامــل اصــلی اختلاف ارقام در رابطه با عملکرد وش می‌باشد. در شرایط تنش همبستگی بالا و معنی‌دار بین عملکرد وش با تعداد غوزه در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مشاهده شد. درصورتی‌که در شرایط آبیاری کامل این همبستگی تنها بین دو صفت ارتفــاع بوتــه و عملکــرد بیولوژیک دیده شد. نتایج تجزیه علیت با استفاده از ضرایب همبستگی ساده نشان داد که مهم‌ترین جزء مؤثر بر عملکــرد در شــرایط تــنش خشکی و آبیاری کامل عملکرد بیولوژیک می‌باشد و اجزاء دیگری چون تعداد و وزن غوزه، درصد زودرسی و شاخص برداشت بــا تــأثیر غیر مستقیم بر این جزء سبب افزایش عملکرد وش می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: ارقام متحمل، تجزیه علیت، خشکی، شاخص برداشت، عملکرد

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دوره دکتری و اساتید گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴. استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hr.mehrabadi@yahoo.com

مقدمه

کم بودن نزولات آسمانی و پراکنش زمانی و مکانی نامناسب آن از واقعیت‌های غیر قابل اجتناب تولید محصولات زراعی در ایران است. اگر نواحی تحت تنش کمبود آب مناطقی با بارندگی سالیانه کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود، به‌راحتی می‌توان گفت که بیش از ۹۰٪ از سطح کشور تحت تنش خشکی قرار دارد (۷). غالب مناطق تحت کشت پنبه در کشور از سیستم آبیاری برخوردار هستند ولی به‌دلیل مصادف شدن آبیاری‌های اولیه پنبه با دوره اوج آبیاری سایر گیاهان زراعی به‌ویژه غلات و نیز با توجه به طولانی بودن دوره آبیاری و نیاز بالای آبی گیاه پنبه به‌ویژه در مرحله گل‌دهی و غوزه‌بندی، گیاه پنبه در معرض یک و یا چند دوره خشکی قرار گرفته و دچار خسارات ناشی از تنش خشکی خواهند شد (۴ و ۱۶). اگرچه پنبه به‌عنوان یک گیاه متحمل به خشکی در نظر گرفته می‌شود با این‌حال حساسیت به خشکی در گونه‌ها و ارقام آن بسیار متفاوت می‌باشد. یولا و همکاران (۱۸) با تأیید وجود تنوع ژنتیکی در ارقام پنبه در ارتباط با سطح تحمل به تنش خشکی ابراز داشتند، علی‌رغم عملکرد بالای برخی ارقام پنبه در شرایط آبیاری نرمال، در شرایط کمبود آبیاری این ارقام عملکرد پایینی را تولید نمودند.

کمبود آب عملکرد کمی و کیفی پنبه را کاهش می‌دهد (۱۰)، در همین راستا برخی مطالعات نشان می‌دهند که این گیاه با تحریک جوانه‌های مولد شاخه‌های رویشی و زایشی پس از رفع کمبود آب قادر به تحمل تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی بدون کاهش محسوس عملکرد می‌باشد (۴). هم‌چنین افزایش آبیاری در مراحل اولیه رشد باعث تحریک رشد رویشی می‌شود، اما چون پنبه دارای رشد نامحدود است، بنابراین هر عاملی که باعث تحریک رشد رویشی شود، اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی گیاه را به‌دنبال داشته و در نتیجه باعث ریزش گل و غنچه می‌شود (۱۷).

در تحقیقات به‌عمل آمده در بین اجزاء عملکرد، تعداد غوزه در واحد سطح بالاترین همبستگی را با عملکرد دارد (۸ و ۱۹) و این جزء مهم، بیشتر در مراحل بعد از گل‌دهی تحت تأثیر تنش واقع می‌شود . یولا و همکاران (۱۸) ابراز داشتند همبستگی بالای بین عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک تحت شرایط تنش کمبود آب بیانگر این بود که عملکرد بیولوژیک عامل تعیین کننده اولیه برای عملکرد وش تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد و اینکه بهبود ژنتیکی آن می‌تواند منجر به افزایش عملکرد وش تحت این شرایط شود. افشار و مهرآبادی (۲) طی تحقیقی نشان دادند که کم‌آبیاری به میزان ۵۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی گیاه پنبه تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های زایا نداشت. آنها هم‌چنین اظهار داشتند، کاهش آب مورد نیاز پنبه در کل دوره رشد، بیشترین تأثیر را بر رشد رویشی پنبه باقی می‌گذارد. به‌طوری‌که با کاهش آب مورد نیاز، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌دار کاهش پیدا کرد. رمضانی‌مقدم (۱۲) گزارش کرد که ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد وش در شرایط تنش شوری داشت. درصورتی‌که وزن غوزه دارای اثر منفی بر عملکرد بود.

از جمله راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات کم‌آبی بر گیاهان زراعی از جمله پنبه، استفاده از ارقامی است که در شرایط تنش خشکی ضمن رشد و نمو نسبتاً مطلوب، از حداقل کاهش کمی و کیفی پنبه دانه (وش) برخوردار باشد. در این ارتباط شناخت ویژگی‌های گیاهی منحصر به‌فردی که در برخی از ارقام متحمل به خشکی پنبه وجود دارد، ضروری به‌نظر می‌رسد. این خصوصیات می‌تواند شامل یک یا همه ویژگی‌های مرفولوژیکی، آناتومیکی و فیزیولوژیکی باشد که رقم متحمل را در ادامه بقاء و رشد تحت تنش خشکی توفیق می‌دهد. هدف از انجام این تحقیق شناخت و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تفاوت عملکرد بین ارقام پنبه متحمل و حساس به خشکی با استفاده از ضرایب همبستگی و تجزیه علیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو رقم پنبه متحمل (ارمغان و ورامین) به‌همراه دو رقم پنبه حساس به خشکی (کوکر ۳۴۹ و نازیلی ۸۴)

