



اثر قطع آبیاری بر محتوای کلروفیل و عملکرد ژنوتیپ های مختلف پنبه (*Gossypiumhirsutum* L.)

وحید قدرت^۱، رضا حمیدی^۲، امید علیزاده^۳، فرود بذرافشان^۴، شهرام شرف زاده^۵

دریافت: ۹۵/۱۲/۲۴ پذیرش: ۹۶/۳/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثر قطع آبیاری بر محتوای کلروفیل و عملکرد ژنوتیپ های مختلف پنبه آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۹۳ به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کاملاً تصادفی با سه تکرار در شهرستان حاجی آباد با موقعیت جغرافیایی (۲۸ درجه ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی) انجام شد. فاکتور اصلی شامل سطوح مختلف خشکی (آبیاری کامل به صورت ۱۰ روز یک بار و قطع آبیاری به میزان دو دور (۳۰ روز) و فاکتور فرعی شامل ژنوتیپ های مختلف پنبه: (۱) سوپر الیت آراین (۲) سوپر الیت گلستان (۳) کیسا (۴) اس-بی-۳۵ (۵) اوپال (۶) سوپر الیت بختگان (۷) تی-۲ (۸) دکتر عمومی (۹) خندق (۱۰) سوپر اکرا (۱۱) ترمز-۱۴ (۱۲) تی-۳ (۱۳) ساحل (۱۴) سپید (۱۵) سیلند (۱۶) ارمغان (۱۷) پاک (۱۸) و اولتان بود. نتایج آزمایش نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش محتوای کلروفیل و عملکرد در ژنوتیپ های مختلف شد. بیشترین و کمترین میزان بتاکارتنوئید، گزانتوفیل، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به ترتیب مربوط به ژنوتیپ های ترمز-۱۴ و دکتر عمومی بود. در بین ژنوتیپ های مختلف پنبه مورد مطالعه بعضی از ژنوتیپ ها در شرایط قطع آبیاری محتوای کلروفیل و عملکرد زیادتری داشتند از جمله خندق، ساحل، ارمغان، پاک، اولتان و اوپال که توانستند شرایط تنش خشکی را بهتر تحمل کنند.

واژه های کلیدی: آبیاری، پنبه، عملکرد، بتاکارتنوئید، گزانتوفیل

قدرت، و.، ر. حمیدی، ا. علیزاده، ف. بذرافشان و ش. شرف زاده. ۱۳۹۸. اثر قطع آبیاری بر محتوای کلروفیل و عملکرد ژنوتیپ های مختلف پنبه (*Gossypiumhirsutum* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۸: ۱۷۴-۱۸۶.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

۲- دانشیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

۳- دانشیار، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران- مسئول مکاتبات. alizadehomid51@yahoo.com

۴- استادیار، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

۵- استادیار، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

مقدمه

مهمترین علت در کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش، کاهش فعالیت آنزیم‌های موثر در سنتز کلروفیل (ALA-دهیدروژناز) و تولید آن می‌باشد (ویرا سانتوز، ۲۰۰۴). کلروپلاست‌ها حاوی رنگدانه کلروفیل و مقادیر زیادی کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها می‌باشند. کارتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های نارنجی و زرد هستند که محلول در چربی بوده و در غشاء تیلاکوئیدهای کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفه این رنگدانه‌ها جمع‌آوری انرژی و محافظت نوری از مولکول کلروفیل می‌باشد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۷). کارتنوئیدها جزء آنتی‌اکسیدانهای غیر آنزیمی نیز محسوب می‌شوند (تلیسنسکی و همکاران، ۲۰۰۸). تحمل تنش در یک ژنوتیپ گیاهی به برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفوفیزیولوژیک آن بستگی دارد. تلاش برای یافتن معیارهای که بتوان از آن به طور مؤثری در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل یا مقاوم بهره‌جست، ادامه دارد. استفاده از تنوع گیاهی برای گزینش صفات مطلوب در شرایط تنش، از راه‌های موثر در شناسایی این صفات است (داداشی و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به اطلاعات محدود در زمینه واکنش‌های فیزیولوژیک از جمله محتوای کلروفیل ژنوتیپ‌های مختلف پنبه نسبت به تنش خشکی و رابطه آن با میزان عملکرد، این پژوهش انجام شد.

آب فراوان‌ترین ماده روی زمین است، ولی در عین حال کمبود آب شیرین‌مهم‌ترین عامل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد (خواجه پور، ۱۳۷۸). خشکی حتی به صورت موقت محصولات زراعی را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (بلوم، ۱۹۸۹). در اکثر گیاهان نگهداری و ادامه رشد و نمو به حفظ مقادیر آب نسبتاً بالاتر پروتوپلاسم بستگی دارد، زیرا فرایندهای فیزیولوژیکی بسیار مهم مثل گسترش برگ، باز شدن روزنه‌ها و انجام فتوسنتز، به طور مستقیم در اثر کاهش پتاسیل آب برگ تحت تأثیر قرار می‌گیرد (بیلوری و همکاران، ۱۹۸۳). وجود آب کافی برای رشد و توسعه عادی گیاه پنبه یک عامل اساسی برای زراعت این گیاه است (بیلوری و همکاران، ۱۹۸۳). کمبود آب رشد گیاه، سطح برگ و در نهایت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (فرناندز و همکاران، ۱۹۹۶). در هنگامی که گیاه در شرایط تنش قرار می‌گیرد، فعالیت فتوسنتزی آن کاهش یافته و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد (ویرا سانتوز، ۲۰۰۴). به نظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیل‌لاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (سیلوا و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش محتوای کلروفیل *a*، *b* و کارتنوئیدها با افزایش تنش خشکی در گیاهان مختلف گزارش شده است (یو و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۱- ازمون خاک محل آزمایش

حاجی آباد	ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی
رسی لومی	بافت خاک
۷/۷۸	خاک pH
۱/۴	درصد کربن
۱/۵	درصد مواد آلی
۵۶۲	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۲۸	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۱۱۴	درصد نیتروژن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۲/۷	آهن قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۵	منیزیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۴۲	روی قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۵۵	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۹۳ به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی با سه تکرار در شهرستان حاجی آباد با موقعیت جغرافیایی (۲۸ درجه ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی) انجام شد. فاکتور اصلی شامل سطوح مختلف خشکی (آبیاری کامل به صورت ۱۰ روز یک بار و قطع آبیاری به میزان دو دور (۳۰ روز)) و فاکتور فرعی شامل ژنوتیپ مختلف پنبه (۱) سوپر الیت آراین (۲) سوپر الیت گلستان (۳) کیسا (۴) اس-بی-۳۵ (۵) اوپال (۶) سوپر الیت بختگان (۷) تی-۲ (۸) دکتر عمومی (۹) خندق (۱۰) سوپر اکرا (۱۱) ترمز-۱۴ (۱۲) تی-۳ (۱۳) ساحل (۱۴) سپید (۱۵) سیلند (۱۶) ارمغان (۱۷) پاک (۱۸) و اولتان بود. بذر ژنوتیپ های پنبه از مرکز تحقیقات پنبه ایران تهیه شد.

