مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد پنجم، شماره اول، ۱۳۹۶
۹۱-۱۰۸
www.jcri.ir

ارزیابی برخی از واکنش‌های فیزیولوژیک ارقام حساس و متحمل پنبه در شرایط تنش خشکی

حمید رضا مهرآبادی[1*]، احمد نظامی[2]، محمد کافی[3]، محمدرضا رمضانی‌مقدم[4]

[1]بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، [2و3] استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، [4]استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۴/۱۴

چکیده

ارزیابی واکنش‌های فیزیولوژیک متفاوت ارقام پنبه در شرایط تنش خشکی، روشی دقیق و مطمئن جهت پایش روابط گیاه و آب بوده و می‌تواند در جهت اصلاح ارقام متحمل به خشکی بکار رود. لذا این پژوهش برای ارزیابی کنترل روزنه‌ای، دمای برگ و کانوپی و همچنین حداکثر کارایی فتوسیستم ($\Delta F/F'm$) II بر روی چهار رقم پنبه حساس (کوکر ۳۴۹ و نازیلی۸۴) و متحمل (ارمغان و ورامین) به خشکی انجام گرفت. ارقام پنبه به عنوان کرت‌های فرعی در سه سطح آب مصرفی به‌عنوان کرت‌های اصلی (آبیاری به میزان ($I_{33\%}$) ۳۳٪، ($I_{66\%}$) ۶۶٪، و ($I_{100\%}$) ۱۰۰٪ نیاز آبی) به‌صورت کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر در سال ۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد به دنبال تنش خشکی، میزان افزایش مقاومت روزنه‌ای ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس در شرایط بود. همچنین تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار دمای برگ (۱۵/۳ درصد) و کاهش معنی‌دار حداکثر کارایی فتوسیستم II (۱۴/۸ درصد) ارقام پنبه شد. علاوه بر این شیب تغییرات دمای برگ با افزایش مقاومت روزنه‌ای در ارقام حساس بیشتر از ارقام متحمل بود. نتایج همچنین بیانگر تفاوت معنی‌دار ارقام از نظر حداکثر کارایی فتوسیستمII بود. در این ارتباط رقم متحمل ورامین از بالاترین و رقم حساس کوکر ۳۴۹ از کمترین حداکثر کارایی فتوسیستم II برخوردار بودند. نتایج نشان داد شرایط تنش خشکی واکنش‌های فیزیولوژیک موثر بر رشد و عملکرد را در ارقام متحمل به میزان کمتری در مقایسه با ارقام حساس تحت تاثیر قرار می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: تنش کمبود آب، دمای برگ، حداکثر کارایی فتوسیستم II، مقاومت روزنه‌ای.

---

*نویسنده مسئول: hr.mehrabadi@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تنش خشکی که یکی از چالش برانگیزترین موانع پیش روی تولید محصولات زراعی است، به گونه‌ای که به تنهایی مسبب ۴۵ درصد از کاهش محصولات زراعی می‌باشد (بل حسن و همکاران، ۱۹۹۶). بهره‌گیری از ارقام متحمل به تنش‌های محیطی با تولید مطلوب، یکی از رکن‌های مهم رسیدن به کشاورزی پایدار است. لذا شناخت اختلاف بین ارقام متحمل و حساس به تنش‌های محیطی امکان اصلاح و بهره‌گیری مطلوبتر از ارقام در شرایط تنش را فراهم آورده، سبب افزایش تولید و پایداری نظام کشت می‌شود. ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیک گیاهی چون میزان هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و یا تغییرات فلورسانس کلروفیل برگ ضمن آنکه بطور مستقیم تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند بطور آشکاری نشان دهنده واکنش گیاه به تغییر شرایط رشد و نهایتاً مبین تغییرات رشد و عملکرد در گیاه می‌باشند (آرانجوئلو و همکاران، ۲۰۱۰). در این خصوص کاهش در میزان فعالیت فتوسنتز ناشی از عوامل بهم پیوسته متعددی از قبیل بسته شدن روزنه‌ای و کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی می‌باشد (بوتا و همکاران، ۲۰۰۴؛ آرانجوئلو و همکاران، ۲۰۱۰؛). ماساکسی و همکاران (۲۰۰۸) ابراز داشتند ارتباط تنگاتنگی بین هدایت روزنه‌ای با فتوسنتز وجود دارد و اینکه تغییرات در میزان هدایت روزنه‌ای در طول روز علت عمده تغییرات میزان فتوسنتز در گیاه پنبه بود. کاهش سرعت فتوسنتز در شرایط محدودیت آب در پنبه گزارش شده است (فراچبود و لیپنر، ۲۰۰۳؛ پتیگریو، ۲۰۰۴). نتایج دیبا و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی مقادیر فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق پنبه کاهش پیدا کرد. علاوه بر این میزان هدایت روزنه‌ای و تعرق در گیاه نیز روند کاهش مشابهی را نشان داد. هدایت روزنه‌ای در محتوای نسبی آب برگ ۷۵٪ بیشتر از ۴۰٪ کاهش یافت در حالیکه میزان کاهش برای محتوای نسبی آب برگ ۵۰٪ به ۵۰ درصد و در RWC برابر ۳۵٪ تا ۹۵ درصد کاهش نشان داد.

یولا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند میزان فتوسنتز، میزان هدایت روزنه‌ای و تعرق بطور معنی‌داری در شرایط تنش آب کاهش پیدا کرد. علاوه بر این آنها تفاوت ژنوتیپی قابل ملاحضه‌ای در ارتباط با ویژگیهای تبادل گاز در بین ارقام مشاهده کردند. آنها همچنین ارتباط معنی‌دار و مثبتی بین هدایت روزنه‌ای و میزان فتوسنتز در هر دو سال و تحت شرایط تنش مشاهده کردند که بیانگر نقش مهم اثرات روزنه‌ای بر تنظیم میزان فتوسنتز برگ بود. میزان فتوسنتز بطور معنی‌داری با عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی ارتباط داشت، در حالی که در شرایط نرمال از نظر آبیاری معنی‌دار نبود (یولا و همکاران، ۲۰۰۸).