حاصل از اجرای آزمایشات قبلی به‌عنوان کرت‌های فرعی در سه سطح فراهمی آب خاک (به‌عنوان کرت‌های اصلی) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر در سال ۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. قبل از کاشت براساس آزمون خاک مقادیر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (یک سوم به هنگام کاشت، یک سوم پس از تنک بوته و یک سوم در زمان گل‌دهی) و مقدار ۲۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل (در زمان کاشت) به خاک اضافه شد. کاشت در ۲۰ اردیبهشت ماه در فواصل ردیف ۶۰ سانتی‌متری با فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. هر کرت شامل چهار خط هشت متری بوده و آبیاری به‌صورت قطره‌ای با استفاده از لوله‌های تیپ (tape) با خروجی‌هایی به‌فاصله ۲۰ سانتی‌متر و آب‌دهی چهار لیتر در ساعت در هر متر از طول صورت گرفت. سطوح آبیاری عبارت بودند از: آبیاری به‌میزان ۳۳ درصد نیاز آبی پنبه $I_{33\%}$؛ آبیاری به‌میزان ۶۶ درصد نیاز آبی پنبه $I_{66\%}$ و آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه $I_{100\%}$ (شاهد). با استفاده از روش پنمن - مانتیت (با استفاده از آمار روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کاشمر)، میزان تبخیر و تعرق محاسبه شد. تبخیر و تعرق گیاه از حاصل ضرب ضریب گیاهی (Kc) به‌دست آمده در منطقه مورد مطالعه (۱۲) در تبخیر و تعرق پتانسیل به‌دست آمد. با در نظر گرفتن درصد سایه‌انداز و فرمول مربوطه [$T_d = ET_p \times (0.1 \times P_s^{0.5})$ که در آن T_d برابر تبخیر و تعرق روزانه گیاه در روش آبیاری قطره‌ای، ET_p برابر تبخیر وتعرق گیاه بدون ملاحظه درصد سایه‌انداز و P_s برابر درصد سایه‌انداز گیاه است] و با اعمال ضرایب (۰/۳۳ ، ۰/۶۶ و ۱/۰۰) و راندمان آبیاری ۹۰٪، میزان نیاز آبی روزانه محاسبه و با توجه به دور آبیاری و نیز مساحت هر کرت میزان آب مورد نیاز هر تیمار از طریق تنظیم با کنتور و شیر فلکه در هر بار آبیاری در اختیار گیاه قرار داده شد. در طول دوره رشد آفات با سموم متداول کنترل و سه نوبت وجین علف‌های هرز با دست صورت گرفت.

یادداشت برداری‌ها جهت تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، متوسط وزن غوزه، تعداد گل و غوزه ریزش کرده (از طریق تقسیم تعداد موقعیت‌های بارده ریزش کرده شامل غنچه، گل و غوزه بر تعداد کل موقعیت‌های ریزش کرده به اضافه تعداد غوزه باقی‌مانده در پایان برداشت) بر روی پنج بوته به‌طور تصادفی از دو ردیف وسط هر کرت در زمان برداشت نهایی انجام گرفت. برای تعیین عملکرد وش، درصد زودرسی (حاصل عملکرد وش در اولین برداشت به عملکرد کل)، عملکرد بیولوژیک (برداشت بیوماس هوایی از یک مترمربع سطح خاک شامل اندام‌های هوایی و قسمت‌های ریزش یافته) و شاخص برداشت با حذف نیم متر از اول و آخر هر ردیف کاشت، دو ردیف وسط هر کرت (سطحی معادل ۸/۴ مترمربع) برداشت شد. محاسبات آماری طرح با استفاده از نرم افزار Mstatc انجام و جهت انجام تجزیه علّیت از نرم‌افزار Path Coefficient Analysis استفاده شد. مقایسات میانگین صفات برای اثرات اصلی با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار و نیز آزمون دانکن (در مقایسه اثرات متقابل) انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

میانگین ارتفاع بوته پنبه در تیمارهای $I_{33\%}$، $I_{66\%}$ و $I_{100\%}$ به‌ترتیب ۷۳/۴، ۷۹/۶ و ۸۹/۳ سانتی‌متر بود. این نتایج بیانگر کاهش معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۵) ارتفاع بوته در تیمارهای $I_{33\%}$ و $I_{66\%}$ به‌ترتیب به‌میزان ۱۷/۸ و ۱۰/۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد بود. با این وجود تفاوت بین ارقام از نظر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲)، ولی کاهش آب مصرفی منجر به کاهش نسبتاً بیشتر ارتفاع بوته در ارقام متحمل به خشکی در مقایسه با ارقام حساس به تنش خشکی شد. میانگین کاهش ارتفاع بوته به‌دنبال اعمال تیمار $I_{33\%}$ در ارقام ارمغان، ورامین، کوکر ۳۴۹ و نازیلی به‌ترتیب ۱۸/۲، ۲۱/۹، ۱۱/۶ و ۱۹/۲ درصد بود. کاهش بیشتر ارتفاع بوته به‌علت کاهش فاصله

جدول ۱. منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات صفات عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	درصد ریزش گل و غوزه	عملکرد وش	درصد زودرسی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۶/۴۵۶	۷/۲۷۰	۰/۳۰۳	۱۷/۰۲۶	۳۰۸۳۴/۱۴۲	۱۳/۰۲۸	۳۰۸۵۳۵/۰۸۲	۱۸/۱۸۱
سطوح	۲	۷۷۲/۶۲۳*	۲۴۳/۹۸۱**	۰/۴۶۵	۲۴۹۱/۹۸۲**	۱۱۶۴۹۲۳۸/۹۹۶**	۷۲۴/۶۹۴**	۱۴۰۲۷۳۱۱/۵۵۵**	۹۳۶/۱۵۹*
خطای a	۴	۱۰۳/۰۰۵	۲/۷۶۷	۰/۳۲۰	۱۳/۲۰۱	۲۸۳۳۲/۵۳۷	۱۲/۶۹۴	۱۷۰۱۱۳/۱۰۱	۵۴/۷۹۲
رقم	۳	۱۱۵/۸۳۶	۲۸/۱۵۷**	۰/۵۷۹*	۶۲۲/۲۴۱**	۴۸۶۵۰۸۹/۲۵۴**	۱۱۶/۳۷۰**	۲۱۴۰۵۶۳۱/۸۲۳**	۲۳۶/۸۸۲**
آبیاری × رقم	۶	۲۴/۷۵۳	۱/۸۰۶	۰/۰۳۰	۶۷/۹۹۸	۶۶۵۵۳/۰۹۰*	۶/۲۸۷	۶۰۴۴۲۸/۹۷۵*	۲۰/۰۴۲
خطای b	۱۸	۴۳/۹۱۸	۱/۷۰۶	۰/۱۲۱	۵۸/۱۴۴	۲۳۰۵۳/۸۶۲	۴/۶۲۰	۲۱۸۸۵۳/۶۲۹	۲۵/۶۴۷
ضریب		٪ ۸/۲۱	٪ ۸/۹۸	٪۶/۶۵	٪۱۵/۰۲	٪ ۴/۵۸	٪ ۳/۰۴	٪ ۶/۳۴	٪۱۰/۷۰