جهت تهیه بستر ابتدا زمین به وسیله گاواهن برگردان دار شخم خورده و پس از دیسک زنی به وسیله ماله تسطیح و سپس به وسیله مرزبند کرت ها و ردیف های مورد نظر آماده شد. پس از آماده سازی زمین، کاشت به صورت خشکه کاری روی پشته ها و با دست صورت گرفت. هر کرت اصلی شامل ۱۰۸ خط کشت بود (۱۸ واریته و هر واریته در پنج خط به اضافه ۱۸ خط نکاشت بین واریته ها). فاصله خطوط ۷۰ سانتی متر و فاصله بوته ها از یکدیگر ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. آبیاری پس از کاشت برای تمام تیمارها انجام شد و تمام تیمارها تا پیش از رسیدن به مرحله ۵ تا ۱۰ درصد گلدهی هر ۱۰ روز یک بار (مطابق عرف منطقه) آبیاری شد. طبق آزمون خاک (جدول ۱) پتاسیم، فسفر و نیتروژن به میزان نیاز به خاک اضافه شدند. نیتروژن در دو مرحله به خاک اضافه شد بدین صورت که نیمی در زمان کاشت و باقیمانده در زمان ۸ برگی گیاه به خاک اضافه شد. انجام تیمارهای خشکی در مرحله ۵ تا ۱۰ درصد گلدهی صورت گرفت. نمونه گیری از قسمت های یکسان بوته های ژنوتیپ های مختلف در روز ۲۰ اعمال قطع آبیاری انجام و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. در زمان رسیدگی محصول جهت تعیین میزان عملکرد از هر کرت ۵ بوته نمونه گیری شد.

اندازه گیری صفات

برای اندازه گیری کلروفیل و کارتنوئید ۲۰۰ میلی گرم از برگ توزین شد و در هاون چینی قرار داده شد. پس از افزودن مقدار استون ۸۰ درصد، قطعات برگ کاملاً ساییده شدند و حجم آن ها با استون ۸۰ درصد به ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. محلول های حاصل با سرعت ۴۸۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه

سانتریفیوژ گردید. از محلول فوقانی برای اندازه گیری کلروفیل و کارتنوئید استفاده گردید. بدین منظور، جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) که با استون ۸۰ درصد صفر شده بود، در طول موج های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۶۴ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئید اندازه گیری گردید. از فرمول های زیر برای محاسبه مقدار کلروفیل ها و کارتنوئید برگ استفاده شد. در این فرمول ها V حجم نهایی محلول بر حسب میلی لیتر و F.W وزن تر بافت بر حسب میلی متر گرم می باشد (آرون، ۱۹۶۷).

$$\text{chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)v/100w$$

$$\text{chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)v/100w$$

$$= 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227$$

با استفاده از عصاره تهیه شده مرحله قبل، جداسازی گزانتوفیل توسط حلال های آلی، متانول و دی اتیل اتر از رنگیزه های کلروفیل صورت گرفت (هلوبوس و کارجی، ۱۹۷۸). جذب نوری عصاره در ۴۵۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد و اعداد در فرمول زیر جایگزین شد

$$C = (v \times A \times F \times 10)/2500$$

در این فرمول V حجم عصاره بدست آمده بر حسب میلی لیتر، A میزان جذب نوری در طول موج ۴۴۵ نانومتر، F ضریب رقت و C تراکم کلی رنگیزه مورد نظر بر حسب میلی گرم در میلی لیتر بود. برای تجزیه های آماری از آزمون دانکن (۵ درصد) با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

بتاکارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شدند (جدول ۲). مقایسه میانگین هانشان داد که سطح قطع آبیاری باعث کاهش بتاکارتنوئید نسبت به سطح آبیاری کامل شد (جدول ۳). کلروپلاستهای رنگدانه کلروفیل و مقادیر زیادی از کاروتن ها و گزانتوفیلها می باشند. کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه های نارنجی و زرد هستند که محلول در چربی بوده و در غشاء تیلاکوئیدهای کلروپلاست یافت می شوند. وظیفه این رنگدانه ها جمع آوری انرژی و محافظت نوری از مولکول کلروفیل می باشد. کاروتنوئیدها جزء آنتیاکسیدانهای غیرآزمی نیز محسوب می شوند (لوگینی ۱۹۹۹؛ مونیوش و پنولا، ۲۰۰۳). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان بتاکارتنوئید مربوط به رقم ترمز-۱۴ و دکتر عمومی به ترتیب به میزان ۲/۵ و

و کارتوتیپ ۰/۷۵ کاهش یافته بود که به عقیده آنها تخریب کاروتن در خشکی شدید را می‌توان به اکسیژن یکتایی تولید شده در تیلاکوئید ربط داد. علاوه بر آن، سایر امر و همکاران (۱۹۹۸)، کارتوتیپ با استفاده از چرخه گزانتوفیل و با واکنش های اپوکیداسیون و دیوکسیداسیون، مصرف اکسیژن را کاهش داده و از کلروفیل در مقابل فتواسیداسون محافظت می‌کنند. در این آزمایش مشخص شد بتاکارتوتیپ با تمام صفات به جز نسبت کلروفیل a/b و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸). می‌توان گفت ژنوتیپ هایی که در شرایط تنش میزان بالاتری بتاکارتوتیپ دارند، شرایط تنش خشکی را بهتر تحمل می‌کنند.

