اثر هورمون سیتوکینین بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه و روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش گرمای آخر فصل

محبوبه خواجوی[۱*] ، افراسیاب راهنما قهفرخی[۲]، موسی مسکر باشی[۳]، سید امیر موسوی[۴] و متیو تام هریسون[۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲) دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳) استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز. ، اهواز، ایران.
۴) استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۵) مؤسسه کشاورزی تاسمانی، دانشگاه تاسمانی، تاسمانی، استرالیا.

نویسنده مسئول*: mah.khajavi675@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۶/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱**

این مقاله برگرفته ار رساله دکتری می باشد.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر هورمون سیتوکینین بر صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن آفتابگردان در شرایط تنش گرمای انتهای فصل، پژوهشی مزرعه‌ای در دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۰۰-۱۳۹۹ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن ماه، ۳۰ بهمن ماه و ۱۵ اسفندماه (به‌ترتیب تاریخ کاشت به هنگام، تأخیری و دیرهنگام)، به عنوان کرت‌های اصلی و غلظت‌های مختلف هورمون سیتوکینین (صفر، ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ میکرومولار در لیتر از منبع کینتین) و ارقام آفتابگردان (قاسم و اسکار) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. تاریخ کاشت به هنگام به عنوان شاهد و تاریخ‌های کشت تأخیری و دیرهنگام به‌عنوان تنش گرمایی ملایم و شدید در نظر گرفته شد. در تاریخ‌های کشت تأخیری و دیرهنگام، دوران گل‌دهی و پر شدن دانه ارقام آفتابگردان در مواجه با تنش گرمای انتهای فصل بود. نتایج نشان داد وقوع تنش گرما در کشت تأخیری و دیرهنگام، اندازه ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق، قطر طبق، وزن هزاردانه، عملکرد زیست توده، درصد روغن و عملکرد دانه و روغن را به طور معنی‌داری کاهش داد. غلظت ۵۰ میکرومولار کینتین، به‌عنوان غلظت مطلوب هورمونی سبب بهبود ویژگی‌های مورد مطالعه هر دو رقم در شرایط تنش گرما شد؛ به گونه‌ای که در گیاه آفتابگردان در کشت دیرهنگام، این غلظت هورمونی در هر دو رقم اسکار و قاسم، عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۱۷ و ۱۵ درصد، عملکرد زیست توده را به میزان ۲۹ و ۲۲ درصد و عملکرد روغن را ۲۷ و ۱۸ درصد در مقایسه با شرایط عدم کاربرد هورمون بهبود بخشید. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین با غلظت ۵۰ میکرومولار در لیتر می‌تواند به عنوان راهکاری جهت بهبود عملکرد دانه و روغن آفتابگردان در شرایط تنش گرمای انتهای فصل مناطق گرمسیر مانند خوزستان توصیه گردد.

واژه های کلیدی: تنش گرما، کینتین، محلول‌پاشی و عملکرد روغن.

مقدمه

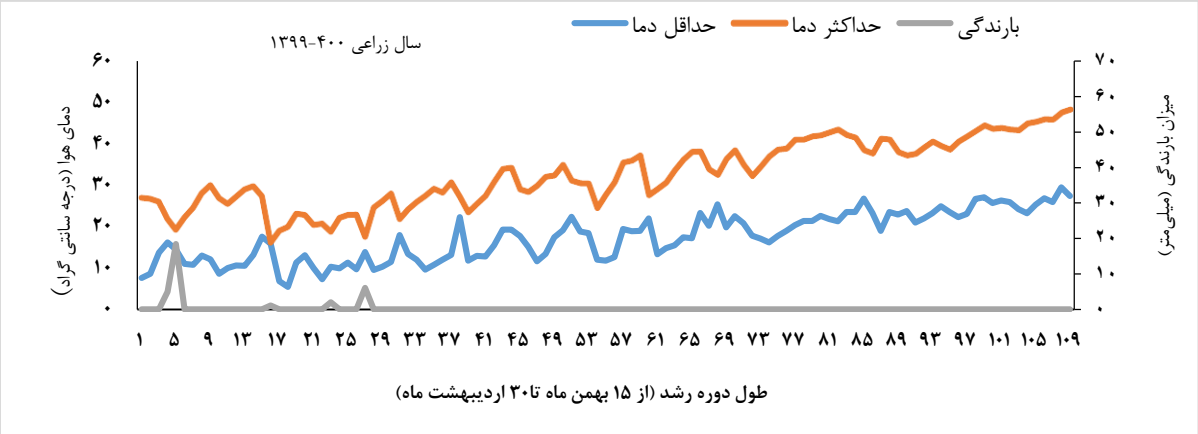
تغییرات اقلیمی و تنش‌های غیر زیستی بر تولید محصولات کشاورزی اثر نامطلوبی دارند و با روند تغییر اقلیم به دلیل افزایش میانگین دما، تنش گرما یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی به‌ویژه برای محصولات گرمسیری محسوب می‌گردد (Chauhan *et al*., 2011). آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از دانه‌های روغنی عمده در جهان است که به دلیل مناسب بودن نیازهای زراعی، عملکرد بالای روغن، بالا بودن ارزش غذایی و نداشتن عوامل ضد تغذیه‌ای، سطح زیر کشت آن افزایش یافته است (Machekposhti *et al*., 2017). آستانه دمایی در مراحل مختلف رشدی آفتابگردان متفاوت بوده و حدود ۲۶ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است و دماهای بالاتر از این سطح آستانه، تنش گرمایی محسوب می‌شود، به گونه‌ای که بیش‌ترین حساسیت عملکرد دانه به تنش گرما، ۱۲ تا ۱۹ روز پس از گل‌دهی است (Rondanini *et al*., 2006). با افزایش هر درجه سانتی‌گراد بالای دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طی دوره پر شدن دانه، به‌طور تقریبی وزن نهایی دانه ۱/۲درصد کاهش می یابد، به‌طورکلی تنش گرمایی در طی مراحل زایشی آفتابگردان اغلب بر لقاح، تعداد بذر، سرعت و مدت زمان پر شدن دانه و رشد جنین، وزن دانه و ویژگی‌های روغن دانه اثر نامطلوبی دارد (Chimenti & Hall, 2001). تنش گرمای انتهای فصل رشد به عنوان یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاهان زراعی در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر محسوب می‌گردد و تولید مواد فتوسنتزی در زمان بیش‌ترین نیاز به این مواد برای رشد دانه به دلیل پیری زودرس برگ‌ها دچار کاهش می‌شود. دوام برگ‌ها به عنوان یک صفت کلیدی، نه تنها می‌تواند عملکرد گیاه را افزایش دهد، بلکه مقاومت آن را در برابر تنش گرمایی در طی فتوسنتز فعال نیز افزایش می‌دهد (Yang *et al*., 2016). تاریخ کشت مناسب باعث انطباق مراحل رشد گیاه با شرایط محیطی و استفاده بهینه از منابع رطوبتی و حرارتی می‌شود (Mohammadi *et al*., 2009). بر همین اساس تأخیر درکاشت آفتابگردان باعث کاهش عملکرد زیست توده و عملکرد دانه می‌گردد (Allinne *et al*., 2009). واکنش گیاهان به تنش‌های غیر زیستی به عوامل مختلفی از جمله هورمون‌ها بستگی دارد. هورمون‌های گیاهی به عنوان مهم‌ترین ترکیبات داخلی گیاهان نقش بسیار مهمی در فرآیندهای رشد و نمو گیاهان دارند (Kang *et al*., 2012). بسته به شدت، مدت و نوع تنش و نیز نوع اندام و گونه‌های گیاهی، کاهش یا افزایش مقدار سیتوکینین درونی در هنگام بروز تنش غیر زیستی مشاهده می‌شود. با این حال افزایش مقدار درونی این هورمون با کاربرد خارجی آن باعث افزایش تحمل گیاهان مختلف طی بروز تنش های محیطی شده است (Veselov *et al*., 2017). سیتوکینین‌ها مهم‌ترین تنظیم کننده صفات سبزمانی و پیری هستند. سیتوکینین‌ها نقش مهمی در تسهیم بیش‌تر مواد فتوسنتزی به سمت مخازن زایشی و در نتیجه بهبود شاخص برداشت دارند (Sharma-Natu *et al*., 2010). همچنین در تنظیم تقسیم سلولی و ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی نقش دارند. گیاهان تحت تنش گرما با افزایش سطح سیتوکینین باعث بازشدن روزنه‌ها در

