پژوهش و سازندگی
در زراعت و باغبانی
شماره ۶۰، پاییز ۱۳۸۲

اثر تنش خشکی و کلروکولین کلراید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.)

• **ساسان محسن‌زاده**، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، گروه علوم گیاهی
• **صادق فرهی آشتیانی**، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، گروه علوم گیاهی
• **محمد علی ملبوبی**، مرکز تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی
• **فائزه قناتی**، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، گروه علوم گیاهی

تاریخ دریافت:مرداد ماه ۱۳۸۲ **تاریخ پذیرش:آذرماه ۱۳۸۲**

چکیده

اثر تنش خشکی و ماده تنظیم کننده رشد کلروکولین کلراید بر فتوسنتز خالص، هدایت روزنه ای، تعرق، مقدار آب نسبی برگ و کلروفیل و همچنین ارتفاع گیاهچه و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی و سرعت رشد نسبی گیاهچه های گندم رقم زرین و رقم سرداری مورد مطالعه قرار گرفت.

بذرهای گندم به مدت ۲۰ ساعت در محلول ۰/۲ درصدکلروکولین کلراید و یا در آب مقطر، غوطه ور گردیدند. بذرها پس از خشک شدن در معرض هوا، در گلدانهای پلاستیکی کشت و در شرایط اتاقک رشد قرار داده شدند. گیاهچه ها پس از دو هفته ای از طریق قطع آبیاری، تحت تنش خشکی قرار گرفتند و گیاهچه های شاهد تا پایان آزمایش به طور مرتب آبیاری گردیدند. تنش خشکی، به طور معنی داری فتوسنتز، هدایت روزنه ای، تعرق، مقدار کلروفیل و درصد آب نسبی برگ هر دو رقم را کاهش داد. اما مقدار آب نسبی برگ رقم زرین در تنش شدید خشکی کاهش بیشتری نسبت به رقم سرداری نشان داد.کلروکولین کلراید ارتفاع گیاهچه های هر دو رقم را به طور معنی دارکاهش، ولی فتوسنتز آنها را به دلیل غلظت بیشتر کلروفیل و تعداد زیادتر روزنه در واحد سطح و همچنین نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی را افزایش داد. سرعت رشد نسبی در تنش خشکی در هر دو رقم و به خصوص رقم زرین کاهش یافت. در شرایط رطوبتی مناسب رقم زرین رشد و فتوسنتز بهتری داشت اما در تنش خشکی رقم سرداری متحمل تر بوده و احتمالاً به منظور حفظ آب، روزنه های خود را زودتر می بندد و در برابر عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای فتوسنتز مقاومتر است و پس از رفع تنش، توانایی رشد مجدد را دارا می باشد. ماده تنظیم کننده رشد کلروکولین کلراید می‌تواند با رشد دادن گیاهچه های تواناتر، به منظور استقرار در محیط و مقابله با خشکی، کمک کننده باشد.

کلمات کلیدی: رشد، فتوسنتز، ارقام گندم، خشکی، کلروکولین کلراید

Pajouhesh & Sazandegi No:60 pp: 56-64

Effects of drought and chlorocholine chloride on seedling growth and photosynthesis of two cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.)

By: S. Mohsenzadeh(1), S. F. Aschtiani1, M. A. Malboobi(2) and F. Ghanati(1)
1.Department of Plant Science, Faculty of Science, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
2.National Research Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran.

Effects of drought and chlorocholine chloride as a growth regulator for net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration rate, relative water content percentage and chlorophyll content as well as seedling length, root to shoot dry weight ratio and relative growth rate of two wheat cultivars (Zarrin and Sardari) seedlings were studied. Sardari is known as a drought tolerant cultivar. Seeds were soaked in 0.2 percent solution of CCC or distillated water as control, for 20-h. After dried in air, seeds were planted in plastic pots and placed in a growth champer. Two weeks seeldings

Archive of SID
www.SID.ir

were exposed to drought by withholding water. Control seedlings were irrigated, regularly until the end of experiment. Photosynthesis, stomatal conductance, transpiration rate, chlorophyll and relative water content were reduced under water deficit, but relative water content of Zarrin in comparison to Sardari cultivar was more reduced under severe stress. The seedlings length were reduced with CCC in both cultivars, but photosynthesis increased significantly, and it is regard to increasing of total chlorophyll content and number of stomata per area unit. Also seedlings root to shoot dry weight increased with CCC. Relative growth rate average of two cultivars decreased significantly in response to drought, especially in Zarrin cultivar In optimal humidity condition, Zarrin cultivar shows more growth and photosynthesis, but under water deficit, sardari is more tolerant, close the stomata for water maintaining, more resistant to nonstomatal limitation factors and can return to normal condition after rewatering. Chlorocholine chloride can help seedling to grow vigorously to resist with drought.

Key words: Growth, Photosynthesis, Wheat, Drought, Chlorocholine Chloride

مقدمه

رشد و فتوسنتز گیاهان، تحت تاثیر شرایط محیطی مختلف از جمله تنش خشکی قرار می گیرد. توانائی زنده ماندن گیاه و ادامه رشد و نمو و فتوسنتز در تنش های محیطی به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته است که به صورت پاسخ های فیزیولوژیکی و مولکولی خود را نشان می‌دهد. برخی مواد تنظیم کننده رشد خارج از گیاه می توانند گیاه را از طریق فتوسنتز بیشتر در مرحله گیاهچه ای برای تحمل تنش تواناتر سازند.

عوامل محدود کننده فتوسنتز در تنش خشکی در دو گروه قرار داده شده اند: اول عوامل محدود کننده روزنه ای، بدین صورت که با بسته شدن روزنه ها در تنش خشکی غلظت دی اکسید کربن داخل برگ و انتقال آن به کلروپلاست کاهش می‌یابد و فتوسنتز محدود می گردد. دوم عوامل محدودکننده غیر روزنه ای که شامل عوامل زیست شیمیایی فتوسنتز مانند مقدار کلروفیل (۲۰، ۲۵، ۲۹ ، ۳۸)، مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو[1] (۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۶، ۳۲، ۳۷)، انتقال الکترون فتوسنتزی، فتوفسفوریلاسیون[2] و مقدار متابولیتها (۱۴، ۱۶، ۱۸ ، ۳۶) می باشند.

احمدی و بیکر (۱) نشان دادند که تنش ملایم خشکی فتوسنتز را به طور عمده از طریق عوامل قابل برگشت روزنه ای کاهش می‌دهد، اما در شرایط شدیدتر تنش یا در تنشهای طولانی مدت، عوامل غیر روزنه‌ای نیز مزید بر علت می‌گردند.

