



## تأثیر هورمون‌های سیتوکینین و اکسین بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌های ذرت (*Zea mays* L.) در الگوهای مختلف کاشت در شرایط شور

داوود دوانی<sup>۱\*</sup>، مجید نبی‌پور<sup>۲</sup>، حبیب اله روشنفکر دزفولی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه شهید چمران اهواز و مدرس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر.

۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۲۰

### چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر زمان محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای موردبررسی شامل الگوی کاشت (یک ردیفه، دو ردیفه و کف فارو)، هورمون سیتوکینین (عدم مصرف، مصرف در مرحله V5-V6 و V8-V10) و هورمون اکسین (عدم مصرف، مصرف در زمان ظهور ابریشم و دو هفته بعد) بود. الگوی کاشت به‌عنوان فاکتور اصلی و زمان محلول‌پاشی هورمون به‌صورت فاکتوریل در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که الگوهای مختلف کاشت از نظر میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد و فتوسنتز جاری، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری داشتند. از نظر زمان مصرف سیتوکینین بیشترین میزان و سهم انتقال مجدد مربوط به تیمار شاهد بود و بیشترین کارایی و سهم فتوسنتز جاری به زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی اختصاص داشت. همچنین بیشترین میزان و سهم انتقال مجدد، میزان فتوسنتز جاری، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت با مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به دست آمد و بیشترین سهم فتوسنتز جاری و عملکرد بیولوژیک به تیمار شاهد اختصاص داشت. به‌طور کلی در این تحقیق نتیجه‌گیری شد که با الگوی کاشت کف فارو و مصرف سیتوکینین در زمان ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم اثرات شوری بر عملکرد کاهش یافته و بیشترین عملکرد دانه حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: ظهور ابریشم، کارایی انتقال مجدد، کف فارو، مرحله رشد.

### مقدمه

نظر به تغییرات اقلیمی شدید در سال‌های اخیر اکوسیستم‌های زراعی دچار تغییر و تحول شده است (Asadi and Roshan, 2006). از این رو بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی در جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند و سهم ایران برابر ۲۷ میلیون هکتار می‌باشد که بیش از ۱۰٪ این زمین‌ها با آب شور آبیاری می‌شوند (Rezvani Moghaddam and Koocheki, 2001). شوری یک فاکتور مهم محدودکننده رشد و باروری گیاه است (Ashraf et al., 2008). ذرت یک گیاه زراعی نیمه حساس به شوری است

(Turan et al., 2009). کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای در ساقه به‌عنوان مجموع کربوهیدرات‌های غیر ساختاری یا کربوهیدرات‌های محلول ساقه شناخته شده و از کربوهیدرات‌های ساختاری موجود در دیواره سلولی متمایز هستند (Ruuska et al., 2006). توانایی ذخیره کربوهیدرات در ساقه و انتقال و کارایی انتقال این ذخایر به دانه دو جزء تأثیرگذار بر مقدار تخمینی سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه هستند (Ehdaie et al., 2006). شرایط محیطی قبل و بعد از گرده‌افشانی تا مرحله خطی رشد دانه بر مقدار تجمع

(*Solanum tuberosum* L.) با کنیتین بازدارندگی رشد ناشی از تنش شوری را کاهش داد (Hasemi-Dezfouli et al., 2001). اکسین‌ها نیز نقش بسیار مهمی در تحمل گیاهان به تنش شوری دارند. شوری موجب کاهش ۷۵ درصدی در میزان اکسین برنج (*Oryza sativa* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) گردید (Brenner and Cheikh, 1995). شوری باعث کاهش شدید در سطح اکسین در سیستم ریشه گیاهان می‌شود (Porter and Hichs, 1997). میزان پر شدن دانه در غلات ارتباط نزدیکی با قدرت مقصد دارد (Lacerda et al., 2003). اکسین‌ها فعالیت‌های فتوسنتزی (نعیم و همکاران، ۲۰۰۴) و انتقال مواد فتوسنتزی (Awan et al., 1999) را افزایش می‌دهند. هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر زمان محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین، الگوی کاشت و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک ذرت دانه‌ای و تعیین بهترین الگوی کاشت و زمان کاربرد این هورمون‌ها در شرایط شور بود.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر واقع در شهرستان دشتستان به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک 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 واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۷۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۲۵۰ میلی‌متر است. بر اساس نتایج آزمایش خاک و آب، بافت خاک محل آزمایش دارای ۱۱/۱٪ رس، ۳۱/۵٪ سیلت و ۵۳/۴٪ شن (خاک لوم شنی)، مقادیر کربن آلی، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۰/۵٪، ۱۱/۶ و ۱۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در عصاره اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برابر با ۴/۹۸ و آب مزرعه برابر با ۴ دسی‌زیمنس بر متر که بر این اساس خاک مزرعه در محدوده خاک‌های شور و آب آبیاری در گروه آب‌های لب‌شور قرار داشت و pH خاک و آب به ترتیب ۷/۵ و ۷/۷ بود. فاکتورهای موردبررسی شامل الگوی کاشت (یک ردیف روی پشته، دو ردیف طرفین پشته به صورت زیگزگ و یک ردیف کف فارو)، هورمون سیتوکینین (عدم مصرف، محلول‌پاشی در مرحله ۶-۵ برگی و ۱۰-۸ برگی) و هورمون اکسین (عدم مصرف، محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم و دو هفته پس‌از آن) بود. الگوی کاشت به‌عنوان فاکتور اصلی و

کربوهیدرات در ساقه تأثیرگذار است (Takahashi et al., 2001). کارایی انتقال ذخایر ساقه به دانه نیز به‌وسیله قدرت مقصد (وزن و تعداد دانه) و شرایط محیطی متأثر می‌شود (Ehdaie et al., 2006). اختلاف بین وزن خشک یا محتوی کربوهیدرات محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی نیز از روش‌های تخمین میزان انتقال ذخایر ساقه به دانه است (Ehdaie et al., 2006; Cruz-Aguado et al., 2000). انتقال مجدد ذخایر ساقه در تنش خشکی اهمیت زیادی در حفظ عملکرد دانه دارد، ولی اهمیت این مکانیسم در تنش شوری به‌خوبی روشن نیست. الگوی کاشت بوته‌ها می‌تواند بر دسترسی آن‌ها به نور، آب و عناصر غذایی مؤثر باشد (Ashraf et al., 2008). مطالعات انجام‌شده پیرامون روش کاشت ذرت در کشور حاکی از برتری آرایش کاشت دو ردیفه نسبت به یک ردیف می‌باشد. الگوی کاشت دو ردیفه ذرت روی هر پشته، به تولید عملکرد دانه بیشتری منجر می‌شود (Mazaheri et al., 2001). این روش فضای مناسب‌تری را برای هر بوته جهت بهره‌گیری از نور و جذب رطوبت و کود و سایر عناصر فراهم می‌کند و نسبت به روش کشت تک ردیفه مجموع ریشه‌ها در سطح و عمق بیشتری توسعه‌یافته و از مواد غذایی بهتر می‌توانند استفاده کنند (Nilsen and Orcutt, 1996). باین‌حال روش‌های کاشت در شرایط شور با روش‌های متداول کاشت در شرایط غیر شور متفاوت می‌باشد و کاشت در کف فارو و یا کشت دو ردیفه در شرایط شور مورد توصیه و تأکید محققان و کارشناسان کشاورزی می‌باشد (Asadi and Roshan, 2006; Khavari- Khorasani, 2012).