۰/۵ (میلی گرم در گرم وزن تر) بود و در سطح قطع آبیاری بیشترین و کمترین میزان بتاکارتوتیپ مربوط به رقم خندق و دکتر عمومی به ترتیب به میزان ۱/۶ و ۰/۴ (میلی گرم در گرم وزن تر) بود (جدول ۴). تنش خشکی باعث کاهش این فاکتور شد که در بعضی از ژنوتیپ ها این کاهش نسبت به شاهد کمتر بود. لاولور و کورنیک (۲۰۰۲) بیان کردند که کارتوتیپها به عنوان رنگیزه کمکی مؤثرند و نقش های مهم دیگری چون محافظت از غشاهای تیلاکوئید و جلوگیری از فتواسیداسیون کلروفیلها را نیز بر عهده دارند. جیرامیرج و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که کمبود ملایم آب باعث افزایش کارتوتیپ می‌شود، در حالی که کمبود شدید آب موجب کم شدن کارتوتیپ علاوه بر کاهش کلروفیل شد. تحت تنش شدید، کلروفیل ۰/۶۳

جدول ۲- میانگین مربعات و سطح معنی داری فاکتورهای مختلف و اثرات متقابل آنها در صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	بتاکارتوتیپ	a کلروفیل	b کلروفیل	گزانتوفیل	a/b نسبت کلروفیل	کلروفیل کل
اثر تکرار	۲	۰/۰۲۸۸۴۶۱۳	۰/۳۱۲۱۰۸۷	۰/۳۱۲۱۰۸۷	۰/۰۲۳۰۶۷۴۷	۰/۰۰۰۷۴۹۶۱	۰/۰۵۳۳۴۴۵۸۷
سطوح آبیاری	۱	**۲/۵۰۲۵۰۳۷۸	**۲۸/۲۵۸۷۲۱۰۲	**۲/۴۰۷۸۷۸۳۳	**۱/۲۷۵۵۴۵۳۲	**۰/۱۴۸۷۶۷۰۶	**۴۷/۱۶۳۰۳۳۸
خطای A	۲	۰/۰۰۰۷۲۴۵۱	۰/۰۰۸۱۸۱۳۲	۰/۰۰۰۶۹۷۱۲	۰/۰۰۰۳۶۹۲۹	۰/۰۰۰۰۴۳۴	۰/۰۱۳۶۵۴۸
ارقام	۱۷	**۰/۹۰۰۰۰۷۱۷	**۴/۶۹۰۴۳۵۳۳	**۰/۹۹۹۷۳۷۳۹	**۰/۳۱۸۷۷۵۷۸	**۲/۹۳۳۸۲۸۱۲	**۹/۳۸۰۴۳۹۶
سطوح آبیاری*	۱۷	**۰/۱۶۲۷۹۶۵۳	**۰/۶۰۸۴۸۶۱۸	**۰/۱۱۱۵۲۰۴۲	**۰/۰۵۳۰۴۰۰۳	**۱/۱۱۹۸۹۳۰۹	**۰/۹۷۹۶۵۱۲
ارقام							
خطا	۶۸	۰/۰۰۰۱۵۳۸۵	۰/۰۰۰۷۶۷۱	۰/۰۰۰۱۶۰۸۶	۰/۰۰۰۰۵۳۸۲	۰/۰۰۰۰۰۷۳۶	۰/۰۰۱۴۹۹۷
کل	۱۰۷	۰/۱۹۲۸۹۵۰۴۳	۱/۱۱۲۳۵۶۰۲۱	۰/۱۹۹۷۵۷۱۵۸	۰/۰۷۱۴۶۶۷۹۹	۰/۶۴۵۹۳۵۶۴۶	۲/۰۹۷۹۶۲۸۱۷۹
ضریب تغییرات (CV)		۲/۲۹	۰/۸۸	۱/۳	۰/۸۵	۰/۰۷	۰/۹۴

پوششی زرد رنگ می‌دهد (تایز و زایگر ۱۹۹۸). در اثر تنش خشکی میزان گزانتوفیل در گیاه کاهش یافت (جاین و گادرا ۱۹۹۸، مظفر ۱۹۹۸). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان گزانتوفیل به ترتیب مربوط به ژنوتیپ های ترمز-۱۴ و دکتر عمومی و در سطح قطع آبیاری مربوط به ژنوتیپ های ساحل و سیلند بود (جدول ۴). در گیاهان گزانتوفیلها به عنوان رنگیزه های کمکی، همراه با آنتوسیانین ها، کاروتن ها عمل می‌کنند (تایز و زایگر ۱۹۹۸). در این آزمایش مشخص شد بتاکارتوتیپ با تمام صفات، به جز نسبت کلروفیل a/b همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸).

کلروفیل a

گزانتوفیل

بر اساس نتایج بدست آمده سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری* ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که سطح قطع آبیاری باعث کاهش گزانتوفیل نسبت به آبیاری کامل شد (جدول ۳). گزانتوفیلها رنگیزه های زرد رنگی از گروه کارتوتیپها می‌باشند. ساختار آنها مبنی بر ساختار کاروتن ها می‌باشد ولی بعضی از اتم های هیدروژن در آنها با گروه های هیدروکسیل تعویض شده اند و برخی اتم های هیدروژن با اتم های اکسیژن جابه جا شده اند. گزانتوفیلها در برگ های بیشتر گیاهان و به صورت ترکیب شده در پلاستیدها یافت می‌شوند. گزانتوفیل همراه با کلروفیل سبز رنگ در فتوسنتز درگیر می‌باشند. هنگامی که کلروفیل در اثر تنش تخریب می‌شود گزانتوفیل به گیاه

به ژنوتیپ تی-۳ بود (جدول ۴). از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش خشکی می تواند جنبه سازگاری داشته باشد چون با کاهش کلروفیل الکترون برانگیخته شده طی فتوسنتز کاهش یافته و بدنبال آن خسارت ناشی از تشکیل رادیکال های آزاد اکسیژن کاهش می یابد (کرانیر و همکاران، ۲۰۰۲). گریگرسن و هولم (۲۰۰۷) بیان کردند که طی تنش کم آبی محتوای کلروفیل کاهش می یابد و ژنوتیپ های دارای محتوای کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می دهند. در این آزمایش مشخص شد کلروفیل *a* با تمام صفات به جز نسبت کلروفیل *a/b* همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸). پسرکلی (۱۹۹۹) گزارش کرد دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ ها در شرایط تنش رطوبتی از جمله شاخص های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است و به عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای انتخاب ژنوتیپ مقاوم پیشنهاد می شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری×ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که سطح قطع آبیاری باعث کاهش کلروفیل *a* نسبت به سطح آبیاری کامل شد (جدول ۳). توکلی و همکاران (۲۰۰۹) به کاهش محتوای کلروفیل *a* و شاخص سبزیگی طی تنش خشکی اشاره کرده اند. از جمله دلایلی که برای کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شد، می توان به تخریب غشاهای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز اشاره کرد. همچنین با افزایش مقدار برخی از تنظیم کننده های رشد نظیر اتیلن و آسبیزیک اسید در اثر تنش خشکی فعالیت کلروفیلاز تحریک می شود (دراکویز، ۱۹۹۴). در سطح آبیاری کامل ژنوتیپ های ترمز-۱۴ و دکتر عمومی به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلروفیل *a* را داشتند. در سطح قطع آبیاری بیشترین میزان مربوط به ژنوتیپ خندق و کمترین میزان مربوط

