

اثر محلول‌پاشی آترازین بر عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای کنترل‌کننده فتوستتوز در گلرنگ در شرایط تنش خشکی

حمید باقری*، بابک عندلیبی و محمدرضا عظیمی مقدم

زنجان، دانشگاه زنجان، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱۴

چکیده

تنش خشکی یکی از مهمترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که گیاهان را با محدودیت رشد روبرو می‌سازد. در این مسیر فتوستتوز تعیین‌کننده اصلی رشد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات رشد مهم می‌باشد. به‌منظور بررسی نقش عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای بر فتوستتوز گیاه گلرنگ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط تنش خشکی اجرا شد، که در آن آترازین به‌عنوان ماده ضد تعرق در ۳ مرحله رشدی گلرنگ (ساقه روی، گلدهی و دانه‌بندی) و در ۴ سطح (صفر، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ گرم در هکتار) مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بین مقادیر محلول‌پاشی آترازین در هر سه زمان محلول‌پاشی در صفات سرعت فتوستتوز، شدت تعرق، غلظت CO₂ اتاقک زیر روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی و محتوای نسبی آب اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. در این بررسی مقدار محلول‌پاشی ۱۲۰ گرم در هکتار در زمان گلدهی بیشترین اثر را روی این صفات بجز محتوای نسبی رطوبت داشت و تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد با تیمار شاهد از خود نشان داد. مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار در زمان ساقه‌روی بیشترین محتوای رطوبت نسبی را به خود اختصاص داد. البته بین مقادیر محلول‌پاشی آترازین از نظر صفت کارایی مصرف آب فتوستتوزی اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین کارایی مصرف آب فتوستتوزی در مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین به دست آمد. مطالعه‌ی همبستگی صفات نشان داد که بین سرعت فتوستتوز با صفات شدت تعرق، هدایت مزوفیلی، غلظت CO₂ اتاقک زیر روزنه‌ای و هدایت روزنه‌ای رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: *Carthamus tinctorius L.*، آترازین، فتوستتوز، تنش خشکی، تبادلات گازی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۴۲۳۴۱۲۱، پست الکترونیکی: mjhamid62@yahoo.com

مقدمه

فتوستتوز در متابولیسم گیاهان عالی نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای دارد. بنابراین سرعت فتوستتوز عامل اصلی تعیین‌کننده تولید ماده خشک و توان تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود (۲۵ و ۳۹). عوامل محدودکننده فتوستتوز به دو دسته عوامل روزنه‌ای که منجر به کاهش انتشار CO₂ به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شوند و عوامل غیر روزنه‌ای که فتوستتوز را از طریق اثر مستقیم کمبود آب بر فرایندهای بیوشیمیایی فرآوری کربن محدود می‌کنند، تقسیم می‌شوند (۸). به‌طورکلی پذیرفته شده که محدودیت روزنه‌ای عامل اصلی تعیین‌کننده کاهش فتوستتوز در شرایط تنش خشکی است (۱۶، ۱۸ و ۲۷). بسته شدن روزنه‌ها کاهش ورود CO₂ به داخل برگ و کاهش فتوستتوز خالص را به دنبال دارد. مقادیر پایین غلظت CO₂ درون سلولی (C_i) در مرحله پیش از پژمردگی این موضوع را نشان می‌دهد (۱ و ۵). کاهش C_i می‌تواند به این معنی باشد که هنوز ظرفیت فتوستتوزی کلروپلاست‌ها تحت تأثیر خشکی (تنش ملایم) قرار نگرفته است و کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش C_i شده است.

پینولن، بر رابطه فتوستنز و آب در گیاه فلفل شیرین صورت گرفت، نتایج نشان داد که در اثر مصرف مواد ضد تعرق، هدایت روزنه‌ای و تعرق کاهش یافتند. ولی در مجموع فتوستنز افزایش یافت. آنها همچنین اعلام کردند که ماده‌ی ضد تعرق موجب بهبود مقاومت گیاه فلفل شیرین به خشکی می‌شود. البته تأثیر مواد ضد تعرق بر سرعت فتوستنز توسط Kumar و همکاران (۲۰۰۲) نیز به اثبات رسیده است.

افزایش توان فتوستنزی در شرایط تنش خشکی و همچنین تعیین میزان سهم عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوستنز تحت تنش خشکی از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از این تحقیق، امکان بهبود فاکتورهای کنترل کننده فتوستنز توسط محلول‌پاشی آترازین در گیاه گلرنگ رقم سینا بود.

مواد و روشها

این آزمایش، طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه جهاد کشاورزی گرمرو واقع در ۲۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان میانه با میانگین سالیانه‌ی بارندگی ۲۸۸/۵ میلی‌متر واقع در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی با ارتفاعی معادل ۱۰۹۳ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. برای بررسی تأثیر محلول‌پاشی ماده ضد تعرق آترازین بر برخی صفات فتوستنزی و تبادلات گازی گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L. رقم سینا در شرایط بدون آبیاری آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد که در آن آترازین به‌عنوان ماده ضد تعرق با ۳ زمان استفاده به صورت محلول‌پاشی (ساقه روی (Steming) - گلدهی (Flowering) و دانه‌بندی (seed filling)) و در ۴ سطح (صفر یا شاهد، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ گرم در هکتار) در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور انجام این تحقیق از آترازین با فرمولاسیون پودر وتابل ۸۰ درصد (Gesaprim®, WP80%) استفاده گردید. در مراحل مورد

