

تأثیر محلول پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و پرولین برگ ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی

علی ماهرخ^۱، مجید نبی‌پور^{۲*}، حبیب‌الله روشنفکر دزفولی^۲ و رجب چوکان^۱

^۱موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ^۲گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۱۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۴/۲۴)

چکیده:

این مطالعه به منظور بررسی اثر هورمون‌های سیتوکینین و اکسین بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی اجرا شد. آزمایش در سه محیط جداگانه، شامل محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی انجام شد. هورمون‌های سیتوکینین در سه غلظت (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) در مرحله هشت تا ده برگی و اکسین در سه غلظت (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر) در مرحله ظهور ابریشم در سه تکرار بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. نتایج آزمایش نشان داد که تنش خشکی در مرحله زایشی باعث کاهش غلظت کلروفیل a و b به ترتیب با میانگین ۲۸/۱۳ و ۳۷/۹۳ درصد شد. مصرف هورمون سیتوکینین با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر غلظت کلروفیل a را به مقدار ۳۷/۷۳ درصد افزایش و تولید اسید آمینه پرولین را به مقدار ۱۶/۵۸ درصد کاهش داد و همچنین هورمون اکسین با غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش غلظت کلروفیل a به میزان ۲۲/۷۸ درصد و کاهش پرولین به میزان ۱۸/۰۲ درصد شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، به نظر می‌رسد بهترین غلظت مصرف دو هورمون سیتوکینین و اکسین برای ممانعت از وقوع تنش در گیاه به ترتیب ۵۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر باشد، در این حالت کمترین غلظت اسید آمینه پرولین با میانگین ۹۲/۰۸ میکرو مول بر گرم تولید شد.

کلمات کلیدی: تنش رویشی، تنش زایشی، کارتنوئیدها، کلروفیل a، کلروفیل b.

مقدمه:

کاهش عملکرد دانه می‌شود (Athar and Ashraf, 2005).
برخی مطالعات نشان می‌دهند که در شرایط تنش خشکی در ذرت مقدار کلروفیل‌های a، b و کل بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد که این امر منجر به تسریع روند پیری برگ می‌شود (Mohammadkhani and Heidari, 2007; Efeoglu et al., 2009). افزایش تجزیه کلروفیل برگ‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی احتمالاً به دلیل بهم خوردن تعادل هورمون‌ها ایجاد می‌شود، این بهم خوردن تعادل ممکن است به دلیل

در حال حاضر تنش خشکی به علت کمبود جهانی منابع آبی، تبدیل به عامل اصلی محدودیت تولید گیاهان زراعی در عرصه جهانی شده است. در میان تنش‌های غیر زیستی، خشکی مهمترین محدودیت تولید ذرت است (Sallah et al., 2002). خشکی سبب تجزیه کلروفیل و تسریع روند پیری برگ می‌شود (Efeoglu et al., 2009). تنش خشکی در ذرت باعث کاهش سطح برگ، مقدار کلروفیل برگ، فتوسنتز و نهایتاً

*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: nabipourm@yahoo.com

امکان وجود دارد که در پاسخ به شرایط محیطی نامساعد دخیل باشند (Brault and Maldiney, 1999).

در آزمایشی کاربرد بنزیل آدنین بعنوان سیتوکینین با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر باعث افزایش مقدار کلروفیل شد (Towne and Owensby, 1983). همچنین، در میان تنظیم کننده‌های رشد، سیتوکینین‌ها نقش حیاتی در جهت افزایش تقسیم سلولی، بیوستز کلروفیل و تعدیل غالبیت انتهایی در گیاهان دارند (Taiz and Zeiger, 2006).

رشد اندام‌های گیاهی بوسیله تقسیم سلولی از طریق ارتباط اکسین با دیگر هورمون‌ها مانند سیتوکینین، جیبرلین و اتیلن افزایش می‌یابد. تحلیل مشترک تعادل این دو هورمون بر اساس نسبت آنهاست (Muraro, 2011). نسبت غلظت بالای اکسین به سیتوکینین باعث افزایش شکل‌گیری ریشه می‌شود در حالی که نسبت پایین آن باعث نمو ساقه می‌شود (Nordstrom et al., 2004). برهمکنش این دو هورمون در هدایت فرایندهایی در ساقه مانند غالبیت انتهایی، پدیده‌ای که بموجب آن یک مریستم بر مریستم دیگر غلبه می‌کند اهمیت دارد (Nordstrom et al., 2004).

جمعیتی از سلول‌های مریستمی غیر تمایز یافته نزدیک کلاهک ریشه نقش برقراری تعادل بین اکسین و سیتوکینین را بعده دارند. اکسین انتقال یافته از ساقه تمایل به تجمع در منطقه مریستمی دارد و باعث حفظ تقسیم و رشد سلولی می‌شود (Grieneisen et al., 2007).

گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش مقدار اکسین می‌شود (Yie et al., 2003). در حقیقت اکسین می‌تواند از اندام‌های سازنده آن به برگ‌ها از طریق سیستم انتقال طولانی در داخل گیاه منتقل شود (Hein et al., 1986). ولی انتقال اکسین در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (Davies et al., 1986).

گیاهان مکانیزم‌های خاصی برای مقابله با تنش خشکی دارند که یکی از آنها تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی از طریق تجمع مواد محلول درون سلول‌ها منجر به حفظ تورژسانس و فرایندهای وابسته به آن در پتانسیل پایین آب

کاهش مقدار بیوستز سیتوکینین و افزایش آبسزیک اسید باشد. (Shaddad, 2011).

در آزمایشی (Shaddad, 1989) با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر ذرت، لوبیا چشم بلبلی و باقلا دریافتند که رنگیزه‌های فتوستتزی بطور قابل توجهی در ذرت نسبت به دو گیاه دیگر کاهش یافت و عملکرد ماده خشک در ذرت در شرایط تنش خشکی نسبت به دو گیاه دیگر بیشتر تحت تأثیر تنش قرار گرفت، همچنین در این آزمایش گزارش شد که محلول پاشی هورمون‌ها باعث تحریک سطح سبز و متعاقب آن رنگیزه‌های فتوستتزی و تجمع ماده خشک در هر سه گیاه شد. در گزارش آزمایشی دیگر (Shaddad, 2008) بیان شد که کاهش رنگیزه‌های فتوستتزی در ارقام حساس گندم بیشتر از ارقام متحمل به خشکی بود. برخی از محققین نیز، کاهش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی را اعلام کردند (Ibrahim, 2003). همچنین گزارش شده است که تجزیه تیلکوئید می‌تواند در پاسخ به تنش خشکی رخ دهد (Chaves, 1991).

تقریباً تمام فرایندهای زندگی گیاهان بطور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر تنش‌ها و هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند (Pospisilova, 2003). کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی نتیجه بر هم خوردن تعادل هورمون‌ها می‌باشد بنابراین کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط تنش خشکی می‌تواند عاملی در جهت معکوس کردن اثر تنش‌های غیر زیستی باشد (Satvir et al., 2000).

هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین بعنوان تنظیم کننده‌های دخیل در پاسخ‌های گیاهی به اثرات نامطلوب در شرایط محیطی شناخته شده هستند (Kaya, 2009). سیتوکینین و اکسین در تنظیم رشد و نمو گیاه نقش مهمی را بازی می‌کنند. سیتوکینین‌ها با هماهنگی یا تضاد با سایر هورمون‌های گیاهی باعث تقسیم سلولی و فرایندهای مرتبط به رشد گیاه می‌شود. مقدار سیتوکینین داخلی گیاه بوسیله سایر هورمون‌ها بویژه اکسین تنظیم می‌شود (Zazimalova et al., 1999). سیتوکینین باعث تجمع کلروفیل و تبدیل اتیوپلاست به کلروپلاست و تأخیر در روند پیری برگ می‌شود. بنابراین این

جدول ۱- میزان موجودی NPK و سایر خصوصیات خاک بر اساس آزمون خاک

سال	درصد	فسفر قابل	پتاسیم قابل	بافت خاک	جرم مخصوص	ظرفیت زراعی	PH خاک	هدایت الکتریکی
آزمایش	نیترژن کل	استفاده	استفاده (PPm)		ظاهری خاک	(درصد وزنی)	(دسی زیمنس بر متر)	
		(PPm)		رسی-شنی	(gr/cm ³)			
۱۳۹۳	۰/۱۱	۸/۷۲	۲۳۱/۱		۱/۳۶	۲۶	۷/۵	۰/۷

می‌شوند (Vinocur and Altman 2005). تنظیم اسمزی از طریق تولید مواد آلی مانند پرولین، پروتئین، بتائین و قندهای محلول در ریشه‌ها و اندام‌های هوایی صورت می‌گیرد.

اسید آمینه پرولین یکی از تنظیم کننده‌های اسمزی است که معمولاً در شرایط تنش‌های محیطی در گیاهان تجمع می‌یابد. شکستن سریع پرولین بعد از پایان یافتن شرایط تنش ممکن است خود تأمین کننده عوامل مورد نیاز فسفوریلاسیون اکسیداتیو میتوکندریایی و تولید ATP جهت ترمیم صدمات ناشی از تنش باشد (Bates et al., 1973) چندین اسید آمینه دیگر نیز تحت تأثیر تنش‌های مختلف افزایش می‌یابد اما میزان این تغییرات با تغییراتی که در پرولین رخ داده و طی مدت کوتاهی بعد از ایجاد تنش به سطح بالایی می‌رسد، قابل مقایسه نیست.

بر اساس برخی گزارش‌ها اسید آمینه پرولین اثر منفی تنش خشکی را بر تثبیت کربن اصلاح نموده و کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو را تحت چنین شرایطی تعدیل می‌نماید (Fendina et al., 1993).

تجمع پرولین نتیجه هیدرولیز پروتئین‌ها بوده و مسیرهای پیشنهادی تولید آن از گلوتامیک اسید گزارش شده است (Mureiel, 1984). در شرایط تنش، اکسیداسیون پرولین به علت به هم ریختن غشاء میتوکندری (Ramzi and Morales, 1988) و اختلال در سنتز پروتئین (Paleg and Spinal, 1981) کاهش می‌یابد. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های هورمون‌های سیتوکینین و اکسین بر تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، b، کارتنوئیدها و همچنین نقش اسید آمینه پرولین در تنظیم اسمزی گیاه ذرت، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج،

در سال ۱۳۹۳ به اجرا درآمد. این مزرعه در کرج با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا بین ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه طول شرقی واقع شده است. میزان متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۵ میلی‌متر بوده که با زمستان‌های سرد جزو مناطق سرد کم باران به شمار می‌رود. عملیات تهیه بستر شامل شخم برگردان، رتواتور، دیسک و تسطیح بهاره بود. براساس آزمون خاک، قبل از کاشت، به ترتیب حدود ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و فسفات آمونیوم مصرف شد و در مرحله ۸-۶ برگی نیز معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بصورت سرک توزیع شد. به دلیل کفایت میزان پتاسیم خاک این نوع کود استفاده نشد (جدول ۱).

بعد از آماده‌سازی بستر مناسب بذر، از قبیل شخم، دیسک و لولر سه آزمایش مستقل بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر محیط اجرا شد. در این آزمایش هیبرید KSC 704 در سه محیط جداگانه، شامل محیط یک: شاهد یا بدون تنش خشکی (آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه)، محیط دو: تنش خشکی در مرحله رشد رویشی (در مرحله V4 تا ظهور گل تاجی، آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه صورت گرفت ولی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه صورت گرفت) و محیط سه: تنش خشکی در مرحله رشد زایشی (از مرحله V4 تا ظهور گل تاجی آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه صورت گرفت ولی در مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه صورت گرفت) و هورمون اکسین در سه غلظت (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر) در مرحله ظهور ابریشم

و A مساحت کرت است. برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از علف‌کش ارادیکان معادل ۶ لیتر در هکتار و پس از کاشت نیز، یکبار وجین دستی در مرحله ۶-۴ برگ صورت گرفت. برای مبارزه با آفات ذرت در همین مرحله از حشره‌کش سویین به میزان ۳ لیتر در هکتار استفاده شد.

کلروفیل a، b و کارتنوئیدها: اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئیدها به روش آرنون (Arnon, 1967) انجام شد. بدین ترتیب، مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی تهیه شده از برگ بلال در مرحله شیری شدن دانه را در هاون چینی قرار داده شد، سپس با استفاده از نیتروژن مایع هموژن شد و سپس مقدار ۲۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه شد. سپس در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی سانتریفوژ به بالن شیشه‌ای منتقل شد. مقداری از نمونه را در کووت قرار داده و در دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T70+UV/VIS بطور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئیدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه بر اساس روابط زیر محاسبه شدند:

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) V/100 W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V/100 W$$

$$\text{Carotenoids} = 100 (A_{470}) - 3.27 (\text{mg chl. a}) - 104 (\text{mg chl. b}) / 227$$

اسید آمینه پرولین: اندازه‌گیری اسید آمینه پرولین در برگ بلال (Bates et al., 1973) بدین صورت انجام شد که ابتدا ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی تهیه شده از برگ بلال در مرحله شیری شدن دانه را با هاون هموژن و درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳ درصد آماده شده به آن اضافه شد و نمونه درون یخ قرار گرفت. تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفوژ شد تا مواد اضافی از محلول جدا گردد. مقدار ۲ میلی لیتر از عصاره سانتریفوژ شده را درون تیوب جدید ریخته شد و ۲ میلی لیتر اسید ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده شد و سپس خوب مخلوط گردید. نمونه‌ها را در حمام آب گرم به مدت ۱ ساعت حرارت داده شد و سپس درون حمام یخ قرار گرفتند. مقدار ۴ میلی لیتر

(Vs) و هورمون سیتوکینین در سه غلظت (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) در مرحله هشت تا ده برگگی (V₈-V₁₀)، بصورت فاکتوریل در هر محیط، بشکل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. کاشت به صورت جوی و پشته، فاصله پشته‌ها از هم ۷۵ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها پس از تنک کردن حدود ۱۸ سانتیمتر (تراکم کاشت حدود ۷/۵ بوته در متر مربع)، هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کاشت به طول ۶ متر، فاصله بین هر تیمار محلول‌پاشی سه خط نکاشت (۲/۲۵ متر) بود. از ایندول بوتریک اسید و بنزیل آدنین (تهیه شده از نمایندگی شرکت مرک آلمان) به ترتیب بعنوان هورمون‌های اکسین و سیتوکینین استفاده شد. به منظور جذب بیشتر هورمون از ماده سورفکتانت توین ۲۰ (تهیه شده از نمایندگی شرکت مرک آلمان) استفاده شد و محلول‌پاشی در عصر پس از غروب خورشید انجام شد. همچنین جهت افزایش حلالیت بیشتر هورمون در آب از اتانول ۷۰ درصد استفاده شد. برای از بین بردن اثرات آب و اتانول، در کرت‌های شاهد بطور همزمان ترکیب آب و اتانول محلول‌پاشی شد. برای تعیین زمان آبیاری از اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک در هر محیط استفاده شد و تیمارهای مختلف تنش خشکی متناسب با هر محیط آزمایش و بر اساس مراحل فنولوژیکی گیاه اعمال شد. برای تعیین حجم آب مصرفی در هر آبیاری در هر محیط، قبل از آبیاری نمونه برداری از خاک محیط مورد نظر تا عمق توسعه ریشه انجام شد و درصد رطوبت وزنی خاک تعیین شد. حجم آب آبیاری با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ در هر آبیاری تعیین گردید. مقدار آب مصرفی با استفاده از کنتور که در ابتدای فلکه اصلی قرار داده شده بود، کنترل گردید. آبیاری نیز بصورت جوی و پشته و با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم و دریچه‌هایی که در ابتدای خطوط کاشت تعبیه شده بود صورت گرفت.