جدول ۳- مقایسه میانگین کلروفیل کل، نسبت کلروفیل *a/b*، گزانتوفیل، کلروفیل *b*، کلروفیل *a* و بتاکاروتنئید در سطوح مختلف خشکی

تیمار	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	نسبت <i>a/b</i> کلروفیل	گزانتوفیل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل <i>b</i> (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل <i>a</i> (میلی گرم بر گرم وزن تر)	بتا کاروتنئیدها (میلی گرم بر گرم وزن) (تر)
آبیاری کامل	a _{4/8}	a _{3/8}	a ₁	a _{1/8}	a _{3/6}	a _{1/8}
قطع آبیاری	b _{3/4}	b _{3/9}	b _{0/8}	b _{0/8}	b _{2/6}	b _{0/8}

کمپلکس پروتئین *Chl a/b* و در نتیجه کلروفیل *b* نیز افزایش پیدا می کند. افزایش نسبت *Chl a/b* در اثر تنش خشکی نیز ناشی از این مسئله می باشد (آلبرت و تونبرت، ۱۹۹۷). در سطح آبیاری کامل بیشترین میزان کلروفیل *b* مربوط به رقم ترمز-۱۴ با ۲/۱ (میلی گرم در گرم وزن تر) و کمترین آن مربوط به رقم دکتر عمومی با ۰/۵ (میلی گرم در گرم وزن تر) بود (جدول ۴). در سطح قطع آبیاری بیشترین و کمترین میزان کلروفیل *b* مربوط به ژنوتیپ های ساحل و دکتر عمومی به ترتیب با ۱/۸ و ۰/۳ (میلی گرم در گرم وزن تر) بود. حساسیت کلروفیل *b* به تنش مشخص شده است و در اکثر گیاهان گزارش شده است که میزان کاهش کلروفیل *b* در شرایط تنش بیشتر از کلروفیل *a* است. مطالعه بر روی ژنوتیپ های گیاهان مختلف نشان داد که کلروفیل *b* حساسیت بیشتری به تنش دارد. همچنین فتوسنتز

کلروفیل *b*

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری×ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین ها بین سطح قطع آبیاری و آبیاری کامل تفاوت معنی دار وجود دارد. قطع آبیاری باعث کاهش کلروفیل *b* نسبت به آبیاری کامل شد (جدول ۳). میزان کاهش کلروفیل *b* در اثر تنش خشکی بیشتر از کلروفیل *a* است. زیرا در اثر تنش خشکی مقدار کمپلکس پروتئینی جذب کننده نور از *Chl a/b* موجود در فتوسیستم II به شدت کاهش پیدا می کند. بخش کلروفیل *b* این کمپلکس پروتئینی درون غشاء کلروپلاست قرار دارد. با افزایش تشکیل ROS در کلروپلاست در اثر تنش خشکی، میزان تخریب غشاهای کلروپلاستی نیز افزایش می یابد. از این رو در اثر تنش خشکی

همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸). با توجه به حساسیت کلروفیل **b** در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌هایی که دارای میزان بالایی کلروفیل **b** هستند می‌توان جزء ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی قرار داد.

II که دارای مقدار بیشتری کلروفیل **b** می‌باشد به تنش‌های محیطی حساس است و در نتیجه کلروفیل **b** بیشتری در اثر شرایط نامساعد محیطی از بین می‌رود (ملک احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). در این آزمایش مشخص شد کلروفیل **b** با تمام صفات به جز نسبت کلروفیل **a/b** و عملکرد بیولوژیک

جدول ۴- مقایسه میانگین گزانتوفیل، کلروفیل **b**، کلروفیل **a**، بتاکارتنوئید، نسبت کلروفیل **a/b** و کلروفیل کل ژنوتیپ‌های مختلف پنبه در سطوح

مختلف خشکی

ارقام	کلروفیل کل (میلی گرم برگرم وزن تر)		a/b نسبت کلروفیل		گزانتوفیل (میلی گرم برگرم وزن تر)		کلروفیل b (میلی گرم برگرم وزن تر)		a کلروفیل (میلی گرم برگرم وزن تر)		بتاکارتنوئید (میلی گرم برگرم وزن تر)	
سوپرالیبت بختگان	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	t۲/۹۳	l۴/۱۴	e۴/۵	t۳/۵	r۰/۶۷	j۰/۹۳	t۰/۶	k۱	r۲/۳	l۳/۱	q۰/۶	j۰/۹
سوپرالیبت گلستان	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	t۲/۹۳	n۳/۸۲	e۴/۵	r۳/۶	r۰/۶۷	i۰/۹۵	t۰/۶	n۰/۹	r۲/۳	n۲/۹	q۰/۶	m۰/۸
اس-بی-۳۵	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	o۳/۷	j۴/۷۹	i۴/۱	z۳/۲	p۰/۷۶	j۰/۹۲	r۰/۸	g۱/۳	n۲/۹	j۳/۵	no۰/۷	ij۰/۹
تی-۲	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	n۳/۸۳	i۴/۹۹	p۳/۸	q۳/۷	i۰/۸۷	f۱/۱۳	op۰/۹	h۱/۲	n۳	ir۳/۸	k۰/۹	g۱/۱
سوپرالیبت آرین	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	w۲/۰۸	io	f۴/۴	d۴/۷	t۰/۵۴	s۰/۶	v۰/۴	l۱	u۱/۷	h۴	q۰/۵	i۰/۸
خندق	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	f۵/۷۱	b۶/۴۹	z۳	b۳	f۱/۱۲	d۱/۲۷	e۱/۵	d۱/۸	g۴/۲	d۴/۷	c۱/۶	b۱/۸
ساحل	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	c۶/۰۹	b۶/۴۳	e۲/۳	c۲/۹	e۱/۱۷	c۱/۳۱	b۱/۸	c۲	h۴/۱	e۴/۶	e۱/۳	d۱/۵
سپید	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	op۳/۶۶	k۴/۳	v۳/۴	w۳/۳	n۰/۸۲	g۱/۰۱	n۰/۹	i۱/۱	o۲/۷	k۳/۲	j۰/۹	e۱/۴
سیلند	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	v۲/۲۳	s۳/۳۲	m۳/۹	u۳/۴	w۰/۴	o۰/۷۹	u۰/۵	q۰/۸	t۱/۷	q۲/۵	r۰/۵	p۰/۶
ارمغان	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	o۴/۰۷	d۵/۹۱	g۴/۴	a۶/۳	i۰/۸۷	k۰/۹	q۰/۸	no۰/۹	k۳/۲	b۵	h۱	f۱/۳
پاک	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	h۵/۱۸	g۵/۵۴	x۳/۳	o۳/۸	g۱/۰۱	b۱/۳۵	f۱/۳	g۱/۳	ir۳/۹	f۴/۳	e۱/۴	e۱/۴
اولتان	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	o۳/۷	e۵/۸	i۴/۱	b۵/۸	p۰/۷۶	m۰/۸۴	q۰/۸	m۰/۹	n۲/۹	c۴/۹	no۰/۷	i۰/۹
اوپال	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	u۲/۷۵	m۳/۹۲	h۴/۲	j۴/۱	r۰/۶۸	h۰/۹۷	t۰/۶	q۰/۸	s۲/۲	m۳/۱	o۰/۷	i۰/۹
سوپر اری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	p۳/۶۱	j۴/۷۹	s۳/۵	z۳/۲	q۰/۷۱	j۰/۹۲	p۰/۹	g۱/۳	o۲/۷	j۳/۵	k۰/۹	i۰/۹
تی-۳	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	y۱/۵۸	q۳/۵	k۴	ir۳/۹	q۰/۵۲	m۰/۸۴	ws۰/۳	r۰/۸	w۱/۲	o۲/۷	s۰/۵	i۰/۹
ترمز-۱۴	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	l۴/۱	av۳/۳	y۳/۳	d۲/۷	n۰/۸۲	a۱/۵۹	j۱/۱	a۲/۱	m۳	a۵/۲	h۱	a۲/۵
کیسا	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	w۲/۰۸	r۳/۴۲	f۴/۴	n۳/۹	t۰/۵۴	q۰/۷۲	v۰/۴	s۰/۸	u۱/۷	p۲/۷	p۰/۶	n۰/۷
دکتر عمومی	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری	قطع	آبیاری
	x۱/۶۹	v۲/۲۱	c۵/۱	p۳/۸	v۰/۴۳	u۰/۵۲	x۰/۳	u۰/۵	v۱/۴	tu۱/۷	t۰/۴	q۰/۵