کلروکولین کلراید CCC[3] با نامهای ۲ - کلرواتیل تری متیل آمونیوم کلراید یا کلرمکوات کلراید به عنوان تنظیم کننده رشد شناخته شده است. Tolbert (۳۹) در تحقیقاتی که انجام داد متوجه شد که CCC از طریق جلوگیری از سنتز اسید جیبرلیک قد گیاه را کوتاه می کند. مبارزه با خوابیدگی گندم از طریق کوتاه کردن ساقه آن بوسیله CCC امکانپذیر است (۵ و ۶). برخی از محققان معتقدند که از CCC می‌توان برای مقاوم‌کردن گیاهان نسبت به کم آبی (۹) و شوری (۳۳) نیز استفاده نمود. El-Damaty و همکاران (۱۰) گزارش کرده‌اند که مصرف CCC سبب افزایش مقاومت گیاه نسبت به بیماریها، آفات،کمبود آب و اکسیژن می‌شود. مصرف CCC در جلوگیری از تخریب کلروفیل و تجزیه پروتئین موجود در برگ گندم در موقع پر شدن دانه مؤثر است (۲). آزمایشهایی که توسط Kimenov و همکاران (۲۱) در باره تاثیر ماده CCC بر میزان ترکیبهای اسیدهای آمینه و پروتئین برگ ذرت انجام گرفته است نشان می دهد که این ماده در شرایط رطوبتی کم باعث افزایش پروتئین گیاه می‌شود. رضوی نشان داد که محلول پاشی CCC به روی درختچه انار موجب افزایش معنی دار پروتئین و اسمولایتهای گلایسین بتائین[4]، دی متیل گلایسین[5] و برخی از اسیدهای آمینه در برگ می گردد، به علاوه قطر ساقه های جدید در اثر مصرف CCC افزایش‌می‌یابد(۴).

تحقیقات چندی در مورد گندم رقم سرداری و زرین در کشور ما صورت گرفته که بیشتر از دیدگاه ارزیابی مقاومت ارقام مختلف به تنشهای محیطی بوده است از آن جمله می توان به پژوهش حیدری و حیدری زاده (۳) در بررسی مقاومت به خشکی چند رقم گندم ایرانی اشاره نمود که نشان دادند در پتانسیل اسمزی ۱/۲۲ – مگاپاسکال رقم سرداری با ۷۵ درصد جوانه زنی مقاومترین و زرین با ۱۰ درصد حساسترین رقم به خشکی در مرحله جوانه زنی میباشند. در پژوهش حاضر رشد و فتوسنتز گیاهچه های رقم گندم آبی زرین و دیم سرداری در شرایط تنش خشکی وتحت تاثیر ماده تنظیم کننده رشد کلروکولین کلرایدکه آغشته به بذر گردیده ولی اثرات آن در مرحله گیاهچه ای ظاهر می‌گردد، بررسی شده است.

www.SID.ir

مواد و روشها

مواد گیاهی و شرایط رشد و تنش خشکی

بذرهای دو رقم گندم سرداری و زرین تهیه شده از موسسه تحقیقات و تهیه نهال و بذر، ابتدا به مدت ۲۰ ساعت در محلول ۰/۲ درصد CCC و یا آب مقطر غوطه ور گردیدند. بذرها پس از خشک شدن در معرض هوا، در گلدانهای پلاستیکی حاوی مخلوطی از خاک مزرعه، کود برگ و ماسه به نسبت مساوی، کشت و در شرایط اتاقک رشد با دمای متوسط روزانه ۲۲ و شبانه ۱۰ درجه سانتیگراد و شدت نور ۶۰۰۰ لوکس و رطوبت نسبی ۶۰ درصد با طول مدت روشنایی ۱۶ ساعت قرار داده شدند. گلدانها دارای ۹ گیاهچه بودند و هر سه روز یک بار از طریق توزین، در حد اشباع آبیاری میشدند. برای اعمال تیمار خشکی گیاهچه های سه برگی با عمر دو هفته مورد استفاده قرار گرفتند، بدین طریق که آبیاری گلدانها به طور کامل قطع گردید و تنش خشکی به مدت دو هفته ادامه یافت. گیاهان شاهد به مانند قبل تا پایان آزمایش آبیاری شدند.

اندازه گیری مقدار آب نسبی برگ

درصد مقدار آب نسبی برگ[۶] (RWC) با استفاده از قطعات یک سانتیمتری برگ گیاهان هر گلدان و اندازه گیری وزن تر آنها و قرار دادن در آب به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتیگراد و تعیین وزن اشباع و سپس وزن خشک (آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

[(وزن خشک – وزن تر در شرایط اشباع) / (وزن خشک – وزن تر)] × ۱۰۰

مقدار آب نسبی برگ گیاهچه ها در روزهای صفر و چهاردهم تنش برای نمونه‌های بدون تیمار CCC در روز هفتم تنش نیز اندازه‌گیری شد.

اندازه گیری تبادلات گازی برگ

اندازه گیری فتوسنتز خالص، هدایت روزنه ای[۷] و میزان تعرق با استفاده از دستگاه اندازه گیری فتوسنتز شرکت walz آلمان مدل HCM-۱۰۰۰ در روز صفر،سوم، پنجم و هفتم تنش صورت گرفت. برای این کار قسمت میانی برگ دوم از پائین گیاهچه های مورد آزمایش را در داخل محفظه شیشه ای دستگاه قرار داده و داده ها هر ۶۰ ثانیه به طور خودکار ذخیره می شد. میانگین سه عدد آخر ثبت شده به عنوان یک تکرار برای تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. در اندازه گیری ها از غلظت ۳۶۰ قسمت در میلیون (ppm) دی اکسیدکربن مشابه غلظت موجود در هوا و میزان جریان[۸] ۸۰۰ میلی لیتر در دقیقه و دمای محفظه ۲۰ درجه سانتیگراد و شدت نور ۱۸۰۰ میکرومول کوانتا بر متر مربع در ثانیه استفاده شد. به همین روش، فتوسنتز در مرحله گلدهی دو رقم مورد مطالعه در شرایط بدون تنش خشکی نیز اندازه گیری گردید.

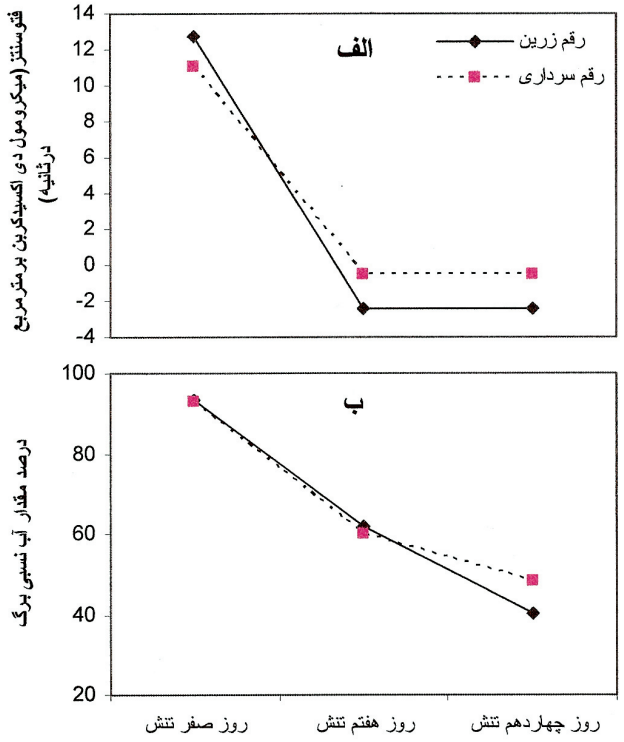
همچنین میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه ای بعد از آبیاری مجدد در حد اشباع (ضمن قرار داشتن برگ درون محفظه دستگاه) از گیاهچه‌های شش هفته ای ارقام زرین و سرداری که به مدت ۶ روز تنش خشکی دیده بودند از برگ سوم از پایین هر ۱ دقیقه و جمعا به مدت ۹ دقیقه اندازه گیری شد. فتوسنتز ارقام مورد مطالعه در غلظتهای مختلف دی اکسید کربن بالاتر از ppm۳۶۰ نیز بر روی گیاهچه های شش هفته ای در شرایط بدون تنش از برگ سوم از پائین اندازه گیری گردید. نقطه موازنه دی اکسید کربن دو رقم در شرایط بدون تنش خشکی و بدون تیمار CCC از طریق کاهش تدریجی غلظت دی اکسید کربن توسط دستگاه تا زمانی که فتوسنتز خالص صفر گردید به دست آمد.