ns ، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد

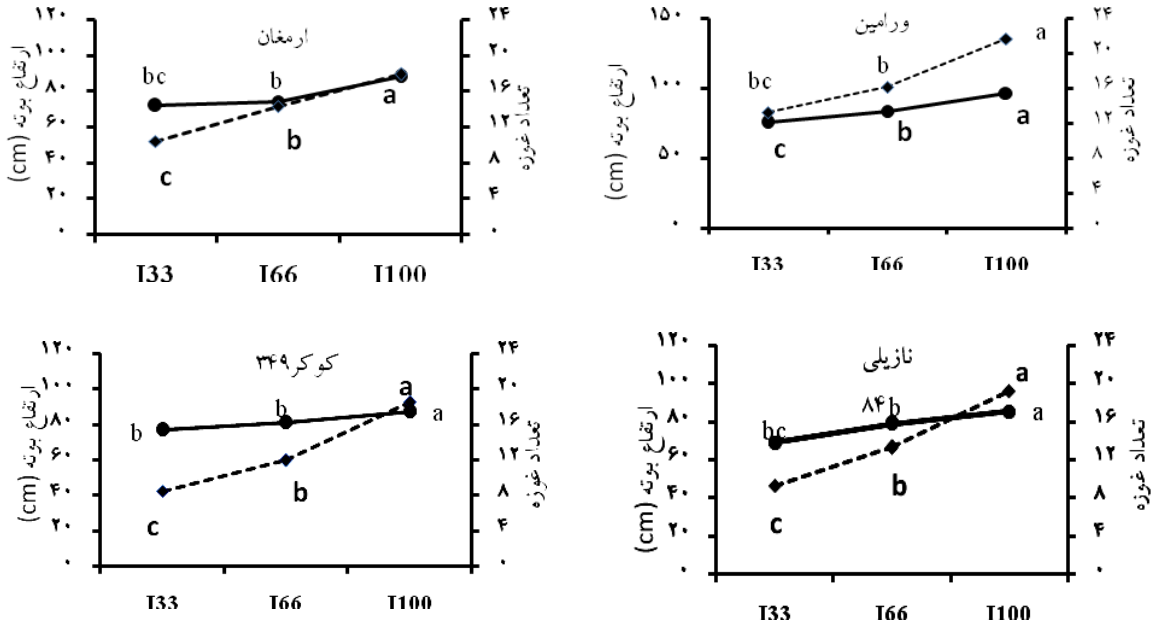
جدول ۲. مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه در تیمارهای آبیاری و در ارقام مختلف پنبه

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (gr)	درصد ریزش گل و غوزه	عملکرد وش (kg/ha)	درصد زودرسی	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
$I_{33\%}$	۷۳/۴	۱۰/۴	۵/۱	۶۵/۶	۲۳۰۹/۸	۶۲/۵	۶۱۵۳/۰	۳۸/۴
$I_{66\%}$	۷۹/۶	۱۳/۹	۵/۲	۴۹/۸	۳۳۵۷/۳	۷۷/۹	۷۸۱۹/۶	۴۷/۶
$I_{100\%}$	۸۹/۳	۱۹/۳	۵/۵	۳۶/۸	۴۲۷۹/۱	۷۱/۹	۸۱۷۹/۵	۵۶/۰
LSD	**۱۱/۵**	**۱/۹**	۰/۶	**۴/۱**	**۱۹۰/۸**	**۴/۰**	**۴۶۷/۵**	**۸/۴**
ارمغان	۷۸/۱	۱۴/۲	۵/۰	۵۳/۹	۳۷۲۶/۲	۷۵/۹	۸۲۵۴/۵	۵۲/۸
ورامین	۸۵/۵	۱۷/۱	۵/۵	۳۸/۶	۴۱۳۶/۲	۶۹/۳	۹۱۱۳/۳	۴۷/۷
کوکر۳۴۹	۸۱/۵	۱۳/۰	۵/۴	۵۷/۳	۲۵۹۷/۵	۶۷/۶	۶۱۴۷/۷	۴۰/۴
نازیلی۸۴	۷۷/۸	۱۳/۹	۵/۱	۵۳/۳	۲۸۰۱/۶	۷۰/۳	۶۰۲۰/۷	۴۸/۳
LSD	**۶/۶**	**۱/۳**	۰/۳	**۷/۶**	**۱۵۰/۴**	**۲/۱**	**۴۶۳/۳**	**۵/۰**

بین شاخه‌های رویشی و زایشی در رقم ورامین، احتمالاً سبب حفظ بیشتر بخار آب در میکروکلیمای به‌وجود آمده شده و از این نظر در حد متعادل‌تری از نظر دمایی نسبت به محیط قرار می‌گیرد. این موضوع به‌نظر می‌رسد بتواند به‌عنوان یکی از دلایل کاهش کمتر عملکرد در شرایط تنش خشکی در این رقم مطرح باشد. رمضانی مقدم (۱۲) خاطر نشان کرد ارتفاع بوته به‌عنوان یکی از اجزاء مورفولوژیکی گیاه پنبه به‌دنبال تنش شوری کاهش پیدا کرد.

تعداد غوزه

نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) تعداد غوزه در تیمارهای مختلف آبیاری بود (جدول ۱). به‌گونه‌ای که سبب کاهش ۵۰/۳ و ۳۰/۸ درصدی تعداد غوزه در بوته در تیمارهای $I_{33\%}$ و $I_{66\%}$ شد (جدول ۲). به‌طورکلی ارقام متحمل (ارمغان و ورامین) حدود ۱۶ درصد غوزه قابل برداشت بیشتری نسبت به ارقام حساس به تنش خشکی تولید نمودند که از نظر آماری معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جداول ۱ و ۲). درصد کاهش تعداد غوزه قابل برداشت پس از اعمال تیمار $I_{33\%}$ در ارقام ارمغان، ورامین، کوکر ۳۴۹ و نازیلی به‌ترتیب برابر ۴۱/۷، ۳۸/۷ ، ۵۴ و ۵۱/۶ درصد بود که نشان از برتری رقم ورامین در ابقاء تعداد بیشتر غوزه در شرایط سخت محیطی در مقایسه با سایر ارقام داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد که رقم کوکر ۳۴۹ با اعمال



شکل ۱. اثر سطوح آبیاری بر اساس ۳۳ ($I_{33\%}$)، ۶۶ ($I_{66\%}$) و ۱۰۰ ($I_{100\%}$) درصد نیاز آبی گیاه پنبه بر ارتفاع بوته ـــ●ـــ و تعداد غوزه در بوته ---- ارقام پنبه. حروف مشترک در هر صفت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

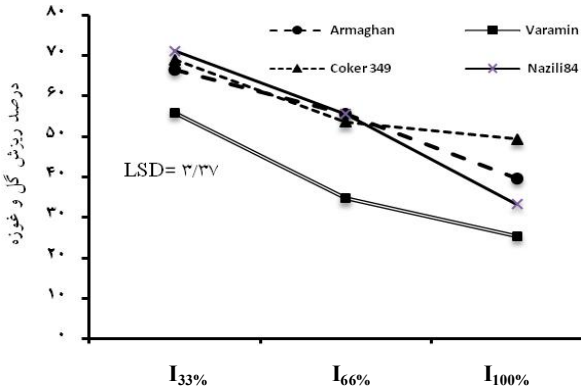
تنش $I_{33\%}$ به‌دلیل اختصاص منابع محدود شده (آب و مواد فتوسنتزی) به رشد (افزایش ارتفاع) به‌جای ابقاء تعداد بالاتر غوزه در گیاه، دچار کمترین میزان کاهش ارتفاع بوته در مقایسه با سایر ارقام شد. این در حالی بود که متحمل‌ترین رقم (ورامین) با کاهش هرچه بیشتر رشد رویشی (ارتفاع بوته) توانایی نگهداری بالاتر اندام‌های بارده را حفظ نموده بود (شکل ۱).