شد (جدول ۳). تنش آبی کوتاه مدت که باعث پژمردگی معمولی و توقف کامل فتوسنتز خالص می‌شود، اثری روی کلروفیل برگ نداشته ولی نسبت کلروفیل **a/b** را افزایش می‌دهد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). عدم کاهش در میزان کلروفیل در گیاهان زراعی و نیز افزایش در نسبت کلروفیل **a/b** در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ

نسبت کلروفیل **a/b**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری × ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح قطع آبیاری باعث افزایش نسبت کلروفیل **a/b** نسبت به آبیاری کامل

صفات به جز نسبت کلروفیل a/b همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸). در بررسی میزان کلروفیل کل و کلروفیل a و b مشخص شد تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل می شود. کلروفیل با عملکرد دارای رابطه معنی دار است. ژنوتیپ هایی که در شرایط تنش خشکی محتوای کلروفیل مناسبی داشتند عملکرد قابل قبولی در شرایط تنش خشکی دارند (رحمان و همکاران، ۲۰۰۷).

عملکرد دانه

بر اساس نتایج بدست آمده سطوح آبیاری، ژنوتیپ و سطوح آبیاری \times ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۸۳ درصد نسبت به سطح آبیاری کامل شد (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ های مختلف پنبه دارای عملکرد های متفاوت هستند، ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی عملکرد بالاتری داشتند (رحمان و همکاران، ۲۰۰۷). در سطح آبیاری کامل بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ اس-بی-۳۵، سپید و اوپال و کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ سیلند بود. در سطح قطع آبیاری بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ های سپید و ترمز-۱۴ بود. عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد با تمام صفات به جز نسبت کلروفیل a/b داشت. این صفت با عملکرد وش دارای همبستگی مثبت ۰/۹۲ در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸).

کاهش می یابد ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می یابد (آنتولین و همکاران، ۱۹۹۵). برخی محققان افزایش نسبت کلروفیل a/b را موجب تیره شدن برگ ها و افزایش عدد کلروفیل متر می دانند (صالحی و همکاران، ۱۳۸۲؛ کافی و دامغانی، ۱۳۷۹). در این آزمایش در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان نسبت کلروفیل a/b به ترتیب مربوط به ژنوتیپ های ارمغان و ترمز-۱۴ و در سطح قطع آبیاری مربوط به ژنوتیپ های دکتور عمومی و ساحل بود (جدول ۴). نسبت کلروفیل a/b با عملکرد وش، کلروفیل a ، عملکرد الیاف و شاخص برداشت فاقد همبستگی بود. نسبت کلروفیل a/b با عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد و با دیگر صفات همبستگی منفی و معنی دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۸).

کلروفیل کل

نتایج نشان داد که سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح آبیاری \times ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که سطح قطع آبیاری باعث کاهش کلروفیل کل نسبت به آبیاری کامل شد (جدول ۳). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل به ترتیب مربوط به ژنوتیپ های ترمز-۱۴ و دکتور عمومی بود. در سطح قطع آبیاری نیز ژنوتیپ های ساحل و دکتور عمومی به ترتیب بیشترین و کمترین میزان کلروفیل را داشتند (جدول ۴). کاهش مقدار کلروفیل در طی مراحل پیری و دترانش خشکی در سایر گونه های گیاهی نیز گزارش شده است (هیو همکاران، ۲۰۰۵). در این آزمایش مشخص شد کلروفیل کل با تمام

جدول ۵- میانگین مربعات وسط معنی داری فاکتورهای مختلف و اثرات متقابل آنها در صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد الیاف	عملکرد وش	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
اثر تکرار	۲	۸/۵۴۲۸۶۵	۹/۲۱۷۴۴۲۲۲	۰/۸۵۴۵۴۱۶	۰/۴۵۲۵۶۲۲	۱۳۲/۸۱۶۶۷
سطوح آبیاری	۱	**۱۴۵/۰۶۲۹۳۳۹	**۳۴/۴۳۵۶۲۷۲۲	**۳۲/۰/۸۶۱۹۱۲۹	**۹۴/۹۱۷۲۴۵	**۶۴۱۰۸/۹۳۸۸۹
خطای A	۲	۴/۸۶۷۸۰۳۹	۵/۰۷۵۶۳۵۵۵۶	۰/۴۰۸۸۳۱۹	۰/۰۰۶۸۴۶۷	۵۱/۹۳۸۸۹
ژنوتیپ	۱۷	**۰/۸۸۵۴۹۵۸	**۰/۲۷۹۲۷۴۸۱	**۲/۰/۸۳۸۹۴۴	**۳/۷۸۴۸۹۲۷	**۲۷۳/۶۸۳۹
سطوح آبیاری \times ژنوتیپ	۱۷	**۰/۳۱۳۷۶۲۶	**۰/۰۷۱۲۸۵۸۴	**۰/۶۱۳۷۷۲۷	**۱/۷۶۷۶۶۴۵	**۵۸/۰۷۶۸۲
خطا	۶۸	۰/۰۳۵۲۷۷	۰/۰۳۶۵۶۰۷۳	۰/۰۰۱۷۱۹۲	۰/۰۰۰۱۹۷۵	۰/۱۹۳۸۷
کل	۱۰۷	۱/۱۷۷۴۰۱۶۴۸	۴۳۲۵۶۷۲۷	۱/۴۳۵۱۰۱۳۳۷	۱/۴۳۵۱۰۱۳۳۷	۴۱۴/۰۵۴۴۶۹۳
ضریب تغییرات (CV)		۱۴/۸۸	۲۸/۷۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۱/۴۶۳