سیتوکینین‌ها به‌طور زیادی رشد گیاهان زراعی کشت‌شده تحت شوری را بهبود می‌بخشند (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 Hasemi-Dezfouli, 2000). تیمار بوته‌های سیب‌زمینی

هورمون های اکسین و سیتوکینین به عنوان عامل فرعی و به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شد. آماده سازی زمین با انجام عملیات شخم در اردیبهشت و دو دیسک عمود برهم و ایجاد جوی پشته هایی به فاصله ۷۵ سانتی متر با فاروئر در مرداد انجام شد. کاشت به صورت کپه ای و ۳ عدد بذر در هر کپه با عمق ۵ سانتی متر بود. سپس جهت حصول تراکم بوته مناسب، عملیات تنک کردن با حذف ۲ 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 بوته ها روی ردیف در الگوی کاشت یک ردیف روی پشته و کف فارو برابر با ۱۷/۵ و در روش دو ردیفه برابر با ۳۵ سانتی متر 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 پشته ها جایگذاری شد و مصرف سرک کود نیتروژن در مرحله ۶ تا ۸ برگی انجام شد. کنترل علف های

هرز به صورت دستی انجام شد. از ایندول بوتریک اسید و بنزین آدینین به ترتیب به عنوان هورمون های اکسین و سیتوکینین استفاده شد؛ که به ترتیب با غلظت ۱۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر محلول پاشی شدند. جهت حلالیت بیشتر ابتدا هر دو هورمون در اتانول حل شدند. به منظور جذب بیشتر هورمون ها از ماده ای 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 جلوگیری از تبخیر سریع آن ها به وسیله نور خورشید و هم اینکه تا صبح روز بعد مدت زمان مناسبی جهت جذب بهینه محلول وجود داشته باشد، محلول پاشی هورمون ها هم زمان با غروب آفتاب انجام شد. برای اندازه گیری صفات مورد بررسی ۱۰ بوته به طور تصادفی در هر کرت فرعی انتخاب شد. برداشت نهایی بعد از حذف حاشیه ها، از ۳ 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 گردید. میزان و کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد، میزان و کارایی و سهم فتوسنتز جاری در تولید عملکرد دانه با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Cox et al., 1990).

میزان انتقال مجدد (کیلوگرم در هکتار)

وزن خشک اندام های رویشی در ابتدای مرحله گرده افشانی (کیلوگرم در هکتار) =

وزن خشک اندام های رویشی در مرحله رسیدگی (کیلوگرم در هکتار) -

$$\text{میزان انتقال مجدد (کیلوگرم در هکتار)} = \frac{\text{وزن خشک اندام های رویشی در ابتدای مرحله گرده افشانی (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{کارایی انتقال مجدد}}$$

$$\text{میزان انتقال مجدد (کیلوگرم در هکتار)} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{سهم انتقال مجدد (درصد)}}$$

$$\text{میزان انتقال مجدد (کیلوگرم در هکتار)} - \text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)} = \text{میزان فتوسنتز جاری (کیلوگرم در هکتار)}$$

$$\text{میزان فتوسنتز جاری (کیلوگرم در هکتار)} = \frac{\text{وزن خشک اندام های در رویشی مرحله گرده افشانی (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{کارایی فتوسنتز جاری (کیلوگرم بر کیلوگرم)}}$$

$$\text{سهم انتقال مجدد} - 100 = \text{سهم فتوسنتز جاری (درصد)}$$

ناشی از وجود مواد ذخیره‌ای کافی در بخش‌های رویشی بود. در این تحقیق انتقال آسیمیلات‌های ذخیره‌ای از ساقه و برگ در شرایط محلول‌پاشی اکسین در زمان ظهور ابریشم برابر ۲۷/۹ درصد بود که نشان داد انتقال مجدد در ذرت در این شرایط نقش بسیار چشمگیری داشت.

الگوی کاشت توانست میزان فتوسنتز جاری را در سطح ۵٪ تحت تأثیر قرار دهد. بیشترین میزان فتوسنتز جاری با کاشت کف فارو با مقدار ۷۴۱۶/۵ و کمترین مقدار آن برابر با ۳۹۰۶/۸ گرم در مترمربع با کشت معمول به دست آمد. کاهش سرعت فتوسنتز گیاه و کاهش مواد پرورده صادرشده از اندام‌های فتوسنتز کننده به دانه‌های در حال پر شدن در کشت معمول، احتمالاً مانند یک پیام برای انتقال مجدد ترکیبات ذخیره‌ای ساقه به دانه‌های در حال رشد عمل کرده است. زمان مصرف سیتوکینین بر میزان فتوسنتز جاری تأثیری نداشت درحالی‌که میزان فتوسنتز جاری در سطح ۱٪ تحت تأثیر اکسین قرار گرفت. بیشترین میزان فتوسنتز جاری با مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم برابر با ۶۴۰۲/۲ و کمترین مقدار آن برابر با ۵۰۹۵/۷ گرم در مترمربع با مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم حاصل شد که البته تفاوت معنی‌داری با مقدار حاصل از تیمار شاهد نداشت. فتوسنتز جاری به‌عنوان منبع مهم کربن برای پر شدن دانه معمولاً بعد از گلدهی در اثر پیری و تنش‌های مختلف کاهش می‌یابد. علاوه بر این گیاه در طول دوره پر شدن دانه سریع تنفس می‌کند و فتوسنتز جاری به‌تنهایی برای تأمین هم‌زمان نیاز تنفسی و پر شدن دانه کافی نیست. لذا مقدار قابل توجهی از کربوهیدرات موردنیاز دانه، از ذخایر ساقه قبل از گلدهی فراهم می‌شود (Blum, 1998).

#### کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و فتوسنتز جاری

با توجه به این‌که بالاتر بودن مقدار انتقال مجدد به‌تنهایی بیانگر کارآمد بودن گیاه در انتقال ذخایر آن نیست، کارایی انتقال مجدد برای مقایسه تیمارها محاسبه شد. نتایج نشان داد کارایی انتقال مجدد در سطح ۵٪ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت. بیشترین کارایی انتقال مجدد با کشت معمول برابر با ۰/۲۱ و کمترین مقدار آن با کشت دو ردیفه برابر با ۰/۱۲ مشاهده گردید که البته با میزان حاصل از کشت کف فارو تفاوت معنی‌داری نشان نداد. این نتیجه نشان داد که در الگوی کشت معمول نسبت ماده خشک منتقل‌شده به ذخیره‌شده بیشتر بود تا کاهش عملکرد دانه را تا حدی جبران نماید.

برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### میزان انتقال مجدد و فتوسنتز جاری

خلاصه تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. اثر الگوی کاشت بر میزان انتقال مجدد در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میزان انتقال مجدد از الگوی کشت معمول با ۱۹۱/۹ گرم در مترمربع به دست آمد درحالی‌که کمترین میزان آن با کاشت کف فارو بود ولی با کاشت دو ردیفه تفاوت معنی‌داری نداشت. اعمال تنش و تحریک پیری در گیاه منجر به افزایش انتقال مواد ذخیره‌ای ساقه به دانه می‌شود (Yang et al., 2002). انتقال مجدد قندهای محلول ساقه معمولاً زمانی آغاز می‌شود که فتوسنتز جاری برگ‌ها قادر به تأمین نیاز مخازن فعال گیاه نباشد، بنابراین افزایش انتقال مجدد قندهای محلول ساقه در تیمار تنش می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت مجموعه فتوسنتزی به تنش باشد (Saeidi and Moradi, 2010). در این تحقیق نیز در کشت یک ردیفه به دلیل کاهش منابع پرورده حاصل از فتوسنتز جاری گیاه شروع به استفاده از ذخایر ساقه نموده است. میزان انتقال مجدد در سطح ۱٪ تحت تأثیر زمان مصرف سیتوکینین قرار گرفت به‌طوری‌که بیشترین میزان انتقال مجدد با تیمار شاهد برابر با ۱۶۷/۶ و کمترین میزان از مصرف در زمان ۸ تا ۱۰ برگی با ۱۳۰/۶۵ گرم در مترمربع به دست آمد. بالا بودن انتقال مجدد در تیمار شاهد ناشی از این است که در این شرایط میزان فتوسنتز جاری برای پر شدن دانه کافی نبوده و انتقال مجدد برای گیاه ضروری است. در مرحله پر شدن دانه افزایش نسبت اسید آسبیزیک به سیتوکینین در برگ‌ها، کاهش دوام سطح برگ، افزایش مرگ بافت‌های گیاهی، ریزش برگ‌های پایینی بوته، افزایش میزان تنفس به علت سایه‌اندازی و زوال نوری، کاهش تجمع ماده خشک و افزایش انتقال مجدد در ذرت گزارش شده است (Murchie et al., 2002). زمان مصرف اکسین نیز میزان انتقال مجدد را در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار داد. بیشترین میزان انتقال مجدد با مصرف در زمان ظهور ابریشم برابر با ۱۷۵ و کمترین مقدار با تیمار شاهد با ۱۲۳/۷۲ گرم در مترمربع به دست آمد. بیشتر بودن میزان انتقال مجدد در تیمار مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم

حاصل از کشت دو ردیفه نداشت. کمترین کارایی فتوسنتز جاری نیز برابر با ۰/۷۱ به کشت معمول اختصاص داشت. از جمله بارزترین واکنش‌های گیاهان به عامل تنش‌زای محیطی افت فتوسنتز ناشی از اختلال در فعالیت فتوسیستم II می‌باشد (Maxwell and Johnson, 2000). تحت چنین شرایطی به دنبال کاهش تولید و ذخیره فرآورده‌های انتقال الکترون یعنی ATP و NADPH در واکنش‌های وابسته به نور فتوسنتز، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II افت پیدا می‌کند (Lutts et al., 1996). زمان مصرف سیتوکینین بر کارایی فتوسنتز جاری در سطح ۱٪ تاثیر گذاشت.

سهام انتقال مجدد ذخایر کربنی از ساقه به دانه در اثر تنش‌های محیطی به دلیل تسریع پیری در گیاه به بیشتر از ۱۱ درصد افزایش یافته (Yang et al., 2002) و در این شرایط کارایی انتقال کربوهیدرات محلول از ساقه بهبود می‌یابد (Ehdaie et al., 2006). مصرف هورمون‌های سیتوکینین و اکسین تأثیر معنی‌داری بر کارایی انتقال مجدد نداشتند. بین الگوهای مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ از لحاظ کارایی فتوسنتز جاری مشاهده شد. بیشترین کارایی فتوسنتز جاری با مقدار ۱/۶۷ به الگوی کاشت کف فارو مربوط بود که البته تفاوت معنی‌داری با مقدار

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف تحت تیمارهای هورمونی و الگوی کشت در شرایط شوری.

Table 1. Analysis of variance for different traits of Grain Maize under hormonal and Planting Pattern treatments in salinity conditions.

| S.O.V.               | منابع تغییرات                  | درجه آزادی<br>d.f. | میانگین مربعات (MS)                |   |  |                                    |   |
|----------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------------------|---|--|------------------------------------|---|
|                      |                                |                    | میزان انتقال مجدد<br>amount of DMR | کارایی انتقال مجدد<br>efficiency of DMR | سهم انتقال مجدد<br>contribution of DMR | میزان فتوسنتز جاری<br>amount of CP | کارایی فتوسنتز جاری<br>efficiency of CP |
| Replication          | تکرار                          | 2                  | 25483.192                          | 0.0004                                  | 320.720                                | 59591571.9                         | 1.144                                   |
| Planting Pattern (A) | الگوی کاشت                     | 2                  | 34586.190**                        | 0.0561*                                 | 5888.749**                             | 84164571.8*                        | 8.016**                                 |
| Error a              | خطای a                         | 4                  | 13118.475                          | 0.0068                                  | 285.656                                | 7864571.8                          | 0.340                                   |
| Cytokinine (C)       | سیتوکینین                      | 2                  | 9531.742**                         | 0.0039 <sup>ns</sup>                    | 701.829**                              | 260719.4 <sup>ns</sup>             | 0.105**                                 |
| Auxin (B)            | اکسین                          | 2                  | 17998.072**                        | 0.0019 <sup>ns</sup>                    | 726.024**                              | 14746121.8**                       | 0.130**                                 |
| C×A                  | الگوی کاشت × سیتوکینین         | 4                  | 9935.932 <sup>ns</sup>             | 0.0288 <sup>ns</sup>                    | 95.662 <sup>ns</sup>                   | 100326.2 <sup>ns</sup>             | 0.343 <sup>ns</sup>                     |
| B×A                  | الگوی کاشت × اکسین             | 4                  | 4145.587 <sup>ns</sup>             | 0.0012 <sup>ns</sup>                    | 76.521 <sup>ns</sup>                   | 622292 <sup>ns</sup>               | 0.039 <sup>ns</sup>                     |
| C×B                  | اکسین × سیتوکینین              | 4                  | 1741.923 <sup>ns</sup>             | 0.0017 <sup>ns</sup>                    | 336.199 <sup>ns</sup>                  | 1271847.1 <sup>ns</sup>            | 0.145 <sup>ns</sup>                     |
| C×B×A                | اکسین × سیتوکینین × الگوی کاشت | 8                  | 10574.197 <sup>ns</sup>            | 0.0091 <sup>ns</sup>                    | 354.060 <sup>ns</sup>                  | 1371466.8 <sup>ns</sup>            | 0.336 <sup>ns</sup>                     |
| Error bc             | خطای bc                        | 48                 | 16521.935                          | 0.015                                   | 284.100                                | 1617494.5                          | 0.190                                   |
| CV%                  | ضریب تغییرات (%)               |                    | 8.506                              | 8.032                                   | 7.695                                  | 22.912                             | 32.401                                  |

جدول ۱. ادامه.

Table 1. Continued.