یکی دیگر از روش‌های تشخیص تنش در گیاه اندازه‌گیری دمای کانوپی و گیاه است (ونجورا و همکاران، ۲۰۰۴؛ ونجورا و همکاران، ۲۰۰۶) که در مورد گیاه پنبه (کوهن و همکاران، ۲۰۰۵) مورد

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده قرار گرفته است و به‌عنوان معیاری از سطح دقیق تنش آب در گیاه در نظر گرفته شده است (لینونن و جونز، ۲۰۰۴) که بدون تماس فیزیکی با استفاده از دماسنج‌های مادون قرمز امکان‌پذیر می‌باشد (ماهان و ییتر، ۲۰۰۸). ویگند و نامکن (۱۹۹۶) مشاهده نمودند دمای برگهای منفرد گیاه پنبه با پژمرده شدن ناشی از خشکی افزایش و با آماس برگها کاهش پیدا کرد. نتایج یک مطالعه مشخص نمود که فراوانی توزیع دماهای بالاتر کانوپی گیاه پنبه در شرایط تنش کم آبی (آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز تبخیر و تعرقی گیاه) به مراتب و به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط آبیاری کامل بود. علاوه بر این اختلاف دمایی مشاهده شده بین ۳ تا ۶ درجه سانتی گراد بود (ونجورا و همکاران،۲۰۰۴). نتایج مطالعات پادیا و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که شاخص هدایت روزنه‌ای متاثر از دمای کانوپی بود. علاوه بر این آنها همبستگی بالایی را بین دمای کانوپی و پتانسیل آب برگ در گیاه پنبه و نیز بین میزان آب خاک در ناحیه ریشه با هدایت روزنه‌ای برگ‌های پنبه گزارش نمودند.

اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل ابزاری قدرتمند برای مطالعه واکنش گیاه به تنش‌های محیطی می‌باشد (مکسول و جانسون، ۲۰۰۰؛ فراچبود و لیپنر، ۲۰۰۳). اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل یک روش مناسب و غیر تخریبی است که به دفعات جهت تعیین تفاوت‌های موجود بین گونه‌های گیاهی استفاده شده است (دوبروسکی و همکاران، ۲۰۰۵). پارامتر حداکثر کارایی فتوسیستمII به عنوان اصلی‌ترین فاکتور بین پارامترهای مورد بررسی کاربرد دارد و مقادیر این فاکتور برای یک گیاه سالم بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ می‌باشد، در حالی که در اثر تنش مقدار آن کاهش می‌یابد (پتیت و همکاران، ۲۰۰۵). بیشتر گیاهان انرژی گرمایی اضافی دریافتی را با تنظیم نزولی فعالیت فتوسیستم II (PSII) برای محافظت از دستگاه فتوسنتزی از اثرات خسارت‌زای نور اضافی و همچنین بوسیله پراکنش دمای بالای برگ از بین می‌برند (اینامولا، ۲۰۰۵). تحلیل داده‌های فلورسانس کلروفیل گیاه پنبه مشخص نموده است که کارایی کوانتومی فتوسیستم II (øPSII) PSII که تحت شرایط غیر تنفس نوری ارتباط نزدیکی با کارایی کوانتومی تثبیت دی‌اکسید کربن دارد تحت شرایط تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند (کیتااو و لی، ۲۰۰۷). وانگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، عملکرد واقعی کوانتوم فتوسیستم II کاهش پیدا کرد در حالیکه حداکثر عملکرد کوانتم فتوسیستم II بین تیمارهای خشکی تفاوت زیادی را نشان نداد. دیبا و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه بر روی ژنوتیپهای پنبه، کاهش میزان تبادل گاز و نیز مقادیر انتقال الکترون و عملکرد فتوشیمیایی فتوسیستم II (ΦPSII) را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. علاوه بر این آنها متوجه این نکته شدند که بخش عمده کاهش کارایی کوانتومی فتوسیستم II مربوط به کاهش ناشی از فروکاست فرآیندهای فتوشیمیایی(q_P) می‌باشد تا بکارگیری مکانیزمهای تلف کننده انرژی (F'_v/F'_m) در دوره‌های طولانی مدت تنش خشکی (کیتاو و لی، ۲۰۰۷). با اینحال تحت شرایط خاصی کارایی کوانتومی

Archive of SID

www.SID.ir

فتوسیستمII زمانی که گیاه پنبه با تنش خشکی مواجه می شود افزایش می‌یابد (انالی و ارل، ۲۰۰۵؛ پتگریو، ۲۰۰۴).

لذا در این پژوهش واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه پنبه بویژه در ارقام متحمل و حساس و در شرایط متفاوت تنش خشکی مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و روابط موجود بین این صفات با عملکرد وش به عنوان برآیند نهایی پاسخ گیاه به شرایط محیطی بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو رقم متحمل (ارمغان و ورامین) به همراه دو رقم حساس به خشکی (کوکر ۳۴۹ و نازیلی) به عنوان کرتهای فرعی در ۳ سطح مهیایی آب خاک (به عنوان کرتهای اصلی) با استفاده از آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر در سال ۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک مقادیر ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار کود اوره (یک سوم به هنگام کاشت، یک سوم پس از تنک بوته و یک سوم در زمان گلدهی) و مقدار ۲۵۰ کلیو گرم 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 به صورت قطره‌ای با استفاده از لوله‌های تیپ (tape) با خروجی‌هایی بفاصله ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی چهار لیتر در ساعت در هر متر از طول صورت گرفت. سطوح آبیاری عبارت بودند از: آبیاری به میزان ۳۳ درصد نیاز آبی پنبه $I_{33\%}$؛ آبیاری به میزان ۶۶ درصد نیاز آبی پنبه $I_{66\%}$ و آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه $I_{100\%}$ (شاهد). با استفاده از روش پنمن-مانتیث (با استفاده از آمار روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کاشمر)، میزان تبخیر و تعرق محاسبه شد. در طول دوره رشد آفات با سموم متداول کنترل و سه نوبت وجین علف‌های هرز با دست صورت گرفت.

فلورسانس کلروفیل به وسیله دستگاه فلورومتر (OS1-FL Chlorophyll Fluorometer) و از بخش کناری جوانترین برگ کاملاً توسعه یافته (پنجمین برگ از راس گیاه در زمان اندازه‌گیری) با فاصله از رگبرگ میانی اندازه‌گیری شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل: فلورسانس اولیه برگ خو گرفته به نور (F_s)، بیشینه فلورسانس برگ خو گرفته به نور (F'_{ms})، فلورسانس متغیر (ΔF) و حداکثر کارایی فتوسیستم II ($\Delta F/Fm$) بودند. دمای برگ و کانوپی با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل Testo-850-1 Quicktemp انجام شد. برای اندازه‌گیری دمای برگ تعداد ۳ بوته از نقاط مختلف کرت بطور تصادفی انتخاب و در دو موقعیت سایه و آفتاب و به تعداد ۳ برگ از هر بوته انجام شد. برای اندازه‌گیری دمای کانوپی نیز با در نظر گرفتن زاویه یکسان بین دماسنج و زمین در موقعیت‌های بین و روی

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف‌های کاشت اقدام شد. برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای برگها تعداد سه برگ جوان کاملاً توسعه یافته انتخاب و توسط دستگاه پرومتر مدل Decagon Devices, Inc میزان آن تعیین شد. برای تعیین عملکرد وش، درصد زودرسی (نسبت عملکرد وش چین اول به کل عملکرد وش)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (نسبت وزن وش به کل وزن خشک گیاه پنبه) دو ردیف وسط از هر کرت در سطحی معادل ۸/۴ مترمربع با حذف نیم متر از اول و آخر هر ردیف کاشت، برداشت و صفات فوق اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

مقاومت روزنه‌ای: کاهش آب مورد نیاز پنبه موجب افزایش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) میزان مقاومت روزنه‌ای برگ‌ها شد (جداول ۱ و ۲). کاهش هدایت روزنه‌ای یا بر عکس آن افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ به انتشار و تبادل گاز در شرایط تنش کمبود آب به دفعات توسط محققان گزارش شده است (ماساکسی و همکاران، ۲۰۰۸؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۹؛ دیبا و همکارن، ۲۰۱۲). نتایج نشان داد ایجاد تنش خشکی ($I_{66\%}$) موجب افزایش ۳۳/۳ درصدی مقاومت روزنه‌ای برگ‌ها نسبت به شاهد شد. افزایش شدت تنش خشکی در تیمار ($I_{33\%}$) مقاومت روزنه‌ای را به میزان کمتری نسبت به تنش خشکی اولیه (تیمار $I_{66\%}$) (۲۵/۶ درصد) افزایش داد، ولی نسبت به تیمار شاهد افزایش ۶۷/۴ درصدی را نشان داد. در پی تنش خشکی و کاهش قابلیت آب در دسترس برای گیاه، برگ‌ها با از دست دادن تدریجی محتوای آب نسبی خود از حالت آماس بیرون آمده و پژمرده شدند، که نوعی تطابق به شرایط خشکی محیطی است، در این ارتباط نتایج دیبا و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی مقادیر فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق کاهش پیدا کرد، به گونه‌ای که هدایت روزنه‌ای در محتوای آب نسبی برگ ۷۵٪ بیشتر از ۴۰ درصد کاهش یافت در حالی که میزان کاهش برای محتوای آب نسبی برگ ۵۰٪ به ۵۰ درصد و در محتوای آب نسبی برگ ۳۵ تا ۹۵ درصد کاهش نشان داد. وانگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند علیرغم کاهش محتوی نسبی آب برگ گیاه پنبه با افزایش شدت تنش خشکی، با این وجود تغییرات بوجود آمده در محتوی نسبی آب برگ ناچیز بود. این موضوع مبین توانایی بالای گیاه پنبه در حفظ میزان آب برگ در گیاه پنبه می‌باشد.

ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر میزان مقاومت روزنه‌ای تفاوت معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) را نشان دادند (جدول۱). میزان مقاومت روزنه‌ای ارقام متحمل به خشکی ۲۲ درصد بیشتر از مقدار آن در ارقام حساس بود. بیشترین میزان مقاومت روزنه‌ای متعلق به رقم ارمغان وکمترین مقاومت روزنه‌ای متعلق به رقم کوکر ۳۴۹ بود (جدول۲). رقم ورامین دارای حد متوسطی از مقاومت روزنه‌ای نسبت به سایر ارقام بود.

Archive of SID

www.SID.ir

بر همکنش تیمارهای تنش خشکی و ارقام پنبه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول۱). بالاترین واکنش به تنش خشکی در ارتباط با مکانیزم تنظیم روزنه‌ای متعلق به رقم ارمغان بود. اعمال تنش خشکی در این رقم موجب شد تا مقاومت روزنه‌ای در تیمار ($I_{66\%}$) به میزان ۷۶/۶ درصد و در تیمار ($I_{33\%}$) به میزان چشمگیر ۱۴۷ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا نماید، در حالی که تنش خشکی کمترین تاثیر را بر میزان تغییرات مقاومت روزنه‌ای رقم کوکر ۳۴۹ باقی گذاشت. به‌طوریکه اعمال تیمار خشکی ($I_{66\%}$) سبب افزایش ۲۰/۶ درصدی مقاومت روزنه‌ای و تیمار خشکی ($I_{33\%}$) تنها موجب افزایش ۲۷/۲ درصدی مقاومت روزنه‌ای این رقم شد (شکل۱). نتایج حاکی از این بود که این رقم (کوکر ۳۴۹) از قابلیت تنظیم روزنه‌ای پایینی در مواجهه با خشکی برخوردار بوده و از این رو قادر به تحمل تنش شدید و یا طولانی مدت نمی‌باشد. میزان تغییرات مقاومت روزنه‌ای رقم متحمل ورامین بدنبال تنش خشکی متوسط ($I_{66\%}$) و شدید ($I_{33\%}$) حاکی از افزایش ۱۴/۶ و ۳۶/۴ درصدی مقاومت روزنه‌ای نسبت به شرایط آبیاری کامل بود.

دمای برگ و کانوپی

یکی از تبعات کاهش هدایت روزنه‌ای در اثر تنش خشکی کاهش تعرق و محدودیت پراکنش گرمای اضافی توسط تعرق می‌باشد. از اینرو انتظار می‌رود دمای برگ تحت شرایط تنش خشکی افزایش یابد. در این خصوص نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) دمای برگ بدنبال اعمال تنش خشکی بود (جدول۱). افزایش مقاومت روزنه‌ها در برابر تبادل دی‌اکسید کربن و بخار آب از یک طرف منجر به کاهش فتوسنتز (چاوز و همکاران، ۲۰۰۹؛ آرانجوئلو و همکاران، ۲۰۱۰) می‌شود، و از طرف دیگر سبب افزیش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) دمای برگ به میزان ۲/۲ درجه سانتی‌گراد در تیمار ($I_{66\%}$) و ۶/۳ درجه سانتی گراد در تیمار ($I_{33\%}$) نسبت به تیمار شاهد ($I_{100\%}$) شد (جدول۲؛ شکل۲). این نتایج بیانگر افزایش ۸ و ۲۲/۵ درصدی دمای برگ به ترتیب در سطوح آبیاری ۶۶ و ۳۳ درصد نیاز آبی نسبت به گیاهان شاهد بود. افزایش دمای برگ در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای تحت تنش خشکی توسط محققان تایید شده است (فالکنبرگ و همکاران،۲۰۰۳؛ پادیا وهمکاران، ۲۰۱۲). وانگ و همکاران (۲۰۰۷) خاطر نشان کردند تحت شرایط تنش خشکی قابلیت تعرق در برگ کاهش، در حالیکه دمای برگ افزایش پیدا کرد. علاوه بر این تحقیقات انجام شده نشان داد علیرغم کاهش محتوی نسبی آب برگ گیاه پنبه با افزایش شدت تنش خشکی، تغییرات بوجود آمده در محتوی نسبی آب برگ اندک بود. این موضوع مبین توانایی بالای گیاه پنبه در حفظ میزان آب برگ در گیاه پنبه می‌باشد. همچنین ویگند و نامکن (۱۹۹۶) مشاهده نمودند دمای برگ‌های منفرد گیاه پنبه با پژمرده شدن ناشی از خشکی افزایش و با آماس برگها کاهش پیدا کرد. افزایش دمای کانوپی بدنبال کاهش سطح آبیاری

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌دار بود، بطوری‌که دمای کانوپی تا ۲۰/۸ درصد در سطح آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی افـزایش نشـان داد.

هدایت روزنه‌ای بیشتر در رقم کوکر ۳۴۹ موجب شد تا گیاه با شدت بیشتری نسبت به سـایر ارقـام تعرق نموده و سریعتر به پژمردگی برسد. از این رو تنها روش اتلاف انرژی نوری اضافه دریافت شـده در شرایط عدم توانایی درگیر کردن انرژی فوتون‌های مازاد در سیستم فتوسنتزی، تلفات به صـورت امـواج گرمایی و نیز فلورسانس کلروفیل است. از این رو دما در این رقم و نیـز رقـم ارمغـان بطـور معنـی‌داری بالاتر از دو رقم دیگر بود (جدول۲). علاوه بر این همبستگی مثبت معنی‌داری بین مقاومت روزنـه‌ای بـا دمای برگ بدست آمد (شکل۳). پراکندگی نقاط حاصل از برازش این دو پارامتر نتیجه واکنش متفـاوت ارقام مورد بررسی در این تحقیق بود. در این ارتباط نتایج نشان داد اعمال تنش خشکی سبب تغییـرات متفاوت و معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) دمای برگ ارقام مورد بررسی شد. ارقـام مـورد بررسـی از نظـر تغییـر در دمای برگ تحت شرایط تنش خشکی واکنش نسبتاً متفاوتی را نشان دادند. توجه به نتایج بدست آمـده مؤید این نکته است که اختلاف دمایی برگ ارقام در شرایط نرمـال تنهـا در ارتبـاط بـا میـزان متفـاوت هدایت روزنه‌ای آنها نبوده و عوامل دیگری چون میزان انعکاس نور از سطح برگ (به علت تفاوت موجود در میزان کرک ارقام) و نیز توانایی در پیچش برگ برخی ارقـام در شـرایط تـنش خشـکی در ایـن امـر دخیل میباشند. با این حال بطور متوسط شیب افزایش دمای بـرگ بـا افـزایش شـدت تـنش در ارقـام حساس نسبتاً بیشتر از ارقام متحمل در این تحقیق بود (شکل۴). همبستگی بین مقاومـت روزنـه‌ای بـا دمای برگ در ارقام مورد بررسی (شکل۵) حاکی از وجود تنوع ژنتیکی در ارتباط با تعدیل دمـای بـرگ با استفاده از مکانیزم تنظیم روزنه‌ای و دیگر روشهای اجتنـاب از نـور چـون خمـش و پـیچش بـرگ، و میزان کرکدار بودن آن داشت. بنظر می‌رسد تفـاوت معنـی‌دار دمـای کـانوپی مشـاهده شـده در ارقـام مختلف پنبه ناشی از تفاوتهای مرفولوژیک و رشدی ارقام پنبه و تاثیر آن بر سطح سـایه انـداز و نتیجتـاً میزان تبخیر و تعرق باشد.

فلورسانس کلروفیل

تـنش خشـکی سـبب کـاهش معنـی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) حـداکثر کـارایی فتوسیسـتم II ($\Delta F/Fm$) شـد (جداول۱و۲). بطوریکه بـا کـاهش آبیـاری بـه میـزان ۶۶ درصـد نیـاز مصـرفی پنبـه، حـداکثر کـارایی فتوسیستم II از ۰/۶۹۸ به ۰/۶۲۳ رسید. این موضـوع نشـان دهنـده کـاهش ۱۰/۷۵ درصـدی حـداکثر کارایی فتوسیستم II در نتیجه اعمال تنش خشکی می‌باشد. افزایش تنش خشکی با آبیـاری بـه میـزان ۳۳ درصد نیاز آبی پنبه موجب شد تا عدد حداکثر کارایی فتوسیستم II بـه ۰/۵۶۶ تقلیـل یابـد یعنـی سیستم فتوسنتزی کاهشی برابر ۱۸/۹ را در ارتباط با تثبیت یک مول دی اکسیدکربن نسـبت بـه مـول

Archive of SID

www.SID.ir

فوتون تاییده شده به برگ تجربه نماید. انالی و ارل (۲۰۰۵) و، کیتااو و لی (۲۰۰۷) نیز کاهش حداکثر کارایی فتوسیستم II را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند. یکی از اثرات تنش خشکی، اختلال در سیستم انتقال الکترون فتوسنتزی به جهت کاهش هدایت روزنه‌ای و اختلالات بوجود آمده در سیستم آنزیمی تثبیت کننده دی‌اکسیدکربن در گیاه می‌باشد که متعاقباً منجر به افزایش دمای برگ و فلورسانس کلروفیل می‌شود (بوتا و همکاران، ۲۰۰۴). لذا با افزایش دمای برگ حداکثر کارایی فتوسیستمII (ΔF/Fḿ) در نتیجه اعمال تنش خشکی کاهش می‌یابد. این موضوع بوضوح بوسیله همبستگی معنی‌دار بین دمای برگ و حداکثر کارایی فتوسیستم II تایید شد (شکل۶ الف). رابطه منفی و معنی‌دار مشاهده شده بین مقاومت روزنه‌ای با کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II نتیجه تاثیر مستقیم کاهش هدایت روزنه‌ای بر افزایش سهم مکانیزم‌های تلف کننده انرژی فوتون‌ها در مسیری خارج از تثبیت دی اکسید کربن در گیاه می‌باشد (شکل۶-ب).

واکنش ارقام به تنش خشکی در ارتباط با تاثیر بر حداکثر کارایی فتوسیستم II از نظر آماری معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) (جدول۱). در این خصوص رقم متحمل به خشکی ورامین با ۰/۶۶۵ از بالاترین و رقم حساس به خشکی کوکر ۳۴۹ با ۰/۵۸۸ از کمترین حداکثر کارایی فتوسیستم (ΔF/Fḿ) II برخوردار بودند (جدول۲). حداکثر کارایی فتوسیستم II (ΔF/Fḿ) پایین رقم کوکر۳۴۹ ناشی از محتوای آب نسبی برگ پایین (داده های گزارش نشده)، دمای بالاتر برگ و احتمالاً ظرفیت پایین سیستم انتقال الکترون فتوسنتزی در فتوسیستم II این رقم در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی بود.

عملکرد

تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار (p≤۰/۰۱) عملکرد شد (جداول ۱ و۲). نتایج نشان داد اعمال تیمارهای $I_{66\%}$ و $I_{33\%}$ به ترتیب سبب کاهش ۲۱/۵ درصد و ۴۶ درصد عملکرد نسبت به شاهد شد. ارقام پنبه از نظر عملکرد وش تفاوت معنی‌داری (P≤۰/۰۱) داشتند (جدول۱) و عملکرد رقم ورامین بطور معنی‌داری نسبت به سایر ارقام بالاتر بود (جداول ۱ و۲). اثر متقابل تنش آب و ارقام پنبه نیز از نظر آماری معنی‌دار (P≤۰/۰۵) بود (جدول۱ و شکل۷) به‌طوری‌که اعمال تیمار ($I_{66\%}$) سبب کاهش عملکرد ارقام متحمل به تنش خشکی به میزان ۱۶/۵ درصد نسبت شرایط نرمال شد، در حالیکه مقدار آن برای ارقام حساس مورد مطالعه ۲۷/۸ درصد بود. با توجه به نتایج بدست آمده رقم کوکر۳۴۹ با بالاترین میزان کاهش عملکرد (۳۱/۱ و ۶۱/۵ درصد به ترتیب در تیمارهای ۶۶ و ۳۳ درصد نیاز آبی نسبت به شاهد) در مواجهه با تنش خشکی به عنوان حساس‌ترین و ارقام ورامین و ارمغان با کمترین تاثیر از تنش خشکی در این ارتباط به عنوان متحمل‌ترین رقم نسبت به شرایط تنش خشکی شناخته شد.

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد وش با افزایش شدت تنش خشکی بواسطه افزایش میـزان مقاومـت روزنـه‌ای و دمـای بـرگ و کاهش میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در گیاه کاهش پیدا کرد. تنش خشکی کمترین تاثیر را بر میزان تغییرات مقاومت روزنه‌ای رقم کوکر ۳۴۹ باقی گذاشت. این موضوع باعث می‌شد تا این رقم در طی در هر دوره آبیاری بویژه در دوره حداکثر نیاز آبی (نیمه اول تیر ماه تا اواخر مرداد ماه که مصـادف با غوزه بندی پنبه می‌باشد) نتواند خشکی را تحمل نموده، برگها به دلیل تعـرق زیـاد آمـاس خـود را از دست داده و پژمرده شوند، عامل مهمی که می‌تواند متعاقباً به کاهش فتوسنتز خالص انجامیده و نهایتـاً افت عملکرد را در پی داشته باشد. علاوه بر این روابط بدست آمده بین عملکـرد و صـفات مـورد اشـاره نشان داد که افزایش دمای برگ موجب کاهش معنی‌دار عملکرد پنبه شـد (شـکل ۸ الـف) و بـالاترین مقادیر عملکرد در دامنه دمایی ۲۶ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. بر اساس معادله بدست آمـده از رابطه فوق الذکر به نظر می‌رسد افزایش دمای بـرگ بـه ۴۰ درجـه سـانتی‌گـراد سـبب کـاهش شـدید عملکرد شود. همچنین مشخص شد که با کاهش حداکثر کارایی فتوسیستم II در نتیجه تنش خشکی عملکرد بطور معنی‌داری به صورت خطی کاهش می‌یابد (شکل-۸ ب). دامنه حداکثر کارایی فتوسیستم II بین ۰/۶ تـا ۰/۷۵ بیشـترین مقـادیر عملکـرد وش را حاصـل نمـود. بـا ایـن وجـود رابطـه مشـخص معنی‌داری بین عملکرد و مقاومت روزنه‌ای بدست نیامد.

