Archive of SID

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۵ (۲۲۸-۲۱۵)

تاثیر تنظیم کننده‌های رشد سیتوکینین و اکسین بر برخی صفات ذرت دانه‌ای تحت الگوهای مختلف کاشت در شرایط شوری

داوود دوانی[۱*]، مجید نبی‌پور[۲] و حبیب‌اله روشنفکر دزفولی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۲

چکیده

بخش وسیعی از اراضی زیر کشت ذرت تحت تاثیر درجات مختلفی از شوری قرار دارند. جهت بررسی اثر زمان محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های سیتوکینین و اکسین بر برخی صفات ذرت دانه‌ای (سینگل‌کراس ۷۰۴) تحت الگوهای مختلف کاشت در شرایط شوری، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. الگوی کاشت (یک‌ردیفه، دو ردیفه و کف‌فارو) به‌عنوان عامل اصلی و زمان محلول‌پاشی سیتوکینین (عدم مصرف، مرحله V5-V6 و V8-V10) و اکسین (عدم مصرف، زمان ظهور ابریشم و دو هفته بعد) به ترتیب با غلظت ۵۰ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. بیشترین تعداد برگ، LAI، عدد سبزینگی، Fm و Fv/Fm از کاشت کف‌فارو به‌دست آمد. الگوهای کاشت دو ردیفه و کف‌فارو عملکرد دانه را به‌ترتیب ۲۴/۹ و ۴۵/۸ درصد افزایش دادند. مصرف سیتوکینین در مرحله V8-V10، LAI، RWC، عدد سبزینگی و Fv/Fm را افزایش داد. کمترین Fm با مصرف سیتوکینین در مرحله V8-V10 و بیشترین عدد سبزینگی و Fv/Fm و کمترین Fm با کاربرد اکسین در زمان ظهور ابریشم به‌دست آمد. مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۹/۷ درصد شد. از آنجا که بیشترین عملکرد دانه همراه با بیشترین عدد سبزینگی و Fv/Fm با کاشت کف‌فارو با مصرف سیتوکینین در مرحله V8-V10 و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به‌دست آمد، احتمالاً زمان مصرف و تعادل بین تنظیم کننده‌ها همراه با الگوی صحیح کاشت، می‌توانند از عوامل موثر بر تحمل ذرت به شوری باشند.

واژه‌های کلیدی: ظهور ابریشم، فلورسانس، کف‌فارو، مرحله رشد

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران؛ مدرس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، بوشهر، ایران

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول: davanidavoud@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شوری آب و خاک یکی از مشکلات جدی در کشاورزی است. کمبود منابع آب شیرین و استفاده از آب شور یا آب‌های با کیفیت پایین برای آبیاری باعث افزایش شوری خاک می‌شود که این مسأله میزان تولید محصول را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (Silva *et al.*, 2008). هنگامی که گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتری آن کاهش یافته و در نتیجه میزان رشد، سطح برگ و محتوای کلروفیل کاهش و فلورسانس کلروفیل افزایش می‌یابد. با وجود این‌که گیاهان در میزان تحمل به شوری متفاوت هستند، اما در نهایت شوری سبب کاهش رشد آنها خواهد شد. این کاهش به طور عمده در ارتباط با افت ظرفیت فتوسنتزی است که خود می‌تواند معلول کاهش در محتوای کلروفیل باشد (Viera Santos, 2004). شوری با تأثیر منفی بر ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون باعث می‌شود که سیستم به سرعت به Fm برسد، که نتیجه آن کاهش فلورسانس متغیر (Fv) خواهد بود (Amirjan 2009). از این‌رو، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II به صورت نسبت Fv/Fm بیان می‌شود که نشان‌دهنده حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II می‌باشد (Paknejad *et al.*, 2007). پارامتر Fv/Fm به دلیل اینکه همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارد، شاخص خوبی برای تعیین تفاوت بین شرایط کنترل و شرایط تنش می‌باشد (Zelate and Yordanov, 2005).

ذرت گیاهی از خانواده غلات با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالا است و در سطح جهانی از نظر میزان تولید در رتبه اول قرار دارد (FAO, 2013). با توجه به نیاز روزافزون کشور به تامین مواد غذایی و تولید فرآورده‌های دامی و سهم ذرت در جیره غذایی طیور بررسی عوامل مهم افزایش تولید این محصول استراتژیک اهمیت زیادی پیدا کرده است (Noormohamadi *et al.*, 2009).

الگوی کاشت بوته‌ها می‌تواند بر دسترسی آنها به نور، آب و عناصر غذایی موثر باشد (Ashraf *et al.*, 2008). مطالعات انجام شده پیرامون الگوی کاشت ذرت در کشور حاکی از برتری آرایش کاشت دو ردیفه نسبت به یک ردیفه می‌باشد (Tahmasebi and Rashed-Mohassel, 2009; Ghanbari-Birgani *et al.*, 2010). با کشت دو ردیفه ذرت، به علت توزیع مناسب‌تر بوته‌ها، رقابت بین آنها کاهش می‌یابد و موجب استفاده بهتر از عوامل محیطی در نتیجه افزایش عملکرد محصول خواهد شد (Shahkarami and Rafiee, 2009). با این‌حال، روش‌های کاشت در شرایط شور با روش‌های متداول کاشت در شرایط غیرشور متفاوت است و کاشت در کف فارو و یا کشت دو ردیفه در شرایط شور مورد توصیه و تاکید محققان و کارشناسان کشاورزی می‌باشد (Esmaeili and Roshan, 2006; Khavari- Khorasani, 2012).

به‌طور کلی پذیرفته شده است که سیتوکینین‌ها در رأس ریشه و بذر در حال نمو گیاهان تولید می‌شوند (Xu *et al.*, 2004). آنها از طریق آوند آبکش از ریشه به بخش‌های هوایی منتقل می‌شوند. با این حال نقش سیتوکینین‌ها در بسیاری از فرایندهای مهم رشد و نمو گیاهان از طریق مصرف سیتوکینین خارجی به اثبات رسیده است (Ashraf *et al.*, 2008). سیتوکینین‌ها باعث بهبود رشد گیاهان زراعی در شرایط شوری می‌شوند (Rajala and Peltonen-Saninio, 2001). در آزمایشی در ذرت ثابت شد که سیتوکینین عکس ABA در بسته شدن روزنه‌ها در برگ‌های پیر و جوان عمل می‌کند (Ashraf *et al.*, 2008). سیتوکینین از طریق تجمع کلروفیل و تبدیل اتیوپلاست به کلروپلاست و جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد پیری برگ را به تعویق می‌اندازد. لذا این امکان وجود دارد که در پاسخ به شرایط محیطی سخت، کارساز باشد (Yazdi-Motlagh *et al.*, 2012). نقش سیتوکینین‌ها در کاهش تجزیه کلروفیل با افزایش تقسیم سلولی، رشد سلول، افزایش بیوسنتز کلروفیل و تأخیر در روند پیری برگ گزارش شده است (Siadat and Hashemi-Dezfouli, 2000). تیمار بوته‌های سیب زمینی با کاینتین، بازدارندگی رشد ناشی از تنش شوری را کاهش داد (Hashemi-Dezfuli *et al.*, 2001).