عملکرد الیاف

نتایج نشان داد سطوح آبیاری، ژنوتیپ و سطوح آبیاری× ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد الیاف نسبت به سطح آبیاری کامل شد (جدول ۶). تنش خشکی بر عملکرد الیاف در پنبه تأثیر گذار است (رمضانی مقدم و تهرانی، ۲۰۰۴). عملکرد الیاف در پنبه در اثر خشکی کاهش می‌یابد (رحمان و همکاران، ۲۰۰۷). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین عملکرد الیاف مربوط به ژنوتیپ‌های ارمغان و ترمز-۱۴ به ترتیب با ۱/۷۱ و ۰/۷۳ تن در هکتار بود. در سطح قطع آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان عملکرد الیاف مربوط به ژنوتیپ‌های سپید و ترمز-۱۴ به ترتیب با ۰/۴۷ و ۰/۰۷ تن در هکتار بود. عملکرد الیاف همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد با عملکرد وش و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۰/۷۴ و ۰/۴۱ داشت. عملکرد الیاف با تمام صفات به جزء نسبت کلروفیل a/b دارای همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ داشت (جدول ۸).

عملکرد وش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح آبیاری، ژنوتیپ و سطوح آبیاری× ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد وش به میزان ۸۲ درصد نسبت به سطح آبیاری کامل شد (جدول ۶). عملکرد وش مجموع عملکرد چین اول و چین دوم است که در اثر تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند این کاهش عملکرد در ژنوتیپ مختلف با توجه به خصوصیات ژنتیکی هر رقم متفاوت است (رمضانی مقدم و تهرانی، ۲۰۰۴؛ رحمان و همکاران، ۲۰۰۷). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان عملکرد وش مربوط به ژنوتیپ‌های اوپال و ترمز-۱۴ به ترتیب با ۴/۵۸ و ۱/۹۲ تن در هکتار بود. در سطح قطع آبیاری بیشترین و کمترین میزان عملکرد وش مربوط به ژنوتیپ‌های سپید و ترمز-۱۴ به ترتیب با ۱/۱۶ و ۰/۱۷ تن در هکتار بود. عملکرد وش همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد با تمام صفات به جز عملکرد دانه داشت (جدول ۸).

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد الیاف، عملکرد وش، عملکرد بیولوژیک، و شاخص برداشت در سطوح مختلف

خشکی

تیمار	عملکرد دانه		عملکرد الیاف		عملکرد وش		عملکرد بیولوژیک		شاخص برداشت	
	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)	(تن در هکتار)
آبیاری کامل	a2/16	a1/10	a3/26	a1/96	a7/58	a6/96	a7/58	a7/58	a7/58	a7/58
قطع آبیاری	b0/36	b0/23	b0/59	b1/21	b5/13	b11/21	b5/13	b5/13	b5/13	b5/13

عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد سطوح آبیاری، ژنوتیپ و سطوح آبیاری× ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۵). قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد بیولوژیک به میزان ۲۲ نسبت به آبیاری کامل شد (جدول ۶). وزن خشک نشان دهنده استفاده گیاه از منابع موجود در طی مراحل رشد است در صورتی که در طی مرحله رشد گیاه با تنش خشکی مواجه شود ژنوتیپ‌هایی که دارای وزن خشک بیشتری هستند شرایط تنش خشکی را بهتر تحمل کرده‌اند (رمضانی مقدم و تهرانی، ۲۰۰۴؛ رحمان و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بیولوژیک بیشتری هستند به خشکی مقاوم تر

هستند (رحمان و همکاران، ۲۰۰۷). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ‌های اوپال و ترمز-۱۴ به ترتیب با ۵/۳۲ و ۸/۴ تن در هکتار بود. در سطح قطع آبیاری بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ‌های سوپر الیت آرین و ترمز-۱۴ به ترتیب با ۶/۴ و ۱/۸۸ تن در هکتار بود. عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت در سطح ۱ درصد با عملکرد وش و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۰/۸۳ و ۰/۷۶ داشت. عملکرد بیولوژیک دارای همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد با تمام صفات به جزء بتاکارتونئید و کلروفیل b داشت (جدول ۸).

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد لیاف، عملکرد وش، عملکرد بیولوژیک، و شاخص برداشت ژنوتیپ های مختلف پنبه در سطوح مختلف خشکی