بنابراین عامل محدود کننده فتوستنز در شرایط تنش ملایم عامل روزنه‌ایست، ضمن این که با افزایش فتوستنز میزان C_i کاهش می‌یابد (۶، ۲۷ و ۳۸). با پیشرفت تنش خشکی تا مرحله ایجاد پژمردگی معمولی در برگ فتوستنز خالص هدایت روزنه‌ای تا حد زیادی متوقف می‌شود، ولی C_i به حداکثر مقدار خود می‌رسد. البته کاهش C_i در شرایط تنش ملایم و افزایش آن در تنش‌های شدید در گیاهان مختلف گزارش شده است (۲۷ و ۳۸). افزایش C_i با وجود کاهش شدید در هدایت روزنه‌ای را می‌توان به کاهش ظرفیت فتوستنزی کلروپلاست‌ها و یا کاهش بازده کربوکسیلاسیون نسبت داد (۱، ۳۰ و ۴۱). محققان عامل اصلی محدود شدن فتوستنز در شرایط کمبود آب را در سویا (۳۳) و لوبیا (۳۴) بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای گزارش کرده‌اند. اصولاً هدایت روزنه‌ای که معیاری از وضعیت باز بودن روزنه‌هاست، پس از گذشت چند روز از تیمار تنش کاهش می‌یابد. این در حالیست که هنوز تغییر چندانی در پتانسیل آب یا وضعیت برگ‌ها بوجود نیامده است (۲۵). با اعمال محدودیت آبی روی گیاه توت فرنگی خاردار (*Lycrum nodasum*) هدایت روزنه‌ای کاهش یافت و منجر به کاهش CO_2 موجود در مزوفیل گردید که در نهایت فتوستنز متأثر گردید (۱۸ و ۴۰). محققان متعددی عقیده دارند که محدود کننده اصلی فتوستنز گیاه در شرایط تنش میزان هدایت مزوفیلی است (۵ و ۲۲). اما در کل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاهش فتوستنز بر اثر تنش خشکی تحت تأثیر موازی هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی قرار دارد (۲۶، ۳۷ و ۴۲). نتایج حاصل از تحقیقات Martin and Leonard (۱۹۸۹) نشان داد که تحت تنش خشکی، هدایت روزنه‌ای داخل سلول تا حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

کاربرد مواد ضد تعرق یک ابزار نویدبخش برای تنظیم تعرق در حفظ آب گیاه در حد مطلوب است (۲۳). استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارد (۲۱). در آزمایشی که توسط Del Amor و همکاران (۲۰۱۰) بر اثر کاربرد مواد ضد تعرق

وزن آماسیده غوطه‌ور شدند و پس از آن به سرعت وزن آماسیده اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده و محتوای نسبی آب بر طبق معادله‌ی زیر محاسبه شد (۳۶).

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

برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد از نرم افزار MSTAT-C (ver 2.10, The Crop and Soil Sciences Department of Michigan State University, USA) استفاده شد. محاسبه همبستگی صفات با نرم افزار SPSS (ver. 17, SPSS Inc., USA) انجام و برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

CO₂ زیر روزنه (C_i): اثر متقابل زمان × مقدار محلول‌پاشی، از لحاظ صفت CO₂ زیر روزنه اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۱). همانطور که از شکل ۱ بر می‌آید، بیشترین CO₂ زیر روزنه را زمان گلدهی در مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین و کمترین CO₂ زیر روزنه را زمان ساقه‌روی در مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین به ترتیب با ۲۵۰/۸ و ۱۲۰/۶۵ میکرومول بر مول به خود اختصاص دادند. بین زمان‌های ساقه‌روی و دانه‌بندی از نظر CO₂ زیر روزنه در تمامی مقدارهای محلول‌پاشی آترازین اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نمی‌شود. چنین به نظر می‌رسد که تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود که در نتیجه، نسبت CO₂ به O₂ را در برگ‌ها کاهش داده و از تثبیت CO₂ ممانعت می‌کند (۲۰). کاهش C_i، محدودیت CO₂ برای فتوسنتز را افزایش و سرعت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (۷). با توجه به شکل ۱ افزایش مقدار محلول‌پاشی ماده‌ی ضد تعرق آترازین تا ۱۲۰ گرم در هکتار در مرحله گلدهی موجب افزایش CO₂

نظر برای محلول‌پاشی، مقادیر مورد تحقیق تهیه و محلول‌پاشی با سمپاش دستی پس از پشت سر گذاشتن گرمای روزانه و در هنگام غروب آفتاب انجام شد. محلول‌پاشی به نحوی صورت گرفت که روی تمام سطح برگ (سطح بالا و پایین برگ) با ماده ضد تعرق خیس شد و قطرات محلول جاری شد. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی، یک هفته بعد از محلول‌پاشی آترازین در زمان‌های موردنظر، دومین برگ انتهایی از شاخه اصلی، درون اتاقک اندازه‌گیری (چمبر) دستگاه فتوسنتز متر ایرگا (مدل LCI ADC.Co.UK)، طوری قرار داده شد که سطح فوقانی برگ به طرف بالا قرار گیرد، تا نور کافی دریافت کند. اندازه‌گیری در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد (۲۳). در نهایت سرعت فتوسنتز (P_N) بر حسب میکرومول CO₂ بر متر مربع بر ثانیه، هدایت روزنه‌ای (g_s) بر حسب میلی‌مول CO₂ بر متر مربع بر ثانیه، شدت تعرق (TR) بر حسب میلی‌مول آب بر متر مربع بر ثانیه و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای (C_i) بر حسب میکرومول CO₂ بر مول با استفاده با میانگین‌گیری از ۳ قرائت، ثبت و ب منظور تعیین هدایت مزوفیلی (کارایی کربوکسیلاسیون، CE) بر حسب میلی‌مول CO₂ بر متر مربع بر ثانیه و کارایی مصرف آب فتوسنتزی (WUE) بر حسب میکرومول CO₂ بر مول آب از معادله زیر استفاده گردید (۹).

$$CE (g_m) = P_N / g_s$$

$$WUE = P_N / C_i$$

یک هفته بعد از محلول‌پاشی آترازین در هر مرحله فنولوژیکی، اقدام به اندازه‌گیری محتوای نسبی آب گردید. برای اندازه‌گیری این صفت، در ساعت ۱۰ صبح از گیاهان سه ردیف وسط هر کرت برگ‌های ۵ بوته نمونه‌برداری و به طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی روی تکه‌های یخ قرار داده شد و سریعاً به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس دیسک‌های برگ‌ی در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و نور کم جهت محاسبه‌ی

می‌دارند، می‌شود. چنین به نظر می‌رسد افزایش CO_2 زیر روزنه در مقادیر ۸۰ و ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین به همین علت بوده است. کافی و همکاران (۱۳۸۶) اعلام کرده‌اند که در گیاهان C_3 (مانند گلرنگ) افزایش سطح C_i فتوسنتز را در دامنه‌ی بسیار وسیع‌تری افزایش می‌دهد. با توجه به جدول همبستگی صفات (جدول ۲)، بین CO_2 ی زیر روزنه و سرعت فتوسنتز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. چنین به نظر می‌رسد که افزایش CO_2 ی زیر روزنه موجب افزایش سرعت فتوسنتز شده است که با نتایج کافی و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت دارد.