مراحل اولیه واکنش به تنش می‌شوند (Skalák *et al*., 2016). تنش گرمایی اثرهای نامطلوبی بر تعداد دانه، میزان و مدت زمان رشد دانه و رشد جنین، وزن دانه و ویژگی‌های روغن دانه آفتابگردان دارد و مشخص شده که با افزایش هر درجه بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طی دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه در حدود ۱/۲ درصد کاهش می‌یابد (Chimenti & Hall, 2001). گزارش‌های متعددی در رابطه با اثر سیتوکنین بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاهان مختلف تحت شرایط تنش ارائه شده است. کاربرد خارجی کینتین سبب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد برگ و سطح برگ گیاه کنجد تحت شرایط تنش خشکی گردیده است (Hussein *et al*., 2015). همچنین کاربرد ۵۰ میکرومولار سیتوکینین در طی گل‌دهی گیاه گلرنگ در شرایط آبیاری مطلوب، باعث افزایش عملکرد دانه، وزن هزاردانه و افزایش محتوی روغن شده است (Ullah & Bano, 2011). نتایج کاربرد سیتوکینین بر گیاه گلرنگ نشان داد که تیمار ۷۵ میکرومولار سیتوکینین باعث افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه و افزایش عملکرد روغن گردیده است (Mohammadi *et al*., 2014). سطح زیر کشت آفتابگردان در استان خوزستان به طور تقریبی ۸ هکتار، و تولید این محصول با میانگین ۱/۱ تن در هکتار گزارش شده است (وزارت جهاد کشاورزی ۱۴۰۰). با بررسی نقش‌های مهم سیتوکنین در افزایش تقسیم سلولی دانه، ذخیره مواد در دانه، تأخیر پیری و افزایش دوام سطح و همچنین تأثیر تنش گرما بر تسریع پدیده پیری گیاه، این پژوهش با هدف بررسی کاهش اثرهای نامطلوب تنش گرمای انتهای فصل با کاربرد هورمون سیتوکینین در شرایط آب و هوایی اهواز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه آموزشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن ماه (کاشت به هنگام)، ۳۰ بهمن ماه (کاشت تأخیری) و ۱۵ اسفندماه (کاشت دیرهنگام) در کرت‌های اصلی و ترکیب غلظت‌های مختلف هورمون سیتوکینین (صفر، ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ میکرومولار در لیتر از منبع کینتین) و دو رقم آفتابگردان (اسکار ، قاسم) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفت. از کینتین به عنوان فرم تجاری سیتوکینین (شرکت سیگما- آمریکا) استفاده شد. رقم اسکار با طول دوره رشد ۱۰۵ روز، متوسط ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر، وزن هزار دانه ۵۵ گرم و درصد روغن حدود ۴۵ درصد و رقم قاسم با طول دوره رشد ۹۰ روز، متوسط ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متر، وزن هزار دانه ۵۵ گرم، درصد روغن حدود ۴۰ درصد در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. بذور از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. سطوح تیماری کینتین به‌صورت محلول‌پاشی در دو مرحله (غنچه دهی و شروع گل‌دهی) به مقدار یک لیتر محلول برای هر کرت آزمایشی اعمال گردید. مقدار محلول در نظر گرفته شده متناسب با سطح کرت های آزمایشی، هزار لیتر برای یک هکتار بود. عملیات محلول‌پاشی با استفاده از یک پاشنده دستی با فشار ثابت یک‌بار و به‌صورت یکنواخت انجام شد و