اندازه گیری مقدار کلروفیل برگ

مقدار نیم گرم برگ منجمد شده را که در دمای ۷۰- درجه سانتیگراد نگهداری می گردید، به کمک نیتروژن مایع در هاون پودر نموده و به مدت ۱۲ ساعت در ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد و در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتیگراد یخچال عصاره گیری و سپس مواد جامد باقیمانده با سانتریفوژ رسوب داده شدند. آنگاه یک میلی لیتر از محلول شفاف روئی را با استون ۸۰ درصد به حجم ۱۰ میلی لیتر رساندیم و میزان جذب نور عصاره را با دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موجهای ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه گیری و مقادیر کلروفیل a و b طبق روش آرنون (۷) محاسبه گردید.

اندازه گیری عوامل رشد

ارتفاع گیاهچه با اندازه گیری فاصله یقه تا انتهای بلندترین برگ به دست آمد. وزن خشک بخش هوائی و ریشه جداگانه اندازه گیری شد و سپس نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی و همچنین سرعت نسبی رشد[۹] (RGR) براساس گرم وزن خشک اضافه شده بر گرم وزن خشک اولیه در روز محاسبه گردید.



شکل شماره ۱- کاهش مقدار فتوسنتز و درصد مقدار آب نسبی برگ تحت تاثیر تنش خشکی در گیاهچه های گندم در ارقام زرین و سرداری

www.SID.ir

آزمایش با طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار (هر گلدان یک تکرار) انجام شد. مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقدار آب نسبی برگ

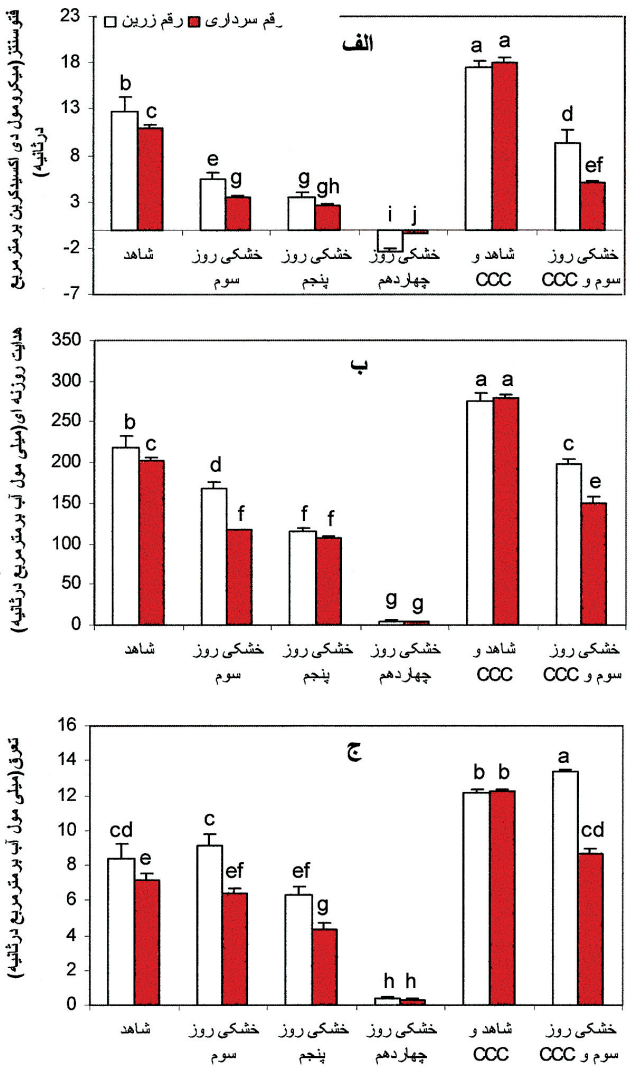
پس از چهارده روز تنش خشکی، مقدار آب نسبی برگ گیاه گندم به طور معنی داری کاهش یافت (جدول شماره ۱)، به طوری که از ۹۳/۲۰ و ۹۲/۸۳ درصد در شرایط بدون تنش به میانگین ۴۰/۳۰ و ۴۸/۴۳ درصد به ترتیب برای رقم زرین و سرداری در روز چهاردهم تنش خشکی رسید (شکل شماره ۱ - ب). احتمالاً در رقم سرداری روزنه ها، هنگام پاسخ به تنش خشکی زودتر بسته می شوند زیرا هدایت روزنه ای و میزان تعرق رقم سرداری نسبت به رقم زرین در روز سوم تنش خشکی کاهش زیادی داشته است (شکل شماره ۲- ب و ج). با بسته شدن روزنه ها و کم شدن تعرق، جذب آب و انتقال آن به طرف برگها کاهش می یابد. احتمالا به همین دلیل در روز هفتم تنش مقدار آب نسبی برگ دو رقم نزدیک یکدیگر شده است، به طوری که میانگین آب نسبی برگ در روز هفتم تنش برای گیاهچه های رقم زرین و سرداری به ترتیب ۶۲ و ۶۰ درصد بود (شکل شماره ۱- ب). در تنش طولانی مدت همراه با کاهش فتوسنتز، برگ های گیاه نیز به طرف خشک شدن پیش می روند، و گیاهانی که فتوسنتز بهتری در شرایط تنش داشته باشند میزان آب نسبی برگ آنها نیز بیشتر است، به طوری که در روز چهاردهم تنش مقدار آب نسبی برگ رقم سرداری حدود ۸ درصد بیشتر از رقم زرین اندازه گیری گردید (شکل شماره ۱- ب).

تغییرات هدایت روزنه ای بعد از آبیاری مجدد (شکل شماره ۳) نشان می دهد که هر چند پس از شش روز تنش خشکی، هدایت روزنه ای رقم سرداری به دلیل بسته شدن روزنه ها حدود نصف هدایت روزنه ای رقم زرین است، اما بعد از آبیاری در حد اشباع به دلیل سریعتر بازشدن روزنه ها، هدایت روزنه ای رقم سرداری بالاتر رفته و لذا فتوسنتز بهتری نیز داشته است، در نتیجه بهتر می تواند به شرایط قبل از تنش بازگردد. همچنین مشاهدات تجربی در کاشت گلخانه ای دو رقم مورد مطالعه در مرحله گلدهی نشان داد که پس از اعمال تنش خشکی و آبیاری مجدد در حد اشباع، رقم سرداری قادر به ایجاد برگ های جدید می باشد.