زیر روزنه گردید. برخی از گزارش‌ها نشان داده‌اند که مواد ضد تعرق باعث انتشار بیشتر دی‌اکسید کربن نسبت به بخار آب می‌شوند (Brown and Rosenberg, ۱۹۷۳). به نقل از Del Amor و همکاران، (۲۰۱۰). افزایش دی‌اکسید کربن، باعث افزایش سرعت فتوسنتز از طریق افزایش غلظت دی-اکسید کربن در مکان فعالیت آنزیم کربونیک آنهیدراز می-شود (۳۳). Gale (۱۹۶۱) به نقل از سرمدنیا و کوچکی (۱۳۶۸) بیان کرده است که ظاهراً ماده‌ی ضد تعرق باعث جلوگیری از انسداد روزنه‌ها نسبت به شرایط تنش خشکی که گیاهان کاملاً روزنه‌های خود را به حالت بسته نگه

جدول ۱- میانگین مربعات اثر زمان و مقدار محلول‌پاشی آترازین بر عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای کنترل‌کننده فتوسنتز گلرنگ رقم سینا در شرایط بدون آبیاری

میانگین مربعات (MS)							درجه آزادی	منابع تغییرات
کارایی مصرف آب محتوای نسبی آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	سرعت فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	شدت تعرق	CO_2 زیر روزنه (ci)			
۲۴/۶۸۴**	۶۱۰۹/۹۹۲*	۵۷۸/۸۳۵ ^{ns}	۰/۹۹۰ ^{ns}	۰/۰۳۵*	۸/۶۸۸ ^{ns}	۷۴۷/۰۷۰ ^{ns}	۲	بلوک
۱۹۳۷/۸۹۸**	۲۲۴۶۹/۳۸۳**	۹۲۵۴/۹۱۷**	۱۶۱/۱۰۰**	۰/۱۷۸**	۲۴/۰۹۰**	۲۰۰۰/۸۴۶*	۳	مقدار محلول‌پاشی
۹۵/۳۲۴**	۱۱۱۳۸/۲۱۹**	۱۰۴۲۵/۲۵۶**	۹۲/۳۷۷**	۰/۱۴۴**	۱۵/۵۹۸**	۲۳۹۲/۳۱۲*	۲	زمان محلول‌پاشی
۹/۶۲۶*	۶۳۰/۱۶۷ ^{ns}	۲۳۶۵/۱۵۷*	۵۶/۹۷۱**	۰/۰۲۲*	۲۰/۰۵۵**	۱۷۹۰/۲۱۳*	۶	زمان × مقدار محلول‌پاشی
۲/۶۱۷	۱۱۶۶/۵۹۵	۶۴۲/۷۵۴	۱۳/۳۳۳	۰/۰۰۸	۳/۸۱۴	۶۵۱/۹۸۶	۲۲	خطای آزمایشی
۱۰/۹۲	۱۳/۸۶	۱۶/۵۷	۱۴/۱۴	۱۱/۰۸	۱۰/۵۲	۱۱/۷۷		ضریب تغییرات (درصد)

ns و * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات ارزیابی شده گلرنگ رقم سینا در شرایط بدون آبیاری

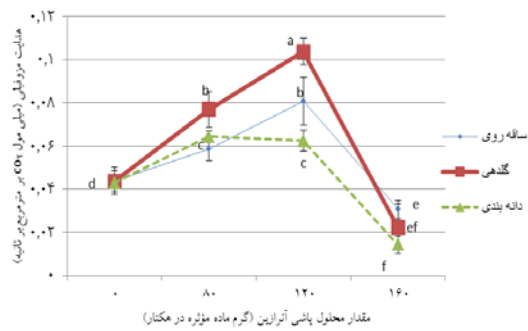
کارایی مصرف آب محتوای نسبی آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	سرعت فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	شدت تعرق	CO_2 زیر روزنه (ci)	
					۱/۰۰۰	CO_2 زیر روزنه (ci)
					۰/۳۰۵	شدت تعرق
			۱/۰۰۰	۰/۲۵	۰/۴۰۳	هدایت روزنه‌ای
		۱/۰۰۰	۰/۷۰۰**	۰/۸۰۱**	۰/۶۸۹**	سرعت فتوسنتز
	۱/۰۰۰	۰/۷۵۳**	۰/۱۸۹	-۰/۵۵۱*	-۰/۵۳۹*	هدایت مزوفیلی
۱/۰۰۰	۰/۳۲۳	۰/۶۸۹**	-۰/۶۹۸**	۰/۰۹۳	۰/۵۴۱*	کارایی مصرف آب فتوسنتزی
۱/۰۰۰	-۰/۲۵۴	۰/۶۲۷**	۰/۷۱۹**	۰/۵۷۳*	۰/۷۰۲**	محتوای نسبی آب



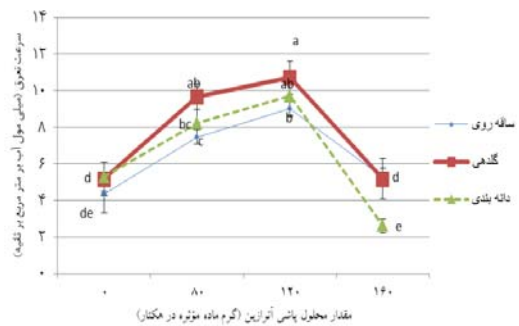
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار×زمان محلول‌پاشی آترازین بر سرعت فتوسنتز