همزمان بوته‌های شاهد با آب تصفیه محلول‌پاشی شدند. تاریخ کاشت به هنگام به عنوان تاریخ کاشت مناسب منطقه و تاریخ کاشت تأخیری و دیرهنگام جهت اعمال تیمار تنش گرمای انتهای فصل متوسط و شدید در مرحله پرشدن دانه در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمون ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر، بافت خاک لومی رسی، میزان ماده آلی ۰/۴۱ درصد، اسیدیته ۷/۹۵، هدایت الکتریکی ۴/۲ دسی زیمنس بر متر، فسفر و پتاس کل به ترتیب ۷/۸ و ۱۵۸/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و نیتروژن کل ۰/۵۲ درصد بود. با توجه به نتایج آزمون خاک و حدود بحرانی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نیازهای کودی خاک محاسبه و به خاک اضافه شد. برخی از اطلاعات مربوط به دمای کمینه و بیشینه و همچنین میانگین دمای منطقه آزمایش، در دوره زمانی کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در جدول ۱ آورده شده است. بذور سالم، هم اندازه و هم وزن آفتابگردان پس از ضدعفونی با قارچ‌کش روی پنج ردیف سه متری در هر کرت با فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر در عمق ۴ تا ۶ سانتی‌متری خاک در تاریخ‌های کاشت مورد نظر کشت شد. آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت انجام شد. به منظور جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی خاک و همچنین بر اساس زمان مطلوب مورد توصیه برای آبیاری آفتابگردان و در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش، برنامه‌ریزی آبیاری های بعدی تا پایان فصل رشد با توجه به کاهش درصد آب قابل استفاده خاک به حدود ۸۰ درصد ظرفیت زراعی انجام شد (Matev *et al.*, 2012). برای این منظور درصد رطوبت حجمی خاک قبل از هر آبیاری با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) (ProCheck, Decagon Devices, USA) اندازه‌گیری شد.



شکل ۱: دمای حداکثر و حداقل و میزان بارندگی منطقه آزمایش در طول سال زراعی ۰۰-۱۳۹۹

درجه روز رشد براساس مراحل نموی آفتابگردان شامل سبز شدن، ستاره ایی، غنچه‌دهی، شروع گل‌دهی، ۷۵درصد گل‌دهی، گل‌دهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیک محاسبه شد (Schneiter & Miller, 1981). در زمان رسیدگی فیزیولوژیک محصول و هنگامی که پشت طبق آفتابگردان به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای متمایل شد، پس از حذف بوته‌های در حاشیه، در مساحت

یک متر مربع از بوته‌های دو ردیف میانی هرکرت، و صفات ارتفاع بوته، عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و اجزای آن شامل قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و درصد پوکی، و همچنین شاخص برداشت و درصد و عملکرد روغن اندازه‌گیری شد. به این منظور ابتدا طبق‌ها از بوته جدا و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. درصد روغن دانه با کمک حلال اتر و با روش سوکسله تعیین گردید (Latif & Anwar, 2008). تاریخ برداشت و نمونه‌برداری در کاشت به هنگام ۱۶ اردیبهشت‌ماه با میانگین دمای ۳۲/۷ درجه سانتی‌گراد و با بیشینه دمای ۴۰/۲ درجه سانتی‌گراد و در کاشت تأخیری ۲۵ اردیبهشت با میانگین دمای ۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد و با بیشینه دمای۴۳/۳ درجه سانتی‌گراد و در کاشت دیرهنگام ۴ خردادماه با میانگین دمای ۳۹/۶ درجه سانتی‌گراد و با بیشینه دمای ۴۴ درجه سانتی‌گراد در این ماه بود. مجموع واحدهای حرارتی دریافت شده برای کاشت به هنگام، تأخیری و دیرهنگام به‌ترتیب ۱۴۴۷، ۱۴۲۹ و ۱۳۶۰ بود، به عبارتی در کاشت تأخیری با تأخیر در برداشت، مجموع واحدهای حرارتی کم‌تری دریافت شد، و به دلیل برخورد مرحله پرشدن دانه با دماهای بالا، طول دوره رشد نسبت به کاشت به هنگام حدود نه روز کوتاه‌تر بود، همچنین در کاشت دیرهنگام با دریافت واحدهای حرارتی کم‌تر نسبت به کاشت به هنگام، به لحاظ تسریع در سپری شدن مراحل فنولوژیکی گل‌دهی، تلقیح و پرشدن دانه و کوتاه شدن مدت زمان پرشدن دانه از یک طرف و کوتاهی دوره گرده افشانی و تلقیح از طرف دیگر، رشد و عملکرد محصول به طور معنی‌داری تحت اثر گرمای آخر فصل قرار گرفت. به عبارتی طول دوره رشد در کاشت دیرهنگام نسبت به تاریخ کاشت به هنگام ۱۸ روز کوتاه‌تر شد (جدول ۱). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱: درجه روز رشد ارقام آفتابگردان تا مرحله رسیدگی در تاریخ کاشت‌های مختلف