تبادلات گازی برگ، مقدار کلروفیل و عوامل رشد

تنش خشکی موجب کاهش معنی دار مقدار فتوسنتز،هدایت روزنه ای و میزان تعرق گردید (جدول شماره ۱). به طوری که مقدار فتوسنتز از ۱۲/۷۱ و ۱۱/۰۱ میکرومول دی اکسیدکربن بر متر مربع برگ در ثانیه به ترتیب برای رقم زرین و سرداری به ۵/۴۲ و ۳/۴۳ در روز سوم تنش خشکی، ۳/۴۳ و ۲/۶۲ در روز پنجم و ۲/۴۳- و ۰/۵۰- در روز هفتم تنش خشکی رسید (شکل شماره ۲- الف). نتایج ما با سایر گزارشهای کاهش فتوسنتز در اثر تنش خشکی هماهنگ است (۱۴ ، ۲۰ ، ۲۶ ، ۲۸).

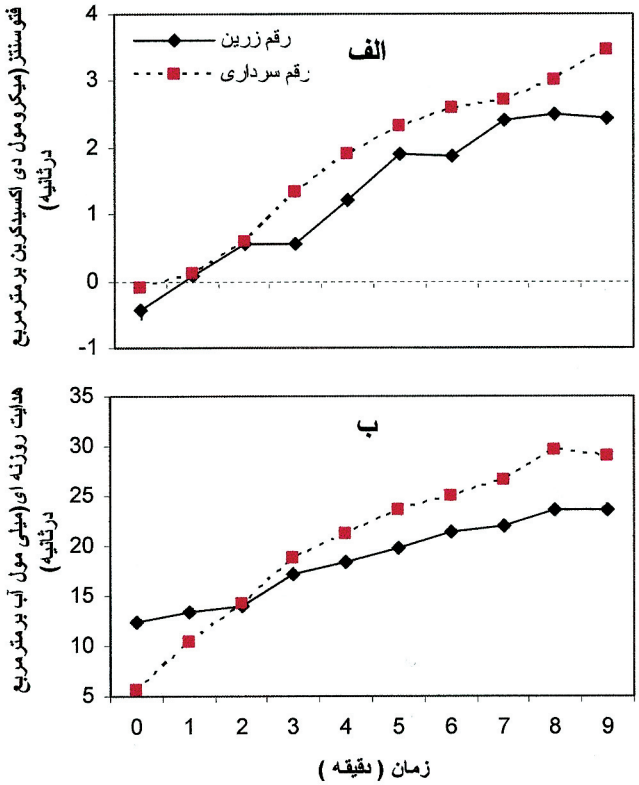
سنجش مقدار کلروفیل محتوی برگ نشان داد که پس از چهارده روز تنش خشکی مقدار کلروفیل a و b به طور معنی داری کاهش یافت (شکل شماره ۴). کاهش کلروفیل که به عنوان عامل محدودکننده غیر روزنه ای فتوسنتز محسوب می شود در تنش خشکی شدید به دلیل افزایش فعالیت



شکل شماره ۲- اثر تنش خشکی و CCC بر مقدار فتوسنتز خالص، هدایت روزنه ای و میزان تعرق گیاهچه‌های گندم ارقام زرین و سرداری

آنزیم کلروفیلاز (۲۹) و پراکسیداز (۸) اتفاق می افتد. پس از یک هفته تنش، میزان فتوسنتز توسط دستگاه صفر نشان داده شد، اما چون اندازه گیری دستگاه براساس دی اکسید کربن قابل جابه جایی می باشد در واقع نقش عامل روزنه ای محدود کننده فتوسنتز را در این مرحله از تنش نشان می دهد. تغییرات فتوسنتز و هدایت روزنه ای در آبیاری پس از شش روز تنش (شکل ۳) نیز موید محدودیت روزنه ای در ممانعت از فتوسنتز در تنش حدود یک هفته دارد، به طوری که بعد از آبیاری، گیاه روزنه های خود را به تدریج باز نموده و میزان فتوسنتز افزایش یافته است در صورتی که اگر سیستم بیوشیمیایی فتوسنتز آسیب دیده بود، گیاهچه های هر دو رقم قادر به بازگشت به شرایط طبیعی نبودند. احمدی و بیکر (۱) نیز به قابل برگشت بودن محدودیت روزنه ای فتوسنتز گندم در تنش خشکی اشاره نموده اند. وزن خشک بخش هوائی گیاهچه رقم سرداری از ۰/۰۲۷ گرم در

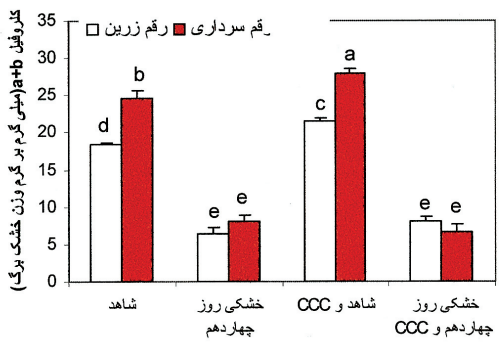
Archive of SID
www.SID.ir



شکل شماره ۳- تغییرات تدریجی مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای بعد از آبیاری مجدد گیاهچه های گندم ارقام زرین و سرداری پس از شش روز تنش خشکی

روز هفتم تنش به ۰/۰۳۸ گرم در روز چهاردهم تنش افزایش یافته است، این افزایش وزن خشک نشانگر انجام فتوسنتز در این فاصله زمانی در رقم سرداری با استفاده از دی اکسید کربن اندک نفوذ یافته از طریق روزنه ها و یا تولید شده در اثر تنفس دارد. در حالی که وزن خشک بخش هوائی رقم زرین در روز هفتم تنش (۰/۰۲۹ گرم) با روز چهاردهم تنش (۰/۰۳ گرم) تغییر چندانی ننموده است، این بیانگر آنست که عوامل محدود کننده غیر روزنه ای فتوسنتز در رقم زرین بیشتر از رقم سرداری مؤثر بوده اند. مقدار کلروفیل a و b محتوی برگ ارقام زرین و سرداری نشان می دهد که تفاوت معنی داری بین دو رقم در شرایط تنش خشکی وجود ندارد (شکل شماره ۴). لذا، احتمال داردکه مقاومت رقم سرداری به عوامل محدودکننده غیر روزنه ای از جمله مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو و یا فتوسیستم II فتوسنتز مربوط باشد. Loggini و همکاران (۲۷) کاهش فتوسنتز گندم را در تنش شدید خشکی مشابه کاهش کارائی فتوسیستم II نشان داده‌اند. هی و همکاران (۱۸) نیز به تحت تاثیر قرار گرفتن فتوسیستم II گندم در تنش خشکی شدید اشاره نموده اند. جانسون و همکاران (۱۹) نیز به کاهش بیشتر فتوسنتز رقم غیر مقاوم گندم در تنش خشکی اشاره نموده اند. شکل شماره ۱ روندکاهش فتوسنتز هر دو رقم را در هماهنگی با کاهش درصد آب نسبی برگ پس از تنش خشکی نشان می دهد. فتوسنتز رقم سرداری در روز سوم تنش به طور معنی داری کمتر از رقم زرین است (شکل شماره ۲- الف) و این به دلیل زودتر بسته شدن روزنه های آن در پاسخ به تنش خشکی می باشد، اما در روز پنجم تنش، فتوسنتز رقم زرین کاهش بیشتری یافت و به فتوسنتز رقم سرداری نزدیک شد، زیرا روزنه های رقم زرین نیز بسته شده است.