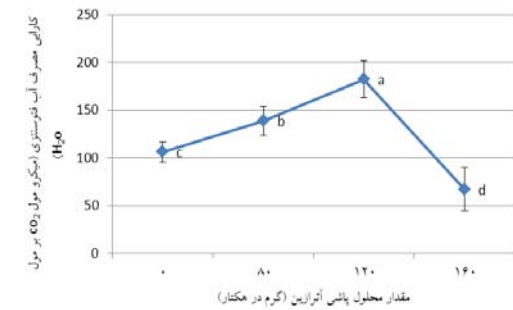
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار×زمان محلول‌پاشی آترازین بر CO2 زیر روزنه



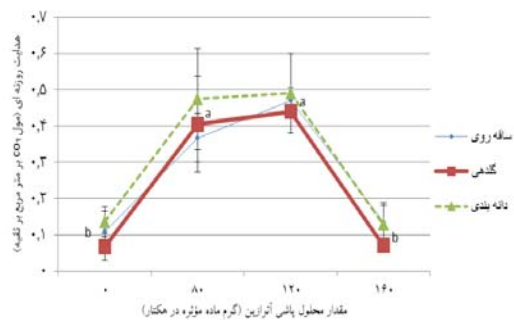
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار×زمان محلول‌پاشی آترازین بر هدایت مزوفیلی



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار×زمان محلول‌پاشی آترازین بر سرعت تعرق



شکل ۶- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب فتوسنتزی مقدار محلول-پاشی آترازین



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار×زمان محلول‌پاشی آترازین بر هدایت روزانه‌ای

* (علامت بار در تمامی شکل‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) می‌باشد).

(جدول ۱). همان‌طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود زمان گلدهی در مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین و دانه‌بندی در مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین به ترتیب با ۱۰/۷۱ و ۲/۶۳ میلی‌مول بر متر مربع بر ثانیه، بیشترین و

سرعت تعرق: براساس جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل زمان × مقدار محلول‌پاشی آترازین تأثیر معنی‌داری بر صفت سرعت تعرق در سطح احتمال ۱ درصد داشت

زمان محلول‌پاشی آترازین اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. البته افزایش غلظت ماده‌ی ضد تعرق آترازین از ۱۲۰ به ۱۶۰ گرم در هکتار موجب کاهش هدایت روزنه‌ای در هر سه زمان محلول‌پاشی شد. همانطور که از شکل ۳ برمی‌آید، بین مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین و شاهد در هر سه زمان محلول‌پاشی اختلافی از لحاظ آماری مشاهده نشد. نتایج حاصل از تحقیقات Martin and Leonard (۱۹۸۹) نشان‌دهنده کاهش ۳۰ درصدی هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی می‌باشد. البته چنین به نظر می‌رسد که کاهش هدایت روزنه‌ای در تیمار شاهد به دلیل بسته شدن روزنه‌ها تحت شرایط تنش خشکی بوده است.

با توجه به جدول همبستگی صفات (جدول ۲) بین هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوستنز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. Koc و همکاران (۲۰۰۳) نیز بین هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوستنز در واحد سطح برگ همبستگی بالایی را مشاهده کرده‌اند. رابطه‌ی مثبت فتوستنز و هدایت روزنه‌ای می‌تواند به دلیل این باشد که با افزایش هدایت روزنه‌ای میزان دی‌اکسید و رودی برای استفاده در فتوستنز بیشتر می‌شود. هدایت روزنه‌ای و بخار آب به دلیل مشترک بودن مسیرهای انتشار برای دی‌اکسید کربن و آب، با فتوستنز رابطه دارد (۱۲).

سرعت فتوستنز: همان طوری که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود اثر متقابل زمان \times مقدار محلول‌پاشی آترازین بر سرعت فتوستنز اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. براساس شکل ۴ مشاهده می‌شود که زمان گلدهی در غلظت ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین بیشترین سرعت فتوستنز را با ۲۰/۱ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه و زمان دانه‌بندی در غلظت ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین کمترین سرعت فتوستنز را با ۳/۰۹۹ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه به خود اختصاص داده‌اند. تأثیر مواد ضد تعرق بر سرعت فتوستنز توسط Kumar و همکاران (۲۰۰۲) نیز به اثبات رسیده است. همچنین Del Amor و همکاران

کمترین سرعت تعرق را به خود اختصاص دادند. همچنین بین مقادیر شاهد، ۸۰ و ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در زمان‌های دانه‌بندی و گلدهی مشاهده نمی‌گردد. با توجه به شکل ۲، سرعت تعرق با افزایش مقدار محلول‌پاشی از ۰ تا ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین در تمامی زمان‌ها ابتدا روند افزایشی و بعد روند کاهشی را نشان می‌دهد. Del Amor و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کرده‌اند که مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارد. گیاهان تحت تنش، ابتدا از طریق تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب تعرقی جلوگیری می‌کنند (۱۷). چنین به نظر می‌رسد کاهش شدت تعرق در تیمار شاهد به دلیل بسته شدن روزنه‌ها تحت شرایط تنش بوده است. با توجه به جدول همبستگی صفات (جدول ۲) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شدت تعرق و محتوای نسبی آب وجود دارد. چنین به نظر می‌رسد افزایش محتوای نسبی آب باعث افزایش شدت تعرق شده است. در این تحقیق، ماده‌ی ضد تعرق تا غلظت ۱۲۰ گرم در هکتار باعث افزایش شدت تعرق شد که می‌تواند به علت بالا بودن محتوای نسبی آب (شکل ۸) در این تیمارها باشد.