مراحل اصلی رشد	سبز شدن		ستاره ایی		غنچه دهی		شروع گل‌دهی		۷۵ درصدگل‌دهی		گل‌دهی کامل		رسیدگی فیزیولوژیک		پیری	
تاریخ کاشت/ ارقام	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار	قاسم	اسکار
کاشت به هنگام (۱۵ بهمن ماه)	۵۱/۲	۹۶/۶	۱۱۹/۷	۱۹۲/۴	۱۸۴/۲	۲۶۶/۵	۲۶۳/۴	۳۴۷/۳	۳۹۶/۶	۵۷۲/۴	۵۲۲/۶	۷۶۸/۹	۷۱۷/۶	۱۰۳۴	۱۰۶۸	۱۴۴۷/۴
کاشت تاخیری (۳۰ بهمن ماه)	۳۷/۲	۴۴/۵	۸۳/۴	۱۰۹/۲	۱۶۳/۴	۲۴۰/۱	۲۸۴/۷	۳۷۲/۶	۴۰۷/۸	۵۱۵/۲	۶۰۸/۲	۷۱۸/۴	۸۳۴/۷	۱۰۱۶/۸	۱۱۸۴	۱۴۲۹/۲
کاشت دیرهنگام (۱۵ اسفند ماه)	۵۵/۵	۶۸/۷	۱۳۰/۱	۱۶۶	۲۲۲/۴	۲۹۶/۷	۳۳۰/۲	۴۲۴/۱	۴۵۲/۶	۵۸۶/۴	۶۱۰/۴	۸۲۲/۲	۸۴۶/۲	۱۱۰۶	۱۰۶۳/۷	۱۳۶۰/۸

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

رقم اسکار درکشت به هنگام با محلول‌پاشی هورمون کینتین ۵۰ میکرومولار، دارای بیش‌ترین و رقم قاسم در کشت دیرهنگام با تیمار بدون محلول‌پاشی، دارای کم‌ترین ارتفاع بوته بود به‌طوری‌که با تاخیر درکاشت ارتفاع بوته در دو رقم اسکار و قاسم کاهش یافت (جدول ۳). تاریخ کاشت از طریق تغییر شرایط محیطی، در طول فصل رشد گیاه، اثر زیادی بر ارتفاع گیاه دارد و به طور معمول به موازات تأخیر در کاشت و در نتیجه افزایش دمای محیط ارتفاع نهایی گیاه کاهش می‌یابد. کشت به‌هنگام از طریق افزایش طول دوره رویش گیاه فرصت کافی جهت رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه را فراهم می‌آورد (Çağar, 2000). از طرفی در شرایط تنش فعالیت مریستم انتهایی و در نتیجه ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Skirycz & Inzé, 2010). در شرایط کاشت به‌هنگام، تأخیری و دیرهنگام، سیتوکینین سبب افزایش ارتفاع بوته گردید و بیش‌ترین میزان افزایش در غلظت ۵۰ میکرومولار کینتین به دست آمد. در پژوهش‌های اخیر مشاهده شده که محلول‌پاشی سیتوکینین در گیاه کنجد، گندم و ذرت ، سبب افزایش ارتفاع بوته می‌گردد(Brault & Maldiney, 1999; Zaheer *et al*., 2019; Hussein *et al*., 2015).

قطر طبق

نتایج این پژوهش بر هم‌کنش معنی‌داری بین تاریخ کاشت، ارقام و سطوح محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲). وقوع تنش گرمای آخر فصل منجر به کاهش معنی‌دار قطر طبق هر دو رقم شد. بیش‌ترین قطر طبق از کشت به‌هنگام رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی ۵۰ میکرومولار، و کم‌ترین قطر طبق از رقم قاسم در سطح بدون محلول‌پاشی کشت دیرهنگام به دست آمد (جدول ۳). قطر طبق آفتابگردان می‌تواند نشانگر پتانسیل عملکرد آن باشد. چرا که گل‌های بارور سطح طبق پس از تلقیح تبدیل به دانه می‌شوند. با توجه به این که با تأخیر در کاشت بر میزان دمای محیط افزوده می‌شود گیاه آفتابگردان صرفاً تحت اثر عامل دمای بالا قرار گرفته و پس از طی دورهٔ رویشی کوتاه، وارد مرحلهٔ گل‌دهی می‌گردد. نتیجه امر کاهش تولیدات فتوسنتزی و کاهش قطر طبق است. توضیح این‌که چنانچه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش قطر طبق به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها قابل توجیه است (Yadollahi *et al*., 2017). کاهش اندازهٔ طبق آفتابگردان به دلیل تأخیر در کاشت در مطالعه‌های پیشین نیز گزارش شده است (Çağar, 2000). نتایج آزمون ضرایب همبستگی نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار قطر طبق با عملکرد دانه (r = ۰/۷۷**) را نشان داد (جدول ۴). لذا می‌توان انتظار داشت بوته‌هایی که از طبق‌های بزرگی برخوردار هستند، عملکرد دانه و محصول بیش‌تری تولید نمایند.