وزن غوزه

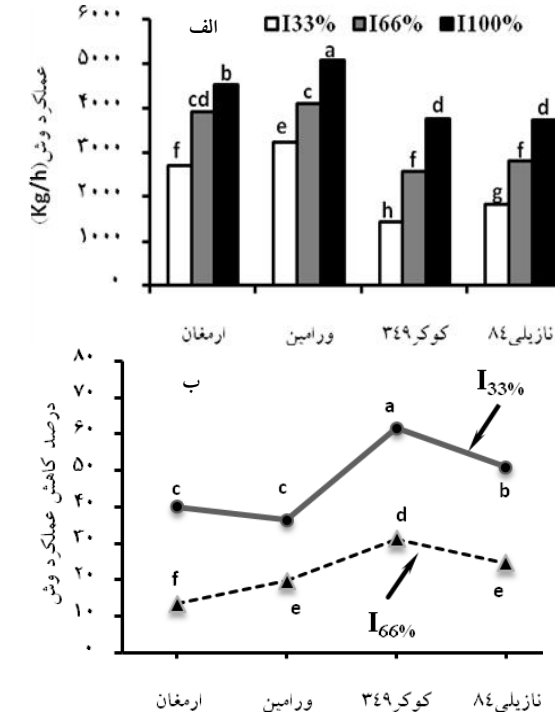
براساس نتایج به‌دست آمده تنش خشکی موجب کاهش جزئی و غیر معنی‌دار وزن غوزه شد (جدول ۱). گزارشات دیگر نیز حاکی از تأثیر نسبتاً کم میزان آب مصرفی بر تغییرات وزن غوزه (۱) و یا عدم تأثیر آن بر وزن غوزه است (۵). با این وجود سینگ و همکاران (۱۶) کاهش معنی‌دار عملکرد پنبه را در واکنش به کمبود آب خاک ناشی از کاهش در تعداد و وزن غوزه برشمردند. کاهش احتمالی وزن غوزه در اثر کمبود شدید آب ناشی از تأثیر تنش آب بر متابولیسم و انتقال ترکیبات سلولزی به الیاف تولید شده برای افزایش طولی و عرضی الیاف می‌باشد (۹). با این حال تفاوت وزن غوزه بین ارقام مورد مطالعه معنی‌دار بوده ($p \leq ۰/۰۵$) و رقم ورامین وزن وش غوزه (وزن وش حاصل از یک غوزه) بیشتری نسبت به رقم ارمغان داشت (جدول ۲) که به‌نظر می‌رسد وجود اختلاف ژنتیکی بین ارقام عامل اصلی آن باشد.

درصد ریزش گل و غوزه

نتایج نشان داد آبیاری به‌میزان ۶۶ درصد و۳۳ درصد نیاز آبی گیاه سبب افزایش معنی‌دار (جدول ۱) درصد ریزش گل و غوزه در ارقام پنبه (به‌ترتیب به‌میزان ۷۸/۱ و ۳۵/۲ درصد نسبت به شاهد) شد. درصد ریزش اندام‌های بارده در تیمارهای $I_{33\%}$، $I_{66\%}$ و $I_{100\%}$ به‌ترتیب ۶۵/۶، ۴۹/۸ و ۳۶/۸ درصد بود. ریزش اندام‌های بارده (غنچه‌ها، گل و غوزه‌های جوان) در شرایط ایده‌آل نیز اتفاق می‌افتد اما مواجهه گیاه با دوره‌های خشکی، افزایش درجه حرارت محیطی و غیره سبب ریزش آنها حتی تا مقادیر ۱۰۰ درصد می‌گردد، به‌طوری‌که ممکن است حتی بوته



شکل ۲. اثر سطوح آبیاری براساس ۳۳ ($I_{33\%}$)، ۶۶ ($I_{66\%}$) و ۱۰۰ ($I_{100\%}$) درصد نیاز آبی گیاه پنبه بر درصد ریزش گل وغوزه ارقام پنبه



شکل ۳. (الف) درصد کاهش عملکرد ارقام پنبه در سطوح مختلف آبیاری بر اساس ۳۳ ($I_{33\%}$) و ۶۶ ($I_{66\%}$) درصد نیاز آبی گیاه پنبه نسبت به شرایط بدون تنش ($I_{100\%}$) (ب) عملکرد وش ارقام پنبه در سطوح مختلف آب مصرفی. حروف مشترک در سطح احتمال آماری ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

پنبه در پایان فصل رشد عملکردی نداشته باشد (۱۳، ۱۴ و ۱۵). تفاوت بین ارقام از نظر درصد ریزش گل و غوزه در شرایط تیمارهای آبیاری از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). درصد ریزش گل و غوزه در ارقام ارمغان، ورامین، کوکر ۳۴۹ و نازیلی ۸۴ به‌ترتیب برابر ۵۳/۹، ۳۸/۶، ۵۷/۳ و ۵۳/۳ درصد بود. بالاترین میزان ریزش با ۷۱/۲ و ۶۹ درصد متعلق به ارقام حساس نازیلی و کوکر ۳۴۹ به‌دنبال اعمال تیمار $I_{33\%}$ و کمترین آن با ۲۵/۳ درصد متعلق به رقم ورامین (متحمل) در تیمار شاهد بود (شکل ۲). ضرایب همبستگی معنی‌دار درصد ریزش با تعداد و وزن غوزه (به‌ترتیب $r = -0/83^{***}$ و $r = -0/40^{*}$) نشان از آن دارد که افزایش میزان ریزش اندام‌های بارده، علی‌رغم اینکه منجر به کاهش معنی‌دار تعداد غوزه باقی‌مانده در بوته شده، ولی مواد فتوسنتزی بیشتر فراهم آمده، به غوزه‌های باقی‌مانده اختصاص پیدا نکرد (جدول ۲). با این حال به‌نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی که از یک طرف میزان فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد و از طرف دیگر میزان تنفس گیاه در اثر افزایش دمای برگ و گیاه افزایش پیدا می‌نماید، سبب شده است که هزینه نگهداری برگ‌ها افزایش پیدا نموده و سهم مواد سنتزی برای افزایش وزن غوزه‌ها به شدت کاهش یابد (۶).

عملکرد وش

نتایج نشان داد کاهش آبیاری به‌میزان ۶۶ و ۳۳ درصد آب مورد نیاز گیاه سبب کاهش عملکرد به‌ترتیب به میزان ۲۱/۵ و ۴۶ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۲). ارقام پنبه نیز از نظر عملکرد وش تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/01$) داشته (جدول ۱) و رقم ورامین نسبت به سایر ارقام از نظر عملکرد برتر بود (شکل ۳ – الف). اثر متقابل تنش خشکی و ارقام پنبه نیز از نظر آماری معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود و اعمال تیمار $I_{66\%}$ سبب کاهش عملکرد ارقام متحمل ارمغان و ورامین به‌ترتیب به‌میزان ۱۳/۴ و ۱۹/۶ درصد نسبت شرایط عدم تنش شد، درحالی‌که مقدار آن برای ارقام حساس کوکر ۳۴۹ و نازیلی برابر ۳۱/۱ و ۲۴/۵ درصد بود. اعمال تنش شدیدتر (تیمار $I_{33\%}$)، کاهش بیشتر

عملکرد ارقام حساس کوکر ۳۴۹ و نازیلی (به‌ترتیب ۶۱/۵ و ۵۰/۸ درصد) را در مقایسه با ارقام متحمل ارمغان و ورامین (به‌ترتیب ۴۰ و ۳۶/۴ درصد) در پی داشت. به‌نظر می‌رسد بیشترین و کمترین تغییرات عملکرد به‌دنبال تنش خشکی $I_{66\%}$ به‌ترتیب متعلق به ارقام کوکر ۳۴۹ و ارمغان بود. با افزایش شدت تنش خشکی رقم ارمغان میزان بالاتری از افت عملکرد را در مقایسه با رقم ورامین نشان داد و رقم کوکر ۳۴۹ هم‌چنان به‌عنوان حساس‌ترین رقم نسبت به سایر ارقام نشان داد (شکل ۳ – ب). تغییرات زیاد عملکرد ارقام حساس به‌ویژه رقم کوکر ۳۴۹ ناشی از کاهش قابل ملاحظه تعداد غوزه قابل برداشت در این رقم بود. علاوه بر این اندازه‌گیری‌ها نشان داد ارقام متحمل از یک طرف تعداد برگ و نتیجتاً سطح برگ بالاتری را به‌دنبال تنش خشکی در مقایسه با ارقام حساس داشتند و از طرف دیگر همین عامل منجر به ریزش کمتر گل و غوزه در ارقام متحمل و افزایش عملکرد آنها شد (نتایج در این مقاله گزارش نشده‌اند).

درصد زودرسی

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان زودرسی گیاهان پنبه داشت ($p \leq$ ۰/۰۱) و در تیمارهای $I_{66\%}$ و $I_{33\%}$ به‌ترتیب سبب افزیش ۸/۳ و کاهش ۱۳/۱درصدی زودرسی شد. به‌نظر می‌رسد اعمال تیمار $I_{66\%}$ سبب شده تا دوره رسیدن الیاف کوتاه‌تر شده و میزان محصول در اولین برداشت که نشانگر درصد زودرسی گیاه است افزایش پیدا نماید. ولی با اعمال تنش شدید خشکی در تیمار $I_{33\%}$، متابولیسم سلولز، انتقال و ترسیب آن در الیاف در حال طویل شدن و یا طویل شده دچار اختلال گردیده، لذا باز شدن ناشی از رسیدن غوزه‌ها کاهش یافته و تعداد غوزه کمتری قابل برداشت بودند. به‌طوری‌که درصد زودرسی در این تیمار آبیاری نسبت به تیمار $I_{66\%}$ حدود ۱۹/۸ درصد کاهش داشت. هم‌چنین درصد زودرسی در بین ارقام به‌طور متفاوتی معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۱) بود و رقم ارمغان با ۷۵/۹ درصد بالاترین و کوکر۳۴۹ با ۶۷/۶ درصد از کمترین زودرسی برخوردار بودند. زودرسی یک صفت ژنتیکی است که تحت شرایط محیطی به‌ویژه محتوای آب خاک قرار می‌گیرد. در شرایط کمبود آب، رقابت بر سر مصرف آب بین غوزه و برگ‌ها از یک طرف سبب کاهش رشد طولی و عرضی الیاف شده و از طرف دیگر موجب باز شدن غوزه‌ها قبل از رسیدن کامل می‌شود (۳).

عملکرد بیولوژیک

اعمال تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۱) عملکرد بیولوژیک به میزان ۲۰/۴ درصد در تیمار ($I_{33\%}$) نسبت به شاهد شد (جداول ۱ و ۲). ارقام از نظر عملکرد بیولوژیک از تفاوت معنی‌داری برخوردار بودند و رقم ورامین نسبت به سایر ارقام برتری داشت (جداول ۱ و ۲). مقادیر عملکرد بیولوژیک در شرایط عدم تنش خشکی بیانگر تنوع ژنتیکی ارقام در ارتباط با این صفت می‌باشد و رقم ورامین با ۹۶۳۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر ارقام به‌ویژه نازیلی (۶۹۴۹ کیلوگرم در هکتار) و کوکر ۳۴۹ (۷۰۰۳ کیلوگرم در هکتار) از برتری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بود. یولا و همکاران (۱۸) همبستگی بالایی را بین عملکرد پنبه دانه و عملکرد بیولوژیک تحت شرایط تنش خشکی مشاهده و تأکید نمودند که عملکرد بیولوژیک می‌تواند عامل تعیین کننده‌ای برای عملکرد پنبه دانه (وش) تحت تنش خشکی باشد و لذا به‌نظر می‌رسد که اصلاح ژنتیکی برای افزایش عملکرد بیولوژیک تحت شرایط تنش خشکی می‌تواند سبب بهبود عملکرد اقتصادی پنبه شود. نتایج نشان داد با افزایش میزان تنش خشکی میزان همبستگی عملکرد بیولوژیک و عملکرد پنبه دانه به‌طور ناچیزی کاهش یافت که ناشی از تأثیر بیشتر تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی بود تا بیوماس گیاه (جداول ۲، ۳، ۴ و ۵). تأثیر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک ارقام پنبه معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۵) بود، به‌گونه‌ای که آبیاری به‌میزان ۳۳ درصد نیاز آبی سبب کاهش۳۴/۲ درصدی زیست توده رقم کوکر ۳۴۹ شد، درحالی‌که این مقدار برای رقم ورامین تنها ۱۰/۴درصد بود. به‌نظر می‌رسد حفظ بیوماس گیاهی تحت شرایط تنش، عامل مهمی در میزان تحمل ارقام پنبه باشد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل

عملکرد و اجزاء آن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱- ارتفاع بوته	۱/۰۰							
۲- تعداد غوزه در بوته	۰/۶۹***	۱/۰۰						
۳- وزن غوزه	۰/۵۲**	۰/۵۲**	۱/۰۰					
۴- درصد ریزش گل و غوزه	-۰/۷۳***	-۰/۸۳***	-۰/۴۰*	۱/۰۰				
۵- عملکرد وش	۰/۶۲***	۰/۸۸***	۰/۳۶*	-۰/۸۱***	۱/۰۰			
۶- درصد زودرسی	۰/۱۹ns	۰/۳۷*	-۰/۰۶ns	-۰/۴۰*	۰/۵۴***	۱/۰۰		
۷- عملکرد بیولوژیک	۰/۴۴**	۰/۶۷***	۰/۲۶ns	-۰/۶۷***	۰/۹۰***	۰/۵۲**	۱/۰۰	
۸- شاخص برداشت	۰/۵۹***	۰/۸۵***	۰/۳۰ns	-۰/۷۱***	۰/۷۸***	۰/۴۳**	۰/۴۴**	۱/۰۰

ns، *، ** و *** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵، ۱ و ۰/۱ درصد

جدول ۴. ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه در شرایط تنش خشکی

عملکرد و اجزاء آن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱- ارتفاع بوته	۱/۰۰							
۲- تعداد غوزه در بوته	۰/۳۷ns	۱/۰۰						
۳- وزن غوزه	۰/۴۱*	۰/۳۷ns	۱/۰۰					
۴- درصد ریزش گل و غوزه	-۰/۶۳**	-۰/۷۱***	-۰/۳۴ns	۱/۰۰				
۵- عملکرد وش	۰/۲۷ns	۰/۸۳***	۰/۱۴ns	-۰/۷۳***	۱/۰۰			
۶- درصد زودرسی	۰/۲۲ns	۰/۶۱**	-۰/۰۷ns	-۰/۵۹**	۰/۷۱***	۱/۰۰		
۷- عملکرد بیولوژیک	۰/۲۴ns	۰/۷۸***	۰/۱۹ns	-۰/۶۹***	۰/۹۵***	۰/۵۸*	۱/۰۰	
۸- شاخص برداشت	۰/۱۹ns	۰/۶۲**	-۰/۰۵ns	-۰/۵۰*	۰/۷۲***	۰/۷۲***	۰/۴۸*	۱/۰۰

ns، *، ** و *** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵، ۱ و ۰/۱ درصد

شاخص برداشت

اعمال تیمارهای $I_{66\%}$ و $I_{33\%}$ سبب کاهش معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) شاخص برداشت نسبت به شرایط بدون تنش به‌ترتیب به‌میزان ۱۵٪ و ۳۱/۵٪ شد. شاخص برداشت در ارقام ارمغان، ورامین، کوکر ۳۴۹ و نازیلی به‌ترتیب برابر ۵۲/۸، ۴۷/۷، ۴۰/۴ و ۴۸/۳ بود. نتایج بیانگر این نکته می‌باشد که کاهش رشد و نیز کاهش وزن خشک اندام‌های رویشی و اقتصادی به‌دنبال اعمال تنش خشکی در ارقام متحمل به مراتب کمتر از ارقام حساس به خشکی بوده و اینکه ارقام متحمل ضمن حفظ تولید معینی از بیوماس، مقادیر بیشتری از بیوماس را به اندام‌های اقتصادی اختصاص می‌دادند. ضرایب همبستگی (جدول ۲) بین شاخص برداشت با عملکرد و اجزاء آن نشان داد، شاخص برداشت بیش از اینکه به عملکرد بیولوژیک (r=۰/۴۴**) وابسته باشد، به عملکرد اقتصادی (r=۰/۷۸***) وابسته بوده است.

ضرایب همبستگی و تجزیه علّیت

بررسی ضرایب همبستگی عملکرد با اجزاء عملکرد در شرایط متفاوت تنش و آبیاری کامل (جدول ۳)، تنش خشکی (جدول ۴) و شرایط غیر تنش (جدول ۵) نشان داد که در شرایط تنش خشکی بیشترین همبستگی بین عملکرد و اجزاء عملکرد به‌ترتیب متعلق به زیست توده (r=۰/۹۵***)، تعداد غوزه در بوته (r=۰/۸۳***)، شاخص برداشت (r=۰/۷۲***) و درصد زودرسی (r=۰/۷۱***) بود و عملکرد کمترین همبستگی را با ارتفاع بوته (r=۰/۲۷ns) و وزن غوزه (r=۰/۱۴ns) داشت (جدول ۴). ارتباط بین عملکرد و درصد ریزش گل و غوزه در شرایط تنش خشکی منفی و معنی‌دار بود (r=-۰/۷۳***). در صورتی‌که در شرایط بدون تنش تنها بین عملکرد با ارتفاع بوته (r=۰/۶۵*) و زیست توده (r=۰/۹۷***) همبستگی معنی‌داری مشاهده شد.

جدول ۵. ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه در شرایط آبیاری کامل

عملکرد و اجزاء آن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱- ارتفاع بوته	۱/۰۰							
۲- تعداد غوزه در بوته	۰/۴۴^{ns}	۱/۰۰						
۳- وزن غوزه	۰/۴۵^{ns}	۰/۶۴*	۱/۰۰					
۴- درصد ریزش گل و غوزه	-۰/۳۴^{ns}	-۰/۶۲*	-۰/۰۴^{ns}	۱/۰۰				
۵- عملکرد وش	۰/۶۵*	۰/۵۴^{ns}	۰/۳۴^{ns}	-۰/۵۱^{ns}	۱/۰۰			
۶- درصد زودرسی	-۰/۱۸^{ns}	-۰/۵۷^{ns}	-۰/۲۹^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱/۰۰		
۷- عملکرد بیولوژیک	۰/۵۷^{ns}	۰/۴۳^{ns}	۰/۲۸^{ns}	-۰/۴۴^{ns}	۰/۹۷***	۰/۲۰^{ns}	۱/۰۰	
۸- شاخص برداشت	-۰/۰۲^{ns}	۰/۱۰^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	-۰/۳۷^{ns}	-۰/۵۹*	-۰/۶۰*	۱/۰۰

ns، *** و *** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ ، ۱ و ۰/۱ درصد