هدایت روزنه‌ای: اثر متقابل زمان \times مقدار محلول‌پاشی آترازین بر هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱)؛ و زمان دانه‌بندی در غلظت ۱۲۰ گرم در هکتار و زمان گلدهی در غلظت صفر گرم در هکتار ضد تعرق با ۰/۴۹ و ۰/۶۶۶۷ مول بر متر مربع بر ثانیه به ترتیب بیشترین و کمترین هدایت روزنه‌ای را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). تأثیر ماده‌ی ضد تعرق بر هدایت روزنه‌ای نیز توسط Del Amor و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت ماده ضد تعرق آترازین از صفر به ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین بر هدایت روزنه‌ای افزوده می‌شود. ولی بین مقادیر ۸۰ و ۱۲۰ گرم در هکتار محلول‌پاشی آترازین در هر سه

شدن روزنه‌ها می‌شود که در نتیجه نسبت CO_2 به O_2 را در برگ‌ها کاهش داده و از تثبیت CO_2 جلوگیری می‌کند (۲۰). با توجه به شکل ۴ با افزایش مقدار محلول‌پاشی از صفر به ۱۲۰ گرم در هکتار ضد تعرق، سرعت فتوسنتز افزایش یافت ولی در بالاترین مقدار محلول‌پاشی، این روند معکوس گردید، به نحوی که در بین تیمارها، تیمار محلول‌پاشی شده با مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین در مرحله دانه‌بندی، کمترین سرعت فتوسنتز را به خود اختصاص داد. داون پورت و هاگان (۱۹۷۰) به نقل از سرمدنیا و کوچکی (۱۳۶۸) در آزمایشی نشان دادند که افزایش غلظت ماده‌ی ضد تعرق بیش از حد مطلوب دارای اثرات جانبی نامریی (مثلاً مسمومیت گیاه، افزایش تنفس) می‌باشد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که کاهش سرعت فتوسنتز در مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین به همین علت بوده است.

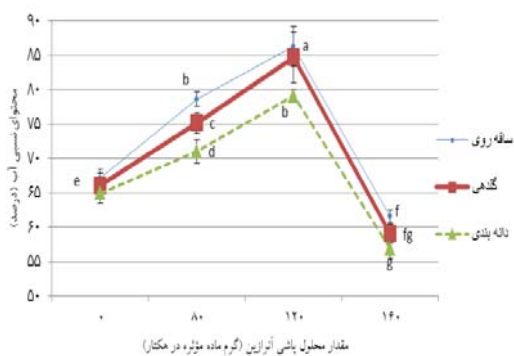
هدایت مزوفیلی: اثر متقابل زمان \times مقدار محلول‌پاشی آترازین بر هدایت مزوفیلی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱)، و زمان گلدهی در غلظت ۱۲۰ گرم در هکتار و زمان دانه‌بندی در غلظت ۱۶۰ گرم در هکتار ضد تعرق با $0/1037$ و $0/01424$ میلی مول بر متر مربع بر ثانیه به ترتیب بیشترین و کمترین هدایت مزوفیلی را به خود اختصاص دادند (شکل ۵).

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت ماده ضد تعرق آترازین از صفر به ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین در مراحل ساقه‌روی و گلدهی بر هدایت مزوفیلی افزوده می‌شود. ولی بین مقادیر ۸۰ و ۱۲۰ گرم در هکتار محلول‌پاشی آترازین در زمان دانه‌بندی اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. افزایش غلظت ماده‌ی ضد تعرق آترازین از ۱۲۰ به ۱۶۰ گرم در هکتار موجب کاهش هدایت مزوفیلی در هر سه زمان محلول‌پاشی شد. همانطور که از شکل ۵ برمی‌آید، بین مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین و شاهد در هر سه زمان محلول‌پاشی اختلافی از لحاظ آماری

(۲۰۱۰) افزایش سرعت فتوسنتز را بر اثر کاربرد مواد ضد تعرق اعلام کرده‌اند. گیل (۱۹۶۱) به نقل از سرمدنیا و کوچکی (۱۳۶۸) بیان کرده که ظاهراً ماده‌ی ضد تعرق باعث جلوگیری از انسداد روزنه‌ها نسبت به شرایط تنش خشکی که گیاهان کاملاً روزنه‌های خود را به حالت بسته نگه می‌دارند، می‌شود و همین عامل باعث افزایش سرعت و فعالیت فتوسنتز می‌باشد.

همانطور که از شکل ۴ برمی‌آید، بین محلول‌پاشی آترازین در زمان گلدهی و ساقه‌روی در تمامی غلظت‌های محلول‌پاشی آترازین، اختلاف معنی‌داری در سرعت فتوسنتز مشاهده نمی‌شود. ولی بیشترین اختلاف از نظر سرعت فتوسنتز را، زمان دانه‌بندی در مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار نسبت به سایر زمان‌ها و مقادیر محلول‌پاشی نشان می‌دهد. همچنین بین مقدار محلول‌پاشی ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین و شاهد در تمامی زمان‌ها اختلافی از لحاظ آماری مشاهده نشد.

با افزایش تنش خشکی، فتوسنتز کاهش می‌یابد و شواهد نشان می‌دهد که افزایش مقاومت روزنه‌ای سبب کاهش فتوسنتز و در نتیجه اثر روی عملکرد می‌گردد (۱۰). پایین بودن سرعت فتوسنتز در تیمار شاهد و مقدار محلول‌پاشی ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین را می‌توان به افزایش مقاومت روزنه‌ای از طریق بسته بودن روزنه‌ها برای کاهش اتلاف آب از طریق تعرق دانست. Baker and Rosenqvist (۲۰۰۴) و همچنین Kao و همکاران (۲۰۰۳) کاهش سرعت فتوسنتز در اثر تنش خشکی را در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و یا نتیجه خسارت به دستگاه فتوسنتزی دانسته‌اند، که در اثر کاهش محتوای کلروفیل اتفاق می‌افتد (۲). همانطور که از شکل ۱ برمی‌آید، مقدار CO_2 زیر روزنه در مقدار شاهد و همچنین مقدار محلول‌پاشی ۱۶۰ گرم در هکتار ضد تعرق پایین‌ترین مقدار خود را نسبت به دو مقدار دیگر دارا می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که تنش خشکی باعث بسته