جدول ۲: میانگین مربعات کاربرد برگی هورمون کینتین برصفات مورفولوژیکی و عملکرد کمی ارقام آفتابگردان در شرایط تنش گرمای انتهای فصل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع بوته	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	درصدپوکی دانه	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد زیست توده	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	۱۷/۱ ns	۵/۱۵۰ ns	۱۱۰۱۲/۸ns	۰/۱۳۳۷ ns	۳۳/۹۵ ns	۴۲۶۴۵ **	۲۴۸۸۶/۴ ns	۴۴/۳۱ *	۴/۱۸ ns	۳۷۰۸/۷ *
تاریخ کاشت	۲	۱۸۱۸۳**	۴۳۷**	۱۳۲۳۴۹۵**	۰/۱۱۸۴ ns	۴۶۳۱/۵**	۱۶۰۳۶۹۵**	۳۸۱۴۲۰۴۱**	۵۴۵/۲**	۱۰۵۲/۲**	۵۶۹۹۹۷**
خطای اصلی	۴	۴۹/۳	۴/۰۹	۴۱۵۰/۸	۰/۰۵۹۸	۹/۱۳۸	۱۰۹۱۱	۱۴۲۸۷/۶	۷/۹۱	۶/۵۵۸	۸۱۱/۵
رقم	۱	۰/۷۹۴**	۲/۳۸ ns	۵۵۵۵۵**	۰/۰۰۷۲ns	۶۰۶/۴**	۷۲۱۳۶**	۴۷۷۸۱۷۱**	۲۳۷/۶۱**	۱۴۷/۲۲**	۶۰۸۹۹/۹**
تاریخ کاشت × رقم	۲	۶۶۲**	۶/۷۷*	۹۵۶۰/۲ns	۱/۳۱۹**	۵/۶۰۵**	۵۵۰۹۸**	۶۲۹۳۳/۲ **	۹۸/۳۸ **	۱/۰۵ ns	۱۰۹۵۱/۹ **
هورمون	۳	۸۸۸۸**	۱۲۶/۶**	۳۸۱۱۶۵**	۲/۶۰**	۲۳۰۵**	۱۸۴۲۱۴**	۲۷۳۹۹۸۶**	۴۰/۹۹*	۱۸/۳۵**	۳۵۲۶۲**
تاریخ کاشت × هورمون	۶	۳۲۱**	۲/۹۸ ns	۵۹۱۰ ns	۰/۸۰۹۶**	۱۹۹/۹**	۳۰۷۰۶**	۱۵۲۸۱۴/۸ **	۴۲/۰۱ **	۰/۸۷۱ ns	۶۰۰۹/۹**
رقم× هورمون	۳	۲۴۸*	۲۱/۵۶ *	۷۳۷۵۸ **	۰/۴۸۵۸ *	۱۴۲/۵**	۱۲۷۷۶ ns	۹۲۱۳۴/۷ ns	۱۰/۶۱ ns	۶/۸۶ *	۴۴۸۹/۳**
تاریخ کاشت×رقم× هورمون	۶	۰/۴۹**	۸/۸۲**	۱۶۹۸۲ *	۰/۷۸۶۸**	۳۰۷/۸**	۲۸۹۰۷/۳**	۱۳۴۴۳۷ *	۱۹/۱۸ ns	۸/۹۱**	۳۷۶۲/۱**
خطای فرعی	۴۲	۶۰/۹۹	۲/۶	۵۲۷۸/۷	۰/۷۶۷۰	۲۵/۲۲	۷۹۵۱/۲۵	۴۲۷۵۹	۱۰/۲۹	۲/۵۸	۸۲۹/۶
ضریب تغییرات **(درصد)**		۱۴/۳۸	۹/۳	۱۰/۳۹	۱۴/۹	۹/۴۲	۷/۵	۵/۵	۹/۷	۵/۲۴	۷/۶

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی دار در سطح یک و پنج درصد می‌باشد.

جدول ۳: برهم‌کنش کاربرد برگی هورمون کینتین، تنش گرمای انتهای فصل و ارقام آفتابگردان بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد کمی