$$H = \rho b (\theta_{FC} - \theta_m) D \quad [1]$$

$$V = H \times A \quad [2]$$

در معادله‌های ۱ و ۲، H نشان دهنده ارتفاع آب داخل کرت، ρb جرم مخصوص ظاهری خاک، θ_{FC} رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه، θ_m رطوبت جرمی کرت مورد نظر در زمان آبیاری، D عمق توسعه ریشه، V حجم آب آبیاری در کرت

تولون به محلول اضافه گردید و به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شدند. سپس میزان جذب در نمونه های گیاهی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T70+UV/VIS در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و با قراردادن آن در معادله خط مقدار پرولین بر حسب میکرو مول بر گرم وزن تر محاسبه شد.

عملکرد دانه: برداشت نهایی از سطحی معادل ۴/۵ متر مربع با رعایت حاشیه، در زمان رسیدگی زراعی برای تخمین عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) صورت گرفت. میزان رطوبت دانه نیز با استفاده از دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی مدل DICKEY JOHN تخمین زده شد.

پس از انجام آزمون بارتلت، نتایج هر سه محیط بصورت مرکب تجزیه شدند. برای محاسبه تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده گردید، و میانگین عوامل آزمایش با استفاده از انحراف استاندارد نمونه‌های سه تکرار حاصل از سه محیط مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث:

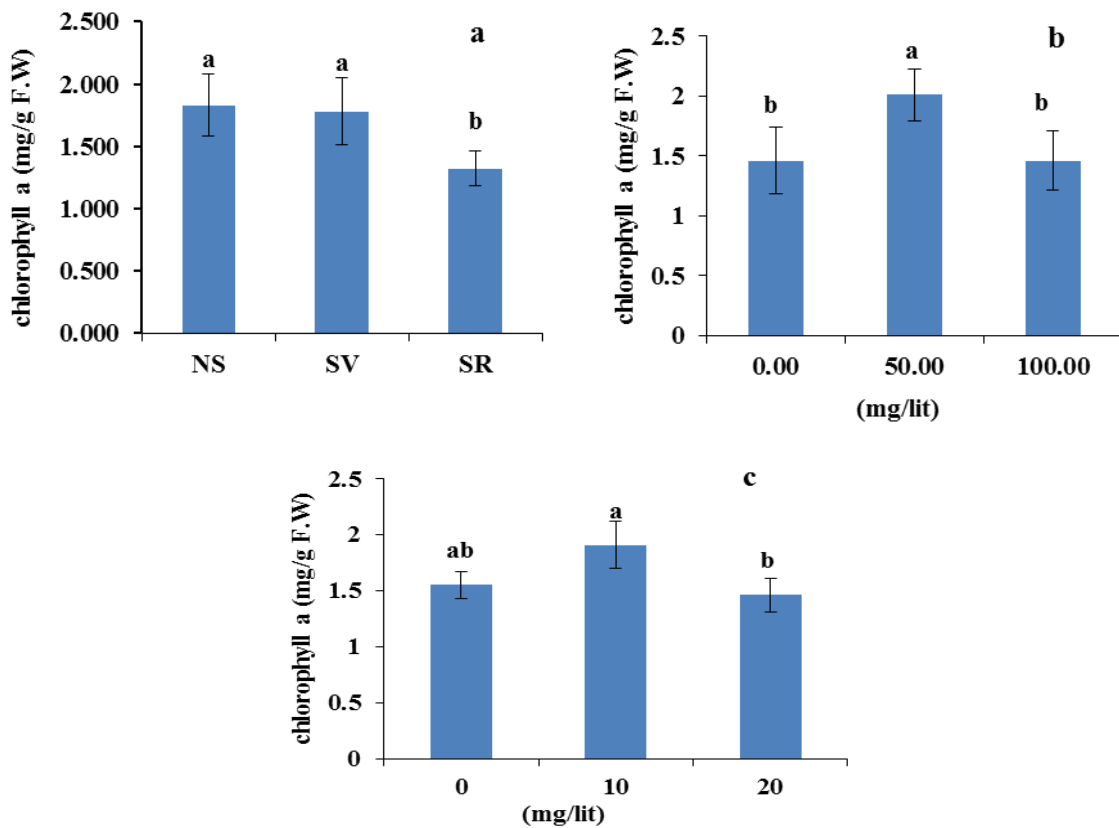
کلروفیل a: بیشترین میزان کلروفیل a در شرایط بدون تنش خشکی حاصل شد، که با غلظت کلروفیل a در شرایط تنش خشکی در مرحله رشد رویشی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). تنش خشکی در مرحله رشد زایشی باعث کاهش غلظت کلروفیل a نسبت به شرایط بدون تنش خشکی شد (شکل ۱). تنش خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل و ناپایداری کمپلکس کلروفیل-پروتئین می‌گردد و تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل a کاهش می‌یابد (Kulshreshtha, et al., 1987). آن‌ها همچنین گزارش کردند که تغییر در کلروفیل a به دلیل تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت کاهش نسبت PSII به PSI در شرایط تنش خشکی است.

بیشترین غلظت کلروفیل a با مصرف ۵۰ میلی گرم در لیتر هورمون سیتوکینین حاصل شد (شکل ۱)، با افزایش غلظت هورمون سیتوکینین تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر غلظت کلروفیل a

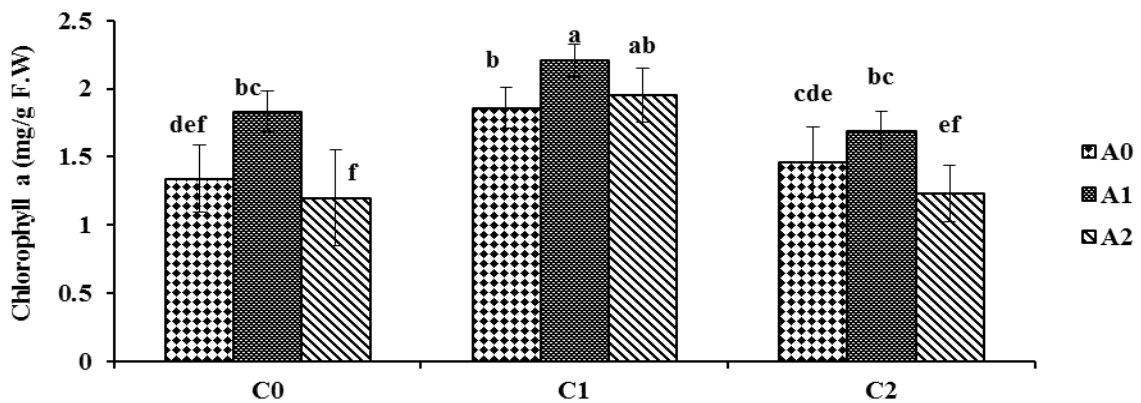
کاهش یافت (شکل ۱). سیتوکینین باعث تجمع کلروفیل و تبدیل اتیوپلاست به کلروپلاست می‌شود (Brault and Maldiney, 1999). به نظر می‌رسد ۵۰ میلی گرم بر لیتر مناسب‌ترین غلظت این هورمون در افزایش غلظت کلروفیل a باشد و همچنین این احتمال وجود دارد که افزایش غلظت هورمون سیتوکینین تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش سطح برگ به دلیل افزایش تقسیم سلولی شود و همچنین زیاد بودن سطح برگ باعث کاهش ضخامت برگ و به دنبال آن کاهش کلروفیل برگ و نهایتاً کاهش غلظت کلروفیل a شود.