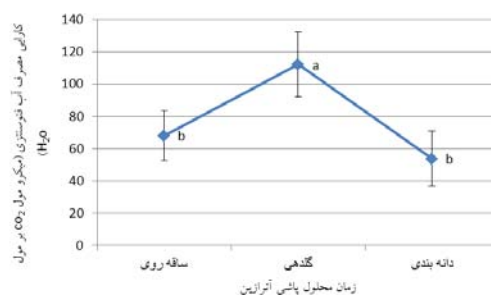
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار زمان محلول‌پاشی آترازین بر محتوای نسبی آب *

* (علامت بار در تمامی شکل‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) می‌باشد).
 اثر زمان محلول‌پاشی آترازین بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). همانطور که از شکل ۷ برمی‌آید، محلول‌پاشی ماده‌ی ضد تعرق در زمان دانه‌بندی با ۵۳/۵۹ (میکرومول CO_2 بر مول آب)، کمترین و زمان گلدهی با ۱۱۲/۱ (میکرومول CO_2 بر مول آب)، بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). ولی بین محلول‌پاشی آترازین در زمان ساقه‌روی و دانه‌بندی اختلاف آماری از نظر این صفت مشاهده نشد. کارایی مصرف آب فتوسنتزی شاخصی است که میزان فتوسنتز را به ازای هر واحد هدایت روزنه‌ای و تعرق نشان می‌دهد. چنین به نظر می‌رسد که با افزایش هدایت روزنه‌ای هر چند میزان تعرق افزایش می‌یابد (شکل‌های ۲ و ۳) ولی گیاه توانسته است به ازای هر مول آب میزان فتوسنتز بیشتری را در اثر محلول‌پاشی آترازین انجام دهد.

محتوای نسبی آب (RWC): همان طوری که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود اثر متقابل زمان \times مقدار محلول‌پاشی آترازین بر محتوای نسبی آب، اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. براساس شکل ۸، مشاهده می‌شود که زمان ساقه‌روی در مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین بیشترین محتوای نسبی آب را با ۸۶/۲۴ درصد و زمان دانه‌بندی در غلظت ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین

مشاهده می‌شود. محققان متعددی عقیده دارند که محدود کننده اصلی فتوسنتز گیاه در شرایط تنش میزان هدایت مزوفیلی است (۵ و ۲۲). اما در کل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاهش فتوسنتز بر اثر تنش خشکی تحت تأثیر موازی هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی قرار دارد (۲۶، ۳۷ و ۴۲). در این بررسی، همبستگی بالایی بین هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی با سرعت فتوسنتز مشاهده شد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که کاهش هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی موجبات کاهش سرعت فتوسنتز را از طریق ایجاد کاهش ورود دی‌اکسید کربن و کاهش انتقال الکترون در اثر محدودیت دی‌اکسید کربن فراهم نموده است (۱۴).

کارایی مصرف آب فتوسنتزی: اثر مقدار محلول‌پاشی ماده‌ی ضد تعرق آترازین بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). همانطور که از شکل ۶ بر می‌آید، کارایی مصرف آب فتوسنتزی تحت تأثیر مقدار محلول‌پاشی آترازین قرار گرفت و بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی را به ترتیب مقادیر ۱۲۰ و ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین با ۱۸۲/۱ (میکرومول CO_2 بر مول آب) و ۶۶/۹۵ (میکرومول CO_2 بر مول آب) به خود اختصاص دادند. با توجه به جدول همبستگی صفات (۲)، همبستگی مثبت بالایی بین سرعت فتوسنتز و کارایی مصرف آب فتوسنتزی مشاهده می‌شود.



شکل ۷- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب فتوسنتزی زمان محلول‌پاشی آترازین

خاک و یا کنترل توانایی هدرروی آب از طریق روزنه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت باشد (۳). همچنین Davenport and Hagan (۱۹۷۰) به نقل از سرمدنیا و کوچکی (۱۳۶۸) در آزمایشی نشان دادند که افزایش ماده‌ی ضد تعرق دارای اثرات جانبی نامریی (مثلاً مسمومیت گیاه، افزایش تنفس) می‌باشد. به نظر می‌رسد کاهش قابل توجه در محتوای نسبی آب در مقدار ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین در تمامی مراحل نسبت به سایر مقادیر و زمان‌های محلول-پاشی به همین علت بوده باشد. البته باید توجه کرد که کوتیکول سطح برگ، تقریباً نسبت به CO_2 غیر قابل نفوذ است. بنابراین تنها مسیر اصلی برای ورود CO_2 به داخل برگ، روزنه‌ها هستند. CO_2 از طریق روزنه به اتافک زیر روزنه رفته و به داخل فضای بین سلولی سلول‌های مزوفیلی می‌رسد. این بخش از مسیر انتشار CO_2 به داخل کلروپلاست، فاز گازی است. مسیر باقیمانده‌ی انتشار به سوی کلروپلاست، فاز مایع است که از لایه‌های آبی که دیواره‌های سلولی سلول‌های مزوفیل را خیس می‌کند شروع می‌شود و از میان غشاهای سلولی سیتوسول و بخش کلروپلاست ادامه می‌یابد (۷). در این بررسی بین محتوای نسبی آب و سرعت فتوسنتز رابطه‌ی مثبت و بالایی مشاهده شد. چنین به نظر می‌رسد که محتوای نسبی آب بالا در برگ می‌تواند مسیر دوم انتشار CO_2 را که فاز مایع است، تسهیل و تسریع نموده و در نتیجه CO_2 بیشتری جهت انجام فتوسنتز فراهم گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- ۱- استفاده از ماده‌ی ضد تعرق آترازین در تمامی مراحل زمانی محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر عوامل کنترل‌کننده فتوسنتز گلرنگ رقم سینا نشان داد.
- ۲- محلول‌پاشی ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین با ایجاد شرایط مناسب، باعث افزایش سرعت فتوسنتز نسبت به شرایط تنش شد.