ژنوتیپ	عملکرد دانه (تن درهکتار)		عملکرد لیاف (تن درهکتار)		عملکرد وش (تن درهکتار)		عملکرد بیولوژیک (تن درهکتار)		شاخص برداشت (تن درهکتار)
	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	آبیاری کامل	قطع آبیاری	
سوپرالیبت بختگان	i-0/34	b-e2/32	n-r-0/22	a-h1/28	q-s-0/59	e-03/61	n-05/85	6/5i	021
سوپرالیبت گلستان	i-0/41	c-e2/27	n-r-0/2	a-i1/17	f-0/56	f3/43	m6/08	6/83g	p17
اس-بی-۳۵	i-0/51	a3/11	l-r-0/35	a-f1/42	ab-0/87	ab4/54	r-05/14	7/28d	p18
تی-۲	i-0/13	e-g1/69	p-r-0/1	d-o-0/83	jk-0/24	jk2/52	u3/26	6/3k	p17
سوپرالیبت آراین	hi-0/59	a-c2/79	k-r-0/37	a-c1/61	op-0/97	b-d4/4	j-7/4	7/26d	p17
خندق	i-0/55	c-e2/88	k-r-0/4	a-f1/4	p-0/86	d4/25	q-05/34	7/16e	p17
ساحل	i-0/37	a2/26	n-r-0/18	a-j1/07	q-s-0/59	fg3/33	q-09/98	h-6/68	14r
سپید	hi-0/69	a3/03	i-r-0/47	a-f1/38	n1/16	b-d4/4	p-05/51	f-7/05	r-015
سیلند	i-0/18	fg1/53	o-r-0/14	h-r-0/62	u-0/31	i2/15	t-4/61	n-05/95	12s
ارمغان	hi-0/57	a-c2/76	k-r-0/38	a1/71	op-0/97	a-c4/47	p-05/45	b-7/98	12s
پاک	i-0/5	ab2/96	l-r-0/35	a-f1/37	p-0/88	a-c4/36	m-6/09	c-7/75	10tu
اولتان	i-0/51	a-c2/73	k-r-0/37	ab1/7	p-0/85	a-c4/43	s-4/98	a-7/75	9tu
اوپال	i-0/54	a3/1	l-r-0/34	a-d1/48	p-0/91	a-4/58	r-05/25	a-8/4	10ut
سوپراکرا	i-0/31	e-g1/81	o-r-0/13	c-0/93	r-7-0/45	i2/75	o-05/64	i-6/18	8u-w
تی-۳	i-0/43	d-f2/0	n-r-0/22	a-l1/04	q-0/63	h3/04	o-05/64	i-6/18	7v-w
ترمز-۱۴	i-0/11	gh1/19	q-r-0/07	g-r-0/73	yz-0/17	m1/92	v1/88	r-05/32	7v-w
کیسا	i-0/16	fg1/51	p-r-0/09	d-p-0/78	w-0/25	kl2/29	t-4/20	n-6/5	6xy
دکتر عمومی	i-0/17	fg1/51	o-r-0/12	c-0/93	v-z-0/29	jk2/44	q-05/43	o-8/5	5y

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح آبیاری، ژنوتیپ و سطوح آبیاری × ژنوتیپ در سطح درصد معنی دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد شاخص برداشت ۷۷ درصد نسبت به سطح آبیاری کامل کاهش یافت (جدول ۶). شاخص برداشت که متأثر از عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک می باشد. تعیین کننده آن است که چه بخشی از اسیمیلات ساخته شده به مخزن مورد نظر انتقال می یابد. عملکرد یک گیاه را از

طریق افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی و یا هر دو بالا برد (شیرانی راد، ۱۳۷۹؛ راینز، ۲۰۱۱). در سطح آبیاری کامل بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت مربوط به ژنوتیپ های اس-بی-۳۵ و خندق با ۶۲ درصد و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ کیسا با ۳۵ درصد بود. در سطح قطع آبیاری بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت مربوط به ژنوتیپ های سوپر الیت بختگان و دکتر عمومی به ترتیب با ۲۱ و ۵ درصد بود. شاخص برداشت

همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد با عملکرد وش و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۰/۹۸ و ۰/۹ داشت و همچنین رابطه مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد با محتوای کلروفیل به جزء نسبت کلروفیل a/b داشت (جدول ۸).

جدول ۸- همبستگی بین صفات

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
بناکارتوتوئید	۱										
کلروفیل a	۲	**۰/۸۳									
کلروفیل b	۳	**۰/۹	**۰/۸۳								
گزانتوفیل	۴	**۰/۹	**۰/۸۲	**۰/۹۱							
نسبت a/b	۵	-۰/۴۵	-۰/۱۶	-۰/۶۴	**۰/۵۳						
کلروفیل کل	۶	**۰/۸۸	**۰/۹۹	**۰/۹۲	**۰/۸۸	**۰/۳۱					
عملکرد دانه	۷	**۰/۳۲	**۰/۵۱	**۰/۳	NS۰/۴	**۰/۴۷	**۰/۴۷				
عملکرد وش	۸	**۰/۳۴	**۰/۵۵	**۰/۳۱	NS۰/۴۱	NS۰/۰۸	**۰/۵	**۰/۹۲			
عملکرد لیاف	۹	*۰/۲۴	**۰/۴	*۰/۲	NS۰/۲۵	NS۰/۱۲	**۰/۳۵	**۰/۴۱	**۰/۷۴		
عملکرد بیولوژیک	۱۰	NS۰/۱۷	**۰/۳۸	NS۰/۱۳	**۰/۲۵	**۰/۲۵	**۰/۳۲	**۰/۷۶	**۰/۸۳	**۰/۶	
شاخص برداشت	۱۱	**۰/۳۷	**۰/۵۵	**۰/۳۵	NS۰/۴۴	-۰/۰۱	**۰/۵۱	**۰/۹	**۰/۹۹	**۰/۷۳	**۰/۷۷
											NS

و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دارای همبستگی مثبت و معنی دار داشت که بهبود محتوای کلروفیل باعث افزایش عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف می‌شود. برخی ژنوتیپها به طور ذاتی دارای محتوای کلروفیل بیشتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها و عملکرد متوسط و کمتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها دارند، مانند از جمله رقم ترمز-۱۴. در بین ژنوتیپ‌های مختلف پنبه مورد مطالعه بعضی از ژنوتیپ‌ها در شرایط قطع آبیاری محتوای کلروفیل و عملکرد بالاتری داشتند از جمله ژنوتیپ‌های خندق، ساحل، ارمغان، پاک، اولتان و اوپال که می‌توانند شرایط تنش خشکی را بهتر تحمل کنند.

نتیجه گیری

در بررسی محتوای کلروفیل و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف پنبه در شرایط قطع آبیاری مشخص شد قطع آبیاری باعث کاهش محتوای کلروفیل برگ از جمله کلروفیل a، کلروفیل b، بناکارتوتوئید، گزانتوفیل و کلروفیل کل شد. همچنین قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد وش، عملکرد دانه، عملکرد لیاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. در بررسی محتوای کلروفیل مشخص شد که این صفات با دیگر صفات همبستگی مثبت و معنی دار داشتند که بهبود یک صفت باعث تأثیر گذاری بر صفات دیگر می‌شود. محتوای کلروفیل با عملکردهای اندازه گیری شده از جمله عملکرد لیاف، عملکرد وش و عملکرد دانه

منابع

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

خواجه پور، م. ۱۳۷۸. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۸۶ صفحه.

صالحی، م.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۲. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۱. شماره ۲: ۱۹۹-۲۰۵.