کلروکولین کلراید موجب افزایش معنی دار فتوسنتز، هدایت روزنه ای و میزان تعرق در هر دو رقم گردید ، اما رقم سرداری افزایش بیشتری نسبت به رقم زرین داشت (جدول شماره ۱ و شکل شماره ۲). به طوری که مقدار فتوسنتز در شرایط بدون تنش برای گیاهچه های بدون تیمار CCC از ۱۲/۷۱ و ۱۱/۰۱ میکرومول دی اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه به ترتیب برای رقم زرین و سرداری به ۱۷/۵۲ و ۰۱/ ۱۸ میکرومول دی اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه در گیاهچه های تیمار شده با Ccc رسید (شکل شماره ۲- الف). این به دلیل افزایش غلظت کلروفیل گیاهچه های تیمار شده با CCC می‌باشد (شکلهای شماره ۴ و ۵). تاثیر مصرف Ccc در افزایش مقدار کلروفیل برگ نیز گزارش شده است (۲، ۱۱ ، ۱۳). افزایش غلظت کلروفیل می تواند ناشی از کوچکتر شدن سلولها در اثر تیمار با CCC باشد (شکل شماره ۵). افزایش فتوسنتز به دلیل افزایش غلظت کلروفیل و قند ۵ کربنی ریبولوز بیس فسفات به دلیل کوچکتر شدن سلولها در گیاه آفتابگردان نیز گزارش شده است (۱۶). افزایش معنی دار هدایت روزنهای گیاهچه های هر دو رقم در اثر تیمار با CCC (شکل شماره ۲- ب) نیز با افزایش تعداد روزنه ها در واحد سطح (شکل شماره ۵) هماهنگ می باشد. اثر کلروکولین کلراید بر تعداد روزنه را فرهی آشتیانی و شریفیان (۱۲) نیز بیان نموده اند. دو شکوا (۹) نشان دادکه مصرف CCC باعث افزایش واکنش هیل در کلروپلاست گیاهان رشد داده شده در شرایط رطوبتی مختلف میگردد. همچنین طبق نظرات کونیو و رادنو (۲۳) دراثر استفاده از CCC فعالیت فتوسنتز بهتری انجام می پذیرد. فتوسنتز گیاهچه های تیمار شده با CCC در روز صفر و سوم تنش خشکی نیز تفاوت معنی داری با گیاهچه های تیمار نشده دارد (شکل

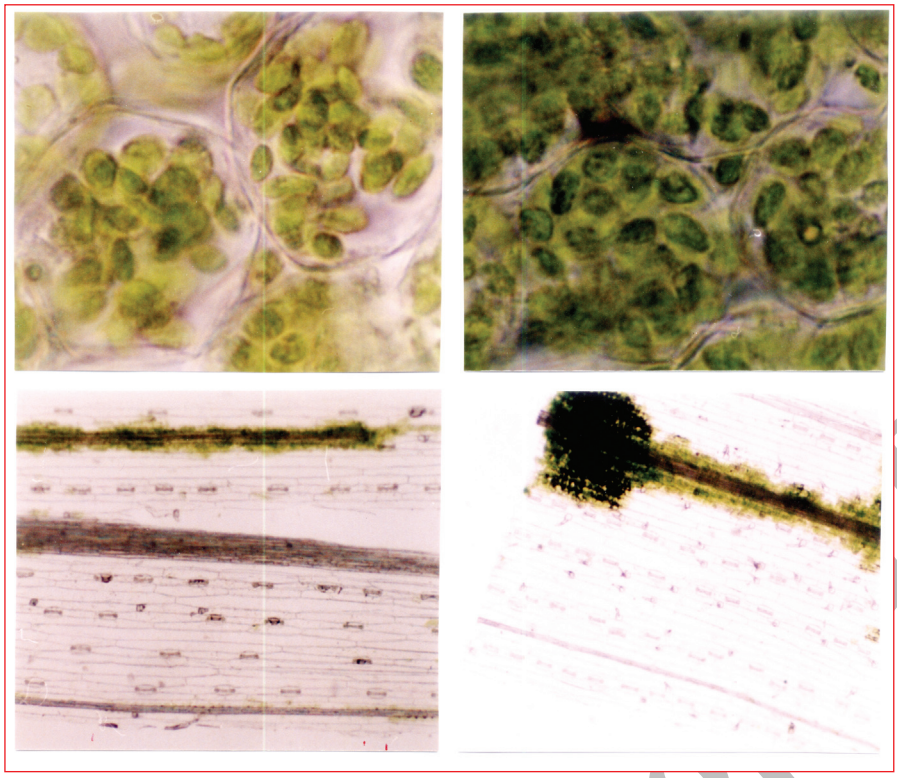


شکل شماره ۴- اثر تنش خشکی و CCC بر مقدارکلروفیل گیاهچه های گندم ارقام زرین و سرداریک

www.SID.ir

شماره ۲- الف)، ولی با افزایش تنش در روز پنجم این تفاوت غیر معنی دار شـده است که تائیدی بر اثر تعداد روزنه بیشـتر در تیمار با Ccc بر بالا بردن فتوسنتز میباشد به طوری که پس از تنش خشکی که روزنه های گیاهچه های بدون تیمار و با تیمار Ccc رو به بسـته شدن میروند، فتوسنتز آنها نیز به یکدیگر نزدیک شده است.