با مصرف ۱۰ میلی گرم در لیتر هورمون اکسین بیشترین غلظت کلروفیل a حاصل شد (شکل ۱). با افزایش غلظت هورمون اکسین از صفر تا ۱۰ میلی گرم در لیتر غلظت کلروفیل a افزایش یافت ولی با افزایش هورمون اکسین تا ۲۰ میلی گرم در لیتر غلظت کلروفیل a تا حد شاهد کاهش یافت (شکل ۱). به نظر می‌رسد با توجه به هماهنگی هورمون اکسین با انتقال مواد فتوسنتزی از مبدأ به مقصد از طریق افزایش تبدیل ساکاروز به نشاسته و افزایش شیب غلظت انتقال مواد پرورده از مبدأ به مقصد، با مصرف هورمون اکسین تا غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر و حرکت بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه انرژی کمتری در برگ برای حفظ کلروفیل باقی مانده باشد.

در شرایطی که غلظت هورمون سیتوکینین صفر میلی گرم در لیتر بود هورمون اکسین با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش غلظت کلروفیل a شد (شکل ۲)، با افزایش غلظت هورمون سیتوکینین تا ۵۰ میلی گرم در لیتر هورمون اکسین با غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش غلظت کلروفیل a شدند ولی با رسیدن غلظت هورمون سیتوکینین به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر افزایش غلظت هورمون اکسین به ۲۰ میلی گرم در لیتر باعث کاهش غلظت کلروفیل a شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد در حفظ و نگهداری و یا تولید کلروفیل a نسبت تعادلی این دو هورمون کاملاً تأثیر گذار باشد. احتمالاً در تولید و یا حفظ کلروفیل a افزایش غلظت هورمون سیتوکینین نهایتاً تا ۵۰ میلی گرم در لیتر و افزایش هورمون اکسین تا ۲۰ میلی گرم در لیتر اثر معنی‌داری دارد.



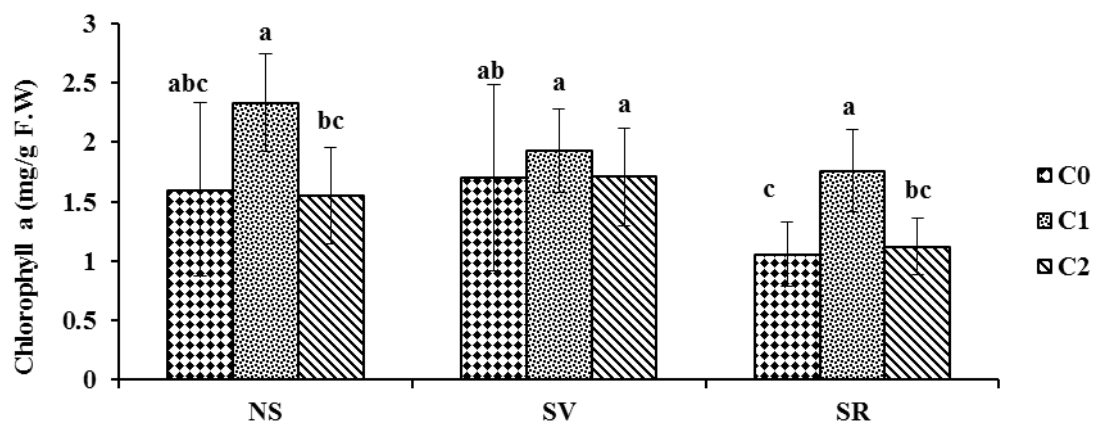
شکل ۱- تأثیر محیط‌های مختلف رطوبتی (a)، غلظت‌های مختلف هورمون‌های سیتوکینین (b) و اکسین (c) بر غلظت کلروفیل a را نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی است. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.



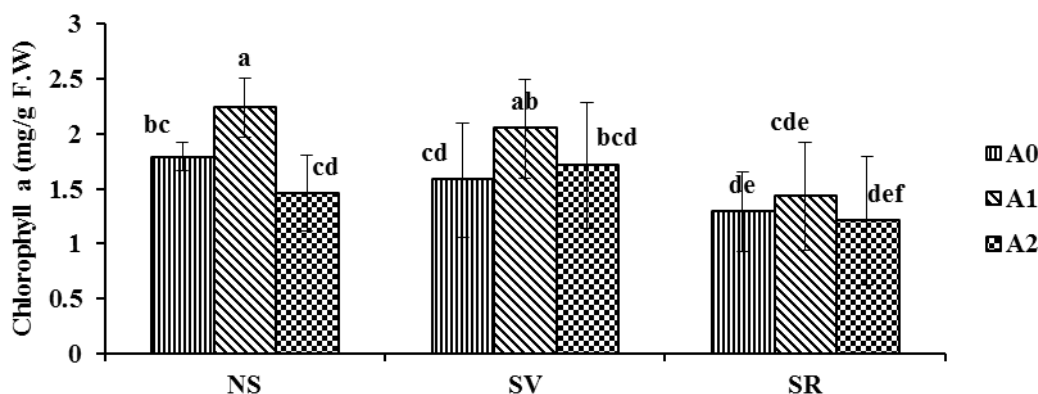
شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف هورمون سیتوکینین و اکسین بر غلظت کلروفیل a را نشان می‌دهد. C0، C1 و C2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین با غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و A0، A1 و A2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون اکسین با غلظت صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.

خشکی در مرحله زایشی با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش غلظت کلروفیل a شد (شکل ۳). احتمالاً تعادل هورمونی در شرایط تنش خشکی در مرحله رشد رویشی به

مصرف هورمون سیتوکینین در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل a نداشت ولی مصرف این هورمون در شرایط تنش



شکل ۳- اثر متقابل محیط‌های مختلف رطوبتی و غلظت‌های مختلف هورمون سیتوکینین بر غلظت کلروفیل a را نشان می‌دهد. C0، C1 و C2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین با غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی می‌باشد. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.