جدول ۶. تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد وش با استفاده از ضرایب همبستگی ساده در ارقام پنبه در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل

صفات	ارتفاع بوته	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	درصد ریزش گل و غوزه	درصد زودرسی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	ضرایب همبستگی با عملکرد وش
ارتفاع بوته	**۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۲۲***
تعداد غوزه در بوته	۰/۹۱۲	**۱/۳۲۲**	۰/۶۸۷	-۱/۰۹۸	۰/۴۸۹	۱/۱۲۳	۱/۱۵	۰/۸۷۶***
وزن غوزه	-۰/۰۸۷	-۰/۰۸۷	**-۰/۱۶۷**	۰/۰۶۶	۰/۰۱	-۰/۰۵۱	-۰/۰۴۶	۰/۳۵۷*
درصد ریزش گل و غوزه	۰/۰۷۹	۰/۰۹	۰/۰۴۳	**-۰/۱۱۰**	۰/۰۴۳	۰/۰۷۷	۰/۰۷۳	-۰/۸۱۴***
درصد زودرسی	۰/۰۵۷	۰/۱۱۱	-۰/۰۱۹	-۰/۱۲۱	**۰/۳۰۰**	۰/۱۲۹	۰/۱۵۶	۰/۵۳۹***
عملکرد بیولوژیک	-۰/۲۲۷	-۰/۳۲۷	-۰/۱۱۶	۰/۲۷۲	-۰/۱۶۶	**-۰/۳۸۵**	-۰/۱۷۰	۰/۸۹۶***
شاخص برداشت	-۰/۱۱۸	-۰/۲۳۲	-۰/۰۷۲	۰/۱۷۸	-۰/۱۳۹	-۰/۱۱۸	**-۰/۲۶۷**	۰/۷۸۱***

ns، *، ** و *** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ ، ۱ و ۰/۱ درصد

اعداد (سیاه شده) روی قطر اثرات مستقیم و اعداد خارج از قطر اثرات غیر مستقیم می‌باشند.

با توجه به روابط پیچیده موجود بین عملکرد و اجزاء مؤثر بر آن، تکیه بر ضرایب همبستگی به تنهایی نمی‌تواند ملاک دقیقی برای ارائه دلایل محکم بر روابط موجود بین صفات مؤثر بر عملکرد باشد. لذا تفکیک این همبستگی‌ها به اثرات مستقیم و غیر مستقیم با استفاده از روش تجزیه علیت می‌تواند سهم هر یک از عوامل را به‌طور دقیق مشخص نماید. در این خصوص نتایج نشان داد در شرایط تحقیق (تنش خشکی و آبیاری کامل) بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد وش مربوط به تعداد غوزه در بوته بود و صفات دیگری چون وزن غوزه، زیست توده و شاخص برداشت اثر مستقیم منفی داشتند (جدول ۶). درحالی‌که در شرایط تنش خشکی (جدول ۷) و غیر تنش (جدول ۸) بالاترین اثرات مستقیم بر عملکرد به‌ترتیب متعلق به صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بود. تعداد غوزه که در شرایط تنش خشکی از همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد برخوردار بود، خود اثر مستقیم منفی بر عملکرد وش داشته و بیشتر از طریق اثر غیر مستقیم بر عملکرد بیولوژیک موجب تغییرات عملکرد وش شده است. در شرایط تنش خشکی (جدول ۷) شاخص برداشت بیشتر از طریق تأثیر مثبت بر عملکرد بیولوژیک موجب افزایش عملکرد شده، درصورتی‌که در شرایط غیر تنش بیشتر از طریق کاهش عملکرد بیولوژیک بر عملکرد وش تأثیر گذاشته است. در شرایط تنش سهم مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد ناچیز می‌باشد، درصورتی‌که این صفت به‌طور غیرمستقیم و از طریق افزایش زیست توده بالاترین اثر را بر عملکرد دارد. در تحقیقی در شرایط تنش شوری، تعداد

جدول ۷. تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد وش با استفاده از ضرایب همبستگی ساده در ارقام پنبه تحت تنش خشکی

صفات	ارتفاع بوته	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	درصد ریزش گل و غوزه	درصد زودرسی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	ضرایب همبستگی با عملکرد وش
ارتفاع بوته	**۰/۰۱۰**	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	−۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۲۷۴^{ns}
تعداد غوزه در بوته	−۰/۰۰۲	**−۰/۰۰۳**	−۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۳	−۰/۰۰۲	۰/۸۲۷***
وزن غوزه	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۲	**−۰/۰۰۴**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	−۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۱۳۷^{ns}
درصد ریزش گل و غوزه	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۰۹	**−۰/۰۲۹**	−۰/۰۱۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	−۰/۷۳۲***
درصد زودرسی	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	−۰/۰۱۴	**۰/۰۲۳**	۰/۰۱۳	۰/۰۱۶	۰/۷۱۴***
عملکرد بیولوژیک	۰/۱۷۹	۰/۵۹۱	۰/۱۴۴	−۰/۵۲۳	۰/۴۳۸	**۰/۷۵۹**	۰/۳۶۱	۰/۹۴۸***
شاخص برداشت	۰/۰۶۲	۰/۲۰۱	−۰/۰۱۶	−۰/۱۶۴	۰/۲۳۴	۰/۱۵۵	**۰/۳۲۷**	۰/۷۲۰***

ns، *، ** و *** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵، ۱ و ۰/۱ درصد

اعداد (سیاه شده) روی قطر اثرات مستقیم و اعداد خارج از قطر اثرات غیر مستقیم می‌باشند.

جدول ۸. تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد وش با استفاده از ضرایب همبستگی ساده در ارقام پنبه در شرایط آبیاری کامل

صفات	ارتفاع بوته	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	درصد ریزش گل و غوزه	درصد زودرسی	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	ضرایب همبستگی با عملکرد وش
ارتفاع بوته	**−۰/۰۲۳**	−۰/۰۱۰	−۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	−۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۶۵۲*
تعداد غوزه در بوته	۰/۰۰۱	**۰/۰۲۰**	−۰/۰۰۱	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۵۴۰ ^{ns}
وزن غوزه	۰/۰۱۳	−۰/۰۱۹	**۰/۰۲۹**	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	−۰/۰۰۲	۰/۳۳۶ ^{ns}
درصد ریزش گل و غوزه	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۳	−۰/۰۰۱	**۰/۰۰۴**	۰/۰۰۱	−۰/۰۰۲	−۰/۰۰۱	−۰/۵۱۳ ^{ns}
درصد زودرسی	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	−۰/۰۰۲	**−۰/۰۰۴**	−۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲ ^{ns}
عملکرد بیولوژیک	۰/۶۶۶	۰/۴۹۴	۰/۳۲۴	−۰/۵۰۷	۰/۲۳۰	**۱/۱۶۴**	−۰/۶۹۴	۰/۹۶۵***
شاخص برداشت	−۰/۰۰۶	۰/۰۳۳	−۰/۰۱۲	−۰/۰۱۵	−۰/۱۹۰	−۰/۱۹۴	**۰/۳۲۴**	۰/۳۶۸ ^{ns}

ns، * ، ** و *** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵، ۱ و ۰/۱ درصد

اعداد (سیاه شده) روی قطر اثرات مستقیم و اعداد خارج از قطر اثرات غیر مستقیم می‌باشند.