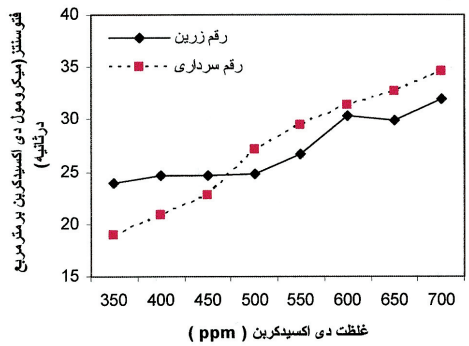
نقطـه موازنه دی اکسـید کربـن رقم زرین ۷۰ppm و رقم سرداری ۱۰۰ppm اندازه‌گیری شـد. با توجه به این تفـاوت و همچنین افزایش بیشتر فتوسـنتز در گیاهچه رقم سرداری نسبت به رقم زریـن در غلظتهای بالاتـر از ۴۵۰ppm (شکل شماره ۶) که آنزیم روبیسکو تنها فعالیت کربوکسی لاز را انجام می دهد و همچنین کمتر بودن مقدار فتوسـنتز رقم سرداری در مقایسه با رقم زرین در غلظت ۳۶۰ppm دی اکسیدکربن هوا، مـی توان نتیجـه گرفت که احتمـال دارد تنفس نوری دررقم سـرداری بیشتر از رقم زرین باشـد. این موضوع باعث می شـود که رقم زرین در شـرایط بدون تنش، رشد و فتوسنتز بیشتری داشـته باشـد. در مرحلـه گیاهچـه ای ارتفـاع گیاهچه رقم سـرداری بیش ازگیاهچه رقم زرین (شـکل شـماره ۷- الف)، ولی عرض برگ و قطر ساقه گیاهچه های رقم زرین بیشتر می باشد. در مرحله گلدهی تفاوت رشد دو رقم در شرایط بدون تنش بسیار آشکار است، بـه طوری که میانگین ارتفاع گیاه رقم زرین و سـرداری در مرحله گلدهی به ترتیب ۶۳/۵۰ و ۵۰/۲۵ سـانتیمتر و میانگین وزن خشـک بخش هوایی به ترتیب ۲/۱۹ و ۱/۵۱ گرم در هر گیاهچه اندازه‌گیری شـد. همچنین پس از بذردهی، میانگین وزن خشـک خوشه های هر گلدان برای ارقام زرین و سـرداری در شرایط بدون تنش خشـکی به ترتیب ۱۸/۶۵ و ۴/۸۰ بدست



شکل شماره ۵- اندازه سلولهای مزوفیل برگ و تراکم کلروپلاست (شکل بالا) و تعداد روزنه های سطح برگ (شکل پایین) به ترتیب با بزرگنمایی ۱۰۰۰ و۱۰۰ در گیاهچه های گندم تیمار شده با CCC (سمت راست) و بدون CCC (سمت چپ)

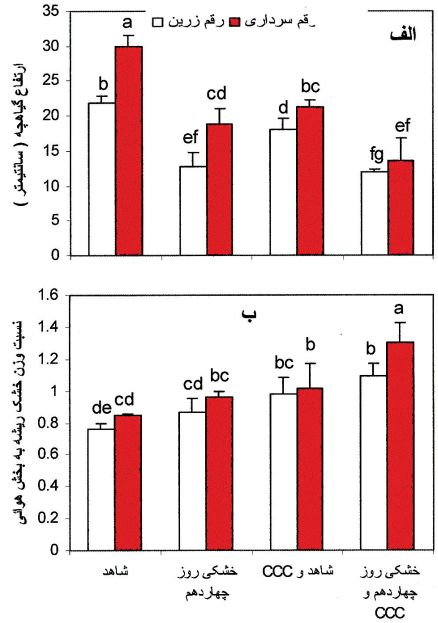
آمد. براساس اطلاعات موسسه تحقیقات و تهیه نهال و بذر نیز عملکرد رقم زرین ۶۴۰۰ کیلوگرم در هکتار ولی رقم سـرداری ۲۰۰۰-۶۰۰ کیلوگرم در هکتار می باشـد. اما در تنش خشکی شدید رقم سـرداری قابلیت هائی از خود نشان می دهد، از آن جمله، حفظ نسبی آب و تحمل در شرایط تنش خشـکی و مقاومت در برابر عوامل محدود کننده غیر روزنهای فتوسـنتز را می توان نام برد. بعلاوه مقایسـه تغییرات مقدار فتوسـنتز با آبیاری مجدد پس از شـش روز تنش (شـکل شماره ۳) نشـان می دهد که رقم سرداری توان بیشتری برای بازگشت به فتوسنتز در شرایط غیر تنش دارد. مشاهدات تجربی در کشـت گلخانه ای نیز رویش برگهای فراوان در گیاه سرداری در اثر آبیاری پس از تنش خشکی را نشان می دهد.

میانگین سـرعت رشد نسـبی در شـرایط بدون تنش برای رقم زرین و سـرداری به ترتیب ۰/۰۸۶ و ۰/۰۸۵ گرم بر گرم در روز محاسـبه گردید. حیدری و حیدری زاده (۳) نیز سرعت رشد نسبی ۰/۰۹۲ و ۰/۰۸۹ گرم بر گرم در روز را به ترتیب برای رقم زرین و سرداری گزارش نموده اند. سرعت رشد نسبی هر دو رقم در اثر مصرف CCC کاهش یافته است (شکل شماره ۸) و این ناشی از اثر بازدارندگی CCC بر بیوسنتز اسید جیبرلیک میباشد. تنش خشـکی نیز موجب کاهش معنی دار سـرعت رشد نسبی هر دو رقم گردیده (شکل شماره ۸)، اما این کاهش در رقم زرین بیشتر است به طوری که میانگین سـرعت رشد نسـبی رقم زرین و سرداری در تنش خشکی در گیاهچـه های بدون تیمار CCC به ترتیـب ۰/۰۳۳ و ۰/۰۵۱ گرم بر گرم وزن خشک در روز بوده است. ارتفاع گیاهچه و نسبت وزن خشک ریشه به



شکل شماره ۶- مقدار فتوسنتز گیاهچه های گندم ارقام زرین و سرداری در غلظتهای مختلف دی اکسیدکربن در شرایط بدون تنش خشکی بر ارتفاع و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی گیاهچه گندم ارقام زرین و سرداری

Archive of SID
www.SID.ir



شکل شماره ۷- اثر تنش خشکی و CCC بر ارتفاع و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی گیاهچه گندم ارقام زرین و سرداری

بخش هوایی گیاهچه های بدون تنش در مدت چهارده روز آزمایش به طور معنی‌داری افزایش یافت.

نکته قابل توجه آنست که میانگین مقدار فتوسنتز ارقام زرین و سرداری در مرحله گلدهی درکاشت گلخانه ای به ترتیب ۱۹/۷۷ و ۱۸/۲۰ میکرومول دی اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه اندازه گیری شد، که بیش از مقدار فتوسنتز مرحله گیاهچه ای است. ریتچی و همکاران (۳۴) نیز نتایج مشابهی در مورد تفاوت مقدار فتوسنتز مرحله گلدهی و گیاهچه ای بدست آورده اند. برگهای مختلف یک گیاهچه نیز اختلاف فتوسنتز دارند، اهمیت این موضوع از آن جهت است که ارتفاع و وزن خشک گیاهچه ها در نتیجه فتوسنتز همه برگهای آن بوجود می آید. فتوسنتز خالص برگهای اول و دوم از پایین، گیاهچه سه هفته ای در شرایط بدون تنش خشکی برای رقم زرین به ترتیب ۶/۷۰ و ۱۰/۳۹ و برای رقم سرداری به ترتیب ۶/۵۰ و ۸/۹۱ میکرومول دی اکسیدکربن بر مترمربع در ثانیه اندازه گیری شد. همان طورکه ملاحظه می گردد برگ پائینی که مسن تر است در هر دو رقم، فتوسنتز کمتری تا برگ بالغ بالاتر دارد ولی این تفاوت در رقم سرداری کمتر است.