تاریخ کاشت	رقام	غلظت کینتین (میکرومولار در لیتر)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر طبق (سانتی متر)	تعداد دانه در طبق	پوکی دانه (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکردزیست توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن	عملکرد روغن(کیلوگرم در هکتار)
کاشت به‌هنگام	اسکار	۰	۱۱۱/۳ g	۱۹ c-f	۸۴۴ cd	۲/۹۸ ab	۵۶/۴۰ e-g	۱۳۲۲ bc	۴۷۵۷ c	۲۷/۷ gh	۳۶/۶ bc	۴۸۴ b-d
		۲۵	۱۴۷/۳ c	۲۳/۶ b	۱۰۷۳ b	۱/۷۱ fg	۸۳/۲۳ a	۱۳۳۹ bc	۵۶۱۴ a	۲۳/۸ h	۳۷/۶ ab	۵۰۳ bc
		۵۰	۱۷۷/۳ a	۲۶/۶ a	۱۲۳۵ a	۲/۲۸ d-f	۷۲/۵۵ bc	۱۶۶۵ a	۵۶۴۲ a	۲۹/۸ fg	۳۹/۶ a	۶۶۰ a
		۷۵	۱۶۶ ab	۲۰/۳ c	۹۱۱ c	۲/۱۵ d-f	۶۴ de	۱۶۳۵ a	۵۱۷۱ b	۳۱/۹ e-g	۳۷/۶ ab	۶۱۴ a
	قاسم	۰	۹۵/۲ h	۱۶/۴ fi	۷۰۵ e-g	۳/۱۴ ab	۵۳/۱۶ fg	۱۱۹۳ d-f	۴۲۹۳ d	۲۷/۷ gh	۳۳/۶ d-g	۴۰۰ fg
		۲۵	۱۲۸ d	۱۸ c-f	۷۸۳ de	۲/۰۳۱ f-h	۵۷/۸۳ ef	۱۲۹۲ c-e	۴۷۷۲ c	۲۷/۵ gh	۳۳/۳ e-h	۴۳۱ ef
		۵۰	۱۵۵ bc	۲۵/۲ ab	۱۱۰۹ b	۲/۱۰ d-f	۷۶/۱۱ ab	۱۴۶۶ b	۵۴۸۲ ab	۲۶/۵ gh	۳۶ b-d	۵۲۷ b
		۷۵	۱۵۳/۱ c	۲۴/۳ ab	۱۰۷۳ b	۲/۲۱ d-f	۷۰ b-d	۱۴۵۲ b	۵۳۳۷ ab	۲۷/۸ gh	۳۵/۶ b-e	۵۱۷ b
کاشت تأخیری	اسکار	۰	۹۵/۵ h	۱۴ h-j	۴۹۹ hi	۳/۲۲ ab	۴۴/۲۸ gh	۱۱۶۵ e-g	۳۲۰۱ f	۳۶/۳ b-e	۳۲/۶ f-h	۳۸۰ gh
		۲۵	۱۲۵ e-g	۱۷ d-g	۷۰۷ e-g	۱/۶۵ gh	۵۴/۱ fg	۱۳۹۲ bc	۳۷۱۱ e	۳۷/۷ a-d	۳۲/۶ f-h	۴۵۷ c-e
		۵۰	۱۵۳ c	۱۹/۲ c-e	۷۳۳ cd	۱/۷۳ fg	۶۲/۵۵ de	۱۴۴۳ b	۴۳۱۳ d	۳۳/۹ d-f	۳۵/۳ b-e	۵۰۹ b
		۷۵	۱۱۵ e-g	۱۵/۱ g-j	۶۱۱ gh	۲/۵۴ c-e	۵۳/۷۲ fg	۱۳۴۵ bc	۴۲۸۲ d	۲۶/۷ gh	۳۴/۶ c-f	۳۹۶ f-h
	قاسم	۰	۹۱/۸ h	۱۳/۸ ik	۴۴۴ ij	۲/۰۴ ef	۳۸/۰۵ gh	۱۰۲۹ g-i	۲۵۸۷ g-i	۳۹/۸ a-c	۲۹/۳ i	۳۰۱ i
		۲۵	۱۱۵/۱ e-g	۱۵/۶ g-j	۵۳۷ ij	۲/۰۳ ef	۴۸/۷ gh	۱۱۳۵ f-h	۲۶۴۰ gh	۴۲/۹ a	۳۱/۱ hi	۳۵۰ h
		۵۰	۱۲۷ de	۱۹/۴ cd	۷۱۳ d-f	۱/۷۴ ef	۵۲/۷۲ fg	۱۲۸۲ c-e	۳۳۵۸ f	۳۸/۱ a-d	۳۲ gh	۳۷۷ gh
		۷۵	۱۳۲/۳ d	۲۰/۳ c	۷۰۳ e-g	۲/۰۲ ef	۵۴/۲ e-g	۱۳۳۴ b-d	۳۳۶۵ f	۳۹/۸ a-c	۳۱/۲ g-i	۴۵۱ de
کاشت دیرهنگام	اسکار	۰	۶۹/۴ ij	۱۲ lm	۳۹۲ ij	۲/۶۵ b-d	۳۵/۲ h	۸۵۶ kl	۲۴۵۵ g-i	۳۴/۸ c-f	۲۲/۶ k	۱۹۴ kl
		۲۵	۷۴ i	۱۴/۲ j-l	۴۶۷ ij	۲/۹۸ a-c	۴۵/۹ gh	۸۱۸ l	۲۵۸۵ g-i	۳۳/۴ d-f	۲۶/۶ j	۲۱۹ j-l
		۵۰	۱۰۱ g	۱۵/۱ e-h	۶۰۲ gh	۲/۱۲ d-f	۵۱/۱۸ f-h	۱۰۰۲ h-k	۳۱۷۳ f	۳۱ e-g	۲۴/۶ jk	۲۴۷ j
		۷۵	۸۷/۱ h	۱۳/۷ j-l	۵۹۶ gh	۲/۲۶ d-f	۴۹/۵۵ g-i	۸۸۰ j-l	۳۱۳۷ f	۲۸/۴ gh	۲۴/۳ jk	۲۱۳ j-l
	قاسم	۰	۵۷/۲ j	۱۱/۷ lm	۳۸۹ j	۳/۳۶ a	۲۶/۲۳ kl	۸۷۴ j-l	۲۲۵۹ i	۳۸/۴ a-d	۲۳/۳ k	۲۰۳ j-l
		۲۵	۸۵ h	۱۳/۲ j-l	۴۴۸ ij	۳/۳۸ a	۳۵/۰۴ h	۹۵۵ i-l	۲۳۴۳ hi	۴۰/۷ ab	۱۸/۶ l	۱۷۸ l
		۵۰	۹۴/۳ fg	۱۴/۳ g-j	۵۹۲ fg	۲/۱۶ d-f	۳۶/۱ h	۱۰۰۶ h-j	۲۷۵۰ g	۳۶/۶ b-e	۲۴/۱ k	۲۴۰ jk
		۷۵	۸۸/۲ h	۱۳/۶ j-l	۵۵۲ g-i	۲/۷۴ fg	۳۲/۴۲ h-j	۸۹۶ i-l	۲۶۷۰ gh	۳۳/۶ d-f	۲۳/۱ k	۲۰۵ j-l

* میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت در هر ستون و هر فاکتور آزمایشی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۴: ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیکی و زراعی آفتابگردان در تاریخ کاشت دیرهنگام

صفات	ارتفاع بوته	قطر طبق	تعداد دانه درطبق	وزن هزاردانه	درصد پوکی	عملکرد دانه	عملکرد زیست توده	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن
ارتفاع بوته	۱									
قطر طبق	۰/۷۷**	۱								
تعداد دانه درطبق	۰/۷۹**	۰/۸۴**	۱							
وزن هزاردانه	۰/۶۰**	۰/۷۷**	۰/۷۶**	۱						
درصد پوکی	-۰/۲۸ns	-۰/۲۰ns	-۰/۲۶ns	-۰/۰۳ns	۱					
عملکرد دانه	۰/۹۹**	۰/۷۷**	۰/۷۸**	۰/۵۸**	-۰/۲۹ns	۱				
عملکرد زیست توده	۰/۶۰**	۰/۶۸**	۰/۷۶**	۰/۷۷**	۰/۰۳ns	۰/۶۰**	۱			
شاخص برداشت	۰/۴۷*	۰/۱۵ns	۰/۰۷ns	-۰/۱۷ns	-۰/۳۶ns	۰/۴۸*	-۰/۳۹ns	۱		
درصد روغن	۰/۳۵ns	۰/۴۵*	۰/۵۷**	۰/۴۹*	۰/۱۷ns	۰/۳۵ns	۰/۵۶**	-۰/۲۰ns	۱	
عملکرد روغن	۰/۸۴**	۰/۷۴**	۰/۸۳**	۰/۶۶**	-۰/۱۰ns	۰/۸۵**	۰/۷۲**	-۰/۱۸ns	۰/۷۸**	۱

ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی دار در سطح یک و پنج درصد می‌باشد.