شاخه زایشی و نیز طول بلندترین شاخه رویشی بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد وش داشته‌اند، درحالی‌که تعداد غوزه دارای اثر مستقیم منفی بر عملکرد بوده است و این صفت بیشتر از طریق افزیش تعداد شاخه زایا بر عملکرد تأثیر داشته است (۱۲). هم‌چنین نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد در شرایط تنش خشکی (جدول ۷) بیشترین اثر مستقیم منفی مربوط به درصد ریزش گل و غوزه می‌باشد و به‌نظر می‌رسد که این صفت بیشتر از طریق کاهش عملکرد بیولوژیک سبب کاهش عملکرد وش شده است.

نتیجه‌گیری

وجود تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در ارقام پنبه سبب واکنش متفاوت آنها در مواجهه با شرایط سخت محیطی چون تنش کمبود آب می‌شود. شناخت و ارزیابی صفاتی که در این شرایط از بیشترین یا کمترین تأثیر برخوردارند، به‌ویژه در ارقام متحمل و حساس به تنش کمبود آب می‌تواند ما را در برنامه‌های آتی برای حصول به ارقام متحمل‌تر یاری رساند. ارزیابی چهار رقم متحمل و حساس پنبه به تنش خشکی نشان داد که ظرفیت متفاوت ارقام پنبه در نگهداری تعداد بیشتر غوزه در بوته عامل اصلی تفاوت ارقام از نظر عملکرد پنبه دانه بوده است. به‌نظر

می‌رسد واکنش متفاوت ارقام در شرایط کمبود آب از نظر اختصاص مواد اسمیلیه شده به اندام‌های رویشی یا زایشی، یکی از عوامل کاهش بیشتر عملکرد در ارقام حساس می‌باشد. علاوه بر این بررسی ضرایب همبستگی و تجزیه علیت در ارقام پنبه متحمل و حساس به خشکی نشان داد که مهم‌ترین جزء مؤثر بر عملکرد در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل عملکرد بیولوژیک می‌باشد و اجزاء دیگری چون تعداد و وزن غوزه، درصد زودرسی و شاخص برداشت با تأثیر غیر مستقیم بر این جزء سبب افزایش عملکرد وش می‌شوند.

منابع مورد استفاده

1. Afshar, H. and H. R. Mehrabadi. 2003. Investigation of Different Method of Alternate Furrow Irrigation on Water Use and Cotton Responses. Final Report, Agricultural Engineering Research Institute Press. Karaj. (In Farsi).
2. Afshar, H. and H. R. Mehrabadi. 2005. Cotton Crop Yield on Micro Irrigation (Tape) System. Final Report, Agricultural Engineering Research Institute Press. Karaj. (In Farsi).
3. Bhatt, J. G. 1996. Cotton Physiology. Indian Society for Cotton Improvement. India.
4. Ganotisi, N. D. and H. L. Angeles. 1990. Irrigation strategies for cotton under limited water supply. *Cotton Research Journal* 3: 20-31.
5. Jolaini, M. and H. R. Mehrabadi. 2009. Investigation on the effect of surface and subsurface drip irrigation methods and irrigation interval on the quality and quantity cotton. Final Report, Agricultural Engineering Research Institute Press. Karaj. (In Farsi).
6. Isoda, I. A. 2005. Adaptive responses of soybean and cotton to water stress II. Changes in CO_2 assimilation rate, chlorophyll fluorescence and photochemical reflectance index in relation to leaf temperature. *Plant Production Science* 8: 131-138.
7. Kafi, M., A. Borzoee, M. Salehi, A. Kamandi, A. Masoumi and J. Nabati. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jahade Daneshgahi Mashad Press. Mashad. (In Farsi)
8. Morrow, M. R. and D. R. Krieg. 1990. Cotton management strategies for a short growing season environment: Water – nitrogen considerations. *Agronomy Journal* 82: 52-56.
9. Naseri, F. 1995. Cotton. Astan Ghods Press. Mashhad. (In Farsi).
10. Pilon-Smits E. A. H., M. J. M. Ebskamp, M. J. Paul, M. J. W. Jeuken, P. J. Weisbeek and S. C. M. Smeekens. 1995. Improved performance of transgenic fructan-accumulating tobacco under drought stress. *Plant Physiology* 107:125–130.
11. Rahimian, M. H. and A. Kakhki. 2005. Water Requirement and Related Plant Coefficient KC by Use of Lycimetre at Kashamr Region. Final Report. Soil and Water Institute Press. Karaj. (In Farsi).
12. Ramezani moghadam, M. R. 2005. Determination of the best selection index for cotton species *(Gossypium sp)* under salinity stress and non-salinity stress conditions. PhD. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Unit. Tehran, Iran. (In Farsi)
13. Reddy, V. R., K. R. Reddy and D. N. Baker. 1991. Temperature effects on growth and development of cotton during the fruiting period. *Agronomy Journal* 83:211-217.
14. Reddy, K. R., H. F. Hodges and V. R. Reddy. 1992. Temperature effects on cotton fruit retention. *Agronomy Journal* 84.21:26-36.
15. Rezaei, J., H. R. Mehrabadi, K. Setodemaram and M. Nemati. 2005. Effect of Planting Date on Shedding, Yield and Yield Components of Three Cotton Cultivars. Final Report, Cotton Research Institute Press. Gorgan. (In Farsi).
16. Singh, Y., S. Singh Rao and P. L. Regar. 2010. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment. *Agricultural Water Management* 97: 965–970.
17. Ston, J. F. and D. L. Nofziger. 1993. Water used and yield of cotton grown under wide- spaced furrow irrigation. *Agriculture Water Management* 24:27-38.
18. Ullah, I., M. U. Rahmana, M. Ashraf and Y. Zafar. 2008. Genotypic variation for drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.): Leaf gas exchange and productivity. *Flora* 203:105–115.
19. Wells, R., and W. R. Meredith.1984. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. III. Relationship of yield to observed growth characteristic. *Crop Science* 24: 868-872.