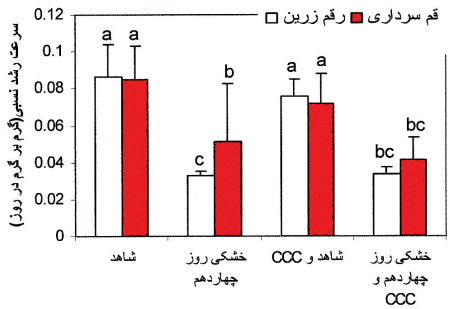
ماده تنظیم کننده رشد کلروکولین کلراید به طور معنی داری باعث کاهش ارتفاع هر دو رقم زرین و سرداری گردید (شکل شماره ۷- الف)، در نتیجه تعرق گیاه از طریق کاهش اندازه آن کم می شود واین کاهش ارتفاع به دلیل اثر CCCف در ممانعت از بیوسنتز اسید جیبرلیک (۵، ۲۲، ۳۱ ، ۳۹) نیز در این مورد عامل اصلی بوده است. مشاهدات میکروسکوپی سلولهای مزوفیل نشان میدهد که گیاهچه های بدون تیمار CCC سلولهای بزرگتری نسبت به گیاهچه های تیمار شده با CCC دارند (شکل شماره ۵)که احتمالا به اثر فیتوهورمون جیبرلیک اسید در افزایش تعداد و اندازه سلولی مربوط می شود، به طوری که در سایر منابع (۱۵ ، ۳۵) نیز به آن اشاره شده است. طول برگ تنها در گیاهچه رقم سرداری در اثر تیمار با Ccc به طور معنی داری کاهش یافت. تیمار گیاهچه ها با CCC باعث افزایش نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی گیاهچه های هر دو رقم مورد مطالعه گردیده است (شکل شماره ۷- ب). در گزارشهای سایرین (۲، ۹، ۱۳، ۲۳) نیز توسعه سیستم ریشه ای گیاه در اثر تیمار با CCC دیده می‌شود. این توسعه موجب افزایش جذب آب و تغذیه بهتر گیاه میگردد. قابل ذکر است که سرعت رشد نسبی در اثر تنش خشکی در هر دو رقم به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل شماره ۸).

با توجه به نتایج به نظر می رسد که در شرایط رطوبتی مناسب رقم زرین رشد و فتوسنتز بهتری دارد اما در تنش خشکی رقم سرداری متحمل‌تر است. مکانیسم تحمل به خشکی گندم سرداری از طریق بسته شدن سریع روزنه‌ها در شرایط کمبود آب و مقاومت در برابر عوامل محدودکننده غیر روزنه‌ای فتوسنتز در شرایط تنش خشکی می باشد. به علاوه پس از رفع تنش نیز رقم سرداری توانائی رشد مجدد را دارد. احتمالاً به منظور ایجاد گیاهچه هائی تواناتر برای استقرار در محیط و مقابله با شرایط تنش خشکی می‌توان از تنظیم کننده رشدکلروکولین کلراید استفاده نمود.

پاورقی ها

1- Rubisco
2- Photophosphorylation
3- Chlorocholine Chloride (CCC)
4- Glycine-betaine
5- Dimethyl glycine
6- Relative water content (RWC)
7- Stomatal conductance
8- Flow rate
9- Relative growth rate (RGR)

منابع مورد استفاده



شکل شماره ۸- اثر تنش خشکی و CCC بر سرعت رشد نسبی گیاهچه های گندم ارقام زرین و سرداری

Archive of

www.SID.ir

جدول شماره ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عامل زمان، تنش خشکی، رقم و CCC بر رشد و فتوسنتز گیاهچه‌های گندم

	ارتفاع گیاهچه	درصدآب نسبی برگ	نسبت وزن خشک‌ریشه به ساقه	فتوسنتز	هدایت روزانه‌ای	تعرق	کلروفیل bو a
عامل زمان	۵۵۳/۵*	۷۱۱۵*	۰/۵۵*	۳۹۸/۸*	۷۵۶۷۴*	۱۲۴/۷*	۱۲/۵*
عامل تنش خشکی	۲۱۵/۹*	۷۳۹۵*	۰/۰۷*	۱۵۶۸/۲*	۲۴۶۰۱۷*	۲۷۴/۵*	۷۵۲/۷*
اثر متقابل زمان و تنش خشکی	۲۱۵/۹*	۷۳۹۵*	۰/۰۷*	۱۹۷*	۴۳۵۷۶*	۱۰۶/۴*	۷۵۲/۷*
عامل رقم	۱۱۵/۹*	۲۲/۱ ns	۰/۲۷*	۸/۷*	۲۰۹۲/۵*	۱۰/۱*	۲۹/۷*
اثر متقابل زمان و رقم	۳۱/۷*	۴۴/۵*	۰/۰۲*	۷/۲*	۹۴۲/۲*	۶/۵*	۲۹/۹*
اثر متقابل تنش خشکی‌و رقم	۲/۵*	۴۸/۸*	۰/۰۱ ns	۰/۱*	۱۰۸۹/۴*	۱۰/۹*	۲۹/۶*
عامل CCC	۲۰۹/۲*	۴ ns	۰/۶۹*	۳۴۹/۷*	۴۵۲۱۴*	۲۶۰/۹*	۱۰/۸*
اثر متقابل زمان و CCC	۲/۹ ns	۱ ns	۰/۰۱ ns	۱۷/۷*	۲۲۷۸/۱*	۷/۵*	۴/۸*
اثر متقابل تنش خشکی و CCC	۸/۸ ns	۰/۶ ns	۰/۰۱ ns	۵۶/۹*	۵۵۱۷/۶*	۲۰/۴*	۷/۲*
اثر متقابل رقم و CCC	۷۸/۵*	۱/۳ ns	۰/۰۳*	۵/۶*	۵۶۳/۶*	۰/۶ ns	۵/۹*

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

ns غیر معنی دار

۱-احمدی، علی و د.آ.، بیکر. ۱۳۷۹. عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱، شماره ۴: ص

۲- امینی راد، محمد و صادق فرهی آشتیانی. ۱۳۷۸. تأثیر کلروکلین کلرید بر میزان فعالیت آنزیمهای کاتالاز، پراکسیداز و اسید فسفاتاز در طی پیرشدن برگ گیاه گندم، مجله علوم پایه دانشگاه الزهرا، جلد ۱۲، شماره ۲: ص ۱۸-۹.

۳-حیدری، رضا و مسعود حیدری زاده. ۱۳۸۱. ارزیابی مقاومت به شوری، خشکی، سرما، گرما و تغییرات pH در چند رقم گندم ایرانی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره اول: ۹۰-۸۱.

۴-رضوی. خ. ۱۳۷۶. بررسی عکس العمل درختچه انار نسبت به محلول پاشی با نمک و ماده کلروکلین کلراید. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس.

۵-فرهی آشتیانی، صادق. ۱۳۶۲. تأثیر CCC بر میزان افزایش مقاومت گیاه گندم در مقابل خوابیدگی در تبعیت از مصرف کود ازته، پویش، نشریه مرکزی پژوهشی دانشگاه اصفهان، شماره ۱: ص ۲۶- ۱۶.