کمترین محتوای نسبی آب را با ۵۷/۸۹ درصد به خود اختصاص داده‌اند. تأثیر مواد ضد تعرق بر محتوای نسبی آب توسط Del Amor و همکاران (۲۰۱۰) نیز به اثبات رسیده است. آنها اعلام کرده‌اند که ماده‌ی ضد تعرق موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش می‌شود. براساس شکل ۸ اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین محلول‌پاشی آترازین در زمان گلدهی و ساقه-روی در مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین از نظر محتوای نسبی آب مشاهده نشد. Blum و همکاران (۱۹۸۱) اظهار داشته‌اند که اگر گیاهان، بدون بستن روزنه‌های خود، توانایی حفظ آب بیشتری را داشته باشند، برای مناطق خشک مناسبند. با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی، افزایش ماده‌ی ضد تعرق تا مقدار ۱۲۰ گرم در هکتار، موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد و با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. محتوای نسبی بالاتر می‌تواند مسئول بقای هدایت روزنه‌ای و در نتیجه تعرق و فتوسنتز بالاتر در تیمارها شود. به خوبی معلوم شده که آب برگ با هدایت روزنه‌ای و تعرق برهم‌کنش دارد (۳۲). در بسیاری از موارد، هدف اولیه‌ی مصرف یک ماده‌ی ضد تعرق تنها ذخیره‌ی آب نیست، بلکه بهبود رشد گیاه از طریق افزایش پتانسیل آب برگ می‌باشد. زیرا بدین وسیله تنش آب گیاه به‌ویژه در مراحلی که گیاه به پتانسیل کم آبی حساس است، به حداقل می‌رسد (۴). Davenport و همکاران (۱۹۷۲) بیان نموده‌اند که پتانسیل آب در برگ‌هایی که مواد ضد تعرق روی آنها اعمال شده است، افزایش می‌یابد. افزایش پتانسیل آب گیاه پس از مصرف مواد ضد تعرق بوسیله‌ی ترنر و واگونر (۱۹۶۸) به نقل از سرمدنیا و کوچکی (۱۳۶۸) نیز نشان داده شده است. در مورد آنزیم‌ها، آبگیری موجب حفظ ساختمان آنزیم‌ها و تسهیل فعالیت‌های کاتالیزوری آنها می‌گردد. با توجه به مطالب بالا، نتایجی که در این تحقیق حاصل شده با نتایج محققان مطابقت دارد. اختلاف در میزان این صفت ممکن است نشان‌دهنده‌ی تأثیر متفاوت تیمارها برای جذب آب از

۵- پیشنهاد می‌شود آزمایشی بین مقدار ۸۰ و ۱۲۰ گرم در هکتار آترازین انجام بگیرد تا با استفاده از رگرسیون مناسبترین مقدار ارائه گردد. زیرا استفاده از رگرسیون این امکان را می‌دهد که به ازای هر مقدار افزایش یا کاهش در محلول‌پاشی، افزایش یا کاهش فتوستتزر را محاسبه نمود.

۳- محلول‌پاشی ۱۶۰ گرم در هکتار آترازین نه تنها موجب بهبود عوامل کنترل‌کننده فتوستتزر نگردد، بلکه به‌عنوان یک عامل محدود‌کننده غیر روزنه‌ای فتوستتزر عمل نمود.

۴- محلول‌پاشی آترازین در مرحله گلدهی گلرنگ رقم سینا موجب بهبود فاکتورهای کنترل‌کننده فتوستتزر شد.

منابع

- ۱- احمدی، ع. و بیکر، د. الف. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود‌کننده فتوستتزر در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۴): ۸۲۵-۸۱۳.
- ۲- احمدی موسوی، ع.، منوچهری کلانتری، خ. و ترکزاده، م. ۱۳۸۴. اثر نوعی براسیناستروئید (24- epibrassinolide) بر مقدار تجمع مالون دآلدئید، پرولین، قند و رنگریزه‌های فتوستتزی در گیاه کلزا (*Brassica napus L.*) تحت تنش کم آبی. مجله زیست‌شناسی ایران. ۱۸ (۴): ۲۹۵-۳۰۶.
- ۳- ثمن، م.، سپهری، ع. و احمدوند، گ. ۱۳۹۰. تجمع ماده خشک و تولید متابولیت‌های سازگار در شش ژنوتیپ نخود تحت سطح مختلف رطوبت خاک. مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۴ (۳): ۳۷۳-۳۸۹.
- ۴- سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۲۴ صفحه.
- 8- Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H. and Ala. S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta physiologiae plantarum*. 16 (3): 185 – 191.
- 9- Ashraf, M., Karim, F. And Rasul, E. 2002. Interactive effects of gibberlic acid and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two- spring wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of plant growth regulation*. 36: 49 – 59.
- 10- Atteya, A. M. 2003. Alternation of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulgarian Journal Plant Physiology*. 29: 63-76.
- 11- Baker, N. R. and Rosenqvist, E. 2004. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*. 55(403): 1607 – 1621.
- 12- Blanco, I., Rajaram, A. S. Kronstad, W. E. and Reynolds, M. O. 2000. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat-derived populations. *Journal of Crop Science*. 40:1257-1263.
- 13- Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, J. 1981. The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Journal of Crop Science*. 21: 495-499.
- 14- Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and environment. *Journal of Crop Science*. 218: 443-448.
- 15- Chaves, M. M., Flexas, J. and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany-London*. 103:551– 560.