تعداد دانه در طبق

بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه به ترتیب در کشت به‌هنگام و دیرهنگام به دست آمد (جدول ۳). از عوامل مؤثر در کاهش تعداد دانه در طبق می‌توان به درجه حرارت بالا، کاهش مواد فتوسنتزی و کمبود آب اشاره کرد (Telahigue *et al*., 2017). از لحاظ سطوح هورمون و رقم بیش‌ترین تعداد دانه مربوط به رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی کینتین ۵۰ میکرومولار و کم‌ترین تعداد دانه مربوط به رقم قاسم با سطح بدون محلول‌پاشی کینتین در کشت دیرهنگام بود (جدول ۳). افزایش طول دوره رویش باعث افزایش تعداد دانه در طبق نسبت به تاریخ کاشت دیرهنگام و دوره رویش کوتاه شد، از طرفی کاهش فعالیت حشرات گرده‌افشان در فصل گرم نیز می‌تواند در کاهش تعداد دانه در طبق کاشت‌های تأخیری و دیرهنگام مؤثر باشد (Çağar, 2000). کاهش قابل‌توجه تعداد دانه در طبق آفتابگردان در اثر تأخیر در کاشت در مطالعه‌های پیشین نیز گزارش‌شده است (Gholipour *et al*., 2011). محلول‌پاشی سیتوکینین اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در طبق هر دو رقم داشت. در هر دو رقم غلظت ۵۰ میکرومولار کینتین در هر سه تاریخ کاشت بیش‌ترین افزایش تعداد دانه در طبق را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در طبق تا حدود زیادی منطبق با افزایش قطر طبق و عملکرد دانه در شرایط تیمارهای محلول‌پاشی بود. سیتوکینین می‌تواند با افزایش تخلیه قندها از آوند آبکش و انتقال آن‌ها به آپوپلاست به مواد غذایی برای دانه‌های درحال رشد کمک نموده، از این طریق باعث افزایش تعداد دانه‌ها شود (Zaheer *et al*., 2019). در مطالعه‌های پیشین گزارش شده است که سیتوکینین نیز از طریق اثر مستقیم بر تقسیم سلولی در سطح مخزن فیزیولوژیکی، و افزایش پتانسیل اندازه مخزن فیزیولوژیک، تعداد دانه را در سنبله گندم تحت تنش گرما افزایش داد (Yang *et al*., 2016). نتایج آزمون ضرایب همبستگی نیز بیانگر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در طبق با قطر طبق

(r =۰/۸۴**) و عملکرد دانه (r = ۰/۷۸**) بود (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در تیمارهای سیتوکینین نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی در سایر گیاهان زراعی نیز گزارش شده است (Aldesuquy *et al*., 2013).

درصد پوکی دانه

افزایش درصد دانه‌های پوک، منجر به کاهش عملکرد محصول در آفتابگردان می‌گردد.. بیش‌ترین درصد پوکی مربوط به رقم قاسم و سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرو مولار در کشت دیرهنگام، و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرومولار، از کشت تأخیری به دست آمد (جدول۳). با توجه به این اینکه درصد پوکی دانه تحت تأثیر دو عامل تعداد دانه‌های پوک و تعداد کل دانه در طبق قرار دارد و از طرفی کاهش فعالیت حشرات گرده‌افشان درکشت دیرهنگام، به نظر می‌رسد که درصد پوکی بیشتر تحت تأثیر دمای بالا ناشی کشت دیرهنگام و کاهش فعالیت حشرات گرده‌افشان قرار گرفته است و این صفت تحت اثر غلظت‌های متفاوت هورمون سیتوکینین قرارنگرفت. افزایش دمای مرتبط با تغییرهای اقلیمی می‌تواند فعالیت گرده افشان‌ها را به‌طور متفاوتی تغییر دهد. دماهای بالاتر از ۳۱ درجه سانتی‌گراد در مرحله گرده-افشانی به دلیل اثرهای نامطلوب آن بر باروری گل‌ها و تولید دانه گرده، سبب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان می‌گردد (Chimenti & Hall, 2001). به طور کلی تنش در طی مرحله گل‌دهی سبب خشک شدن سریع‌تر گرده و کلاله مادگی شده که این امر سبب اختلال در عمل گرده‌افشانی و در نهایت باعث کاهش تعداد گلچه‌های بارور در طبق می گردد. مقادیر بالای هورمون سیتوکینین در مرحله پرشدن دانه، با افزایش تقسیم سلولی آندوسپرم و ایجاد مخزن قدرتمند باعث انتقال مواد پرورده و تجمع مواد در دانه‌های در حال رشد می‌شود (Abou Rayya *et al*., 2015).

وزن هزاردانه

بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به رقم اسکار در کاشت به هنگام با سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرومولار و کم‌ترین مربوط به رقم قاسم در تاریخ کاشت دیرهنگام با سطح بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۳). در کاشت دیرهنگام، کاهش طول دوره رشد و عدم وجود فرصت کافی برای تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی از جمله عوامل کاهش وزن هزاردانه به شمار می‌روند (Killi & Altunbay, 2005). محلول‌پاشی سیتوکینین اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه هر دو رقم داشت و مصرف کینتین با غلظت ۵۰ میکرومولار در هر سه تاریخ کاشت بیش‌ترین افزایش وزن هزاردانه را نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد اثرهای بهبود بخش غلظت ۷۵ میکرومولار کینتین برای بیش‌تر اجزای عملکرد تا حدود زیادی کاهش یافته است و این اثر در کاهش عملکرد نمایان شده است. سیتوکینین با افزایش ظرفیت فتوسنتزی از طریق اثر مثبت بر اجزای فتوسنتزی مانند کلروفیل و پروتئین‌های محلول، وزن هزاردانه را در سنبله گندم تحت تنش گرما افزایش داد (Yang *et al*., 2016). همچنین کاربرد ۵۰ میکرومولار سیتوکینین درطی گل‌دهی گلرنگ در