کافی، م. و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

- ملک احمدی، ف.، خ. کلاتری و م. موو ترکزاده. ۱۳۸۴. اثر تنش غرقابی بر القاء تنش اکسیداتیو و غلظت عناصر در گیاه فلفل (*Capsicum annum L.*). مجله زیست شناسی ایران. جلد ۱۸. شماره ۲: ۱۱۹-۱۱۰.
- Ahmadi, A., P. Ehsanzadeh and F. Jabbari. 2007. Introduction to Plant Physiology. University of Tehran Press. (In Persian).
- Alberet, R. S. and J. P. Thornber. 1977. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplast of maize. *Plant. Physiol.* 59: 351353.
- Antolin, M. C., J. Yoller and M. Sanchez-Diaz. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Science*, 107:159-165.
- Aron, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
- Bieloriya, H., A. Matell and S. Moresht. 1983. Water relation of cotton in water deficits and plant growth Vol. VII. Kozwasei. T.T.PP. 49057. New York Academic Press, U.S.A.
- Blum, A. 1989. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sci.* 29:230-233.
- Dadashi, M. R., I. Majidi Heravan E., Soltani A.A.F. and Noorinia A. A. 2007. Evaluation of different genotypes of barley to salinity salt stress. *J. Agric. Sci.* 13(1): 181-190. (In Persian with English abstract).
- Draikewicz, M. 1994. Chlorophyllase occurrence functions, mechanism of action, effect of extra and internal factors. *Phytosynth.* 30, 321-337.
- Fernandez, C.J., K.J. McInnes and T. Cothorn. 1996. Water status and leaf area production in water and nitrogen stress cotton. *Crop Sci.* 36:1224-1233.
- Gregersen, P.L. and P.B. Holm. 2007. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. *Plant Biot.* 5, 192-206.
- He, P., M. Osaki, M. Takebe, T. Shinano and J. Wasaki. 2005. Endogenous hormones and expression of senescence-related genes in different senescent types of maize. *Journal of Experimental Botany.* 56 (414): 1117-1128.
- Hellebust, J.A. and J.S. Carigie. [Eds.], 1978. Handbook of physiological methods. Physiological and biochemical methods. Cambridge Univ. Press, New York and London. 512p.
- Jain, M. and R.P. Gadre. 1998. Inhibition of chlorophyll synthesis and enzymes of nitrogen assimilation by selenite in excised maize leaf segments during greening. *Water, Air and Soil Pollution* 104: 161-166.
- Jeyaramraja, P.R., S.N. Meenakshi, R.S. Kumar, S.D. Joshi and B. Ramasubramanian. 2005. Water deficit induced oxidative damage in tea (*Cameliasinensis*) plants. *J. Plant. Physiol.* 162:413-419.
- Kranter, I., R.P. Beckett, S. Wornik, M. Zorn and H.W. Pfeifhofer. 2002. Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant status. *Plant. J.* 31, 13-24.
- Lawlor, D.W. and G. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell. Environ.* 25: 275-294.
- Loggini, B., A. Scartazza, E. Brugnoli and F. Navari-Izzo. 1999. Anti-oxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant. Physiol.* 119: 1019-1099.
- Rahman, I., M. Ullah, M. Ahsraf, J.M. Stewart and Y. Zafar. 2007. Genotypic variation for drought tolerance in cotton. *Agron. Sustain. Dvv.* 28: 439-447.
- Mazzafer, P. 1998. Growth and biochemical alterations in coffee due to selenite toxicity. *Plant. Soil.* 201: 189-196.
- Munne-Bosch, S. and J. Penuelas. 2003. Photo- and antioxidant protection during summer leaf senescence in *Pistacia lentiscus L.* grown under Mediterranean field conditions. *Ann. Bot.* 92: 385-391.
- Pessarkli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 pp.
- Raines, C.A. 2011. Increasing photosynthetic carbon assimilation in C3 plant to improve crop yield: Current and future strategies. *Plant Physiol.* 155: 36-42.
- Ramezani Moghadam, M. and M. Taherian. 2004. Drought strategies for cotton. *Drought and Agronomy.* Ministry of Jihad -e- Agriculture. 13: 80-88.
- Sairam, R.K., P.S. Deshmukh and D.C. Saxena. 1998. Role of antioxidant systems in wheat. Genotype tolerance to water stress. *Biologia Plantarum*, 41(3): 387-394.
- Shirani Rad, A.H. 2003. Crop physiology. Dibagaran Tehran. 358 page. (In Persian)
- Silva, M.A., J.L. Jifon, J.A.G. Silva, and V. Sharma. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Braz. J. Plant Physiol.* 19: 193-201.

- Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Plant physiol. Second Edition. Sinauer Associated, Inc., Publisher. pp: 792.
- Tavakoli, A., A. Ahmadi and H. Alizade. 2009. Some aspects of physiological performance of sensitive and tolerant cultivars of wheat under drought stress conditions after pollination. Iranian J. Crop Sci. 40(1), 197-211. [In Persian with English Summary].
- Telesinski, A., J. Nowak, B. Smolik, A. Dubowska and N. Skrzyiec. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean plants. J. Elemental. 13: 401-409.
- Viera Santos, C. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Sci. Hortic. 103(1): 93-99.
- Yu, X., X. Du, and L. Song. 2007. Effects of water stress on the growth and ecophysiology of seedlings of the *Rhustyphina*. Scientia Silvae Sinicae. 43: 57-61.

The effect of irrigation –cut off on chlorophyll content and yield of cotton genotypes (*Gossypiumhirsutum* L.)

V. Ghodrat¹, R. Hamidi², O. Alizadeh³, F. Bazrafshan⁴, Sh. Sharafzadeh⁵

Received: 2017-3-14 Accepted: 2017-6-21

Abstract

In order to evaluate the effect of cut-irrigation on chlorophyll content and yield of different genotypes of cotton, a field experiment were performed in Haji Abad (28°36'N, 54°41'E) during 2014-2015 growing season. The experiment was conducted in split plot design with three replications. The main plot was drought levels (Full irrigation (every 10 days) and irrigation-cut for two periods (30 days)) and the sub-plot was different cotton genotypes (Super Elit Arian, Super ElitGolestan, Kiza, SB-35, Opal, Super ElitBakhtegan, T-2, Dr-Omoomi, Khandagh, Superokra, Termez-14, T-3, Sahel, Sepid, Silend, Armaghan, Pak, Oltan). Irrigation cutting reduced the chlorophyll content of different cotton genotypes. The highest and lowest β -carotene, Xanthophyl, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll were obtained for Termez-14 and Dr-Omoomi genotypes, respectively. Under irrigation cutoff some genotypes had higher levels of chlorophyll content and yield such as, Khandagh, Pak, Opal, Armaghan, Sahel and Oltan which shows that these genotypes can better tolerate drought stress condition.

Keywords: Irrigation, cotton, yield, β -carotene, xanthophyl

1- PhD Student of Agronomy, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran

2-Associated Professor, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

3-Associated Professor, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

4-Assistant Professor, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran

5-Assistant Professor, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran