



## تأثیر تنش خشکی بر تبادلات گازی و روابط آبی ارقام لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

### میعاد فرجی پایین رودپشتی\*

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، گروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، قائمشهر، ایران.

### حمیدرضا مبصر

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، گروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، قائمشهر، ایران.

### عباس قنبری مالیدره

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جویبار، گروه کشاورزی- زراعت، جویبار، ایران.

### حسین نظری ناسی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه زنجان، گروه زراعت، زنجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۶

### چکیده

تنش خشکی از عمده‌ترین خطرات برای تولید موفق محصولات زراعی است و از این نظر اصلاح ارقام پیشرفته و مقاوم برای مناطق خشک و نیمه خشک امری ضروری به نظر می‌رسد. به منظور بررسی تبادلات گازی و روابط آبی و تأثیر آن بر عملکرد ارقام لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. دو سطح تنش و عدم تنش خشکی به عنوان عامل اصلی که تنش خشکی از مرحله گلدهی بر اساس منحنی رطوبتی خاک اعمال شد و ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام از نظر صفات سرعت فتوسنتز، غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی و محتوای نسبی آب تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. همچنین ارقامی که از سرعت فتوسنتز، شدت تعرق، هدایت مزوفیلی و محتوای نسبی آب بالاتر و غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای پایین تری در شرایط تنش خشکی برخوردار بودند عملکرد دانه بالاتری از خود نشان دادند. رقم صیاد از لحاظ سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت مزوفیلی و محتوای نسبی آب نسبت به ارقام دیگر علائم بهتری در شرایط تنش نشان داد. ارقام ناز و درخشان آسیب پذیری بیشتری را در شرایط تنش از لحاظ صفات فوق از خود نشان دادند. همچنین رقم ناز دارای کمترین افزایش غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای در شرایط تنش در بین ارقام بود. عملکرد دانه با صفات سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت مزوفیلی و محتوای نسبی آب همبستگی مثبت و معنی دار و با غلظت  $CO_2$  زیر روزنه همبستگی منفی و غیرمعنی دار از خود نشان داد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تنش، ارقام و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی دار بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری را بین ارقام در شرایط نرمال نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تبادلات گازی، تنش خشکی، روابط آبی، عملکرد دانه، لوبیا قرمز.

\* نویسنده مسئول مکاتبات: Email: miad.faraji@yahoo.com

## مقدمه

حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان و دام به شمار می‌آیند، همچنین ارزش بیولوژیکی پروتئین حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری در مقایسه با سایر منابع تأمین کننده پروتئین، بسیار بالا می‌باشد. میزان پروتئین موجود در دانه حبوبات ۳-۲ برابر غلات می‌باشد، از این رو می‌توان از آن به عنوان مکمل پروتئین غلات در رژیم غذایی استفاده کرد. اگرچه برخی اسیدهای آمینه گوگرد دار مانند تریپتوفان، سیستین و متیونین در ترکیب آنها کم است، ولی اسید آمینه لایسین آنها نسبت به غلات بسیار زیاد است. در حال حاضر با توجه به آهنگ فزاینده رشد جمعیت، مصرف مواد پروتئینی به ویژه گوشت قرمز افزایش چشمگیری یافته است. جهت تنظیم مواد پروتئینی باید از حبوبات در سبد مصارف خانواده بیشتر استفاده شود. این امر تولید و مصرف بیشتر حبوبات را توجیه می‌کند (کورنیک و همکاران، ۱۹۹۶). لویا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)، یک محصول مهم غذایی با ۲۲ درصد پروتئین است که به خاطر توانایی آن در تثبیت نیتروژن در خاک در تناوب زراعی نقش مهمی دارد. عواملی از قبیل افزایش روزافزون جمعیت، کمبود مواد غذایی، محدودیت زمین‌های آبی، سختی تولید و گرانی پروتئین حیوانی، بالا بودن درصد پروتئین گیاهی و تولید آسانتر آن نسبت به پروتئین حیوانی و افزایش فرهنگ صحیح مصرف و تغذیه، باعث شده است که استفاده از پروتئین گیاهی مانند لویا قرمز در کشورمان جایگاه ویژه‌ای در بین حبوبات داشته باشد (مجنون حسینی، ۱۳۷۵). با توجه به قرار گرفتن ایران در مناطق خشک و نیمه خشک

جهان، اهمیت کشت ارقامی که بتوانند در شرایط کم آبی عملکرد بالاتری داشته باشند بیش از پیش مشخص می‌گردد. استفاده از صفات فیزیولوژیک بهترین روش برای تولید سریع واریته‌های جدید است (Turner & Nicolas, 1987)، درک بهتر پاسخ های فیزیولوژیک گیاهان به تنش های محیطی می-تواند اصلاح گر را در برنامه‌هایی که هدف آنها اصلاح برای تحمل واریته‌های گیاهی به خشکی یا شوری است، یاری نماید (Kerepesi & Galiba, 2000). دو راه عمده برای تشخیص صفات فیزیولوژیک مربوط به نمو در گیاهان زراعی تحت تنش غیر زنده وجود دارد. راه اول، پی بردن به دلایل فیزیولوژیکی احتمالی مؤثر در اختلافات عملکرد مشاهده شده، و راه دوم تعیین تیپ ایده آل برای تنش محیطی مورد نظر، براساس درک فرآیندهای فیزیولوژیکی است (ال جعفری و همکاران، ۲۰۰۰).

فتوسنتز تعیین کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است. بخش مهمی از کربن مورد نیاز جهت پر شدن دانه از فتوسنتز جاری و بقیه از مواد ذخیره شده در اندام-های رویشی تامین می‌شود که این خود نیز حاصل فتوسنتز مراحل قبلی تر می‌باشد. بعلاوه شدت بالای فتوسنتز در مرحله گیاهچه‌ای در تعیین بنیه گیاه و لذا پتانسیل تولید نقش مهمی دارد. لذا تنش خشکی در هر مرحله از رشد گیاه می‌تواند بر پتانسیل عملکرد اثر بگذارد. اگر چه شدت این تأثیر ممکن است در مراحل مختلف رشد فرق کند (احمدی و بیکر، ۲۰۰۱). در طی مراحل رشد رویشی و زایشی، زمانی که گیاهان تحت تنش باشند، میزان

افزایش تبخیر و تعرق، بیوماس گیاه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب، افزایش یافتند. کارایی تعرق (Transpiration efficiency) برگ بصورت نسبت میزان تبادل  $CO_2$  برگ ( $CO_2$  exchange rate) به هدایت روزنه‌ای (Zou, 2007) و یا نسبت ماده خشک (بیوماس بخش هوایی) به آب تعرق یافته (Richards, 2002) بیان می‌شود. کارایی تعرق، جزء اصلی کارایی مصرف آب بویژه در نواحی است که آب ذخیره‌ای خاک، جزء اصلی آب مصرفی گیاه است. ارتباط مستقیمی بین کمبود فشار بخار اشباع هوا (تقاضای تبخیری) و کارایی تعرق وجود دارد (Richards, 2002) همچنین افزایش در کارایی تعرق می‌تواند هم به دلیل افزایش میزان فتوسنتز و هم بدلیل کاهش هدایت روزنه‌ای باشد (Polley, 2002). محتوای نسبی آب (Relative water content)، پتانسیل آب برگ، مقاومت روزنه‌ای، مقدار تعرق، دمای برگ و دمای کانوپی، ویژگی‌های مهمی هستند که روابط آبی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. گیاهان گندم و برنج تحت تنش، محتوای نسبی آب (RWC) کمتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند. قرار گرفتن این گیاهان تحت تنش خشکی، بطور اساسی پتانسیل آب برگ، محتوای آب برگ، مقدار تعرق را همراه با افزایش دمای برگ، کاهش داد (siddique, 2001). محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی دارد (Altinkut, 2001; Colom & Vazana, 2001). مشخص شده که در طی تنش خشکی مقدار آب نسبی سلول‌ها کاهش می‌یابد و در ارقام حساس

فتوسنتز در تمام قسمت‌های گیاه کاهش می‌یابد (Todd, 1982). کاهش فتوسنتز و تسریع پیری برگ توسط تنش خشکی در طی پر شدن دانه، به عنوان دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه گندم در این محیط‌ها شناسایی شده است (Kobata, 1992). تعدادی از محققین نیز گزارش داده‌اند که در گیاهان حساس تر کاهش رشد و میزان فتوسنتز تحت تأثیر خشکی بیشتر از گیاهان متحمل تر بوده است (Loggini, 1999). در طی مراحل رشد رویشی و زایشی، زمانی که گیاهان تحت تنش باشند، میزان فتوسنتز در تمام قسمت‌های گیاه کاهش می‌یابد (Todd, 1982) (Flexas & Medrano, 2002) برای پی بردن به این مسئله که آیا در گیاهان سه کربنه، خشکی از طریق بسته شدن روزنه‌ها اسیمیلاسیون  $CO_2$  فتوسنتزی را محدود می‌کند و یا از طریق تخریب متابولیکی، پیشنهاد کردند که بسته شدن روزنه اولین پاسخ به خشکی بوده و محدود کننده اصلی فتوسنتز در خشکی ملایم تا متوسط است. ولی به موازات آن بازدارندگی فرآیندهای متابولیکی منجر به کاهش محتوای ریبولوز ۱ و ۵- بیس فسفات می‌شود که در این صورت محدود کننده اصلی در خشکی شدید می‌باشند، بنابراین مانع اسیمیلاسیون  $CO_2$  فتوسنتزی می‌شود. تحت شرایط خشکی و کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل آبی سلول‌ها، روزنه‌ها نقش مهمی در تعدیل تعرق و فتوسنتز ایفاء می‌کنند. تعرق روزنه‌ای نقش اصلی را در تنظیم دمای برگ دارد (Sing, 1997). گیاهان تحت تنش، توسط تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کنند (Chinnusamy, 2004). طبق آزمایش‌های زو و همکاران (۲۰۰۷) در نتیجه

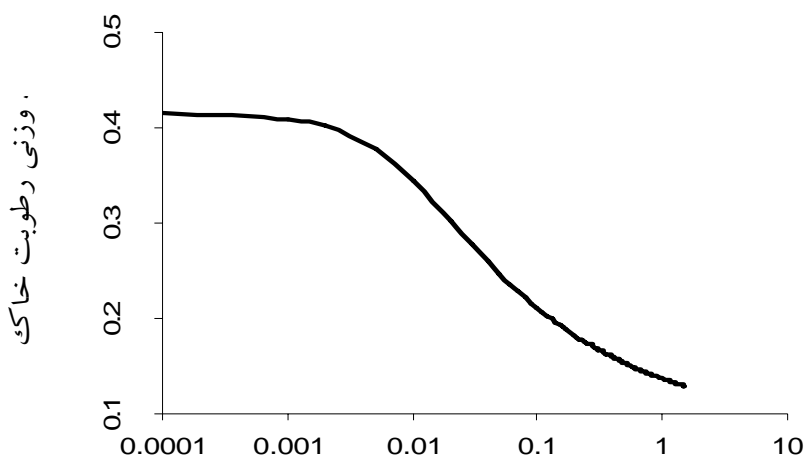
باعث اسیمیلایون آن می‌شود. هر چه قدر که این عوامل مانند آنزیم‌های دخیل در چرخه کلون در شرایط تنش خشکی عملکرد مطلوب‌تری داشته باشند میزان فتوسنتز بالاتر و پایدارتر خواهد بود. در نتیجه گیاه به ازای مقدار معین تبخیر آب فتوسنتز بالاتری خواهد داشت، لذا کارایی مصرف آب فتوسنتزی بیشتری خواهد داشت. مجموعه عوامل فوق عملکرد بالاتری را برای گیاه در شرایط تنش به همراه خواهد داشت. همچنین (Ramachandra, 2004) اظهار داشته اند که خشکی عموماً ظرفیت بیوشیمیایی اسیمیلایون و مصرف دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد. (Barutcular, 2000) نیز در ارتباط با محدودیت‌های غیر روزنه‌ای، صفت هدایت مزوفیلی (میزان فتوسنتز به غلظت  $CO_2$  زیر روزنه-ای) را مطرح و اظهار داشته که عامل اصلی محدود کننده فتوسنتز کاهش هدایت مزوفیلی است. کاهش هدایت مزوفیلی باعث افزایش غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای می‌شود که بیانگر افت کارایی کربوکسیلاسیون در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش است (Lou, 1991). بنابراین در صورتی که کاهش فتوسنتز با افزایش یا ثبات غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای همراه باشد می‌توان گفت عوامل غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز است که در این تحقیق نیز همین شرایط بر قرار است. رامچاندرا و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند که در ارقام مقاوم به خشکی مجموعه عوامل بیوشیمیایی تثبیت کننده کربن از پایداری بیشتری نسبت به ارقام حساس برخوردارند.

نسبت به ارقام مقاوم، این کاهش بیشتر است (Candarasekar, 2000; Lawlor & Cornic, 2002; Da Costa, 2004; Ma, 2004). سیدیک و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب بالا با میزان فتوسنتز رابطه دارد و پیشنهاد شده است که محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسب‌تری از وضعیت آبی نسبت به پتانسیل آبی است. تحت شرایط تنش خشکی ارقام مقاوم محتوای نسبی آب بالاتری را نسبت به ارقام حساس حفظ کرده و در این ارقام محتوای نسبی آب به عنوان یک مکانیسم تحمل به خشکی در نظر گرفته می‌شود تا یک مکانیسم فرار از خشکی که این امر ناشی از تعدیل اسمزی بالاتر یا الاستیسیته پایین‌تر است (سچونفلد و همکاران، ۱۹۸۸). (Jiang & Haung, 2001; goberto, 2004) اظهار داشتند که بالا بودن محتوای نسبی آب، در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند به خاطر وجود سازوکارهای کاهش دهنده تلفات آب از طریق روزنه‌ها (بسته شدن روزنه‌ها) پایین‌تر و یا به واسطه جذب بیشتر آب از طریق گسترش توسعه ریشه باشد. در مراحل اولیه تنش خشکی وقتی که میزان محتوای نسبی آب بیشتر از ۷۰ درصد باشد، کاهش میزان فتوسنتز در نتیجه کاهش میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای است که به علت کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد. در این حالت معمولاً مهار فتوسنتزی بعد از آبیاری مجدد گیاه نسبتاً بهبود می‌یابد، اگر تنش خشکی ادامه یابد و محتوای نسبی آب (RWC) به زیر ۷۰ درصد برسد، در مقادیر بالای غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای نیز فتوسنتز کاهش پیدا کرده و قابل بهبود نیست. هدایت مزوفیلی شامل مجموعه عوامل بیوشیمیایی ... می‌باشد که پس از ورود دی‌اکسید کربن به برگ

**مواد و روش‌ها**

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۰ در مزرعه ای در زنجان، واقع در ۵ کیلومتری جاده زنجان - تبریز انجام شد. شهرستان زنجان با متوسط بارندگی حدود ۲۹۳/۵ میلی‌متر که پراکنش آن معمولاً از اواخر آبان شروع و تا اواسط بهار ادامه می‌یابد. از نظر جغرافیایی در عرض ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و در طول ۴۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۶۳۴ متر از سطح دریا واقع شده است. دو سطح تنش و عدم تنش خشکی به عنوان عامل اصلی که تنش خشکی از مرحله گلدهی بر اساس منحنی رطوبتی خاک اعمال شد و ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان تهیه شد به عنوان عامل فرعی بودند. طبق بررسی‌های به عمل آمده از مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان ارقام مذکور بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند. ارقام ناز و صیاد به عنوان ارقام رونده و رشد نامحدود و ارقام اختر و درخشان به عنوان ارقام ایستاده و رشد محدود انتخاب شدند. بذور فراهم شده به وسیله قارچ‌کش بنومیل ضد عفونی و در هنگام کاشت دارای درصد خلوص ۹۹٪ و قوه نامیه ۹۸/۵٪ بودند. زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل تحت آیش بود که در پائیز سال ۱۳۸۹ زمین شخم خورد و در اواخر اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۰ دیسک زده شد. مراحل آماده سازی زمین شامل شخم، تسطیح و بلوک بندی قبل از کاشت انجام شد. بذور در کرت های آزمایشی با فاصله ردیف های ۵۰ سانتی متر در ۵ ردیف بود.

کود پتاس به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفر نیز از منبع فسفات آمونیوم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. تراکم مزرعه ۲۰ بوته در متر مربع بود. به طور که فاصله دو بوته روی ردیف ۱۰ سانتی متر و فاصله بین ردیف ها ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بلافاصله پس از کاشت اولین آبیاری صورت گرفت و این آبیاری‌ها به فواصل ۷ روز تا ۱۰ روز قبل از مرحله گلدهی ادامه داشت و سپس تیمار های تنش در هر مرحله اعمال شد. همه کرت‌ها تا مرحله گلدهی طبق روال منطقه آبیاری شدند. تنش خشکی از مرحله گلدهی بر اساس منحنی رطوبتی خاک اعمال شد (Sing, 1992). به این ترتیب که گیاهان تحت تنش در صورتی آبیاری شدند که علائم پژمردگی را در سپیده دم نشان می‌دادند. در ضمن درصد رطوبت خاک نیز در زمان آبیاری و با استفاده از منحنی رطوبتی خاک در تیمار تنش تعیین گردید (۳/۵- مگا پاسکال). تیمار شاهد نیز بر حسب روال معمول آبیاری شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در این آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار بود. در این آزمایش تیمارهای تنش (شاهد و تنش خشکی) در کرت‌های اصلی و ارقام (اختر، درخشان، ناز و صیاد) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری کلیه صفات آزمایشی، دو خط کناری هر کرت و از هر کرت، از نیم متر اول و نیم متر آخر برای حذف اثرات حاشیه‌ای چشم پوشی شد و از دیگر قسمت های کرت نمونه برداری با رعایت شرط تصادفی بودن انجام گرفت.



پتانسیل آب خاک (مگا پاسکال)

از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده گردید. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MINITAB 14 و SAS صورت گرفت.

#### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تنش، ارقام و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه (جدول ۲) اختلاف معنی‌داری را بین ارقام در شرایط نرمال نشان داد. در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم ناز و سپس رقم درخشان به ترتیب به میزان ۲۴۳۵ و ۲۰۶۵ کیلوگرم در هکتار بود، اما بین دو رقم درخشان و صیاد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط تنش نیز اختلاف بین ارقام مشاهده گردید. در شرایط اعمال تنش بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۰۹۶ کیلوگرم در هکتار از رقم صیاد به دست آمد و کمترین آن به میزان ۷۹۳ کیلوگرم در هکتار در رقم ناز مشاهده شد. تنش خشکی تأثیر چشمگیری بر روی کاهش عملکرد دانه لوبیا قرمز داشت. اعمال تنش خشکی باعث کاهش ۵۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط

به منظور اندازه‌گیری تبدلات گازی شامل میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرو مول  $CO_2$  در متر مربع در ثانیه)، میزان تعرق (میلی مول در متر مربع در ثانیه) و غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای (میکرو مول  $CO_2$  در سطح در ثانیه) از دستگاه تحلیل گر گاز مادون قرمز (IRGA, model: LCA4, ADC Bioscientific Ltd. Hoddeston UK) استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰-۱۲ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد (احمد و همکاران، ۱۹۹۵). به منظور تعیین اثر خشکی بر روابط آبی و نیز تعیین ارتباط پارامترهای تبدلات گازی با محتوای نسبی آب، این صفت در مرحله‌ی گلدهی و بعد از اعمال تنش همزمان با تبدلات گازی اندازه‌گیری گردید. بدین ترتیب که آخرین برگ توسعه یافته که عموماً شامل دومین برگ از بالا می‌شد مورد نمونه برداری قرار گرفت. بعد از اندازه‌گیری تبدلات گازی در یک برگ، همان برگ محتوای نسبی آب از طریق رابطه زیر بدست آمد:

$$100 \times \left[ \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن آماسیده}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}} \right]$$

=محتوای نسبی آب (%)

در شرایط تنش بعد از رقم صیاد دارا بود. اعمال تنش باعث کاهش ۷۰ درصدی سرعت فتوستتوز نسبت به شرایط شاهد شد. میزان کاهش فتوستتوز در ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد به ترتیب ۷۷، ۶۲، ۷۷ و ۶۲ درصد بود. همچنین سرعت فتوستتوز در شرایط تنش با میزان عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $0/79^{**}$ ) بود (جدول ۳). با افزایش سن گیاه و تکامل دوران زندگی سرعت فتوستتوز و فعالیت‌های متابولیکی گیاه رو به کاهش می‌گذارد. زو و همکاران (۲۰۰۷) نیز در آزمایش‌های خود مشاهده کردند که تنش کم آبی در طول مدت پرشدن دانه میزان فتوستتوز خالص و هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند. بنابراین از جمله عوامل مقاومت به خشکی، حساسیت کمتر فتوستتوز به کمبود آب می‌باشد، زیرا رقم صیاد که در شرایط تنش (نسبت به شاهد) کمترین میزان کاهش عملکرد دانه و بیشترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بود، دارای کمترین میزان کاهش فتوستتوز هم بود. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد در سطوح تنش و اثر متقابل تنش و ارقام بر روی سرعت تعرق نشان داد، ولی اثر ارقام بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین سرعت تعرق حاکی از آن بود که در شرایط آبیاری مطلوب بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود دارد و رقم درخشان دارای بیشترین میزان سرعت تعرق است (جدول ۲). در شرایط تنش نیز اختلاف بین ارقام مشاهده گردید و ارقام صیاد و اختر دارای سرعت تعرق بیشتر و ارقام ناز و درخشان دارای سرعت تعرق کمتری بودند.

شاهد شد. میزان کاهش عملکرد دانه در دو رقم ناز و درخشان نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود. میزان کاهش عملکرد دانه در ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد به ترتیب ۶۷، ۵۱، ۵۹ و ۴۶ درصد بود. رقم صیاد با وجود اینکه عملکرد دانه پایینی در شرایط شاهد داشت، اما بیشترین میزان عملکرد دانه را در شرایط تنش دارا بود، از طرفی رقم ناز با وجود دارا بودن بیشترین عملکرد دانه در شرایط شاهد، کمترین میزان عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی از خود نشان داد. منابع موجود در مورد اصلاح ارقام برای سازش به تنش خشکی نشان می‌دهد که کارآمدترین روش، اعمال گزینش همزمان بر اساس چندین صفت است که همه آنها بر عملکرد گیاه زراعی در شرایط تنش خشکی تأثیرگذار باشند (Vijendra, 2000).

### تبادلات گازی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر معنی‌دار سطوح تنش، ارقام و اثر متقابل آنها را در سطح احتمال یک درصد بر سرعت فتوستتوز نشان داد (جدول ۱). رقم ناز در شرایط نرمال بیشترین میزان سرعت فتوستتوز و ارقام ناز و درخشان در شرایط تنش کمترین میزان سرعت فتوستتوز را داشتند (جدول ۲)، بنابراین رقم ناز بیشترین میزان کاهش فتوستتوز را در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال در بین کل ارقام نشان داد. در شرایط مطلوب بیشترین فتوستتوز بعد از رقم ناز به ترتیب مربوط به ارقام صیاد، درخشان و اختر بود. بیشترین میزان فتوستتوز در شرایط تنش نیز متعلق به رقم صیاد بود. رقم اختر که در شرایط شاهد فتوستتوز کمتری نسبت به سه رقم دیگر داشت، کمترین میزان کاهش فتوستتوز را

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تبادلات گازی، محتوای نسبی آب و عملکرد دانه مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	سرعت فتوسنتز	سرعت تعرق	CO <sub>2</sub> زیر روزنه	هدایت مزوفیلی	محتوای نسبی آب
تکرار	۳	۲۹۹۱۶۱۷/۲۵ *	۲/۸۲۱ <sup>n.s</sup>	۰/۷۰۹ *	۱۰۴/۲۷ <sup>n.s</sup>	۱۴/۳۹۶ <sup>n.s</sup>	۴۰/۲۴۵ <sup>n.s</sup>
سطوح تنش	۱	۲۵۷۰۴۴۵۰ **	۴۸۴/۰۸۹ **	۱۱۶/۸۵۸ **	۴۱۰۷/۸ **	۳۶۶۷/۱۰ **	۲۸۱۷/۳۷۷ **
خطای اصلی	۳	۲۵۸۶۹۳/۹۱۷	۱/۱۲۱	۰/۰۷۵	۱۷/۸۸۱	۶/۹۴۲	۱۲/۰۰۵
ارقام	۳	۶۸۷۰۴/۱۶۷ **	۲/۶۴۲ **	۰/۰۷۳ <sup>n.s</sup>	۱۳۸/۵۵ **	۱۳/۱۵۵ *	۳۷/۷۲۶ *
رقم × سطح تنش	۳	۲۱۵۹۰۸/۳۳۳ **	۳/۶۹۹ **	۰/۷۶۵ **	۱۵۹/۰۱ **	۲۰/۱۸۴ **	۴۸/۷۶۵ **
خطای فرعی	۱۸	۱۱۴۲۵/۲۵	۰/۴۰۱	۰/۰۵۴	۲۶/۶۴۵	۲/۷۸۲	۷/۶۳۴
ضریب تغییرات (%)		۷/۵۳	۸/۹۵	۷/۵۲	۱/۳۵	۸/۸۸	۳/۷۸

n.s، \* و \*\* به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۲ مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح تنش (شاهد، تنش خشکی) و ارقام (اختر، درخشان، ناز و صیاد) از لحاظ تبادلات گازی، محتوای نسبی آب و عملکرد دانه

تیمار	ارقام	عملکرد دانه (kg/ha)	سرعت فتوسنتز (μCO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> mol)	سرعت تعرق (mmolH <sub>2</sub> O.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> زیر روزنه (mmolCO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	هدایت مزوفیلی (mmolCO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	محتوای نسبی آب (درصد)
مطلوب	ناز	۲۴۳۵ <sup>a</sup>	۹/۸۵ <sup>a</sup>	۵/۱۱۰ <sup>ab</sup>	۲۳۸/۱ <sup>b</sup>	۳۱/۳۶ <sup>a</sup>	۹۳/۶۱ <sup>a</sup>
	اختر	۱۹۰۱ <sup>c</sup>	۷/۳۸۹ <sup>b</sup>	۴/۸۷۵ <sup>bc</sup>	۲۰۹/۱ <sup>c</sup>	۲۶/۱۳ <sup>b</sup>	۹۴/۵۱ <sup>a</sup>
	درخشان	۲۰۶۵ <sup>b</sup>	۹/۲۱ <sup>a</sup>	۵/۳۳۴ <sup>a</sup>	۲۲۲/۶ <sup>b</sup>	۳۰/۲۵ <sup>a</sup>	۹۶/۸۵ <sup>a</sup>
	صیاد	۲۰۲۱ <sup>b</sup>	۹/۳۶ <sup>a</sup>	۴/۶۹۵ <sup>c</sup>	۲۲۶/۱ <sup>b</sup>	۳۰/۲۲ <sup>a</sup>	۹۲/۷۷ <sup>a</sup>
تنش	ناز	۷۹۳ <sup>f</sup>	۲/۲۱۹ <sup>d</sup>	۰/۸۰۱ <sup>f</sup>	۲۴۶/۱ <sup>a</sup>	۶/۸۶ <sup>d</sup>	۷۴/۸۴ <sup>d</sup>
	اختر	۹۲۹ <sup>e</sup>	۲/۸۰۱ <sup>cd</sup>	۱/۳۲۰ <sup>de</sup>	۲۴۳/۷ <sup>a</sup>	۸/۳۷ <sup>cd</sup>	۷۵/۸۶ <sup>cd</sup>
	درخشان	۸۳۵ <sup>f</sup>	۲/۱۳۴ <sup>d</sup>	۰/۹۸۳ <sup>ef</sup>	۲۴۵/۳ <sup>a</sup>	۶/۶۶ <sup>d</sup>	۷۹/۶۳ <sup>c</sup>
	صیاد	۱۰۹۶ <sup>d</sup>	۳/۵۶۹ <sup>c</sup>	۱/۶۲۱ <sup>d</sup>	۲۳۹/۴ <sup>a</sup>	۱۰/۴۳ <sup>c</sup>	۸۳/۳۴ <sup>b</sup>

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال اشتباه ۰/۰۵ با هم ندارند.



غشاهای سلولی می شوند. در این مطالعه مشخص شد که رقم صیاد با دارا بودن تعرق بیشتر و در نتیجه هدایت روزنه ای بالاتر در شرایط تنش خشکی، میزان محتوای آب نسبی بالاتری را نیز نسبت به سه رقم دیگر دارا می باشد، از طرفی همین رقم به دلیل دارا بودن محتوای آب نسبی بیشتر، هدایت مزوفیلی و سرعت فتوسنتز بالاتری هم در شرایط تنش خشکی داشته است. بلوم و ابرکن (۱۹۸۱) اظهار داشته اند که ژنوتیپهایی که بدون بستن روزنه های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند، برای مناطق خشک مناسبند. همچنین سرعت تعرق با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی همبستگی خوبی (\* $0/51$ ) نشان داد (جدول ۳). تعرق روزنه ای نقش اصلی را در تنظیم دمای برگ دارد (Singh, 1992). گیاهان تحت تنش، ابتدا از طریق تنظیم روزنه ای از اتلاف زیاد آب تعرقی جلوگیری می کنند (Chinnusamy, 2004). طبق آزمایش های زو و همکاران (۲۰۰۷) در نتیجه افزایش تبخیر و تعرق، بیوماس گیاه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب، افزایش یافتند.

در عین حال سرعت تعرق در شرایط تنش (نسبت به شاهد) در هر چهار رقم کاهش یافت. تنش خشکی ایجاد شده باعث کاهش ۷۶ درصدی سرعت تعرق نسبت به شرایط شاهد گردید. اعمال تنش خشکی در ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد به ترتیب باعث ۸۴، ۷۳، ۸۱ و ۶۵ درصد کاهش سرعت تعرق شد. رقم ناز با وجود دارا بودن سرعت تعرق بالا در شرایط آبیاری مطلوب، کاهش بیشتری را از لحاظ سرعت تعرق نسبت به سه رقم دیگر در شرایط تنش نشان داد. احتمالاً کاهش سرعت تعرق در این مرحله به دلیل کاهش هدایت روزنه ای در ارقام مذکور می باشد و رقم ناز احتمالاً کاهش بیشتری در میزان هدایت روزنه ای داشته است. به طور کلی ارقامی که بتوانند در شرایط تنش خشکی علیرغم تحمل پساایدگی، روزنه های خود را باز نگه دارند، به تنش خشکی مقاوم می باشند. بر عکس بسته شدن روزنه ها در شرایط تنش باعث بروز مجموعه واکنش هایی می شود که به تشکیل گونه های واکنش گر اکسیژن مثل هیدروکسیل (-OH)، پراکسید ( $O_2$ ) و ... می گردد که باعث آسیب به ساختارهای فتوسنتزی و

جدول ۳ همبستگی صفات تبادلات گازی و محتوای نسبی آب با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی

محتوای نسبی آب	هدایت مزوفیلی	CO <sub>2</sub> زیر روزنه	سرعت تعرق	سرعت فتوستتر	عملکرد دانه
				۱	۰/۷۹**
			۱	۰/۷۱**	۰/۵۱*
		۱	-۰/۳۷ <sup>ns</sup>	-۰/۰۶۴ <sup>ns</sup>	-۰/۰۹ <sup>ns</sup>
	۱	-۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۷۲**	۰/۹**	۰/۷۷**
۱	۰/۴۸*	-۰/۷**	۰/۵۱*	۰/۴۴*	۰/۴۹*

\*\* و \* به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و ns غیر معنی دار

تنش خشکی پایین‌ترین میزان هدایت مزوفیلی را داشتند، بنابراین رقم ناز بیشترین میزان کاهش هدایت مزوفیلی را در شرایط تنش نسبت به شرایط شاهد در بین کل ارقام به خود اختصاص داد. تنش ایجاد شده باعث کاهش ۷۲ درصدی هدایت مزوفیلی نسبت به شرایط شاهد گردید.

هدایت مزوفیلی ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد به ترتیب ۷۸، ۶۸، ۷۸ و ۶۵ درصد کاهش نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که ارقام ناز و درخشان سیستم فتوسنتزی آسیب‌پذیرتری نسبت به دو رقم دیگر دارند. همچنین ارقام صیاد و اختر از دستگاه فتوسنتزی مقاوم‌تری نسبت به دو رقم دیگر برخوردار می‌باشند. همبستگی مثبت و قوی بین سرعت فتوسنتز و هدایت مزوفیلی ( $0.9^{**}$ ) و عملکرد دانه با هدایت مزوفیلی ( $0.77^{**}$ ) بیانگر تأثیر زیاد عوامل بیوشیمیایی بر فتوسنتز و در نتیجه عملکرد دانه در ارقام مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۳). می‌توان گفت که تحمل بیشتر به تنش خشکی با مقادیر بالاتر هدایت مزوفیلی و سرعت فتوسنتز همراه است. به طور خلاصه ژنوتیپ‌هایی که از وضعیت آبی بهتری برخوردار باشند، از سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق بالاتری برخوردار بوده و عملکرد بیشتری خواهند داشت. بالا بودن محتوای نسبی آب در شرایط کم آبی می‌تواند با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط باشد، اما با بسته شدن روزنه‌ها، انجام فتوسنتز و تبادلات گازی کاهش یافته و در نتیجه تولید ماده خشک گیاه کم می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس تأثیر معنی‌دار سطوح تنش، ارقام و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای را نشان داد (جدول ۱). در شرایط آبیاری مطلوب، رقم ناز بیشترین و رقم اختر کمترین میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای را دارا بودند (جدول ۲). همچنین در شرایط تنش، (Ci) در هر چهار رقم افزایش یافت. اعمال تنش باعث افزایش ۸ درصدی میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای نسبت به شرایط شاهد گردید. رقم ناز نسبت به سه رقم دیگر افزایش میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای کمتری داشته است (در حدود ۳ درصد). سه رقم اختر، درخشان و صیاد در حدود ۱۴، ۹ و ۵ درصد افزایش در میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای داشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً دستگاه فتوسنتزی ارقام ناز و صیاد در شرایط تنش کمتر آسیب دیده است. از طرفی بین محتوای نسبی آب با میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ( $-0.7^{**}$ ) وجود دارد. (جدول ۳). به عبارت دیگر با کاهش محتوای نسبی آب برگ و بسته شدن روزنه‌ها، میزان غلظت  $CO_2$  زیر روزنه‌ای افزایش یافته است که نشان دهنده اثر تنش بر دستگاه فتوسنتزی می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تنش و اثر متقابل تنش  $\times$  ارقام در سطح احتمال یک درصد و اثر ارقام در سطح احتمال پنج درصد بر هدایت مزوفیلی معنی‌دار بود (جدول ۱). هدایت مزوفیلی ارقام در شرایط تنش نسبت به شرایط شاهد کاهش معنی‌داری داشته است (جدول ۲). رقم ناز در شرایط آبیاری مطلوب بالاترین میزان هدایت مزوفیلی و ارقام ناز و درخشان در شرایط

### محتوای نسبی آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح تنش و اثر متقابل تنش و ارقام اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب داشت، اثر ارقام نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اگر چه هر چهار رقم دارای کاهش محتوای نسبی آب در شرایط تنش نسبت به شرایط شاهد بوده‌اند، اما واکنش آنها به تنش خشکی متفاوت بوده است (جدول ۲). اعمال تنش باعث کاهش ۱۷ درصدی محتوای نسبی آب نسبت به شرایط نرمال گردید. میزان کاهش محتوای نسبی آب در ارقام ناز، اختر، درخشان و صیاد به ترتیب ۲۰، ۲۰، ۱۸ و ۱۰ درصد بوده است. رقم صیاد در شرایط تنش دارای بالاترین میزان محتوای نسبی آب بود و ارقام درخشان، اختر و ناز به ترتیب بعد از این رقم قرار گرفتند. کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. بالا بودن محتوای نسبی آب در شرایط کم آبی می‌تواند با رفتار روزنه‌ها و سیستم ریشه‌ای گیاه در ارتباط باشد (Gupta, 2001). به عبارتی گیاه با داشتن سیستم ریشه‌ای قوی و یا بستن روزنه‌ها، آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد؛ اما با بسته شدن روزنه‌ها، سرعت فتوسنتز و تبادلات گازی کاهش یافته و در نتیجه تولید ماده خشک گیاه کم می‌شود. بالا بودن محتوای نسبی آب رقم صیاد در شرایط تنش خشکی احتمالاً به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی‌تر و بیشتر و ضخامت برگ (Specific Leaf Width) بالای این رقم بوده است. محتوای نسبی آب همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $0/49^*$ ) با

عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی داشت. این صفت همچنین همبستگی خوبی با سرعت فتوسنتز ( $0/44^*$ ) و همبستگی بالایی با هدایت مزوفیلی ( $0/48^*$ ) نشان داد (جدول ۳). بنابراین می‌توان گفت ارقامی که در شرایط تنش خشکی از محتوای نسبی آب بالاتری برخوردار باشند،

به دلیل هدایت مزوفیلی و احتمالاً هدایت روزنه‌ای بیشتر (که در این آزمایش اندازه گرفته نشده است)، سرعت فتوسنتز و نهایتاً عملکرد دانه بیشتری خواهند داشت. تأثیر محتوای نسبی آب و پتانسیل آب برگ بر روی سرعت فتوسنتز، توسط سیدیک و همکاران (۲۰۰۱) نیز تأکید شده است. اختلاف در میزان این صفت ممکن است نشان دهنده تأثیر متفاوت تیمارها برای جذب آب از خاک و یا توانایی هدرروی آب از طریق روزنه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژانس بافت و افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیکی باشد و همچنین محتوای نسبی آب بالا، توانایی گیاهان را برای تنظیم اسمزی و حفظ رشدشان تحت شرایط تنش آبی نشان می‌دهد. هر چند محتوای نسبی آب بالا یک واکنش سازگاری به تنش خشکی می‌باشد، ولی از آنجایی که در شرایط تنش هدف افزایش عملکرد است، ژنوتیپ‌هایی مهم هستند که علاوه بر دارا بودن صفات سازگار به تنش، عملکرد دانه بالایی نیز داشته باشند. بنابراین یک صفت به تنهایی نمی‌تواند مبنای گزینش قرار بگیرد. با این وجود محققین همبستگی مثبت و خوبی را بین محتوای نسبی آب و میزان فتوسنتز بیان کرده‌اند (Merah, 2006; Hirayama, 2006; Korir, 2006). (۲۰۰۱) نیز بیان داشت که ژنوتیپ‌هایی که از وضعیت آبی

کلی با افزایش سرعت فتوسنتز و سرعت تعرق در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه زیاد می‌شود. اگر چه محتوای نسبی آب برگ و غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه با هم رابطه عکس دارند و با کاهش محتوای نسبی آب، میزان غلظت CO<sub>2</sub> زیر روزنه‌ای افزایش می‌یابد، ولی در مجموع با افزایش هدایت مزوفیلی به علت افزایش سرعت فتوسنتز، عملکرد دانه نیز در واحد سطح در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد.

بهتری برخوردار باشند، سرعت فتوسنتز و تعرق و نهایتاً عملکرد دانه بیشتری خواهند داشت.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق مشاهده شد رقم صیاد از لحاظ سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، هدایت مزوفیلی و محتوای نسبی آب نسبت به ارقام دیگر علائم بهتری در شرایط تنش نشان داد. ارقام ناز و درخشان آسیب پذیری بیشتری را در شرایط تنش از لحاظ صفات فوق از خود نشان دادند. به طور

### Reference

- Ahmadi, A., Baker D.A. 2001. The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat, *Plant Growth Regul.* 35, 81-91.
- Ahmad, A., I. Haque, and O. Aziz. 1995. Physiomorphological changes in triticale improved by pyridoxine applied through grain soaking. *Acta Agron. Hung.* 43, 211-221.
- Altinkut, A. K. Kazan, Z. Ipekci, and N. Gozukirmizi. 2001. Tolerance to paraquat is correlated with the traits associated with water stress tolerance in segregating F2 populations of barley and wheat. *Euphytica*, 121: 81-86.
- Barutcular, C., Genc, I., and Koc, M. 2000. Photosynthetic water use efficiency of old and modern durum wheat genotypes from southeastern Turkey. pp. 233-238. In: Roya, C. (ed.) *Proceedings of a Seminar on Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges. Series A/No 40.*
- Blum, A. 1985. Breeding crop varieties for stress environments. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2: 199-238.
- Blume, A. and Ebercon, A. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science.* 27: 1.43 - 47.
- Chandrasekar, V., R. K. Sairam, and G. C. Srivastava. 2000. Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. *J. Agron. Crop Sci* 185: 219-227.
- biology approaches for crop improvement for stress environments. In: *Abiotic stress: Plant resistance through breeding and molecular approaches.* Ashraf, M., and P. J. C. Harris, (eds). pp: 47-107. Food Products Press.
- Colom, M. R., and C. Vazzana. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Environ. Exp. Bot.* 49: 135-144.
- Condon, A. G., and R. A. Richards. 1992. Broad sense heritability and genotype × environment interaction for carbon isotope discrimination in field-grown wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 921-934.
- Colom, M. R., and C. Vazzana. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Environ. Exp. Bot.* 49: 135-144.
- Condon, A. G., and R. A. Richards. 1992. Broad sense heritability and genotype × environment interaction for carbon isotope discrimination in field-grown wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 921-934.
- Cornic, G., Massacci, A. 1996. Leaf photosynthesis under drought stress, in: Baker N.R., (Ed.), *Photosynthesis and the Environment*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- DaCosta, M., Z. Wang, and B. Huang. 2004. Physiological adaptation of Kentucky

- bluegrass localized soil drying. *Crop Sci.* 44: 1307-1314.
- El-Jafari, S. 2000. Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Defining physiological traits and criteria options Mediterranean's. *Serie A.* 40: 251-256.
- Fischer, R. A., D. Rees, K. D. Sayre, Z. M. Lu, A. G. Candon, & A. L. Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science.* 38: 1467-1475.
- Flexas L., and H. Medrano. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C<sub>3</sub> plant: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. *Ann. of Bot.* 89: 183-189.
- Gupta, N. K., S. Gupta and A. Kumar. 2001. Effect of Water Stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *J. Agronomy and Crop Sci.* 186:55-62.
- Hirayama, M., Y. Wada., and H. Nemoto. 2006. Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breeding Sci.* 56: 47-54.
- Jiang, Y. and Huang, N., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 41: 436-442.
- Kerepesi, I., and G. Galiba. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Sci.* 40: 482-487.
- Kobata, T., J. A. Palta, and N. C. Turner. 1992. Rate of development of photosynthesis water deficits and grain of spring wheat. *Crop Science.* 32: 1238-1242.
- Korir, P. C., J. O. Nyabundi and P. K. Kimurto. 2006. Genotypic response common bean to moisture stress conditions in Kenya. *Asian. J. Plant Sci.* 5 (1): 24-32.
- 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. Scatazza, E. Brugnoli, and F. Navari-Izzo. 1999. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant Physiol.* 119:1091-1099.
- Luo, Y. 1991. Changes of Ci/Ca in association with stomatal and non-stomatal limitation to photosynthesis in water stressed *Abutilon theophrasti*. *Photosynthetica* 25: 273-279.
- Ma, Q.Q., W. Wang, Y.H. Li, D.Q. Li, and Q. Zou . 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar-applied glycinebetaine. *J. Plant Physiol*, 163: 165-175.
- Majnon Hoseini, N. 1996. Legumes in Iran. Tehran University Publications of Jihad.
- Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *J. Agricultural Science. Cambridge.* 137:139-145
- Polley, H. W. 2002. Implication of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop Sci.*, 42: 131-140.
- Ramachandra Reddy, A., K.V. Choityana, and A. Ivekkanadan. 2004. Drought induced respons of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher palants. *J. plant physiology.* 161:1189- 1202.
- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon, and A. F. van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science.* 42: 111-121.
- Rigoberto, R. S., K .S. Josue, A. G. Jorge Alberto, T. L. Carlos, O. C. Joaquin, and J. D. Kelly. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield indrought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Res.* 85: 203-211.
- Siddique M.R.B., Hamid A., Islam M.S. 2001. Drought stress effects on water relations of wheat, *Bot. Bull. Acad. Sinica* 41, 35-39.
- Sing, M., J.P. Srivastava & A. Kumar. 1992. Cell membran stability in relation to droght tolerance in wheat genotypes. *J. Agronomy & Crop Science.* 168:186-190.
- Singh, N. B., Z. Ahmad, D. N. Singh, and A. Ziauddin. 1997. High temperature tolerance in wheat cultivars. *Adv. Agric. Res. India.* 7: 119-129.
- Todd, G. W. 1982. Photosynthesis and respiration of vegetative and reproductive increasing temperature. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* 62: 57-62.

- Merah, O. 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. *J. Agricultural Science. Cambridge.* 137:139-145
- Polley, H. W. 2002. Implication of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop Sci.*, 42: 131-140.
- Ramachandra Reddy, A., K.V. Choityana, and A. Ivekkanadan. 2004. Drought induced respons of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher palants. *J. plant physiology.* 161:1189- 1202.
- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon, and A. F. van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science.* 42: 111-121.
- Rigoberto, R. S., K. S. Josue, A. G. Jorge Alberto, T. L. Carlos, O. C. Joaquin, and J. D. Kelly. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield indrought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Res.* 85: 203-211.
- Siddique M.R.B., Hamid A., Islam M.S. 2001. Drought stress effects on water relations of wheat, *Bot. Bull. Acad. Sinica* 41, 35-39.
- Sing, M., J.P. Srivastava & A. Kumar. 1992. Cell membran stability in relation to droght tolerance in wheat genotypes. *J. Agronomy & Crop Science.* 168:186-190.
- Singh, N. B., Z. Ahmad, D. N. Singh, and A. Ziauddin. 1997. High temperature tolerance in wheat cultivars. *Adv. Agric. Res. India.* 7: 119-129.
- Todd, G. W. 1982. Photosynthesis and respiration of vegetative and reproductive increasing temperature. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* 62: 57-62.
- Turner, N. C., and M. E. Nicolas. 1987. Drought resistance of wheat for light-textured climate. In: *Drought tolerance in winter cereals.* Srivastava, J. P., E. Procrddu, E. Acevedo. And S, Varma (eds.). pp: 203-216. John wiley and Sons, New York.
- Vijendra, L. D. 2000. *Problems Facing Plant Breeding.* CBS publishers and Distributors. pp 242.
- Zou, G. H., H. Y. Liu, H. W. Mei, G. L. Liu, X. Q. Yu, M. S. Li, J. H. Wu, L. Chen, and L. J. Luo. 2007. Screening for Drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. *J. Integrative Plant Biol.* 49: 1508-1516.