- 16- Chaves, M. M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany*, 42: 1 – 16.
- 17- Chinnusamy, V., Xiong, L. and Zhu, J. K. 2004. Use of genetic engineering and molecular 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.
- 18- Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture - Not by affecting ATP synthesis. *Journal of Trends Plant Science*. 5: 187- 198.
- 19- Davenport, D. C., Fisher, M. A. and Hagan, R. M. 1972. Some counter active effects of antitranspirations. *Journal of Plant Physiology*. 49: pp. 2-4.
- 20- Dawnton, W. J. S., Grant, W. J. R. and Rabinson, S. P. 1985. Photosynthetic and stomata response of spinach leaves and drought stress. *Journal of Plant Physiology*. 77:85-88.
- 21- Del Amor, F. M., Cuadra-Crespo, P., Walker, D. J., Camara, J. M. and Madrid, R. 2010. Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different levels of CO₂ and water stress. *Journal of Plant Physiology*. 167:1232-1238.
- 22- Fischer, R. A. and Maurer, R. 1987. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agriculture Reserch*. 29: 897– 912.
- 23- Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Candon, A.G. and Saavedra, A. L. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Jornal of Crop Science*. 38: 1467-1475.
- 24- Goreta, S., Leskovar, D. I. and Jifon, J. L. 2007. Gas exchange, water status, and growth of pepper seedlings exposed to transient water deficit stress are differentially altered by antitranspirants. *Jornal of American Society Horticulture Science*. 132:603–10.
- 25- Hopkins, W.G. 1999. *Introduction to plant physiology*. Jhon Wiely, New York.
- 26- Jia, Y. and Gray, V. M. 2004. Interrelationship between nitrogen supply and photosynthetic parameters in *Vicia faba* L. *Jornal of Photosynthetica*. 41 (4): 605 – 610.
- 27- Kicheva, M. I., Tsonev, T. D. and Popova, L. p. 1994. Stomatal and non stomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. *Journal of Photosynthetica*, 30 (1): 107 – 116.
- 28- Koc, M., Barutcular, C. and Genc, I. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum eheats in Mediterranean environment. *Journal of Crop Science*. 43: 2089-2098.
- 29- Kumar, P., Lakshmi, N. J. and Mani, V. P. 2002. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Journal of Physiology molecular biology plants*. 6: 179-186.
- 30- Luo, Y. 1991. Changes of Ci /Ca in association with stomatal an no stomatal limitation to photosynthesis in water stressed *Abutilon theophrasti*. *Journal of Photosynthetica*, 25: 273 – 279.
- 31- Martin, L. H., and Leonard, W. H. 1989. *Principle of field crop production*. The Macmillan Co.
- 32- Medrano, H., Escalona, J. M., Gulias, J. and Flexas, J. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plant in response to progressive drought: Stomatal conductance as reference parametr. *Journal of Annals of Botany*. 889: 895-905.
- 33- Medreski, H. J. and Jeffers, D. L. 1973. Yield response of soybean varieties grown at two soil moisture stress levels. *Journal of Agronomy*. 84: 159- 165.
- 34- Mendoza, V. J. 1986. Studies on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to drought stress. *Dissertation Abstract International*. European Abstract. 47: 329.
- 35- Poorter, H. and Pérez-Soba, M. 2001. The growth response of plants to elevated CO₂ under nonoptimal environmental conditions. *Journal of Oecologia*. 129:1–20.
- 36- Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Haloday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Journal of Crop Science*. 30:105-111.
- 37- Shangguan, Z., Shao, M. and Dyckmans, J. 1999. Interaction of osmotic adjustment and photosynthesis in winter wheat under soil drought. *Journal of Plant Physiol-ogy*. 154: 753 – 758
- 38- Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam, M. S. 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. *Journal of Botanty*. 40: 141–145.

- 39- Taiz, E. and Zeiger, L. 2002. Plant physiology Third edition. Jhon Wiely, New York.
- 40- Tezara, W., Martinez, D., Rengifo, E. and Herrera, A. 2003. Photosynthetic responses of the tropical Spiny shrub *Lycium nodosum* (Solanaceae) to drought, soil salinity and saline spray. *Journal of Annals of Botany*. 92: 757 – 765.
- 41- Wise, R. R., Frederick, R. J., Alm, D. M., Kramer, D. M. and Hesketh, J. D. 1990. Investigation of the limitation to photosynthesis induced by leaf water deficit in field grown sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Cell and Environment*. 13: 923 – 931.
- 42- Zlatev, Z. S. and Yordanov, I. T. 2004. Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal of Physiology*. 30 (3-4): 3– 18.

The effect of foliar application of Atrazine on stomatal and nonstomatal control factors of photosynthesis in safflower in drought stress condition

Bagheri H., Andalibi B. and Azimi Moghad'dam M.R.

Agronomy and Plant Breeding Dept., University of Zanjan, Zanjan, I.R. of Iran

Abstract

Drought stress is one of the most important and most common environmental stresses that limit plant growth in the face. In this path, photosynthesis is main determinant for plant growth and retention ability at environmental stresses is important for preservation of growth stability. For study of the role of stomatal and nonstomatal factors on photosynthesis in safflower (*Carthamus tinctorius* cv. Sina) in Miyaneh region. A factorial experiment with randomized complete block design (RCDB) and three replications were applied. That at it foliar application of atrazine as a antitranspirant were at 3 phenological stage (steming, flowering and seed filling stages). The antitranspirant application rates were 0 (control), 80, 120 and 160 gr.ha⁻¹. By the results of analysis of varians (ANOVA) showed that between rates foliar application at all times on physiologic characteristics as photosynthesis rate, transpiration severity, intercellular (Ci), stomata conductivity, mesophyll conductivity and relative water content (RWC) was significant. This in study foliar application of Atrazine to content 120 gr.ha⁻¹ in flowering time had highest effect on this characters except RWC. The highest RWC were obtained at 120 (gr.ha⁻¹) in steming time. Between rates foliar application of Atrazine than photosynthesis water use efficiency (PWUE) were significant as highest PWUE were obtained at 120 gr.ha⁻¹. Evaluation of characteristic's correlation showed that there were a positive and significant correlation was found between photosynthesis with characteristics such as transpirant rate, mesophyll conductivity, Ci and stomata conductivity.

Key words: *Carthamus tinctorius* cv. Sina, atrazine, photosynthesis, drought stress, gas exchanges