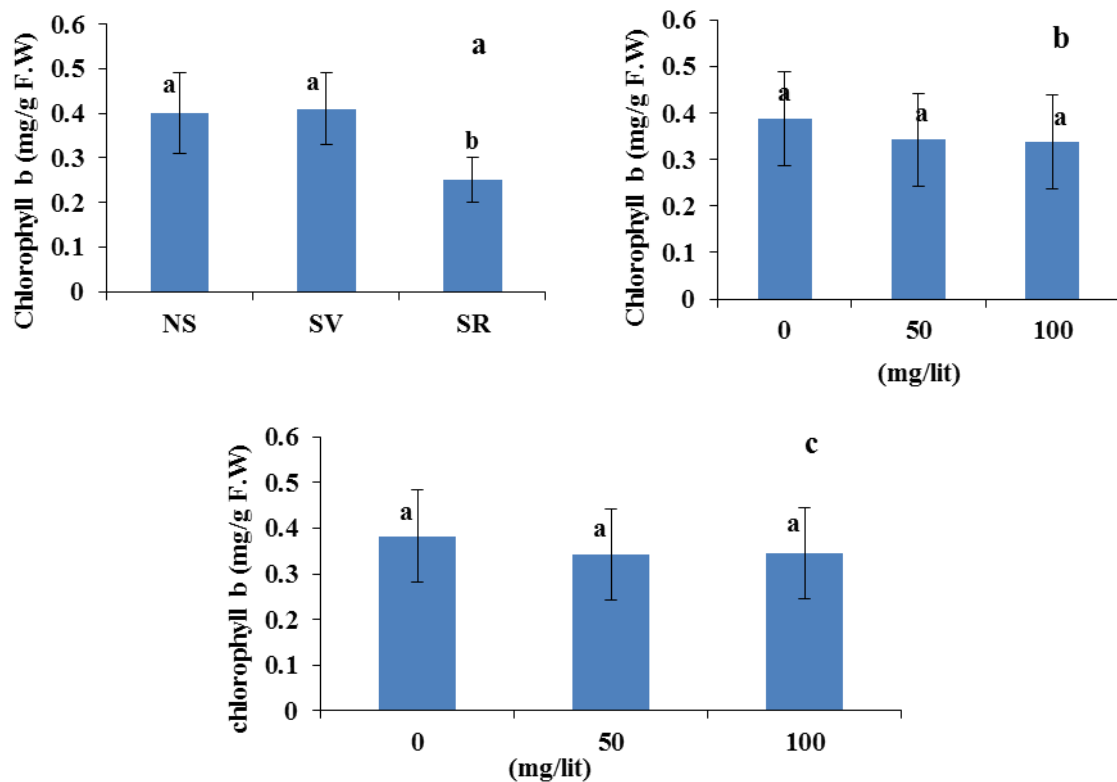


شکل ۴- اثر متقابل محیط‌های مختلف رطوبتی و غلظت‌های مختلف هورمون اکسین بر غلظت کلروفیل a را نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی و A0، A1 و A2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون اکسین با غلظت صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.

تأثیرگذار باشد (شکل ۱). احتمالاً هورمون اکسین جهت برقراری تعادل هورمونی حساسیت بیشتری نسبت به هورمون سیتوکینین دارد و در صورت کمبود رطوبت کارایی این هورمون مختل می‌شود.

کلروفیل b: بیشترین غلظت کلروفیل b در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی حاصل شد که تفاوت آن با غلظت کلروفیل b در شرایط بدون تنش خشکی معنی‌دار نبود (شکل ۵). تنش خشکی در مرحله زایشی باعث کاهش غلظت کلروفیل b شد (شکل ۵). به نظر می‌رسد تنش خشکی غلظت کلروفیل b

مانند شرایط بدون تنش مختل نشده است ولی در شرایط تنش زایشی احتمالاً تعادل هورمونی مختل شده و مصرف هورمون سیتوکینین توانسته تعادل هورمونی مختل شده را تا حدودی برگرداند. این موضوع با ادعای متحمل بودن گیاه ذرت به تنش خشکی در مرحله رشد رویشی هماهنگی دارد (Sallah, 2002). ولی هورمون اکسین در شرایط وجود رطوبت کافی توانست تأثیری معنی داری بر غلظت کلروفیل a داشته باشد (شکل ۴). با ایجاد شرایط تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و زایشی هورمون اکسین نتوانست بر غلظت کلروفیل a



شکل ۵- تأثیر محیط‌های مختلف رطوبتی (a)، غلظت‌های مختلف هورمون‌های سیتوکینین (b) و اکسین (c) بر غلظت کلروفیل b را نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی است. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

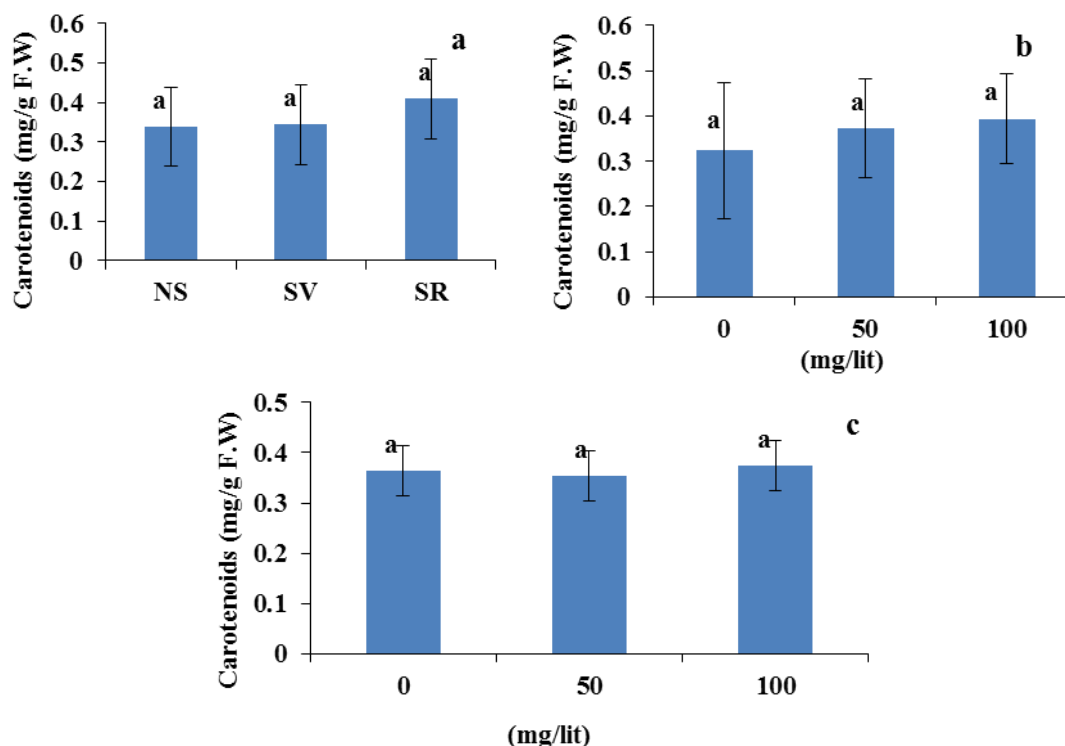
آنجا که مولکول‌های کاروتنوئید در جذب طول موج‌هایی که کلروفیل a قادر به جذب آن‌ها نیست نقش کمکی دارند و یا در محافظت از کلروفیل a در برابر اکسایش نوری نقش محافظتی دارند و عدم تأثیر این رنگیزه‌ها از شرایط تنش خشکی ممکن است نقش خود را به خوبی ایفا کرده باشند و ممکن است ممانعت از کاهش غلظت کلروفیل a نسبت به b به دلیل همین عامل باشد.

اسید آمینه پرولین: تنش خشکی در مرحله زایشی باعث تولید حداکثر غلظت اسید آمینه پرولین شد و در شرایط بدون تنش خشکی کمترین غلظت آن حاصل شد که تفاوت آن با غلظت اسید آمینه پرولین در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی معنی‌دار نبود (شکل ۷). زمانی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد تجزیه پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش آمینواسیدها بویژه پرولین افزایش می‌یابد. حساسیت ذرت به تنش خشکی در مرحله رشد زایشی باعث افزایش پرولین شد

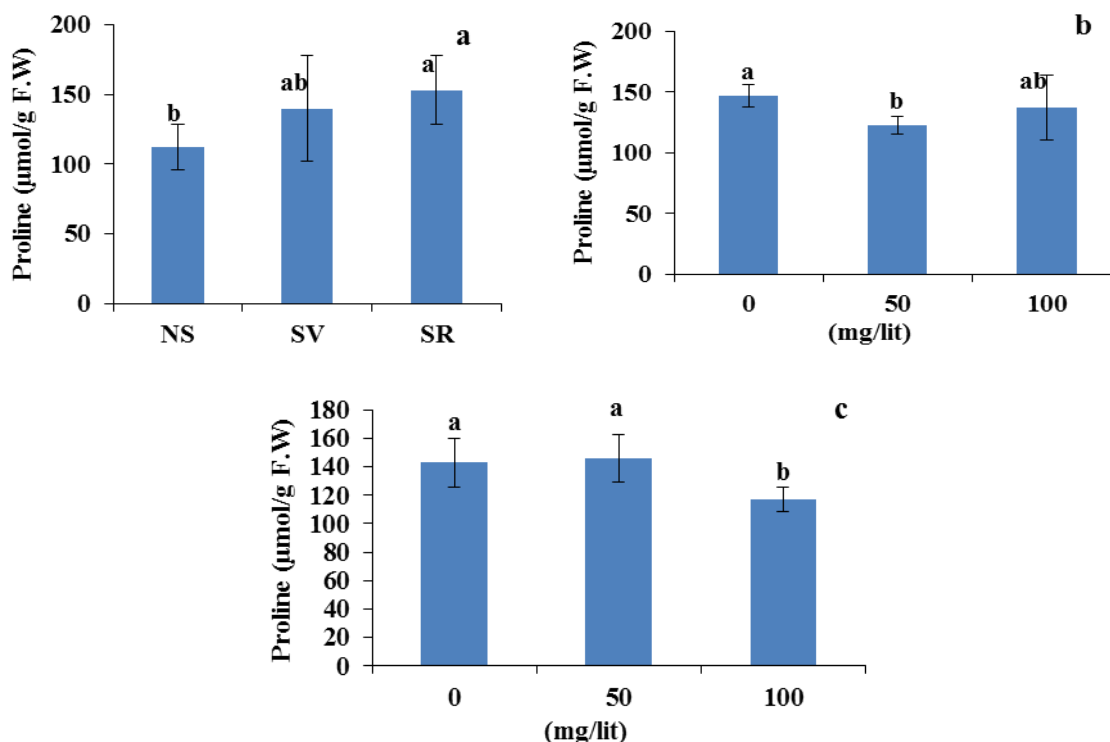
را بیشتر از a کاهش داده است. برخی محققین (Kulshreshtha, et al., 1987) نیز بیان کردند که کاهش کلروفیل b نسبت به کلروفیل a در شرایط تنش خشکی بیشتر است. آنها گزارش کردند که اعمال تنش خشکی غلظت کلروفیل a را بطور متوسط در حدود ۳۵ درصد و کلروفیل b را ۳۸ درصد کاهش داد. در آزمایش آن‌ها همبستگی مثبت بین غلظت CO₂ زیر روزنه‌ای و غلظت کلروفیل b تحت تنش نشان می‌دهد که در ارقام دارای مقادیر بیشتر کلروفیل فراوری CO₂ بیشتر است.

افزایش غلظت هورمون‌های اکسین و سیتوکینین تأثیر b معنی‌داری بر غلظت کلروفیل b نداشت (شکل ۵). به نظر می‌رسد عوامل دیگری به غیر از مختل شدن تعادل هورمونی در شرایط تنش خشکی عامل اصلی کاهش کلروفیل b باشد.

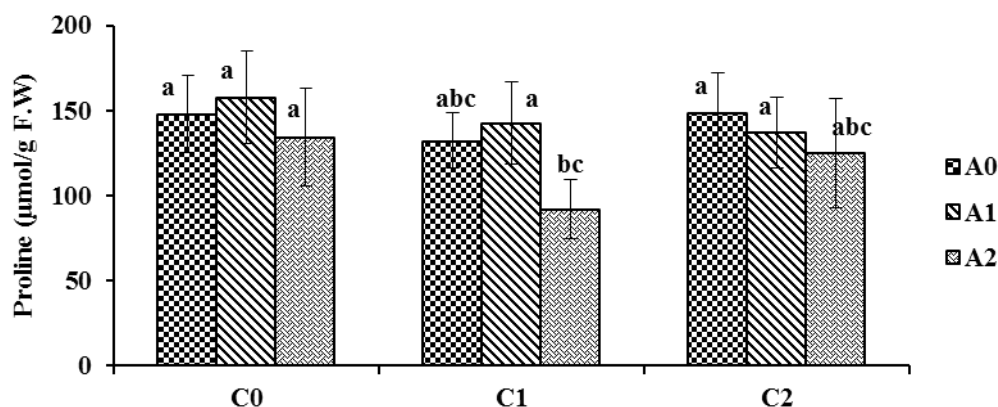
کاروتنوئیدها: کاروتنوئیدها تحت تأثیر تنش خشکی و هورمون‌های اکسین و سیتوکینین قرار نگرفتند (شکل ۶). از



شکل ۶- تأثیر محیط‌های مختلف رطوبتی (a)، غلظت‌های مختلف هورمون‌های سیتوکینین (b) و اکسین (c) بر غلظت کارتنوئیدها را نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی است. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.



شکل ۷- تأثیر محیط‌های مختلف رطوبتی (a)، غلظت‌های مختلف هورمون‌های سیتوکینین (b) و اکسین (c) بر غلظت اسید آمینه پرولین را نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی است. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.



شکل ۸- اثر متقابل غلظت‌های مختلف هورمون سیتوکینین و اکسین بر میزان غلظت اسید آمینه پرولین را نشان می‌دهد. C0، C1 و C2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین با غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و A0، A1 و A2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون اکسین با غلظت صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

و بدین ترتیب تجربه پروتئین و تولید پرولین کاهش یافته است (Kulshreshtha, et al., 1987).

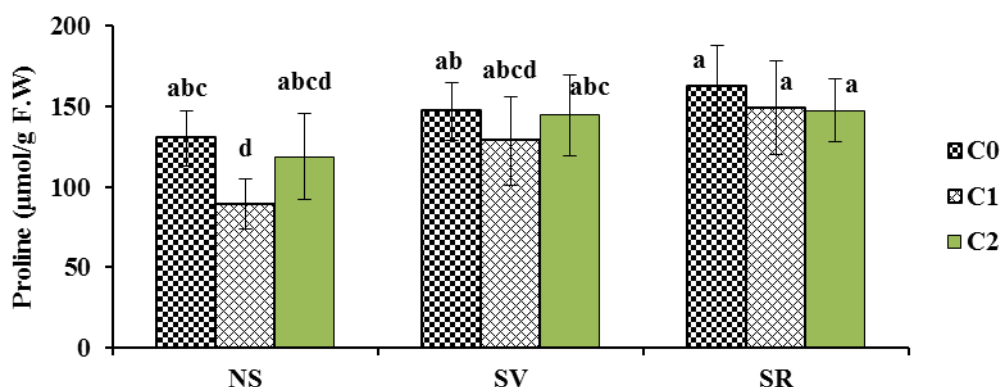
با مصرف هورمون اکسین تا غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی داری در غلظت پرولین رخ نداد ولی افزایش غلظت هورمون اکسین به ۲۰ میلی گرم در لیتر باعث کاهش غلظت اسید آمینه پرولین شد (شکل ۷). به نظر می‌رسد غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر هورمون اکسین در افزایش ریشه زایی ذرت موفق نبوده و تولید پرولین به اندازه عدم هورمون پاشی صورت گرفته است ولی غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر پرولین باعث افزایش ریشه زایی و به دنبال آن افزایش جذب آب توسط ریشه باعث افزایش تورژسانس سلول‌های برگ شده و نیاز به تولید پرولین کاهش یافت.

به نظر می‌رسد بهترین غلظت مصرف دو هورمون سیتوکینین و اکسین برای ممانعت از وقوع تنش در گیاه به ترتیب ۵۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر باشد، در این حالت کمترین غلظت اسید آمینه پرولین تولید شد (شکل ۸).

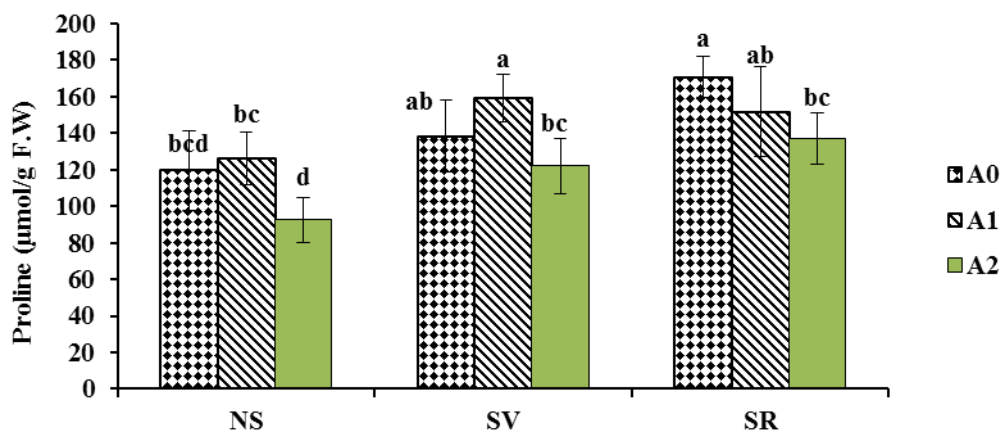
در شرایط تنش رویشی و زایشی مصرف هورمون سیتوکینین تأثیری بر تولید پرولین نداشت (شکل ۹). به نظر می‌رسد تأثیر گذاری هورمون سیتوکینین بر تولید پرولین به دلیل تأثیر آن بر باز و بسته شدن روزنه بصورت عکس ABA باشد، بدین ترتیب، در شرایط تنش خشکی آب کافی در محیط ریشه وجود نداشته و بسته شدن روزنه نیز به دلیل وجود

(شکل ۷). تنش خشکی در مرحله رشد رویشی باعث افزایش پرولین نسبت به محیط بدون تنش نشد (شکل ۷) که احتمالاً به دلیل تحمل ذرت به تنش در مرحله رشد رویشی و یا کاهش پرولین در مرحله زایشی پس از افزایش موقتی آن در مرحله رشد رویشی بوده است، بر اساس گزارشات مختلف تجمع پرولین حداقل چندین روز پس از وقوع تنش ادامه می‌یابد (Stewart and Boggess, 1977).

افزایش غلظت هورمون سیتوکینین تا ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث کاهش غلظت اسید آمینه پرولین شد، ولی با افزایش غلظت هورمون سیتوکینین تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر دوباره میزان اسید آمینه پرولین افزایش یافت (شکل ۷). احتمالاً با افزایش غلظت سیتوکینین تا غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کهدر تضاد با هورمون آبسزیک اسید (ABA) در پاسخ به روزنه عمل می‌کند و باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود ولی هورمون سیتوکینین باعث افزایش گشودگی روزنه‌ها شده و بدین ترتیب فشار تورژسانس سلول‌های برگ در اثر هدر رفت زودتر آب کاهش یافته و به دنبال آن تجزیه پروتئین و افزایش اسید آمینه پرولین صورت گرفته است ولی احتمالاً در غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر سیتوکینین باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌ها شده که در تنش خشکی منجر به جذب آب و حفظ حالت آماس سلول گردیده است. احتمالاً این عمل توسط تبدیل چربی‌ها و پلی ساکاریدها به گلوکز صورت گرفته است



شکل ۹- اثر متقابل محیط‌های مختلف رطوبتی و غلظت‌های مختلف هورمون سیتوکینین بر غلظت اسید آمینه پرولین را نشان می‌دهد. C0، C1 و C2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین با غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی می‌باشد. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.



شکل ۱۰- اثر متقابل محیط‌های مختلف رطوبتی و غلظت‌های مختلف هورمون اکسین بر غلظت اسید آمینه پرولین را نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی و A0، A1 و A2 به ترتیب نشان دهنده محلول‌پاشی هورمون اکسین با غلظت صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

حدودی به آن متحمل است، محلول‌پاشی هورمون اکسین باعث کاهش معنی‌دار غلظت اسید آمینه پرولین نشد ولی در شرایط تنش زایشی هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر باعث کاهش معنی‌دار غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به عدم محلول‌پاشی هورمون اکسین شد (شکل ۱۰).

عملکرد دانه: تنش زایشی باعث کاهش عملکرد دانه شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش زایشی و افزایش اسید آمینه پرولین (شکل ۷) انرژی که می‌توانست صرف افزایش عملکرد دانه شود صرف تولید پرولین شده تا گیاه را

هورمون سیتوکینین با تأخیر صورت گرفته و هدر رفت آب زودتر رخ داده، بنابراین غلظت اسید آمینه پرولین افزایش یافته است ولی در شرایط بدون تنش مصرف هورمون سیتوکینین با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش گشودگی روزنه از یک طرف و وجود رطوبت در محیط ریشه از سوی دیگر باعث افزایش سیستم تعرق، خنک شدن گیاه و کاهش تولید اسید آمینه پرولین شده است.

در شرایط بدون تنش خشکی که مقدار رطوبت مطلوب است و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی که گیاه ذرت تا

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در غلظت‌های مختلف

عوامل آزمایشی	عملکرد دانه (تن در هکتار)
تنش خشکی	
شاهد	۸/۸۷ ^a
تنش رویشی	۸/۴۰ ^a
تنش زایشی	۲/۶۹ ^b
هورمون سیتوکینین (mg/lit)	
صفر	۶/۹۷ ^a
۵۰	۶/۵۷ ^a
۱۰۰	۶/۴۱ ^a
هورمون اکسین (mg/lit)	
صفر	۴/۹۰ ^c
۱۰	۶/۶۴ ^b
۲۰	۸/۴۲ ^a

میانگین‌هایی با حداقل یک حرف الفبای مشترک دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند.

برای بقاء جهت مقابله با خشکی حفظ کند. برخی از محققین نیز به مکانیزم انرژی خواه بودن تولید پرولین اشاره کرده‌اند (Gzik, 1996). مصرف هورمون سیتوکینین باعث افزایش عملکرد دانه نشد ولی هورمون اکسین با غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب عملکرد دانه را به میزان ۳۵/۵۱ و ۷۱/۸۳ درصد افزایش داد (جدول ۲). به نظر می‌رسد گیاه ذرت از نظر تولید مواد فتوسنتزی (ساکاروز) ظرفیت بالایی دارد ولی در تبدیل ساکاروز به نشاسته در دانه و افزایش ظرفیت مقصد محدودیت وجود دارد و احتمالاً هورمون اکسین در تبدیل ساکاروز به نشاسته در دانه مؤثر بوده است.

نتیجه‌گیری:

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش تنش خشکی در مرحله زایشی در گیاه ذرت باعث کاهش غلظت کلروفیل a، b و همچنین افزایش غلظت اسید آمینه پرولین شد ولی تنش

خشکی در مرحله رشد رویشی نسبت به شرایط بدون تنش باعث کاهش معنی‌داری در میزان غلظت کلروفیل a و b نشد که نشانگر تحمل ذرت به تنش خشکی در مرحله رشد رویشی است. مصرف هورمون سیتوکینین با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش غلظت کلروفیل a و کاهش تولید اسید آمینه پرولین شد و بعنوان مناسب‌ترین غلظت در واکنش به این صفات در این آزمایش توصیه می‌شود و همچنین هورمون اکسین با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش غلظت کلروفیل a و احتمالاً افزایش تثبیت CO₂ و فتوسنتز می‌شود و هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر باعث کاهش پرولین به دلیل افزایش ریشه زایی و اجتناب از تنش خشکی می‌شود. انجام مطالعات بیشتر در زمینه این هورمون‌ها در غلظت‌های متفاوت و بررسی نقش آنها در انتخاب لاین‌های متحمل به خشکی ضروری به نظر می‌رسد.

Athar, H. R. and Ashraf, M. (2005) Photosynthesis under drought stress. In: Handbook of Photosynthesis (ed. Pessarakli, M.), 793–804. Taylor and Francis, New York

منابع:

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23:112-121.

- Nordstrom, A. Tarkowski, P. Tarkowska, D. Norbaek, R. Astot, C. Dolezal, K. Sandberg, G. (2004) Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: factor of potential importance for auxin – cytokinin regulated development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 8039–8044.
- Paleg, L. and Spinal, D. 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plant. Academic Press 89-101.
- Pospisilova, J. (2003). Participation of phytohormones in the stomatal regulation of gas exchange during water stress. *Biologia Plantarum* 46: 491-506.
- Ramzi, B. and Morales, F. (1994) Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley. *Plant Physiology* 104: 667-673.
- Sallah, P.Y.K., Antwi, K.O. and Ewool, M.B. (2002) Potential of elite maize composites for drought tolerance in stress and non-drought stress environments. *African Crop Science Journal* 10: 1–9.
- Satvir, K. Anil, G. K. and Narinder, K. (2000) Effect of GA3, kinetin and indole acetic acid on carbohydrate metabolism in chickpea seedlings germinating under water stress. *Plant Growth Regulation* 30: 61–70.
- Shaddad, M. A. and El-Tayeb, M. A. (1989). Interactive Effects of Soil Moisture Content and Hormonal Treatment on Dry Matter and Pigment Contents of Some Crop Plants,” *Acta Agronomica* 39: 49-57.
- Shaddad, M. A. Abd-ElSamad, H. M. K. and Ragaey, M. M. (2008) Drought Tolerance of Wheat Genotypes at the Early Vegetative Stage,” *Assiut University Journal of Botany* 37: 15-32
- Shaddad, M. A. K. Hamdia, Abd El-Samad, M. and Mohammed, H. T. (2011) Interactive effects of drought stress and phytohormones or polyamines on growth and yield of two m (*Zea mays* L.) genotypes. *American Journal of Plant Sciences* 2: 790-807.
- Stewart, G. R. and S. F. Boggess. (1977) Inhibition of proline oxidation by water stress. *Plant Physiology* 59:930-932.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, 4th edition. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts, USA.
- Towne, G. and Owensby, C. (1983) Cytokinins effect on protein and chlorophyll content of big bluestem leaves. *Journal of Range Management* 36: 75–77
- Vinocur, B. and Altman, A. (2005) Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotechnology* 16: 123-132.
- Zazimalova, E. Kaminek, M. Brezinova, A. Motyka, V. (1999) Control of cytokinin biosynthesis and metabolism. *Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones* 33: 141-160.
- Bates, L. S., Waldern, R. P. and Tear, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39:205-207.
- Brault, M. and Maldiney, R. (1999) Mechanisms of cytokinin action. *Plant Physiology and Biochemistry* 37: 403-412.
- Chaves, M. M. (1991) Effects of Water Deficits on Carbon Assimilation. *Journal of Experimental Botany* 42: 1-16.
- Davies, W. J. Metcalfe, J. Lodge T. A. and Costa, A. R. (1986) Plant growth substances and the regulation of growth under drought. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 105–125.
- Efeoglu, B. Ekmekci, Y. and Cicek, N. (2009) Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany* 75: 34–42.
- Fendina, I. S. Tsonev, T. and Guleva, E. L. (1993) The effect of pretreatment with proline on the responses of (*Pisum sativum* L.) to salt stress. *Photosynthetica* 29:521-527.
- Grieneisen, V. A. Xu, J. Mare, A. F. M. Hogeweg, P. Scheres, B. (2007) Auxin transport is sufficient to generate a maximum and gradient guiding root growth. *Nature* 449 1008–1013.
- Gzik, A. (1996) Accumulation of proline pattern of α -amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 36: 29-38.
- Hein, M.B. Brenner, M.L. and Brun, W.A (1986). Accumulation of ^{14}C -radiolabel in leaves and fruits after injection of ^{14}C tryptophan into seed of soybean. *Plant Physiology* 82: 454–456.
- Ibrahim, A. H. and Aldesuquy, H. S. (2003) Glycine Betaine and Shikimic Acid-Induced Modification in Growth Criteria, Water Relation and Productivity of Droughted Sorghum Bicolor Plants,” *Phyton* (Horn, Austria) 43: 351-363.
- Kaya, C. Tuna A. L. and Yokas, I. (2009) The Role of Plant Hormones in Plants under Salinity Stress. *Book Salinity and Water Stress* 44: 45-50.
- Kulshreshtha, S. D. Mishra, P. and Gupta, R. K. (1987) Changes in content of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistance and sensitive genotype of wheat. *Photosynthetica* 21:65-70.
- Mohammadkhani, N. and R. Heidari, (2007) Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 4022–4028.
- Muraro, D., Byrne, H., King, J., VoB, U., Kiber, J. and Bennett, M. (2011) The influence of cytokinin–auxin cross-regulation on cell-fate determination in *Arabidopsis thaliana* root development. *Journal of Theoretical Biology* 283:152–167.
- Mureiel, J. (1984) Free proline and reducing sugars accumulation in water stress. *Ser-Agricola* 29:39-46.

The effect of spraying auxine and cytokinin hormones on photosynthetic pigments and leaf proline amino acid in maize hybrid 704 under drought stress condition

¹Ali Mahrokh, ² Majid Nabi Pour*, ² Habib Alah Roshanfekar Dezfuli and ¹ Rajab Choukan

¹Seed and Plant Improvement Institut

²Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

(Received: 6 May 2015, Accepted: 15 July 2015)

Abstract:

This study was conducted to determine some physiological parameters of maize cultivar KSC 704 affected auxin and cytokinin hormones concentration variations under drought stress condition. The experiment was carried out in three environments separately including non-drought stress environment, drought stress in vegetative stage and drought stress in reproductive stage. Cytokinin hormone in three concentrations (control, 50 and 100 mg/lit) in V₈-V₁₀ stage and auxin hormone in three concentrations (control, 10 and 20 mg/lit) in silk emergence stage was laid out as a factorial design based on randomized complete block with three replications in each environment at Seed and Plant Improvement Institute, Karaj in 2014. Drought stress in reproductive stage decreased chlorophyll a and b respectively %28.13 and %37.93. The use of cytokinin hormone in concentration 50 mg/lit increased %37.73 chlorophyll a and decreased %16.58 proline amino acid and also auxine hormone in concentration 10 and 20 mg/lit increased %22.78 chlorophyll a and decreased %18.02 proline. The results of this experiment show that, probably the best concentration of cytokinin and auxine hormones are 50 and 20 mg/lit respectively for increasing tolerance to drought stress because the proline was produced in minimum level with average 92.08 μ mol /gr in this condition.

Key words: carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b, reproductive stage, vegetative stage.

*corresponding author, Email: nabipourm@yahoo.com