جدول ۱: منابع تغییر، درجه آزادی و میـانگین مربعـات مقاومـت روزنـه‌ای، دمـای بـرگ و کـانوپی، کـارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و عملکرد پنبه

منابع تغییر	درجه آزادی	مقاومت روزنه‌ای	دمای برگ	دمای کانوپی	حداکثر کارایی فتوسیستم II (ΔF/Fm)	عملکرد
تکرار	۲	۱۲۲۳۴/۲۵	۰/۶۴۳	۲/۲۵۴	۰/۰۰۳	۳۰۸۳۴/۱۴۲
سطوح آبیاری	۲	۲۱۹۰۱۸۸/۵۸۳**	۱۲۰/۸۷۶*	۱۱۴/۲۴۷**	۰/۰۵۳**	۱۱۶۴۹۲۳۸/۹۹۶**
خطای a	۴	۱۷۲۸۰/۰۸۳	۸/۰۸۵	۳/۸۸۷	۰/۰۰۲	۲۸۳۳۲/۵۳۷
رقم	۳	۱۴۵۸۴۴/۷۳۱**	۹/۰۴۵*	۱۳/۹۴۲*	۰/۰۰۹*	۴۸۶۵۰۸۹/۲۵۴**
آبیاری × رقم	۶	۳۶۲۷۷۶/۰۶۵**	۱/۱۷۹	۲/۲۶۹	۰/۰۰۱	۶۶۵۵۳/۰۹۰*
خطایb	۱۸	۱۳۶۶۳/۳۹۸	۲/۶۳۱	۳/۴۵۸	۰/۰۰۲	۲۳۰۵۳/۸۶۲
ضریب‌تغییرات		٪۶/۹	٪۵/۳	٪۵/۷۹	٪۶/۷۲	٪ ۴/۵۸

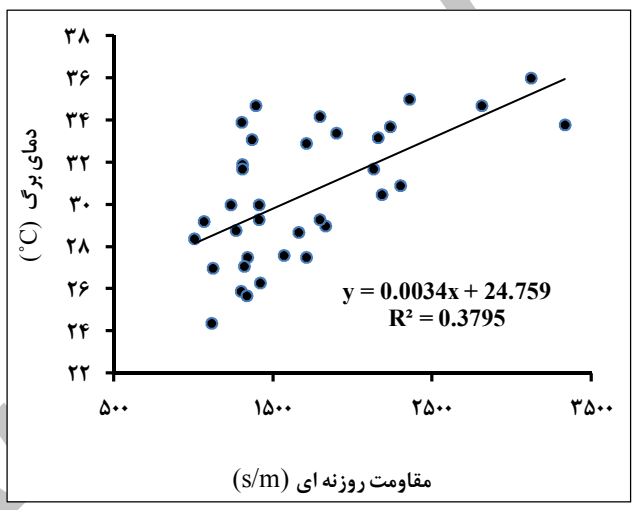
* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات مقاومت روزنه‌ای، دمای برگ و کانوپی، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و عملکرد پنبه در تیمارهای آبیاری و در ارقام مختلف پنبه

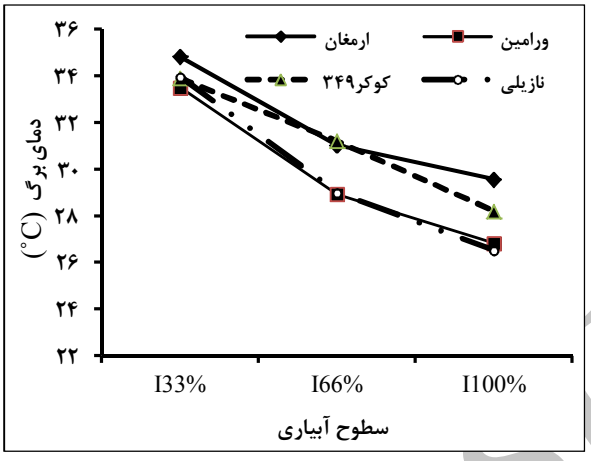
تیمار	مقاومت روزنه‌ای (s/m)	دمای برگ (˚C)	دمای کانوپی (˚C)	حداکثر کارایی فتوسیستم II (ΔF/Fm)	عملکرد (kg/ha)
$I_{33\%}$	۲۱۲۲/۷	۲۷/۸	۳۵/۴	۰/۵۶۶	۲۳۰۹/۸
$I_{66\%}$	۱۶۹۰/۳	۳۰/۰	۳۱/۷	۰/۶۲۳	۳۳۵۷/۳
$I_{100\%}$	۱۲۶۸/۳	۳۴/۱	۲۹/۳	۰/۶۹۸	۴۲۷۹/۱
$LSD_{(0.05)}$	۱۴۹	۳/۲	۲/۲	۰/۰۵	۱۹۰/۸
ارمغان	۲۱۸۰/۲	۳۱/۸	۳۲/۷	۰/۶۳۱	۳۷۲۶/۲
ورامین	۱۵۴۳/۴	۲۹/۷	۳۱/۲	۰/۶۶۵	۴۱۳۶/۲
کوکر۳۴۹	۱۲۳۳/۸	۳۱/۱	۳۲/۵	۰/۵۸۸	۲۵۹۷/۵
نازلی۸۴	۱۸۱۷/۶	۲۹/۸	۳۱/۰	۰/۶۳۳	۲۸۰۱/۶
$LSD_{(0.05)}$	۱۱۵/۸	۱/۶	۱/۸	۰/۰۴	۱۵۰/۴



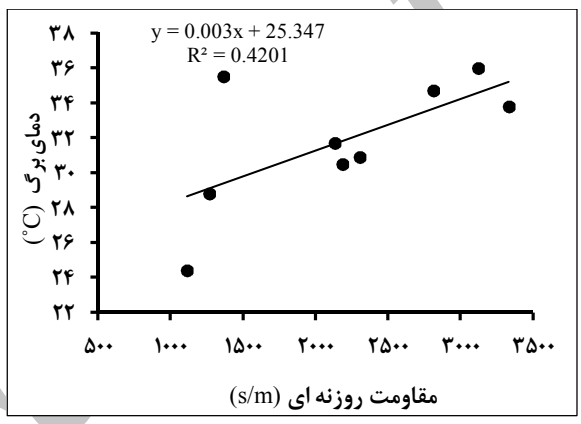
شکل ۱: اثر مقادیر مختلف آبیاری بر اساس نیاز آبی پنبه بر میزان مقاومت روزنه‌ای

Archive of SID

www.SID.ir



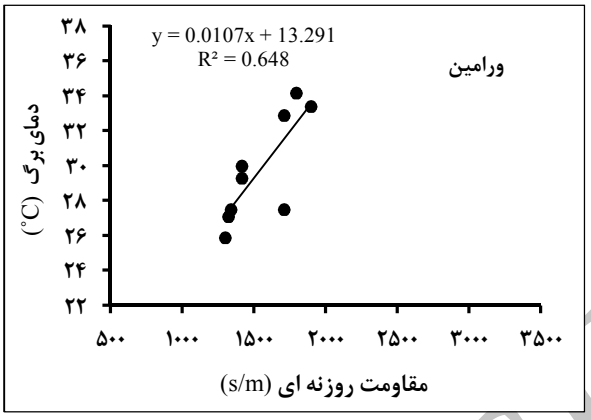
شکل ۲: اثر مقادیر مختلف آبیاری بر اساس نیاز آبی پنبه بر دما و میزان مقاومت روزنه‌ای برگ