۶-فرهی آشتیانی، صادق. ۱۳۷۰. بررسی رشد و ازدیاد مقاومت گیاه در مقابل خوابیدگی بوته، مجله علوم پایه دانشگاه الزهرا، سال سوم، شماره ۵و ۶: ص ۴۱-۲۹.

7-Arnone, D. T. 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.

8-Ashraf, M. Y., Azim, A.R., Khan, A.H. and Ala, S. A. 1994, Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (Triticum aestivum L). Acta Physiologia Plantarum 16: 185-191.

9-Dushkova, P. 1981, Effect of chlorocholine chloride of growth, photosynthetic nitrogen metablism of maize plants under moisture stress. Noushn: Trudovena Plovdivski Unversitet, Biologiya, P. 325-338 (cited from plant growth regulator Abstract. 1983. Vol. 9, Abst. No. 243).

10-El-Damaty, H., Kuehn, H. and linser, H. 1964, A prelimanary investigation on increasing salt tolerance of plants by application of 2-chloroethyl trimethyl ammonium choride. .Agrochemica 8: 129-138

11-Farrahi-Aschtiani, S. and sharifian, S. 1973, Die wirking von chorocholine choride (CCC) auf die ausbildung des wurzelsystems von Sonenblumen in abhaengigkeit von wasser gehalt des Bodens. Z. Pflanzenernaehr. und Bodenkd 136(1): 52-56.

12-Farrahi-Aschtiani, S. and sharifian, S. 1976, The effect of chlorocholin choride on the behaviour of the stomata of the leaves of sugar beet. Bult. Faculty of Science, Tehran Univ. Vol. 7(4): 146-148.

13-Feucht, D., Schmitz, M. and Hofner, W. 1988, Changes in leaf blades and the chlorophyll content of flag leaves of winter wheat due to growth regulator applications. Z. Pflanzenernaehr. und Bodenkd, P. 288-295 (cited from plant growth regulator Abstract 1983. Vol 9, Abst. No. 929).

14-Flexas, J. and Medrano, H. 2002, Drought-inhibition of photosynthesis in C3- plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany 183: 183-189.

15-Gao, H. and Shannon, J. C. 1997, Effect of gibberellin on growth, protein secretion and starch accumulation in maize endosperm suspension cell. Journal of plant Grwoth Reglator 16:

Archive of SID
www.SID.ir

137-140.
16-Gimenez, C., Mitchell, V.J. and Lawlor, D.W. 1992, Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress. Plant physiol. 98: 516-524.
17-Gunasekera, D. and Berkowitz, G.A. 1993, Use of transgenic plant with ribulose-1,5- bisphosphate carboxylase/oxygenase antisense DNA to evaluate the rate limitation of photosynthesis under water stress. Plant physiol. 103: 629-635.
18-He, J.X., Wang, J. and Liang, H.G. 1995, Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves. Physiol. Plant. 93: 771-777.
19-Johnson, R.C., Mornhinweg, D.W., Ferris, D.M. and Heitholt, J.J. 1987, Leaf photosynthetic and conductance of selected Triticum species at different water potentials. Plant physiol. 83: 1014-1017.
20-Kicheva, M.L., Tsonev, T.D. and Popova, L.P. 1994, Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. Photosynthetica 30: 107-116.
21-Kimenov, G., Dushkova, P. and Kovacheva, M. 1977, Effect of chlorocholine chloride on Protein and amino acid composition of maize leaves under condition of different water supply. Nauchni Trudovana Plaudivski Vniversitet Biologiya, P. 257-272 (cited from plant growth regulator Abstract 1983. Vol. 9, Abst. No. 241).
22-Kof, E. M., Chuvasheva, E. S., Kefeli, V. I. and Kandykov, I. V. 1998, Responses of pea genotypes contrastion in leaf morphology and stem height to gibberellic acid and chlorocholine chloride. Russion journal of plant physiology 45(3): 379.
23-Koinov, G. and Radnev, R. 1981, Preswimming seed treatment with (CCC) chlorocholine chloride as means of increasing plant development and barley yield. Rastiniev dui Nouki, P. 22-97 (cited from Plant growth regulator Abstract 1983. Vol. 9, Abst. No. 1588).
24-Krishchenko, V.P., Shyvlyauskas, A. K. and Blinovskii, I. K. 1981, The rate of protein renewal in wheat and grain qualtiy in barley after treating plants with chlorocholine chloride. Investiya timiryazevskoi. Sel, Sko Khozyaistrennoi Akademii, No. 6, P. 183-188 (cited from P. G. R. A. 1983. Vol. 9, Abst. No. 1235).
25-Kuroda, M., Qzawa T. and Imagawa, H. 1990, Changes in chloroplast peroxidase activity in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. Physiol. Plant. 80: 555-560.
26-Lawlor, D. W. 2002, Limitation of photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata Vs. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany 89: 871-885.
27-Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navari-Izzo, F. 1999, Antioxidative defense system, Pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant physiol. 119: 1091-1099.
28-Martin, B. and Ruiz-Torres, A. R. 1992, Effects of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations, and on water use efficiency in wheat (Triticum aestivum L.). Plant physiol. 100: 733-739.
29-Majumdar, S., Ghosh, S., Glick, B.R. and Dumbroff, E.B. 1991, Activities of chlorophyllase phosphoenol pyruvate carboxylase and ribulose-1,5-bisphosphatase carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence and drought. Physiol. Plant. 81: 473-480.
30-Miyamoto, T. 1962, Erhoehung der widerstand sfahigkeit von weizen gegenueber hohen salzkonzentrationen trimethyl ammonium chloride. Natur- wissensehaften 49: 213.
31-Nadjimov, U. K., Scott, I. M., Fatkhullaeva, G. N., Mirakhmedov, M.S., Nasirullaev, B.U. and Musaev, D.A. 1999, Conditioning of fasciation by gibberellin and genotype in cotton (Gossypium hirsutum L.) Journal of plant Growth Regulator 18: 45-48.
32-Parry, M.J., Androlojc, J.P., Khan, S., Lea, P.J., Keys, A.J. 2002, Rubisco activity : effects of drought stress. Annals of Botany 89: 833-839.
33-Prusakova, L. D., Lukman, A.K. and Meshcheryakov, A.B. 1993, Effects of chlorocholine chloride on the tolerance of spring wheat to chloride salinization. Russian Journal of Plant Physiology 40(5): 670-675.
34-Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Holaday, A.S. 1990, Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.
35-Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1994, Plant physiology. wadsworth publishing company, California.
36-Sharkey, T.D. and Badger, M.R. 1982, Effects of water stress on photosynthetic electron transport, photophosphorylation and metabolite level of xanthium strumarium cells. Planta 156: 199-206.
37-Tezara, W., Mitchell, V.J., Driscoll, S.D. and Lawlor, D.W. 1999, Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. Nature 401: 914-917.
38-Thomas, H. 1997, Drought resistance in plants in "Mechanisms of environmental stress resistance in plant". (Eds As Basra, RK Basra). PP. 1-42 (Harwood Academic publishers: Amsterdam).
39-Tolbert, N.E. 1960, 2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride and related compounde as plant growth substances. I. Chemical structure and bioassay Journal of Biochemistry 235: 474-479.

Archive of SID
www.SID.ir