اکسین‌ها نیز نقش بسیار مهمی در تحمل گیاهان به تنش شوری دارند (Kaya *et al.*, 2010). شوری باعث کاهش شدید در سطح اکسین در سیستم ریشه گیاهان می‌شود (Porter and Hichs, 1997). شوری موجب کاهش ۷۵ درصدی در میزان اکسین برنج و گوجه‌فرنگی شد (Brenner and Cheikh, 1995). میزان پر شدن دانه در غلات ارتباط نزدیکی با قدرت مقصد دارد (Lacerda *et al.*, 2003). اکسین‌ها فعالیت‌های فتوسنتزی (Naeem *et al.*, 2004) و انتقال مواد فتوسنتزی (Awan *et al.*, 1999) را افزایش می‌دهند. این آزمایش به منظور بررسی اثر تنظیم کننده‌های رشد سیتوکینین و اکسین روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک

www.SID.ir

Archive of SID

و عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل‌کراس ۷۰۴ تحت الگوهای مختلف کاشت و تعیین بهترین الگوی کاشت و زمان محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد اکسین و سیتوکینین در شرایط شور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر واقع در شهرستان دشتستان به صورت کرت‌های خردشده- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. محل اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۷۰ متر و متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۲۵۰ میلی‌متر است. بافت خاک محل آزمایش دارای ۱۵/۱ درصد رس، ۳۱/۵ درصد سیلت و ۵۳/۴ درصد شن (خاک لوم‌شنی) و هدایت الکتریکی خاک و آب مزرعه به ترتیب برابر با ۴/۹۸ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر است که بر این اساس خاک مزرعه در محدوده خاک‌های شور و آب آبیاری در گروه آب‌های لب شور قرار داشت (Salardini, 2008) و pH خاک و آب به ترتیب ۷/۵ و ۷/۷ بود. الگوی کاشت (یک ردیف روی پشته، دو ردیف طرفین پشته به صورت زیگزاگ و یک ردیف کف‌فارو) به عنوان عامل اصلی و زمان مصرف دو تنظیم کننده رشد سیتوکینین (عدم مصرف، محلول‌پاشی در مرحله ۶-۵ برگی و ۱۰-۸ برگی) و اکسین (عدم مصرف، محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم و دو هفته پس از آن) نیز به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی بود (Emam *et al.*, 2013; Keshavarzi *et al.*, 2013).

آماده‌سازی زمین با انجام عملیات شخم در اردیبهشت و دو دیسک عمود برهم و ایجاد جوی‌پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر با فاروئر در مرداد انجام شد. کاشت به صورت کپه‌ای و سه عدد بذر در هر کپه با عمق ۵ سانتی‌متر بود. سپس جهت حصول تراکم بوته مناسب، عملیات تنک کردن با حذف دو بوته در هر کپه در مرحله ۳ تا ۴ برگی اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کاشت به طول ۶ متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف در الگوی کاشت یک‌ردیفه و کف‌فارو برابر با ۱۷/۵ سانتی‌متر و در روش دو ردیفه برابر با ۳۵ سانتی‌متر بود و بدین ترتیب تراکم بوته برای تمامی تیمارها ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار ثابت در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت ۱۵ مرداد یعنی تاریخ کاشت مرسوم منطقه بود. مقادیر کود مصرفی در تمام تیمارها یکسان و بر اساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی طبق فرمول کودی ۴۰۰ کیلوگرم اوره و ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم استفاده شد، ولی نیازی به مصرف پتاسیم نبود. یک سوم کود نیتروژن و کل کود فسفره قبل از کاشت به روش دستی در کنار پشته‌ها جای‌گذاری شد و مصرف سرک کود نیتروژن در مرحله ۶ تا ۸ برگی انجام شد. آبیاری به صورت جوی و پشته و بر حسب نیاز گیاه انجام شد. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. از ایندول بوتریک اسید و بنزیل آدنین به ترتیب به عنوان اکسین و سیتوکینین استفاده شد که به ترتیب با غلظت ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند (Emam *et al.*, 2013; Keshavarzi *et al.*, 2013). جهت حلالیت بیشتر ابتدا هر دو تنظیم کننده رشد در اتانول حل شدند و به‌منظور جذب بیشتر تنظیم کننده‌های رشد از ماده‌ای چسبنده و مومی به نام توین ۲۰ با نسبت ۰/۵ درصد حجمی استفاده شد. گیاهان شاهد نیز با آب مقطر همراه با توین ۲۰ تیمار شدند. جهت اطمینان از جذب تنظیم کننده‌ها توسط گیاه، محلول‌پاشی در هر مرحله چهار روز متوالی تکرار و جهت جلوگیری از تبخیر سریع آنها به وسیله نور خورشید و نیز وجود زمان مناسب جهت جذب بهینه محلول توسط گیاه، محلول‌پاشی تنظیم کننده‌ها هم‌زمان با غروب آفتاب انجام شد. بعد از آخرین مرحله محلول‌پاشی، برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی ۱۰ بوته به طور تصادفی بعد از حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت فرعی انتخاب شد.

اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل روی آخرین برگ کاملاً توسعه‌یافته در یک بوته با استفاده از فلورومتر (PAM-2000, H WalsGmbH, Effeltrich, Germany) انجام شد. برای این منظور، قسمتی از برگ مورد نظر به مدت ۳۰ دقیقه توسط فویل آلومینیم پوشیده شد تا به تاریکی عادت داده شود. سپس سنسور دستگاه به آن متصل و با روشن نمودن دستگاه، نور با طول موج ۶۹۵ نانومتر از طریق فیبرنوری به برگ تابیده شد و پارامترهای فلورسانس شامل فلورسانس کمینه (F_0) و فلورسانس بیشینه (F_m) محاسبه شد. کارایی کوانتومی فتوسیستم II نیز از طریق رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{(F_m - F_0)}{F_m} \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

سطح نور (PFD سطح جریان فوتون) ۴۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه و زمان تابیدن نور ۵ ثانیه برای تمامی تیمارها انتخاب شد که در مورد هر تیمار سه بار تکرار شد. عدد سبزینگی به وسیله کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502, Minolta, Japan) از سه نقطه از قسمت میانی همان برگ‌هایی انجام شد که فلورسانس آنها اندازه‌گیری شد. برگ‌های سه بوته در هر کرت فرعی که برای اندازه‌گیری پارامترهای فلورسانس و عدد سبزینگی انتخاب شده بودند، به طور کامل جدا شده و به آزمایشگاه منتقل شدند و سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta T Device, UK) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری محتوای آب نسبی (RWC)، یک قطعه ۴ سانتی‌متر مربعی از برگ‌ها جدا و بلافاصله توزین (FW) و سپس در پتری‌دیش حاوی آب مقطر بین دو لایه دستمال کاغذی به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار گرفت تا به حالت اشباع رسیدند و وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری (SW) شد. سپس درون پاکت‌های کاغذی در دمای ۸۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک و توزین شدند (DW). آنگاه محتوای آب نسبی از رابطه (۲) به‌دست آمد (Gonzalez, 2003):

$$RWC=\frac{FW-DW}{SW-DW}\times 100 \qquad (۲)$$

برداشت نهایی بعد از حذف حاشیه‌ها، از سه ردیف وسط و سطح ۹ مترمربع در هر کرت انجام شد و پس از جدا کردن دانه از بلال به وسیله دستگاه شیلر، عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر الگوی کاشت بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). الگوی کاشت کف‌فارو بیشترین و الگوی کاشت یک ردیف روی پشته (کشت معمول) کمترین تعداد برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در مقابل، اثر زمان کاربرد تنظیم کننده‌های رشد سیتوکینین و اکسین بر تعداد برگ معنی‌دار نشد.

شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱) و الگوی کاشت کف‌فارو با ۴/۲۲ بیشترین میزان شاخص سطح برگ را داشت در حالی که کمترین مقدار برابر با ۳/۱۲ به الگوی کاشت معمول اختصاص داشت (جدول ۲). کاهش تعداد برگ و سطح برگ در شرایط شوری توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Enferad *et al.*, 2004). از آنجا که شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و برهم زدن تعادل یونی در گیاه می‌شود، می‌توان کاهش تعداد برگ را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری و تاثیر آن بر فرآیندهای فتوسنتز نسبت داد (Mirmohammadi- Maibodi *et al.*, 2002). روش کشت کف‌فارو یک روش مناسب برای مناطقی است که گیاه در طول دوره رشد با تنش شوری یا خشکی روبه‌رو می‌شود (Khavari- Khorasani, 2012). از این‌رو، کاهش شاخص سطح برگ و تعداد برگ در الگوی کشت معمول را می‌توان به تجمع املاح پای بوته و ایجاد شوری حاصل از آن نسبت داد. زمان محلول‌پاشی سیتوکینین نیز روی شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) و زمان محلول‌پاشی ۸ تا ۱۰ برگی با میانگین ۴ بیشترین شاخص سطح برگ را داشت و کمترین شاخص سطح برگ برابر با ۳/۵۷ به شاهد اختصاص داشت که البته تفاوت معنی‌داری با زمان محلول‌پاشی ۵ تا ۶ برگی نشان نداد (جدول ۳). شاخص سطح برگ تحت تاثیر اکسین قرار نگرفت. برخلاف اکسین، سیتوکینین باعث کاهش تقسیم سلولی در ریشه و افزایش تقسیم سلولی در اندام‌های هوایی می‌شود (Nordstrom *et al.*, 2004). سیتوکینین‌ها توسعه برگ و نمو اندام زایشی را تحریک می‌کنند و پیری را به تأخیر می‌اندازند (Shah, 2007). احتمالا به دلیل اینکه در این تحقیق محلول‌پاشی اکسین در زمان رشد زایشی گیاه انجام شده است و با توجه به اینکه گسترش سطح برگ ذرت تا چند روز قبل از ظهور ابریشم به پایان می‌رسد (Espinoza and Ross, 1996)، اکسین نتوانست شاخص سطح برگ را تحت تاثیر قرار بدهد.

محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار نگرفت، اما زمان محلول‌پاشی سیتوکینین بر محتوای آب نسبی برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و زمان محلول‌پاشی ۸ تا ۱۰ برگی بیشترین مقدار را برابر با ۶۸ درصد به خود اختصاص داد. محتوای

www.SID.ir

Archive of SID

آب نسبی برگ بین شاهد و زمان محلول‌پاشی ۵ تا ۶ برگی تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با این وجود کمترین مقدار برابر با ۵۹ درصد به زمان محلول‌پاشی ۵ تا ۶ برگی تعلق داشت (جدول ۲). تجزیه نشاسته و تجمع قندها در آندوسپرم گندم توسط سیتوکینین افزایش می‌یابد که این امر منجر به افزایش شیب اسمزی برای ورود آب می‌شود (Brenner and Cheikh, 1995). بر خلاف سیتوکینین، تاثیر زمان محلول‌پاشی اکسین بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار نشد.

اثر الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد بر عدد سبزینگی معنی‌دار بود (جدول ۱) و الگوی کاشت کف‌فارو بیشترین مقدار را برابر با ۳۶/۱۱ داشت، ولی اختلاف معنی‌داری با مقدار حاصل از الگوی کاشت دو ردیفه نداشت. کمترین میزان عدد سبزینگی نیز به الگوی کاشت معمول برابر با ۱۹/۱۹ اختصاص داشت (جدول ۲). تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست و تغییر تعداد و اندازه کلروپلاست‌ها می‌شود (Neocleous and Vasilakakis, 2007). کل محتوای کلروفیل برگ‌های ذرت به وسیله شوری کاهش می‌یابد. یکی از آثار شوری در گیاه کاهش فعالیت فتوسنتزی است که موجب کاهش مقدار کلروفیل و کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Francis *et al.*, 2002). هر چند که تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها در تنش شوری نیز تأثیر منفی بر غلظت کلروفیل دارد (Stepien and Klobus, 2006). علاوه بر این، تنش شوری در جذب برخی عناصر ضروری نظیر آهن و منیزیم اختلال ایجاد می‌کند. این عناصر در سنتز کلروفیل ضروری هستند (Neocleous and Vasilakakis, 2007). کاهش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در شرایط تنش شوری در گیاه گوجه‌فرنگی (Tari *et al.*, 2002) و سویا (Abd El Samad and Shaddad, 1997) گزارش شده است. عدد سبزینگی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی سیتوکینین قرار گرفت (جدول ۱) و زمان محلول‌پاشی ۸ تا ۱۰ برگی بیشترین مقدار را با میانگین ۳۶/۱۱ نشان داد. بین تیمار شاهد و زمان محلول‌پاشی ۵ تا ۶ برگی از نظر عدد سبزینگی تفاوت معنی‌دار نبود، ولی با این‌حال کمترین مقدار به زمان محلول‌پاشی ۵ تا ۶ برگی با میانگین ۳۳/۶ اختصاص داشت (جدول ۳). تأثیر مصرف خارجی سیتوکینین در جلوگیری از تجزیه کلروفیل (Pospisilova *et al.*, 2000) از طریق جلوگیری از فعالیت کلروفیلاز (Petrenko and Biryukova, 1977) به اثبات رسیده است. گزارش شده است که کاینتین غلظت کاروتنوئیدها را افزایش می‌دهد و از این طریق کلروفیل را از اکسیداسیون نوری محافظت می‌کند (Tarakhovaskaya *et al.*, 2013). زمان محلول‌پاشی اکسین نیز در سطح احتمال یک درصد بر عدد سبزینگی تأثیر گذاشت (جدول ۱) و بیشترین مقدار برابر با ۳۸/۰۳ با محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم مشاهده شد. کمترین مقدار نیز برابر با ۳۲/۲۶ به زمان محلول‌پاشی دو هفته بعد از ظهور ابریشم اختصاص داشت، ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۴).

یکی از اهداف محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های گیاهی طی دوره زایشی افزایش دوره سبزینگی و فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها برای انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه است (Garsia and Hanowy, 1996). اکسین احتمالا به عنوان کوآنزیم در متابولیسم گیاهان عالی عمل می‌کند. از این‌رو نقش مهمی در تشکیل رنگدانه‌های فتوسنتزی به عهده دارد. این افزایش در محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند از طریق تحریک سنتز رنگدانه‌ها و یا جلوگیری از تجزیه آنها باشد (Taslima *et al.*, 2011). مطالعات نشان داده است که کاهش پروتئین محلول و کلروفیل با کاهش فعالیت روبیسکو در برگ همراه است (Kim and Portis, 2005). کاهش مقدار و فعالیت روبیسکو باعث کاهش فتوسنتز خالص می‌شود و در صورتی که فعالیت روبیسکو محدود نشده باشد، انتظار می‌رود فتوسنتز خالص نیز در حد طبیعی باشد (Salvucci and Crafts- Brandner, 2004). در این آزمایش از نظر Fo که بیانگر مقدار فلورسانس در زمانی است که پذیرنده کوئینون A در فتوسیستم II در بالاترین مقدار شرایط اکسیداسیونی (مراکز فتوسیستم II باز هستند) قرار دارد، تفاوت معنی‌داری بین هیچ یک از تیمارهای آزمایش وجود نداشت (جدول ۱). فلورسانس حداکثر (Fm) در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱) و الگوی کف‌فارو با ۹۱۹/۲۶ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. کمترین میزان Fm با میانگین ۷۷۲/۹۳ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه مربوط به الگوی کاشت دو ردیفه بود و تفاوت معنی‌داری با الگوی کاشت معمول نداشت (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنظیم‌کننده و الگوی کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد ذرت دانه‌ای تحت شرایط شوری

Table 1. Analysis of variance for the effect of regulator and planting pattern on physiological characteristics and yield of grain maize under salinity conditions

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean Squares میانگین مربعات							
			تعداد برگ Leaf number	شاخص سطح برگ Leaf area index	محتوای آب نسبی برگ RWC	عدد سبزینگی SPAD value	فلورسانس کمینه F_0	فلورسانس بیشینه F_M	کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II $F_{V/}F_M$	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	0.27	7.421	0.017	1060.365	3860.753	53044.111	0.025	58.58
Planting pattern (A)	الگوی کاشت	2	21.63^{**}	4.101^{**}	0.003^{ns}	4610.395^{**}	1391.049^{ns}	144870.444^{**}	0.2428^{*}	81.785^{*}
Main error	خطای اصلی	4	1.083	1.214	0.002	213.372	3109.771	7899.611	0.0142	8.261
Auxin (B)	اکسین	2	0.079^{ns}	1.482^{ns}	0.003^{ns}	285.787^{**}	542.567^{ns}	159647.37^{**}	0.0148^{*}	15.536^{**}
Cytokinine (C)	سیتوکینین	2	0.221^{ns}	8.419^{**}	0.052^{**}	69.519^{**}	759.456^{ns}	317914.925^{**}	0.0667^{**}	0.331^{ns}
A × B	الگوی کاشت × اکسین	4	0.077^{ns}	1.462^{ns}	0.008^{ns}	34.771^{ns}	1567.864^{ns}	19176.925^{ns}	0.0013^{ns}	0.558^{ns}
A × C	الگوی کاشت × سیتوکینین	4	0.064^{ns}	0.838^{ns}	0.003^{ns}	7.279^{ns}	688.975^{ns}	31630.592^{ns}	0.0058^{ns}	0.123^{ns}
B × C	اکسین × سیتوکینین	4	0.12^{ns}	0.77^{ns}	0.004^{ns}	45.358^{ns}	1233.16^{ns}	4624.518^{ns}	0.004^{ns}	1.222^{ns}
A × B × C	الگوی کاشت × اکسین × سیتوکینین	8	0.034^{ns}	1.007^{ns}	0.002^{ns}	15.835^{ns}	526.817^{ns}	16239.157^{ns}	0.0042^{ns}	4.745^{**}
Sub-error	خطای فرعی	48	0.126	1.09	0.004	20.36	709.307	15201.444	0.026	1.645
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	3.22	29.95	10.51	13.16	12.09	14.6	8.39	22.5

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت بر صفات مختلف درت دانه‌ای

Table 2. Mean comparison of the effect of planting pattern on different characteristics of grain corn

Planting pattern	الگوی کاشت	تعداد برگ Leaf number	شاخص سطح برگ Leaf area index	عدد سبزینگی SPAD value	فلورسانس بیشینه F_M (µmol. $m^{-2}s^{-1}$)	کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II $F_{V/}F_M$	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton.ha^{-1})
Ridge planting	یک‌ردیفه	10.41[b]	3.12[c]	19.19[b]	840.04[b]	0.73[b]	4.09[b]
Double rows	دو ردیفه	10.68[b]	3.85[b]	41.52[a]	772.93[b]	0.71[b]	5.45[ab]
Furrow planting	کف‌فارو	12.08[a]	4.22[a]	42.12[a]	919.26[a]	0.77[a]	7.55[a]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means followed with the same letters in each column have not significant different by Duncan's test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان مصرف تنظیم کننده رشد سیتوکینین بر صفات مختلف ذرت

Table 3. Mean comparison of the effect of application time of cytokinin on different characteristics of grain corn

Application time of cytokinin	زمان کاربرد سیتوکینین	شاخص سطح برگ Leaf area index	محتوای آب نسبی برگ RWC (%)	عدد سبزینگی SPAD value	فلورسانس بیشینه F_M (µmol. $m^{-2}s^{-1}$)	کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II $F_{V/}F_M$
Control	شاهد	3.57[b]	61[b]	33.6[b]	884.89[a]	0.75[b]
V5-V6	۵ تا ۶ برگی	3.86[b]	59[b]	33.12[b]	926.26[a]	0.77[b]
V8-V10	۸ تا ۱۰ برگی	4.00[a]	68[a]	36.11[a]	721.07[b]	0.85[a]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means followed with the same letters in each column have not significant different by Duncan's test.

www.SID.ir

Archive of SID

پس از قرار گرفتن برگ در مقابل نور تابانده شده توسط دستگاه، مراکز احیای فتوسیستم II به تدریج بسته می‌شود و فلورسانس کلروفیل افزایش می‌یابد. این افزایش نشان دهنده افزایش تدریجی عملکرد فلورسانس و کاهش سرعت واکنش‌های فتوشیمیایی است (Baker and Rosenqvist, 2004). عسکری و همکاران (Askari *et al.*, 2013) نشان دادند که شاخص کلروفیل بافت‌های برگی و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II به دلیل کاهش میزان Fm تحت شرایط شوری کاهش می‌یابد. در این تحقیق نیز الگوی کشت کف‌فارو توانست از طریق کاهش آثار شوری از کاهش Fm جلوگیری کند. زمان محلول‌پاشی سیتوکینین بر Fm در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) و زمان ۵ تا ۶ برگی با ۹۲۶/۲۶ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه بیشترین مقدار Fm را داشت که البته اختلاف آن با تیمار شاهد معنی‌دار نشد. کمترین مقدار Fm نیز به زمان محلول‌پاشی ۸ تا ۱۰ برگی برابر با ۷۲۱/۰۷ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه تعلق داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که اختلال ایجاد شده تعادل تنظیم کننده‌های گیاه در اثر کاربرد سایتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی باعث افزایش حساسیت به شوری و کاهش میزان Fm شد. زمان محلول‌پاشی اکسین نیز در سطح احتمال یک درصد بر Fm تاثیر گذاشت (جدول ۱) و محلول‌پاشی دو هفته بعد از ظهور ابریشم بیشترین مقدار را برابر با ۸۹۶/۰۴ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه داشت، ولی تفاوت معنی‌داری با زمان محلول‌پاشی همزمان با ظهور ابریشم نداشت. کمترین مقدار Fm نیز برابر با ۷۵۵/۷۴ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه به تیمار شاهد اختصاص داشت (جدول ۴).

اثر الگوی کاشت روی کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و الگوی کاشت کف‌فارو بیشترین مقدار Fv/Fm را برابر با ۰/۷۷ داشت، اما تفاوت معنی‌داری بین کاشت معمول با کاشت دو ردیفه از این نظر وجود نداشت (جدول ۲). به طورکلی، بازدارندگی نوری با کاهش کارایی مصرف فوتون‌ها به وسیله فتوسیستم II مشخص می‌شود و کاهش Fv/Fm در دو وضعیت رخ می‌دهد. اول زمانی که برگ‌ها به طور ناگهانی در معرض نور شدید قرار می‌گیرند که به مرکز فتوسیستم II صدمه می‌زند و دوم وقتی که در معرض تنش‌های محیطی واقع شوند (Kumar *et al.*, 2010). تنش‌های محیطی از قبیل شوری، با تأثیر بر فتوسیستم باعث کاهش این نسبت می‌شوند. گزارش شده است که Fv/Fm همبستگی مثبتی با عملکرد تحت شرایط تنش دارد (Kaya *et al.*, 2001). نسبت Fv/Fm در گیاهان آوندی حدود ۰/۸۳۲ است که بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ تغییر می‌کند (Soltani, 2004). از آنجایی که مقدار Fv/Fm حاصل از الگوی کشت کف‌فارو در حد معمول است، می‌توان نتیجه گرفت که مرکز فتوسیستم II در این الگوی کشت سالم بود و کارایی آن تحت تأثیر شوری قرار نگرفت.

زمان محلول‌پاشی سیتوکینین نیز بر Fv/Fm در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی بیشترین میزان این صفت را برابر با ۰/۸۵ نشان داد، در حالی که کمترین مقدار Fv/Fm با تیمار شاهد برابر با ۰/۷۵ و بدون تفاوت معنی‌دار با زمان مصرف ۵ تا ۶ برگی به‌دست آمد (جدول ۳). اگرچه کارکرد و مکانیسم عمل تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است، ولی نقش آنها در کنترل فرایندهای فتوسنتزی به خوبی شناخته نشده است. تنظیم کننده‌های رشد پاسخ‌های متنوعی تولید می‌کنند و بر فرآیندهای فتوسنتزی از طریق مکانیسم‌های مختلفی تأثیر می‌گذارند و احتمالاً در تبدیل سیگنال‌های مرتبط با تنش‌های محیطی به تغییرات در بیان ژن‌ها جهت سازگاری با شرایط نامناسب محیطی نقش دارند (Santner and Estelle, 2009). کاهش سیتوکینین در شرایط شور و افزایش Fv/Fm تحت تأثیر سیتوکینین گزارش شده است (Tarakhovaskaya *et al.*, 2013).

نسبت Fv/Fm در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی اکسین قرار گرفت و محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم بیشترین مقدار را برابر با ۰/۷۶ داشت که البته تفاوت معنی‌داری با زمان محلول‌پاشی دو هفته بعد از ظهور ابریشم نداشت. کمترین مقدار Fv/Fm نیز برابر با ۰/۷۰ به تیمار شاهد اختصاص داشت (جدول ۴). کاهش در این نسبت می‌تواند به دلیل توسعه آهسته فرایندهای خاموشی فتوشیمیایی و آسیب نوری به مراکز واکنش باشد که هر دوی آنها حداکثر کارایی کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II را کاهش می‌دهند (Baker and Rosenqvist, 2004). معنی‌دار شدن مقادیر Fv/Fm در بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین حاکی از آن است که قابلیت فتوسیستم برای

www.SID.ir

Archive of SID

انجام فرآیندهای اولیه فتوشیمیایی در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار داشته است.

نتایج نشان داد که عملکرد دانه در الگوهای مختلف کاشت، تحت تاثیر زمان محلول‌پاشی سیتوکینین و اکسین قرار گرفت (جدول ۱). در هر دو الگوی کاشت معمول و دو ردیفه بیشترین عملکرد دانه بدون مصرف سیتوکینین و با مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به‌دست آمد، در حالی که در الگوی کاشت کف‌فارو بیشترین مقدار عملکرد دانه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم مشاهده شد. الگوی کاشت معمول کمترین عملکرد دانه را با مصرف سیتوکینین در زمان ۸ تا ۱۰ برگی و بدون مصرف اکسین داشت، ولی کشت دو ردیفه کمترین عملکرد دانه را با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی و مصرف اکسین دو هفته بعد از ظهور ابریشم داشت که احتمالاً بر هم خوردن تعادل تنظیم کننده‌های رشد در این دو الگوی کشت دلیل این کاهش عملکرد دانه باشد. همچنین کمترین مقدار عملکرد دانه در کشت کف‌فارو با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین دو هفته بعد از ظهور ابریشم به‌دست آمد که می‌تواند دلیلی بر اهمیت انتخاب زمان صحیح مصرف و تعادل بین تنظیم کننده‌های رشد باشد (شکل ۱). ایجاد هر گونه تنش، از قبیل افزایش تجمع نمک در روی پشته، منجر به تأخیر در ابریشم هی و تولید دانه گرده و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود، به‌طوری که ممکن است اصلا در سطح بلال دانه تشکیل نشود (Abd El Samad and Shaddad, 1997). طبق نتایج حاصل از اجرای یک طرح تحقیقی ترویجی در شهرستان اهواز و شهرستان شوش در سطح یک هکتار ذرت، تیمار کاشت در کف جوی با عملکرد ۷۴۶۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به کاشت روی پشته با عملکرد ۶۶۶۶ کیلوگرم در هکتار، ۱۲ درصد افزایش عملکرد دانه داشته است (Barzegari, 2006). در این تحقیق حداکثر بودن تعداد و سطح برگ، شاخص کلروفیل، Fm و Fv/Fm در الگوی کشت کف‌فارو حاکی از آن است که تعداد مراکز فتوشیمیایی، قابلیت فتوسیستم II، میزان و فعالیت روبیسکو و ظرفیت Q_A در این الگوی کشت حداکثر بوده است که احتمالا به دلیل افزایش کارآیی مصرف آب، کاهش میزان نمک در اطراف بوته ذرت و افزایش رشد و توسعه سیستم ریشه بوده که در جذب آب و مواد غذایی و افزایش بهره‌وری در استفاده از کودها بسیار موثر بوده است. در خصوص تاثیر مصرف خارجی اکسین و سیتوکینین در شرایط تنش بر عملکرد گیاه نتایج متناقضی گزارش شده است. بر اساس یک فرضیه، سیتوکینین‌ها می‌توانند تحمل شوری را در گندم از طریق برهمکنش با دیگر تنظیم کننده‌های گیاهی به ویژه اکسین‌ها افزایش دهند (Espinoza and Ross, 1996). امام و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی افزایش غلظت سیتوکینین و اکسین باعث کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم شد که دلیل آن را بر هم خوردن تعادل تنظیم کننده‌های گیاه با مصرف خارجی این دو تنظیم کننده اعلام کردند. بیدشکی و همکاران (Bideshki *et al.*, 2012) گزارش کردند که محلول‌پاشی بوته‌های سیر با IBA در شرایط عدم تنش باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل، سطح برگ و عملکرد شد، اما در شرایط تنش تاثیری بر عملکرد کمی و کیفی محصول نداشت. محبتی و همکاران (Mohabbati *et al.*, 2012) نیز نشان دادند که مصرف سایتوکاینین در تنش دمای پایین باعث بارگیری و جهت‌گیری مقادیر زیادی مواد پرورده به سمت دانه‌ها شده، تعداد دانه‌های پر را افزایش داده و از این طریق وزن دانه را افزایش داده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر زمان مصرف تنظیم کننده رشد اکسین بر صفات مختلف ذرت دانه‌ای

Table 4. Mean comparison of the effect of application time of auxin on different characteristics of grain corn

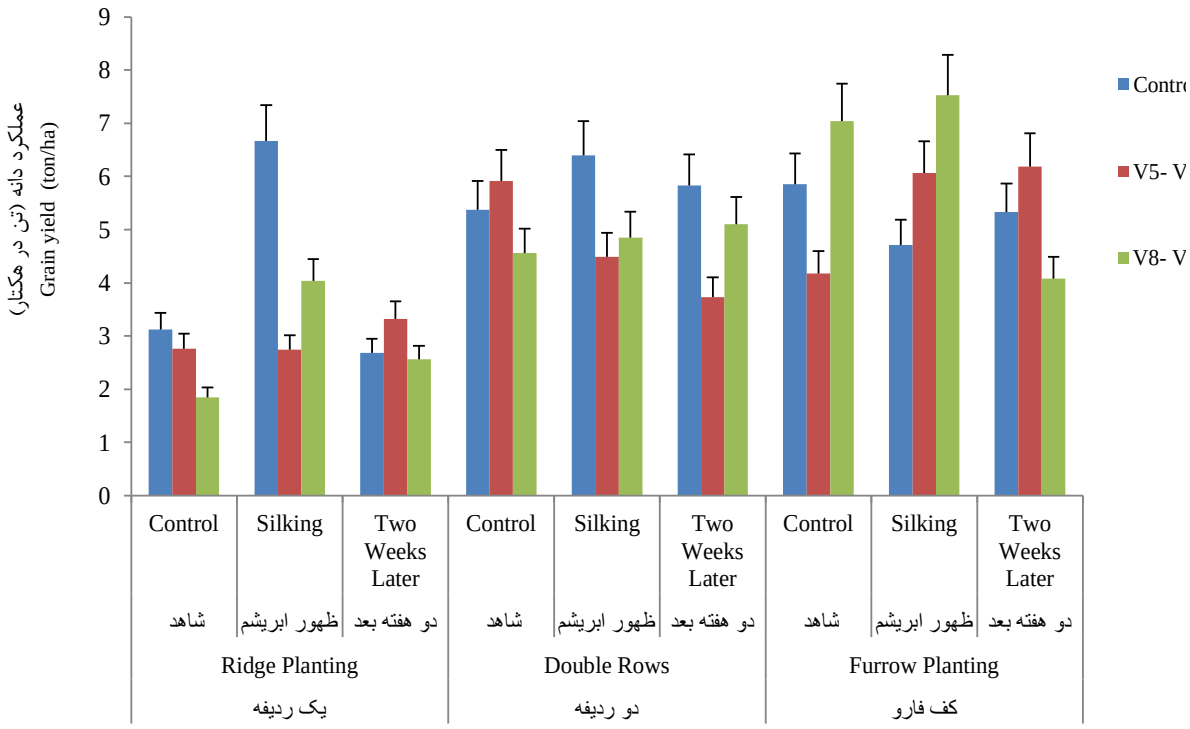
Application time of Auxin	زمان کاربرد اکسین	عدد سبزینگی SPAD value	فلورسانس بیشینه (میکرو مول بر متر مربع در ثانیه) F_M ($\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$)	کارآیی فتوسیستم II F_V/F_M	عملکرد دانه Grain Yield
Control	شاهد	32.54[b]	755.74[b]	0.70[b]	5.27[b]
Silking	ظهور ابریشم	38.03[a]	896.04[a]	0.76[a]	6.57[a]
Two weeks later	دو هفته بعد	32.26[b]	880.44[a]	0.74[a]	5.25[b]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means followed with the same letters in each column have not significant different by Duncan's test.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- تغییرات عملکرد دانه در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های سیتوکینین و اکسین تحت الگوهای مختلف کاشت

Figure 1. The changes of grain yield in different spraying times of cytokinin and auxin regulators under different planting patterns

نتیجه‌گیری کلی

اگرچه رشد گیاه نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیک منظم و کامل است و مهار رشد گیاه توسط عوامل محیطی را نمی‌توان تنها به یک فرآیند فیزیولوژیک خاص نسبت داد، اما پدیده فیزیولوژیک غالب، فتوسنتز است و رشد گیاه و تولید زیست‌توده به میزان فتوسنتز خالص بستگی دارد. گزارش‌های بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد شوری بسته به شدت آن بر فتوسنتز تأثیر می‌گذارد. از آنجایی که در شرایط شور، کاهش عدد سبزینگی می‌تواند همراه با کاهش فتوسنتز خالص باشد، تحت چنین شرایطی Fv/Fm و نیز میزان عملکرد دانه گیاه ذرت کاهش می‌یابد. به همین دلیل باید شرایطی فراهم آورد که بتوان حداکثر صفات شاخص کلروفیل، Fv/Fm و عملکرد دانه را داشت. در این تحقیق، بیشترین تعداد برگ، سطح برگ، عدد سبزینگی، Fm و Fv/Fm به الگوی کشت کف‌فارو اختصاص داشت که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شد. استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به‌صورت برون‌زا در بسیاری از موارد در کاهش آثار تنش‌های محیطی مؤثر بوده است. از آنجا که بیشترین شاخص کلروفیل با محلول‌پاشی اکسین در مرحله ظهور ابریشم به‌دست آمد، بنابراین احتمالاً اکسین با افزایش مشخص در محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و تاثیر مثبت بر رشد گیاه، باعث افزایش مواد فتوسنتزی و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه در شرایط شور شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین عدد سبزینگی و Fv/Fm مربوط به الگوی کاشت کف‌فارو همراه با محلول‌پاشی سیتوکینین در زمان ۸ تا ۱۰ برگی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و محلول‌پاشی اکسین در مرحله ظهور ابریشم با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود که بیشترین عملکرد دانه را نیز تولید کرد. بنابراین، به نظر می‌رسد که زمان مصرف و تعادل بین تنظیم کننده‌های رشد همراه با انتخاب صحیح الگوی کاشت، از عوامل موثر بر تحمل ذرت به شوری هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Abd El Samad, H. M. and Shaddad, M. A. K. 1997. Salt tolerance of soybean cultivars. **Journal of Biologia Plantarum** 39 (2): 263-269.

Amirjan, M. R. 2009. Molecular mechanism of photosynthesis. M. Sc. Dissertation, University of Arak, Arak, Iran. (In Persian).

Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plant. **Critical Reviews in Plant Sciences** 13: 17-42.

Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C. and Kwon, T. R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in Agronomy** 97: 45-110.

Askari, M., Maghsoudimod, A. A. and Safari, V. R. 2013. Evaluation of some physiological characteristics and yield of corn hybrids (*Zea mays* L.) under salt stress. **Journal of Crop Production and Processing** 3 (9): 92-103.

Awan, I. U., Baloch, M. S., Sadozai, N. S. and Sulemani, M. Z. 1999. Stimulatory effect of GA and IAA on ripening process, kernel development and quality of rice. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 2: 410-412.

Baker, N. R. and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany** 55: 1607-1621.

Barzegari, M. 2006. The final report of the research project. Planting corn in furrow on light, saline and sandy soils. Safi Abad Agricultural Research Center, Dezful, Khouzestan, Iran. (In Persian).

Bideshki, A., Arvin, M. J. and Maghsoudi, K. 2012. Effect of indole-3 butyric acid (IBA) foliar application on growth, bulb yield and allicin of garlic (*Allium sativum* L.) under water deficit stress in field. **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants** 28 (3): 567-577. (In Persian with English Abstract).

Brenner, M. L. and Cheikh, N. 1995. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. In: Davies, P. J. (Ed.). Plant hormones. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp: 649-670.

Emam, Y., Karimzade-Soressjani, H., Mouri, S. and Maghsoudi, K. 2013. Reaction auxin and cytokinin concentrations of functional bread wheat and durum in terminal drought. **Journal of Crop Production and Processing** 3 (8): 93-103. (In Persian with English Abstract).

Enferad, A., Poustini, K., Majnoon Hosseini, N. and Khajeh-Ahmad Attari, A. A. 2004. Physiological responses of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity**. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 7 (4): 103-113. (In Persian with English Abstract).

Esmaeili, A. and Roshan, A. 2006. Effects of nitrogen fertilizer on the environment. **Zeiton** 18: 20-30. (In Persian with English Abstract).

Espinoza, L. and Ross, J. 1996. Corn production. University of Arkansas, Arkansas. pp: 5-10.

FAO. 2013. Statistical yearbooks. Retrieved April 11, 2015. from http:// www. fao. org/economic/ess/ ess-publication/ess-yearbook/en.

Francis, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C. and James, P. S. 2002. Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to Na and Cl accumulation in "sunburst" mandarin grafted on different root stocks. **Plant Science** 35: 314-320.

Garsia, R. and Hanowy, J. J. 1996. Foliar fertilization of soybean during the seed filling period. **Agronomy Journal** 68: 653-657.

Ghanbari-Birgani, D., Zand, E., Barzegari, M. and Khorramian, M. 2010. The effect of planting pattern and the use of herbicides on weed population, grain yield and water use efficiency of Corn SC 704. **Iranian Journal of Crop Sciences** 12 (1): 1-17. (In Persian with English Abstract).

Gonzalez, L. and Gonzalez-Vilar, M. 2003. Determination of relative water content. In: Manuel, J. and Goger, R. (Eds.). Handbook of plant ecophysiology techniques. Kluwer Academic Publisher, London. pp: 207-212.

Hashemi-Dezfuli, S., Alami, S., Siadat, S. A. and Komaili, M. 2001. Effect of planting date on yield of two varieties of sweet corn on the weather conditions in Khuzestan. **Journal of Agriculture Science** 32: 681-689. (In Persian with English Abstract).

Kaya, C., Higges, D. and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. **Bulgarian Journal of Plant Physiology** 27: 47-59.

www.SID.ir

Archive of SID

Kaya, C., Tuna, A. L. and Okant, A. M. 2010. Effect of foliar application of kinetin and indole-acetic acid on maize plants grown under saline conditions. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 34: 529-538.

Keshavarzi, M. S., Jafari Haghighi, B. and Bagheri, A. R. 2013. Evaluation the effect of auxin and gibberellin on quantitative and qualitative characteristics of forage corn. **Journal of Plant Ecophysiology** 5(15) 26-35. (In Persian with English Abstract).

Khavari Khorasani, S. 2012. The handbook of corn production. Gholami Press. 250 p. (In Persian).

Kim, K. and Portis, A. R. 2005. Temperature dependence of photosynthesis in *Arabidopsis* plants with modification in rubisco activase and membrane fluidity. **Plant Cell Physiology** 46: 522-530.

Kuiper, D., Schuit, J. and Kuiper, P. J. C. 1990. Actual cytokinin concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals. **Plant and Soil** 123: 243-250.

Kumar, S., Malik, J., Thakur, P., Kaistha, S., Sharma, K. D., Upadhyaya, H. D., Berger, J. D. and Nayyar, H. 2010. Growth and metabolic responses of contrasting chickpea (*Cicer arientinum* L.) genotypes to chilling stress at reproductive phase. **Acta Physiologiae Plantarum** 33 (3): 779-787.

Lacerda, C. F. D., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A. and Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany** 49: 107-120.

Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. **Annals of Botany** 78: 389-398.

Machanda, G. and Garg, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. **Acta Physiologiae Plantarum** 30 (5): 595-618.

Mass, E. V. and Grive, E. M. 1990. Spike and leaf development in salt stressed corn. **Crop Science** 30: 1309-1313.

Maxwell, K. and Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence: A practical guide. **Journal of Experimental Botany** 51: 659-668.

Mirmohammadi-Maibodi, S. A. and Ghareyazi, B. 2002. Physiological and breeding aspects of plant salinity. University of Isfahan Press, Isfahan, Iran. 245 p. (In Persian).

Mohabbati, F., Moradi, F., Paknejad, F., Vazan, S., Habibi, D., Behneya, S. and Pour-Irandoost, H. 2012. Effect of foliar application of auxin, absisic acid and cytokinin hormones on grain yield and yield components of three rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under low temperature stress conditions. **Iranian Journal of Crop Science** 14 (1): 58-71. (In Persian with English Abstract).

Munns, R., James, R. A. and Läuchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany** 57: 1025-1043.

Naeem, M., Bhatti, I., Ahmad, R. H. and Ashraf, Y. M. 2004. Effect of some growth hormones (GA3, IAA and kinetin) on the morphology and early or delayed initiation of bud of lentil (*Lens culinaris* Medik). **Pakistan Journal of Botany** 36: 801-809.

Neocleous, D. and Vasilakakis, M. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L.). **Scientia Horticulturae** 112: 282-289.

Noormohamadi, Gh., Siadat, A. and Kashani, A. 2009. Cereal agronomy. Shahid Chamran University of Ahvaz Press, Ahvaz, Iran. 441 p. (In Persian).

Nordstrom, A., Tarkowski, P., Tarkowska, D., Norbaek, R., Astot, C., Dolezal, K. and Sandberg, G. 2004. Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: A 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.

Paknejad, F., Nasri, M. and Tohidi-Moghadam, H. R. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll florescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. **Journal of Biological Science** 7 (6): 841-847. (In Persian with English Abstract).

Petrenko, A. and Biryukova, E. 1977. Contents of photosynthesizing pigments in maize leaves under the influence of exogenous gibberellin and kinetin. **Crop Physiology Abstract** 4: 2804.

Porter, P. M. and Hichs, D. K. 1997. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. **Journal of Production Agriculture** 10: 293-300.

Pospíšilová, J., Synková, H. and Rululcová, J. 2000. Cytokinins and water stress. **Journal of Plant Biology** 43: 321-328.

Rajala, A. and Peltonen-Saninio, P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal** 93: 936-943.

www.SID.ir

Archive of SID

Salardini, A. A. 2008. Soil fertility. University of Tehran Press, Tehran, Iran. 434 p. (In Persian).

Salvucci, M. E. and Crafts-Brandner, S. J. 2004. Inhibition of photosynthesis by heat stress: The activation state of rubisco as a limiting factor in photosynthesis. **Physiologia Plantarum** 120: 179-186.

Santner, A. and Estelle, M. 2009. Recent advances and emerging trends in plant hormone signaling. **Nature** 459: 1071-1078.

Shah, S. H. 2007. Effect of kinetin spray on growth and productivity of black cumin plants. **Russian Journal of Plant Physiology** 54: 702-705.

Shahkarami, G. and Rafiee, M. 2009. Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. **American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science** 5 (1): 69-73. (In Persian with English Abstract).

Siadat, S. A. and Hashemi-Dezfouli, S. A. 2000. Effect of plant density and planting pattern of grain yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) hybrid KSC704. **Journal of Agricultural Science** 9: 39-48. (In Persian with English Abstract).

Silva, C., Martinez, V. and Carvajal, M. 2008. Osmotic versus toxic effects of NaCl on pepper plants. **Biologia Plantarum** 52 (1): 72-79.

Soltani, A. 2004. Chlorophyll fluorescence and its application. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resource Press, Gorgan, Iran. 182 p. (In Persian).

Stepien, P. and Klobus, G. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. **Journal of Plant Biology** 50: 610-616.

Tahmasebi, I. and Rashed-Mohassel, M. H. 2009. Effect of plant density on yield and yield components of two hybrids of corn. **Iranian Journal of Agricultural Research** 7 (1): 105-113. (In Persian with English Abstract).

Tarakhovaskaya, E. R., Kang, E. J., Kim, K. Y. and Garbary, D. J. 2013. Influence of phytohormones on morphology and chlorophyll a fluorescence parameters in embryos of *Fucus vesiculosus* L. **Russian Journal of Plant Physiology** 60: 176-183.

Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepsi, A., Szabo, M. and Erdei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. **Acta Biologica Szegediensis** 46 (3-4): 55-56.

Taslima, K., Hossain, F. and Ara, U. 2011. Effect of indole-3-acetic acid (IAA) on biochemical responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) var. Bari-fellon-1. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research** 46: 77-82.

Turan, M. A., Awad-Alkarim, A. H., Taban, N. and Taban, S. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. **African Journal of Agricultural Research** 4: 893-897.

Viera Santos C. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae** 103 (1): 93-99.

Xu, N., Yrle, K., Miler, P. O. and Cheilch, N. 2004. Coregulation of ear growth and internode elongation in corn. **Plant Growth Regulation** 44: 231-241.

Yazdi-Motlagh, A., Khavari-Khorasani, S., Bakhtiari, S. and Musa-Abadi, J. 2012. Effect of planting pattern on Morphophysiologic characteristics, yield and yield components of forage maize varieties (*Zea mays* L.) in saline conditions. **Journal of Agricultural Ecology** 4: 324-327. (In Persian with English Abstract)

Zlatev, Z. S. and Yordanov, I. T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. **Bulgarian Journal of Plant Physiology** 30 (3-4): 3-18.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 2, Summer 2016 (215-228)

Effect of cytokinin and auxin regulators on some characteristics of grain maize under different planting patterns in salinity conditions

Davood Davani[1*], Majid Nabipoor[2] and Habibollah Roshanfekr Dezfoli[3]

Received: June 13, 2015 Accepted: August 13, 2015

Abstract

A large part of lands under maize cultivation have various degrees of salinity. To study the effects of spraying time of cytokinin and auxin regulators on some characteristics of grain maize (SC704) under different planting patterns in salinity conditions, an experiment was carried out as split plot-factorial in randomized complete block design with three replications in Bushehr Agricultural and Natural Resources Research Center, in 2013. Planting pattern (ridge planting, double rows and furrow planting) was considered as the main factor and spraying time of cytokinin (control, V5-V6 and V8-V10 stages) and auxin (control, silking and two weeks later) with 50 and 10 $mg.L^{-1}$, respectively, in factorial as the sub-factor. The results showed that planting pattern had the highest number of leaves, LAI, SPAD, Fm, Fv/Fm and grain yield. Double rows and furrow planting increased grain yield to 24.9% and 45.8%, respectively. Cytokinin application in V8-V10 stage increased LAI, RWC, SPAD, Fm and Fv/Fm. The lowest Fm was observed with cytokinin application in the V8-V10 stage and the highest SPAD and Fv/Fm and the lowest Fm were obtained with application of auxin in the silking stage. Application of auxin in silking stage increased grain yield (19.7%). Since the highest SPAD and Fv/Fm were produced under furrow planting with cytokinin application in V8-V10 stage and auxin in silking stage, where the highest grain yield was obtained, the spraying time together with balancing regulators under the correct planting pattern can be main factors in salinity tolerance of corn.

Keywords: Fluorescence, Furrow planting, Growth stage, Silking stage

1. Ph. D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran; Lecturer, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Crnter, Bushehr, Iran
2. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
[*] Corresponding author: davanidavoud@gmail.com

www.SID.ir