| S.O.V.               | منابع تغییرات                  | درجه آزادی<br>d.f. | میانگین مربعات (MS) Means of Square     |                                     |                      |                     |
|----------------------|--------------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|----------------------|---------------------|
|                      |                                |                    | سهام فتوسنتز جاری<br>contribution of CP | وزن هزار دانه<br>1000 kernel weight | شاخص برداشت<br>HI    | عملکرد دانه<br>GY   |
| Replication          | تکرار                          | 2                  | 320.84                                  | 6077.589                            | 59.447               | 58.58               |
| Planting Pattern (A) | الگوی کاشت                     | 2                  | 5888.695**                              | 23009.792**                         | 376.970*             | 81.785*             |
| Error a              | خطای a                         | 4                  | 285.602                                 | 2279.087                            | 64.903               | 8.261               |
| Cytokinine (C)       | سیتوکینین                      | 2                  | 701.811**                               | 5412.178**                          | 377.707**            | 0.331 <sup>ns</sup> |
| Auxin (B)            | اکسین                          | 2                  | 726.150**                               | 11537.103**                         | 1326.376**           | 15.536**            |
| C×A                  | الگوی کاشت × سیتوکینین         | 4                  | 95.665 <sup>ns</sup>                    | 447.997**                           | 161.307*             | 0.123 <sup>ns</sup> |
| B×A                  | الگوی کاشت × اکسین             | 4                  | 76.482 <sup>ns</sup>                    | 1921.494*                           | 72.029 <sup>ns</sup> | 0.558 <sup>ns</sup> |
| C×B                  | اکسین × سیتوکینین              | 4                  | 336.100 <sup>ns</sup>                   | 1164.841 <sup>ns</sup>              | 8.614 <sup>ns</sup>  | 1.222 <sup>ns</sup> |
| C×B×A                | اکسین × سیتوکینین × الگوی کاشت | 8                  | 354.018 <sup>ns</sup>                   | 333.525 <sup>ns</sup>               | 55.597 <sup>ns</sup> | 4.745**             |
| Error bc             | خطای bc                        | 48                 | 284.083                                 | 664.718                             | 53.599               | 1.645               |
| CV%                  | ضریب تغییرات (%)               |                    | 21.582                                  | 11.674                              | 27.043               | 22.517              |

\* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

ns, \*, \*\*: Not-significant and Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

یکی از اهداف محلول‌پاشی هورمون‌های گیاهی طی دوره زایشی افزایش دوره سبزی‌نگی و فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها برای انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه است (Garcia and Hanow, 1996). اکسین احتمالاً به‌عنوان کوآنزیم در متابولیسم گیاهان عالی عمل می‌کند از این رو 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 (Taslina et al., 2012). 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

بیشترین کارایی فتوسنتز جاری با مقدار ۱/۴۱ مربوط به زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی بود و کمترین مقدار آن برابر با ۱/۳ با تیمار شاهد به دست آمد ولی تفاوت معنی‌داری با میزان حاصل از زمان مصرف ۵ تا ۶ برگی نداشت. احتمالاً این وضعیت بیانگر آن است که تحت شرایط مصرف سیتوکینین در زمان ۸ تا ۱۰ نسبت ماده خشک منتقل‌شده به ذخیره‌شده کاهش یافت و از طرفی به دلیل افزایش دوام سطح برگ در این شرایط کارایی فتوسنتز جاری افزایش نشان داد. کارایی فتوسنتز جاری در سطح ۱٪ تحت تأثیر زمان مصرف اکسین قرار گرفت. بیشترین کارایی فتوسنتز جاری با مقدار ۱/۳۹ با زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم بود که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار مصرف در زمان ظهور ابریشم نداشت. کمترین مقدار آن نیز برابر با ۱/۲۶ با تیمار شاهد به دست آمد.

درحالی که تفاوت معنی داری با الگوی کشت کف فارو نداشت. کمترین مقدار آن نیز برابر با ۶۱/۰۶ درصد با کشت معمول به دست آمد. شوری سبب کاهش تعداد و سطح برگ در ذرت می شود (Mass and Grive, 1990). می توان کاهش تعداد برگ را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه ای ناشی از شوری و تأثیر آن بر فرآیندهای فتوسنتز نسبت داد (Mirmohammadi- Maibodi and Ghareyazi, 2002). از این رو نتایج این تحقیق با این واقعیت که تحت تنش سهم ذخایر بخش های رویشی به ویژه ساقه در تولید عملکرد به واسطه کاهش معنی دار فتوسنتز جاری افزایش می یابد مطابقت دارد. زمان مصرف سیتوکینین بر سهم فتوسنتز جاری در سطح ۱٪ تأثیر گذاشت. بیشترین سهم فتوسنتز جاری با ۸۲/۰۷ مربوط به زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی بود و کمترین مقدار آن برابر با ۷۲/۳۵ درصد به تیمار شاهد اختصاص داشت. سیتوکینین ها توسعه برگ و نمو اندام زایشی را تحریک می کنند و پیری را به تأخیر می اندازند (Shah, 2007)؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که مصرف سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی از طریق کاهش اثرات شوری باعث افزایش دوام سطح برگ گردید و بدین وسیله سهم فتوسنتز جاری با این تیمار افزایش یافت. زمان مصرف اکسین نیز بر سهم فتوسنتز جاری در سطح ۱٪ تأثیر گذاشت. بیشترین سهم فتوسنتز جاری با مقدار ۸۲/۵۵ مربوط به تیمار شاهد بود و کمترین مقدار آن برابر با ۷۲/۴ درصد با مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به دست آمد. می توان نتیجه گرفت که تیمار شاهد نسبت به تیمارهای مصرف اکسین باعث کاهش سهم ذخایر بخش های رویشی و افزایش فتوسنتز جاری در عملکرد دانه گردید؛ بنابراین اهمیت انتقال مجدد ماده خشک در تیمارهای مصرف اکسین نسبت به شاهد بیشتر بود.

#### وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت

وزن هزار دانه در سطح ۱٪ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱) و بیشترین مقدار آن با کشت کف فارو برابر با ۲۴۲/۸۹ گرم به دست آمد که البته تفاوت معنی داری با مقدار مشاهده شده در الگوی کشت دو ردیفه نشان نداد. همچنین کمترین وزن هزار دانه با ۱۸۷/۶۶ گرم به الگوی کشت معمول اختصاص داشت (جدول ۲). اثر زمان محلول پاشی سیتوکینین در سطح ۱٪ بر وزن هزار دانه معنی دار شد (جدول ۱) به طوری که بیشترین میزان آن با ۲۳۳/۰۵ گرم در تیمار محلول پاشی در مرحله ۵ تا ۶ برگی به دست آمد ولی

نیز در حد طبیعی باشد (Salvucci and Crafts-) (Brandner, 2004).

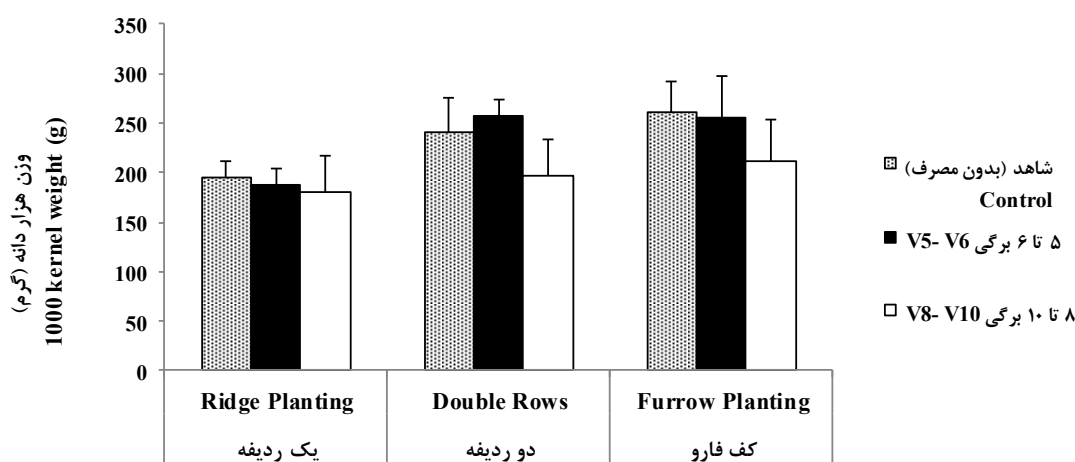
#### سهم انتقال مجدد و فتوسنتز جاری در عملکرد دانه