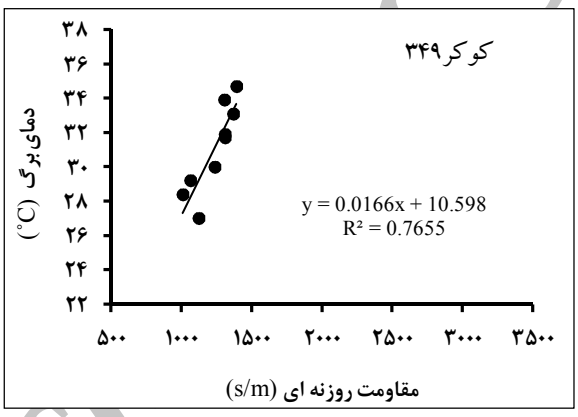
شکل ۳: رابطه بین مقاومت روزنه‌ای و دمای برگ

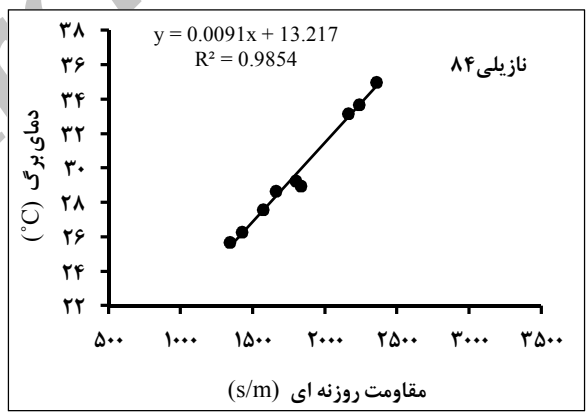
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴ : اثر مقادیر مختلف آبیاری بر دمای برگ ارقام پنبه

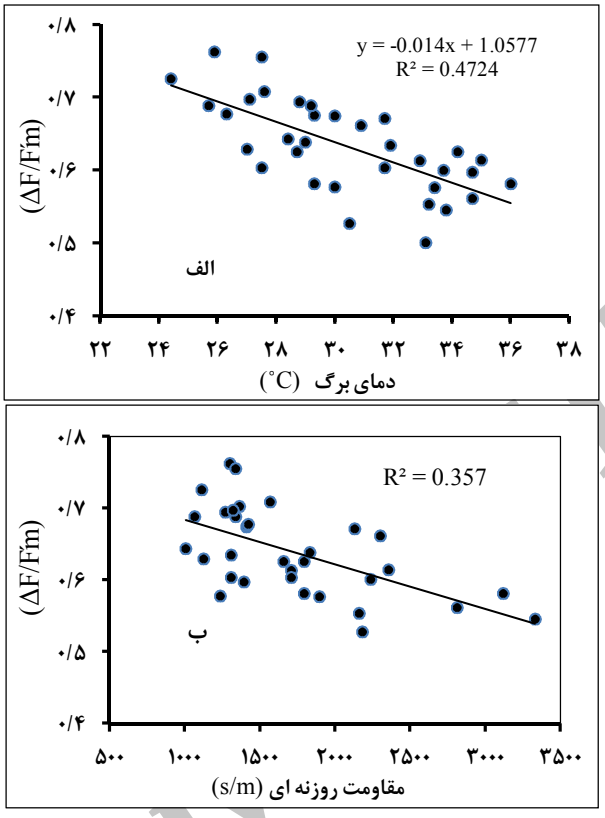




شکل ۵: رابطه بین مقاومت روزنه‌ای و دمای برگ در ارقام پنبه

Archive of SID

www.SID.ir

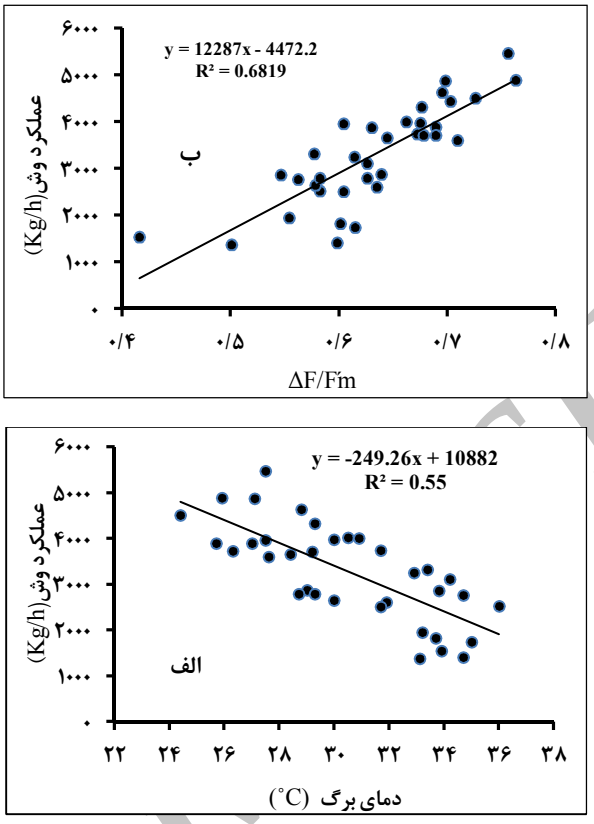


شکل ۶ : رابطه بین حداکثر کارایی فتوسیستم II با الف) دمای برگ و ب) مقاومت روزنه‌ای برگ

شکل ۷: اثر مقادیر مختلف آبیاری بر اساس نیاز آبی پنبه بر عملکرد وش ارقام مختلف پنبه

(میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند).

www.SID.ir



شکل ۸: رابطه بین عملکرد با الف) دمای برگ و ب) حداکثر کارایی فتوسیستم II

نتیجه‌گیری

وجود طیف گسترده‌ای از تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در پنبه سبب شده است تا ارقام پنبه از ظرفیت‌های متفاوتی در ارتباط با کنترل روزنه‌ای، کاهش توان پرتوی در شرایط تنش از طریق فلورسانس کلروفیل و در نهایت تعدیل دمای برگ باشند. مجموعه این عوامل به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر میزان تبادل دی اکسید کربن و نتیجتاً بر عملکرد تاثیر می‌گذارند. در این خصوص نتایج بدست آمده نشان داد اولاً تنش خشکی منجر به تغییر صفات فوق شده و ثانیاً میزان این تغییرات در ارقام متحمل و حساس به خشکی متفاوت بود. بگونه‌ای که ارقام متحمل در شرایط تنش خشکی هدایت روزنه‌ای خود را در مقایسه با ارقام حساس به میزان بیشتری کاهش دادند و از این نظر از محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بودند. با این وجود ارقام متحمل با توجه به ویژگی‌های برگ خود توانایی تعدیل دمای برگ بیشتری را در مقایسه با ارقام حساس داشتند، به صورتی که بطور

Archive of SID

www.SID.ir

متوسط شیب افزایش دمای برگ با افزایش شدت تنش در ارقام حساس نسبتاً بیشتر از ارقام متحمل در این تحقیق بود. همچنین نتایج بیانگر افزایش سهم هدر رفت انرژی نوری در مسیری خارج از تثبیت دی اکسید کربن بدنبال اعمال تنش خشکی بویژه در ارقام حساستر بود. بگونه‌ای که حداکثر کارایی فتوسیستم II (ΔF/Fḿ) که نشانه راندمان تبدیل مول انرژی فوتون به مول کربن تثبیت شده در فرآیند فتوسنتز است در ارقام حساس به خشکی کمتر از ارقام متحمل بود.

منابع

1. Aranjuelo I., Molero, G., Erice G., Avice, J.C., and Nogués, S. 2010. Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Experimental Botany. 62: 111-123.
2. Belhassen, E. 1996. Drought in higher plants: Genetical physiological and molecular biological analysis. ENSA-INR SGAP. Montpellier, France.152pp.
3. -Bota, J., Medrano, H., and Flexas, H. 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? New Phytol. 162: 671-681.
4. Chaves, M.M., Flexas J., and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annual Botany. 103: 551-560.
5. Cohen, Y., Alchanatis, V., Meron, M., Saranga, Y., and Tsipris, J. 2005. Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. Journal of Experimental Botany. 56:1843–1852.
6. Deeba, F., Pandey, A.K., Ranjan, S., Mishra, A., Singh, R., Sharma, Y.K., Shirke, P.A., and Pandey, V. 2012. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. Plant Physiology and Biochemistry. 53:6-18.
7. Dobrowski, S.Z., Pushnik, J.C., Tejada, P.J., and Ustin, S.L. 2005. Simple reflectance indices track heat and water stress-induced changes in steady-state chlorophyll fluorescence at the canopy scale. Remote Sensing Environment. 97:403-414.
8. Ennahli, S., and Earl, H.J. 2005. Physiological limitations to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. Crop Science. 45:2374–2382.
9. Falkenberg, N.R., Piccinni, G., Cothren, J.T., Leskovar, D.I., and Rush, C.M. 2003. Remote sensing of biotic and abiotic stress for irrigation management of cotton. Agricultural Water Management. 87:23–31.
10. Fracheboud, Y., and Leipner, J. 2003. The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature, and drought stress, in: J.R. DeEll, P.M.A. Toivonen (Eds.), Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp: 125-150.

Archive of SID

www.SID.ir

11. Inamullah, 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.
12. Kitao, M., and Lei, T.T. 2007. Circumvention of over-excitation of PSII by maintaining electron transport rate in leaves of four cotton genotypes developed under long-term drought. Plant Biology. 9: 69-76.
13. Leinonen, I., and Jones, H.G. 2004. Combining thermal and visible imagery for estimating canopy temperature and identifying plant stress. Journal of Experimental Botany. 55: 1423–1431.
14. Mahan, J.R., and Yeater, K.Y. 2008. Agricultural applications of a low-cost infrared thermometer. Computers and Electronics in Agriculture. 64: 262–267.
15. Massacci, A., Nabiev, S.M., Pietrosanti, L., Nematov, S.K., Chernikova, T.N., Thor, K., and Leipner, J. 2008. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology and Biochemistry 46: 189-195.
16. Maxwell, K., and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. Journal of Experimental Botany. 51: 659-668.
17. Padhia, J., Misraa, R.K., and Payero, J.O. 2012. Estimation of soil water deficit in an irrigated cotton field with infrared thermography. Field Crop Research. 126:45-55.
18. Petite, A.M., Rueda, A.M., and Lacuesta, M. 2005. Effect of cold storage treatments and transplanting stress on gas exchange, chlorophyll fluorescence and survival under water limiting conditions of *Pinus radiata* stock-types. European Journal of Forest Research. 124: 73-82.
19. Pettigrew, W.T. 2004. Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. Crop Science. 44:1265-1272.
20. Ullah, I., Rahmana, M.U., Ashraf, M., and Zafar, Y. 2008. Genotypic variation for drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.), Leaf gas exchange and productivity. Flora. 203:105–115.
21. Wang, Ch.y., Isoda A., LI, M.s. and Wang D.l. 2007. Growth and Eco-Physiological Performance of Cotton under Water Stress Conditions. Agricultural Sciences in China. 6(8): 949-955.
22. Wanjura, D.F., Maas, S.J., Winslow, J.C. and Upchurch, D.R. 2004. Scanned and spot measured canopy temperatures of cotton and corn. Computers and Electronics in Agriculture. 44: 33–48.
23. Wanjura, D.F., Upchurch, D.R., and Mahan, J.R. 2006. Behavior of temperature-based water stress indicators in biotic-controlled irrigation. Irrigation Science. 24: 223–232.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Wiegand, C.L., and Namken, L.N. 1996. Influences of plant moisture stress, solar radiation and air temperature on cotton leaf temperature. Agronomy Journal. 58: 552–556.
25. Zhu, J.J., Zhang, J.L., Liu, H.C., and Cao, K.F. 2009. Photosynthesis, non-photochemical pathways and activities of antioxidant enzymes in a resilient evergreen oak under different climatic conditions from a valley-savanna in Southwest China. Physiol. Planetarium, 135: 62–72.

Archive of SID

www.SID.ir