سهم انتقال مجدد در بین الگوهای مختلف کاشت به طور معنی داری تفاوت داشت. بیشترین سهم انتقال مجدد مربوط به کشت یک ردیفه با مقدار ۳۸/۹۴ و کمترین مقدار آن برابر با ۱۲/۷۷ درصد به کشت دو ردیفه اختصاص داشت. این نتیجه نشان داد که در الگوی کشت معمول تجمع نمک پای بوته و افزایش شوری سبب شده است که سهم ذخایر بخش های رویشی به ویژه ساقه در تولید عملکرد به واسطه کاهش معنی دار فتوسنتز جاری افزایش یافت. امام و نیک نژاد (Hay and Vaker, 2004) گزارش دادند در گیاهان تحت تنش که فتوسنتز جاری آن ها به ویژه در دوره پر شدن دانه ها محدود شده باشد وابستگی بیشتر به مواد ذخیره شده در بخش های رویشی پیش از گلدهی، نشان دهنده نیاز دانه ها به تأمین مواد خشک مکمل است. سهم نسبی بیشتر ذخایر قبل از گلدهی در عملکرد دانه تحت شرایط تنش، معمولاً با عملکرد دانه همبستگی منفی دارد (Schnyder, 1993). اثر زمان مصرف سیتوکینین بر سهم انتقال مجدد در سطح ۱٪ معنی دار بود. بیشترین سهم انتقال مجدد برابر با ۲۷/۶۵ با تیمار شاهد و کمترین میزان آن برابر با ۱۷/۹۲ درصد با زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی به دست آمد. لذا می توان نتیجه گرفت که گیاه در مواجهه با شرایط شور در تیمار شاهد بیشتر از ذخایر قبل از گرده افشانی خود برای انتقال مواد پرورده کمک گرفت که نشان دهنده اهمیت انتقال مجدد در تأمین نهایی وزن دانه بود. به نظر می رسد اثر شوری بر کاهش فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه ها در تیمار شاهد موجب القاء انتقال بیشتر ذخایر ساقه و مصرف آن ها به وسیله دانه گردید. سهم انتقال مجدد در سطح ۱٪ تحت تأثیر مصرف اکسین قرار گرفت. بیشترین سهم انتقال مجدد برابر با ۲۷/۵۹ از زمان مصرف ظهور ابریشم و کمترین میزان آن برابر با ۱۷/۴۴ درصد با تیمار شاهد حاصل گردید. این نتیجه نشان داد که میزان تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی اندام های رویشی در تیمار مصرف ظهور ابریشم مناسب بود و از طریق افزایش سهم انتقال مجدد از کاهش عملکرد در شرایط شور جلوگیری نمود. سهم فتوسنتز جاری در الگوهای مختلف کاشت تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ نشان داد. بیشترین سهم فتوسنتز جاری با میزان ۸۷/۲۳ مربوط به کشت دو ردیفه بود

دانه با افزایش شوری می‌تواند به دلیل کاهش وزن هزار دانه و اختلال در گرده‌افشانی و مراحل فتوسنتزی گیاه و انتقال مواد به دانه‌ها در شرایط شور باشد (Kuiper *et al.*, 1990). کاهش وزن هزار دانه ممکن است به یکی از دو دلیل کاهش میزان مواد فتوسنتزی وارد شده به بلال به دلیل اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی تولید شده برای تنظیم اسمزی مورد نیاز گیاه و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد (Mozafar and Goodin, 1986).

یکی از اهداف محلول‌پاشی هورمون‌های گیاهی طی دوره زایشی افزایش دوره سبزی‌نگی و فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها برای انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه است (Garsia and Hanowy, 1996). بر اساس گزارش کوچکی و سرمدنیا (۱۳۹۱) هورمون‌ها با تأثیر بر تشکیل، نمو و از بین رفتن گل‌ها و بذرها اثر مهمی در روابط بین مبدأ و مقصد گیاهان می‌گذارند و ممکن است از طریق تأثیر بر روی نیاز مقصد به‌طور غیرمستقیم روی سرعت انتقال اثر بگذارند (Koocheki and Sarmadnia, 2012). با توجه به عملکرد فیزیولوژیکی سیتوکینین هیچ تردیدی وجود ندارد که کاهش سطوح سیتوکینین داخلی می‌تواند باعث کاهش فعالیت مقصد و تسریع روند پیری در شرایط تنش شوری شود (Xie *et al.*, 2003). اثرات مثبت اکسین در نمو دانه از طریق افزایش انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی در مورد ذرت به اثبات رسیده است (Darussalam and Patrick, 1998).

اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (جدول ۲). کمترین مقدار نیز برابر با ۱۹۶/۹۱ گرم به محلول‌پاشی در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی اختصاص داشت. اثر محلول‌پاشی اکسین نیز در سطح ۱٪ بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۱) و بیشترین میزان این صفت با ۲۳۷/۱۲ گرم در تیمار محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم حاصل شد و کمترین میزان نیز با ۲۱۲/۲۸ گرم با تیمار شاهد به دست آمد ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم نداشت (جدول ۲). اثر متقابل الگوی کاشت و زمان محلول‌پاشی سیتوکینین بر وزن هزار دانه در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). در الگوی کاشت معمول و کف فارو بیشترین مقدار این صفت بدون مصرف سیتوکینین ولی در الگوی کشت دوردیفه بیشترین مقدار به مصرف در مرحله ۵ تا ۶ برگی تعلق داشت. در هر سه الگوی کشت کمترین وزن هزار دانه با مصرف در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی مشاهده شد (شکل ۱). اثر متقابل الگوی کاشت و زمان محلول‌پاشی اکسین نیز بر وزن هزار دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). در الگوی کاشت معمول و کف فارو بیشترین مقدار این صفت با مصرف در زمان ظهور ابریشم بود در حالی که در الگوی کشت دوردیفه به زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم اختصاص داشت. کمترین وزن هزار دانه در کشت معمول به زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم، در کشت دوردیفه به زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم و در کشت کف فارو به تیمار شاهد اختصاص داشت (شکل ۲). روند کاهش عملکرد



شکل ۱. وزن هزار دانه در روش‌های مختلف کاشت در سه زمان محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین.

Fig. 1. 1000 kernel weight in different planting patterns at cytokinin different times of spraying.



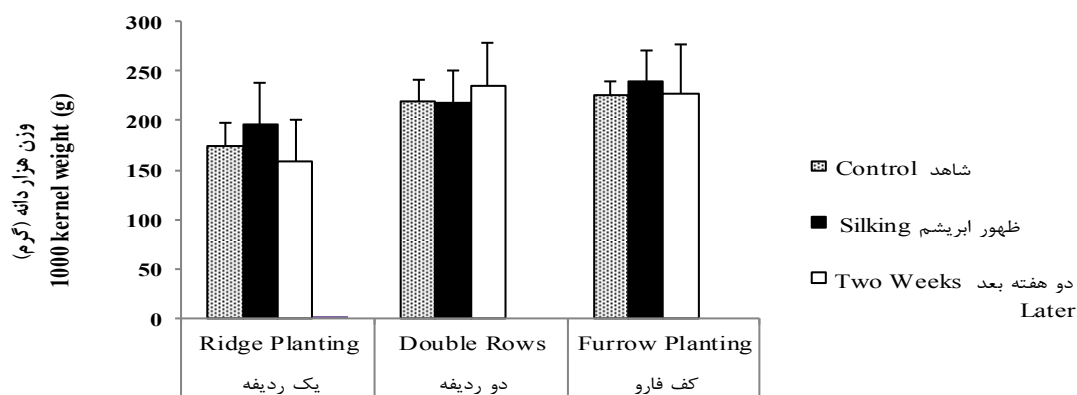
جدول ۲. مقایسه میانگین برای اثر هورمون های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر روی صفات مختلف در شرایط شوری.

Table 2. Mean comparison of the effects of auxin and cytokinin hormones and planting pattern on different traits in salinity conditions.

| Treatment                            | میزان انتقال  | کارایی انتقال     | سهم انتقال مجدد     | میزان فتوسنتز جاری | کارایی فتوسنتز جاری | سهم فتوسنتز جاری   | وزن هزار دانه      | شاخص برداشت | عملکرد دانه |
|--------------------------------------|---------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------|
|                                      | amount of DMR | efficiency of DMR | contribution of DMR | amount of CP       | efficiency of CP    | contribution of CP | kernel weight 1000 | HI          | GY          |
| <b>Planting Pattern</b>              |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| الگوی کاشت                           |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| کشت معمول                            | 191.90 a      | 0.21a             | 38.94a              | 3906.8b            | 0.71b               | 61.06b             | 187.66b            | 29.75a      | 4.09b       |
| Ridge Planting                       |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| دو ردیفه                             | 136.40b       | 0.12b             | 12.77b              | 5324.9ab           | 1.64a               | 87.23a             | 231.79a            | 22.80b      | 5.45ab      |
| Double Rows                          |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| کف فارو                              | 125.00b       | 0.13b             | 13.99b              | 7416.5a            | 1.67a               | 86.00a             | 242.89a            | 28.65ab     | 7.55a       |
| Furrow Planting                      |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| <b>Application time of cytokinin</b> |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| زمان مصرف سیتوکینین                  |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| شاهد                                 | 167.60a       | 0.15a             | 27.65a              | 5660.4a            | 1.30b               | 72.35b             | 232.36a            | 28.23a      | 5.82a       |
| Control                              |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| ۵ تا ۶ برگی                          | 155.05b       | 0.16a             | 20.13ab             | 5473.6a            | 1.33b               | 79.87ab            | 233.05a            | 30.09a      | 5.62a       |
| V5- V6                               |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| ۸ تا ۱۰ برگی                         | 130.65c       | 0.14a             | 17.92b              | 5514.2a            | 1.41a               | 82.07a             | 196.91b            | 22.88b      | 5.64a       |
| V8- V10                              |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| <b>Application time of auxin</b>     |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| زمان مصرف اکسین                      |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| شاهد                                 | 123.72c       | 0.14a             | 17.44b              | 5150.3b            | 1.26b               | 82.55a             | 212.28b            | 5.27b       | 5.27b       |
| Control                              |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| ظهور ابریشم                          | 175.00a       | 0.16a             | 27.59a              | 6402.2a            | 1.37a               | 72.40b             | 237.12a            | 6.57a       | 6.57a       |
| Silking                              |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |
| دو هفته بعد                          | 154.58b       | 0.15a             | 20.66ab             | 5095.7b            | 1.39a               | 79.34ab            | 212.92b            | 5.25b       | 5.25b       |
| Two Weeks Later                      |               |                   |                     |                    |                     |                    |                    |             |             |

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ تفاوت معنی دار ندارند.

Means with the same letter in each column are not significantly different by Duncan's method at 5% probability level.

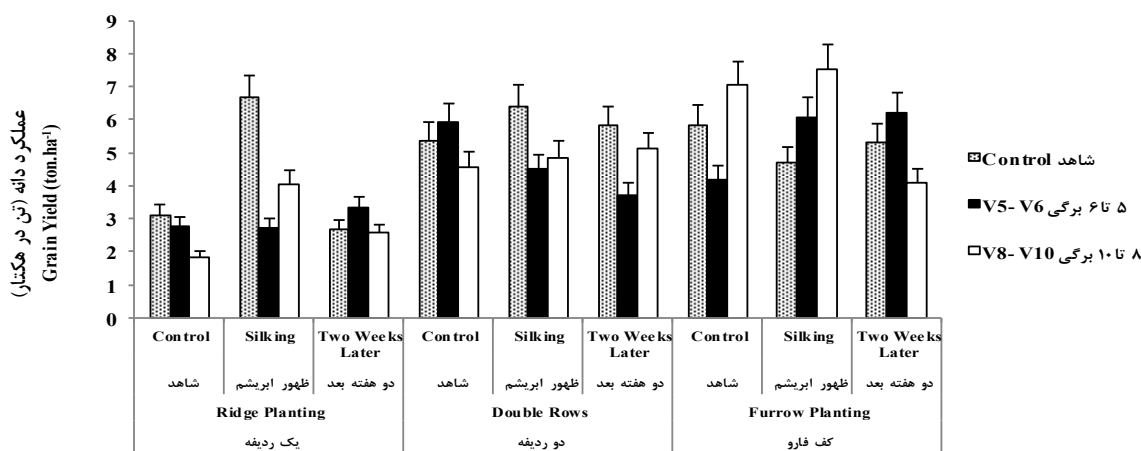


شکل ۲. وزن هزار دانه در روش های مختلف کاشت در سه زمان محلول پاشی هورمون اکسین.

Fig. 2. 1000 kernel weight in different planting patterns at auxin different times of sprayin

زمان محلول‌پاشی اکسین نیز در سطح ۱٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱) به طوری که بیشترین عملکرد دانه با ۶/۵۷ با محلول‌پاشی در مرحله ظهور ابریشم و کمترین مقدار آن با ۵/۲۵ تن در هکتار با تیمار دو هفته بعد از ظهور ابریشم مشاهده گردید که با مقدار حاصل از تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). اکسین‌ها با تأثیر بر تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های آندوسپرم و یا کنترل مواد پرورده مهم به سمت مقصد و قدرت مقصد دخیل هستند (Garsia and Hanowy, 1996). به نظر می‌رسد در این تحقیق افزایش عملکرد مشاهده شده طی محلول‌پاشی در مرحله ظهور ابریشم ناشی از کاهش شدت تنش شوری و تداوم فتوسنتز جاری و در ضمن القای انتقال مجدد ذخایر ساقه تحت تأثیر شرایط شور بود. القای انتقال مجدد در این شرایط به‌عنوان منبع جدیدی برای دانه‌های در حال پر شدن باعث افزایش وزن آن‌ها نسبت به شاهد گردید؛ بنابراین پتانسیل بالاتر در استفاده از ذخایر ساقه طی تنش توانمندی گیاه در استفاده از یک منبع ثانویه را جهت پر کردن دانه‌ها نشان می‌دهد. عملکرد دانه در الگوهای مختلف کاشت در سطح ۱٪ تحت تأثیر زمان‌های مختلف محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین قرار گرفت (جدول ۱) و بیشترین مقدار آن برابر با ۷/۵۳ تن در هکتار با الگوی کاشت کف فارو، محلول‌پاشی اکسین در زمان ظهور ابریشم و محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی به دست آمد (شکل ۳).

عملکرد دانه در سطح ۵٪ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه با ۷/۵۵ با الگوی کاشت کف فارو و کمترین مقدار آن با کشت معمول برابر با ۴/۰۹ تن در هکتار به دست آمد (جدول ۲). ایجاد هرگونه تنش، از قبیل افزایش تجمع نمک در روی پشته، منجر به تأخیر در ابریشم دهی، تولید دانه گرده و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد، به طوری که ممکن است اصلاً در سطح بلال دانه تشکیل نشود (Najafinejad and Farzamnia, 2006; Abd El Samad and Shaddad, 1997). نتایج حاصل از اجرای یک طرح تحقیقی ترویجی در شهرستان‌های اهواز و 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. این افزایش عملکرد احتمالاً به دلیل افزایش کارایی 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 مؤثر بوده است (Barzegari, 2006). نتایج تحقیقات ماشی و گالشی (Mashi and Galeshi, 2007) روی جو (*Hordeum vulgare*) نشان داد زمانی که گیاه از ابتدای رشد خود تحت تأثیر شوری قرار گرفت، عملکرد دانه کاهش یافت. در این شرایط سهم انتقال مجدد ذخایر ساقه ۲۱ درصد وزن دانه بوده که در مقایسه با تیمار شاهد ۱۰ درصد افزایش یافت.

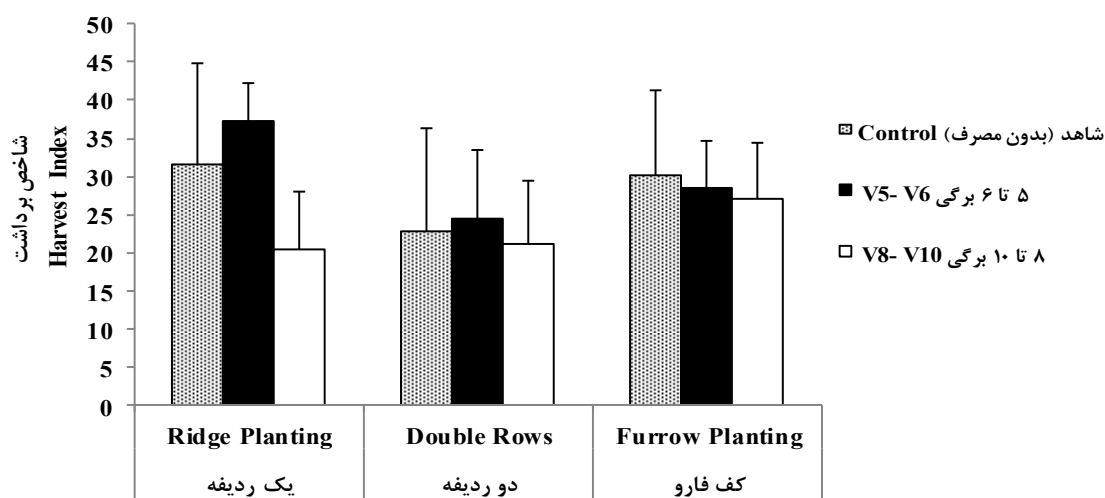


شکل ۳. عملکرد دانه در روش‌های مختلف کاشت در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین.

Fig. 3. Grain yield in different planting patterns at cytokinin and auxin different times of spraying.

با مقدار حاصل از مصرف در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم تفاوت معنی داری نداشت. در مورد سیتوکینین بیشترین شاخص برداشت با ۳۰/۰۹ با محلول پاشی در مرحله ۵ تا ۶ برگی مشاهده گردید ولی تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشت. کمترین مقدار شاخص برداشت برابر با ۲۲/۸۸ با تیمار مصرف در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی به دست آمد (جدول ۲). عواملی که انتقال آسیمیلایون مقصد را کنترل می کنند، روی توزیع مواد فتوسنتزی نیز کنترل دارند و هورمون ها از طریق اثر روی فعالیت آنزیمی و انعطاف پذیری سلول های مقصد تأثیر بسزایی روی توزیع مواد فتوسنتزی دارند (Koocheki and Sarmadnia, 2012). این نتیجه بیانگر این است که در تیمارهای محلول پاشی سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی و محلول پاشی اکسین در مرحله ظهور ابریشم پتانسیل بالایی برای انتقال و تبدیل عملکرد بیولوژیکی به عملکرد اقتصادی وجود دارد. اثر متقابل الگوی کاشت و محلول پاشی سیتوکینین بر شاخص برداشت در سطح ۵٪ معنی دار بود و بیشترین میزان شاخص برداشت برابر با ۳۷/۱۸ با الگوی کاشت معمول و مصرف سیتوکینین در زمان ۵ تا ۶ برگی حاصل گردید در حالی که کمترین مقدار آن برابر با ۲۰/۴۶ با الگوی کاشت معمول و مصرف سیتوکینین در زمان ۸ تا ۱۰ برگی مربوط بود (شکل ۴).

بر اساس یک فرضیه، سیتوکینین ها می توانند تحمل شوری را در گندم (*Triticum aestivum*) از طریق اثر متقابل با دیگر هورمون های گیاهی به ویژه اکسین ها افزایش دهند (Espinoza and Ross, 1996). سیتوکینین ها با دارا بودن توانایی اثرگذاری بر نفوذپذیری غشاء به یون های یک و دو ظرفیتی و القاء موضعی مقصدهای متابولیکی پیری برگ را به تعویق می اندازند و لذا مدت زمان انجام فتوسنتز برگ را طولانی تر نموده و عملکرد دانه را افزایش می دهند (Kuiper et al., 1990). الگوی کاشت توانست شاخص برداشت را در سطح ۵٪ تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۱) و بیشترین میزان این صفت برابر با ۲۹/۷۵ با کشت معمول و کمترین مقدار آن با کشت دوردیغه برابر با ۲۲/۸ به دست آمد (جدول ۲). افزایش شاخص برداشت با الگوی کشت معمول به دلیل افزایش عملکرد دانه نبود، بلکه با توجه به رابطه بین شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی، کاهش بیشتر عملکرد بیولوژیکی نسبت به کاهش عملکرد دانه در این روش نسبت به روش های دیگر باعث کاهش شاخص برداشت شد. زمان محلول پاشی هورمون نیز در سطح ۱٪ بر شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۱) به طوری که در مورد اکسین بیشترین میزان شاخص برداشت با ۳۵/۱۱ با محلول پاشی در مرحله ظهور ابریشم و کمترین شاخص برداشت برابر با ۲۲/۲۳ به تیمار شاهد اختصاص داشت که



شکل ۴. شاخص برداشت در روش های مختلف کاشت در سه زمان محلول پاشی هورمون سیتوکینین.

Fig. 4. Harvest index in different planting patterns at cytokinin different times of spraying.

افزایش میزان فتوسنتز جاری و میزان انتقال مجدد ماده خشک باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد و محلول‌پاشی دو هفته بعد از ظهور ابریشم شد. از طرفی نکته قابل توجه در این آزمایش اهمیت استفاده از آب‌های شور و لب‌شور و سازگاری در کشاورزی مناطق شور می‌باشد که با تغییر روش‌های کاشت در شرایط شور می‌تواند اثر شگرفی بر روی عملکرد دانه گذاشته به نحوی که اثر شوری تا حد امکان کاهش یابد زیرا با روش کاشت کف فارو، به دلیل کاهش تجمع نمک در آن، محیط مناسب‌تری نسبت به روش کاشت روی پشته برای رشد گیاه فراهم می‌شود.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف خارجی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین، می‌تواند مقاومت ذرت را در برابر شوری افزایش داده و پتانسیل دانه را به شرایط مطلوب نزدیک نماید. بر اساس نتایج این تحقیق تحریک فرآیند انتقال مجدد ماده خشک باعث شد تا از افت شدید عملکرد دانه با کشت معمول تا حدی جلوگیری شود. با این حال بیشترین میزان و کارایی فتوسنتز جاری مربوط به کشت کف فارو بود و از این طریق بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود. محلول‌پاشی اکسین در زمان ظهور ابریشم از طریق

## منابع

- Abd El Samad, H.M., Shaddad, M.A.K., 1997. Salt tolerance of soybean cultivars. *Journal of Biologia Plantarum*. 39, 263-269.
- Asadi, A., Roshan, A., 2006. Effects of nitrogen fertilizer on the environment. *Zeitun Journal*. 18, 20-30. [In Persian]
- Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., Kwon, T.R., 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*. 97, 45-110.
- Awan, I.U., Baloch, M.S., Sadozai, N.S., 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.
- Barzegari, M., 2006. Research report on planting corn in furrow on light, saline and sandy soils. Safi Abad Agricultural Research Center of Dezful. 32p. [In Persian].
- Blum, A., 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation Reprinted from *Wheat: Prospects for global improvement*, *Euphytica*. 100, 77-83.
- Brenner, M.L., Cheikh, N., 1995. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. In: Davies P.J. (ed.), *Plant Hormones*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 649-670.
- Cox, M.C., Qualset C.O., Rains, D.W., 1990. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III: nitrogen translocation in relation to grain yield and protein. *Crop Science*. 26, 737-740.
- Cruz-Aguado, J.A., Rode's, R., Pe'rez, I.P., Dorado, M., 2000. Morphological characteristics and yield components associated with accumulation and loss of dry matter in internodes of wheat. *Field Crops Research*. 66, 129-139.
- Darussalam Cole, M.A., Patrick, J.W., 1998. Auxin control of photoassimilate transport to and within developing grains of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*. 25, 69-77.
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., Waines, J.G., 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. I. Postanthesis changes in internode dry matter. *Crop Science*. 46, 735-746.
- Espinoza, L., Ross, J., 1996. Corn production. Arkansas, Arkansas University, pp. 5-10.
- Foide, N., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. The Potential of *Moringa Oleifera* for Agricultural and Industrial Uses. In: Fuglie, L. J. (ed.), *the Miracle Tree: The Multiple Attribute of Moringa*. pp. 45-76.
- Garsia, R., Hanowy, J.J., 1996. Foliar fertilization of Soybean during the seed filling period. *Agronomy Journal*. 68, 653-657.

- Hashemi- Dezfooli, S., Alami, S., siadat, S.A., Komeili, M., 2001. Effect of planting dates on yield potential of two cultivars of sweet corn in a climate of Khuzestan. *Journal of Iranian agricultural Sciences*. 32 (4), 681- 689. [In Persian with English Summary].
- Hay, R. K. M., Waker, N. J., 2003. Introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Publication. 571 p. [In Persian].
- Khavari- Khorasani, S., 2012. The Handbook of Corn Production. Gholami Publication. 306p. [In Persian].
- Kim, K., 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.
- Koocheki, A., Sarmadnia, G., 2012. Crop physiology. SID Publication of Mashhad. 467p. [In Persian].
- Kuiper, D., Schuit, J., 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.
- Lacerda, C.F.D., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., 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.
- Letham, D. S. 1978. Cytokinins. In: Letham, D.S., Goodwin, P.B., Higgins, T.J.V., (ed.) *Phytohormones and Related Compounds*. Vol 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 205-243.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*. 78, 389-398.
- Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, A., Noorinia, A., 2007. The effect of salinity on yield and yield components of four genotypes of hullless barley. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 4(5), 86- 98. [In Persian with English Summary].
- Mass, E.V., Grive, E.M., 1990. Spike and leaf development in salt stressed corn. *Crop Science*. 30, 1309-1313.
- Maxwell, K., Johnson, G.N., 2000. Review article: Chlorophyll fluorescence: A practical guide. *Journal of Experimental Botany*. 51, 659– 668
- Mazaheri, D., Askarizade, M., Bannazade, A., 2002. The effect of planting pattern and plant density on yield and yield components of two hybrids of forage maize. 7<sup>th</sup> Iranian Crop Science Congress. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. [In Persian with English Summary].
- McCullough, D.E., Hunt, L.A., 1989. Respiration and dry matter accumulation around the time of anthesis in field stands of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Botany*. 63, 321-329.
- Mirmohammadi- Maibodi, S.A., Ghareyazi, B., 2002. Physiological and breeding aspects of plant salinity. Isfahan University Publication, 245p. [In Persian].
- Mozafar, A., Goodin, J.R., 1986. Salt tolerance of two different drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedling growth. *Plant and Soil*. 96, 303-316.
- Murchie, E., Yang, H.J., Hubbart, S., Horton, P., Peng, S., 2002. Are there associations between grain-filling rate and photosynthesis in the flag leaves of field-grown rice? *Journal of Experimental Botany*. 53, 2217-2224.
- Naeem, M., Bhatti, I., Ahmad, R. , Ashraf, Y. M., 2004. Effect of some growth hormones (GA<sub>3</sub>, 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.
- Najafinejad, H., Fazamnia, M., 2006. The effect of planting pattern on yield, agronomic characteristics and water use efficiency in two varieties of corn 700 and 704. Final report of the research project. Research Center of Agriculture and Natural Resources Kerman. [In Persian].
- Nilsen, E and Orcutt, D.M., 1996. The physiology of plants under stress - abiotic factors. Wiley, New York, pp. 118-130.
- Porter, P. M and D. K. Hichs. 1997. Corn response to row width and plant population in the nithern cornbelt. *Journal of Production Agriculture*. 10, 293.
- Rajala, A., Peltonen-saninio, P., 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal*. 93, 936-943.
- Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects-halophytic

- ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
- Ruuska, S.A., Rebetzke, G.J., Van Herwaarden, A.F., Richards, R.A., Fettell, N.A., Tabe, L., Jenkins, C.L.D., 2006. Genotypic variation in water-soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology*. 33, 799-809.
- Saeidi, M., Moradi, F., 2010. Effect of drought stress on remobilization after pollination, the peduncle and penultimate soluble sugars from the grain growing two varieties of wheat. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(3), 548-564. [In Persian with English Summary].
- Salvucci, M.E., 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.
- Schnyder, H., 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling—a review. *New Phytologist*. 123, 233-245.
- Shah, S. H., 2007. Effect of kinetin spray on growth and productivity of black cumin plants. *Russian Journal of Plant Physiology*. 54, 702-705.
- Siadat, S. A., Hasemi-Dezfouli, S., 2000. Effect of plant density and planting pattern of grain yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) Hybrid KSC 704. *Journal of Agricultural Science*. 9, 39-48.
- Takahashi, T., Chevalier, P. M., Rupp, R. A., 2001. Storage and remobilization of soluble carbohydrates after heading in different plant parts of a winter wheat cultivar. *Plant Production Science*. 4, 160-165.
- Taslina, K., Hossain, F., Ara, U., 2011. Effect of indole-3-acetic acid (IAA) on biochemical responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. 46, 77-82.
- Turan, M.A., Awad-Alkarim, A.H., Taban, N., 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.
- Xie, Z., Jiang, D., Cao, W., Dai, T., Jing, Q., 2003. Relationships of endogenous plant hormones to accumulation of grain protein and starch in winter wheat under different post-anthesis soil water statuses. *Plant Growth Regulation*. 41, 117-127.
- Yang, J., Sears, R. G., Gill, B. S., Paulsen, G. M., 2002. Genetic differences in utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock stresses. *Euphytica*. 125, 179-188.
- Yazdi- Motlagh, A., Khavari- Khorasani, S., Bakhtiari, S., Musa- Abadi, J., 2012. Effect of planting pattern on Morphophysiological 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 Summary].