شرایط آبیاری مطلوب، وزن هزاردانه را افزایش داد(Ullah & Bano, 2011). اثر هورمون سیتوکینین بر افزایش وزن هزاردانه گیاه گلرنگ ، گندم و ذرت قبلاً نیز گزارش شده است. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وزن هزاردانه با عملکرد دانه (r = ۰/۵۸**) بر نقش این صفت در تعیین عملکرد دانه دلالت داشت(Mohammadi *et al*., 2014; Nagar *et a*l., 2015; Akter *et al*., 2014) (جدول۴).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه حاکی از بر هم‌کنش معنی‌دار بین تاریخ کاشت، ارقام و سطوح هورمون در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). نتایج این پژوهش نشان داد با وقوع تنش گرمای آخرفصل، عملکرد دانه در دو رقم اسکار و قاسم درکاشت تاخیری به ترتیب ۱۲ و ۱۴ درصد و درکاشت دیرهنگام به ترتیب ۵۴ و ۲۷ درصد کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار مربوط به کشت به‌هنگام، رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی۵۰ میکرومولار، و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم قاسم و سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرومولار، از کشت دیرهنگام به دست آمد (جدول ۳). به عبارتی با تأخیر در کاشت، به دلیل برخورد دوران رشد زایشی گیاه با تنش گرما (شکل۱) و کاهش دوره رشد رویشی و ورود سریع به مرحله زایشی، اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه و وزن هزاردانه و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش یافت. آفتابگردان در مرحله زایشی به تنش گرما حساس است و بیش‌ترین کاهش عملکرد نیز در زمان وقوع تنش گرمایی در مرحله پر شدن دانه گزارش شده است (Kalyar *et al*., 2014). تغییر در سرعت و مدت زمان پر شدن دانه آفتابگردان با تغییر نفوذ نور در کانوپی گیاه و کارایی استفاده از نور ارتباط دارد و این ویژگی تحت اثر تاریخ کاشت و دوره رشد گیاه قرار می گیرد و موجب تغییرات چشمگیر در عملکرد دانه می‌گردد (de la Vega, 2012). کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در اثر تأخیر در کاشت در مطالعه‌های پیشین نیز گزارش‌شده است(Barekati *et al*., 2020). محلول‌پاشی سیتوکینین اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه هر دو رقم داشت (جدول ۲). در رقم اسکار غلظت ۵۰ میکرومولار کینتین در هر سه تاریخ کاشت بیش‌ترین افزایش عملکرد را نسبت به تیمار شاهد نشان داد، (جدول ۳). به نظر می‌رسد ازطریق محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین با غلظت۵۰ میکرومولار وکاهش اثرات نامطلوب کاشت دیرهنگام، برای رقم اسکار و قاسم به ترتیب با افزایش ارتفاع بوته به میزان ۴۶ و ۶۴ درصد، قطر طبق ۲۵ و ۲۰ درصد، تعداد دانه ۵۳ و ۵۱ درصد و وزن هزاردانه ۴۵ و ۳۸ درصد، و کاهش درصد پوکی به میزان ۲۵ و ۵۰ درصد در نهایت عملکرد دانه برای این دو رقم به ترتیب ۱۷ و ۱۵ درصد نسبت به سطح بدون محلول‌پاشی افزایش یافت. پژوهش‌های متعددی به اثر سیتوکینین در شرایط سایر تنش‌های غیر زیستی بر افزایش عملکرد دانه در گیاه گندم و ذرت دلالت دارد (Nagar *et al*., 2015; Kaya *et al*., 2010).

عملکرد زیست توده

عملکرد زیست‌توده با تأخیر در کاشت کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده مربوط به کشت به‌هنگام و کم‌ترین آن مربوط به کشت دیرهنگام بود. همچنین بیش‌ترین مقدار مربوط رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی ۵۰ میکرومولار، و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم قاسم و سطح بدون محلول‌پاشی، در کشت دیرهنگام به دست آمد (جدول۳). با توجه به روند افزایش درجه حرارت هوا با تأخیر در کاشت، برای کشت‌های به‌هنگام تا دیرهنگام می‌توان نتیجه گرفت که نیاز حرارتی ارقام در کشت‌های تأخیری و دیرهنگام طی مدت زمان کوتاه‌تری تأمین گشته و ارقام با تنش‌گرما مواجه گشته و دوره رشد کوتاه‌تری داشته‌اند. در شرایط تنش گرما پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده تولیدی می‌گردد. سایر پژوهش‌گران نیز نتایج مشابه مبنی بر کاهش معنی دار عملکرد زیست‌توه در اثر تنش گزارش کردند که این کاهش احتمالا به دلیل کاهش شاخص سطح برگ و کاهش سرعت رشد محصول و سرانجام کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Karimzadeh Soureshjani *et al*., 2012).کاهش وزن زیست‌توده آفتابگردان و گلرنگ در مطالعه‌های پیشین نیز گزارش شده است (Sahu & Thakur, 2016; Bange *et al*., 1998). کاربرد سیتوکینین می‌تواند به علت بهبود رشد و تأخیر در پیری برگ‌ها و ایجاد منبع فیزیولوژیک کارآمد برای استفاده هرچه بیش‌تر نور دریافتی و افزایش انتقال ماده پرورده به بخش‌های مختلف گیاه و افزایش تولید ماده خشک سبب افزایش عملکرد زیست‌توده گردد (Hussein *et al*., 2015). افزایش عملکرد زیست‌توده با محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین بر گیاه کنجد و گندم نیز گزارش گردیده است. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد زیست‌توده با عملکرد دانه (r =۰/۶۰**)، تعداد دانه در طبق (r =۰/۷۶**) و وزن هزاردانه (r =۰/۷۷**) بر نقش این صفت در افزایش عملکرد دانه دلالت دارد (Hussein *et al*., 2015; Zaheer *et al*., 2019) (جدول ۴).

شاخص برداشت

بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط رقم قاسم و سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرو مولار در تاریخ کاشت تاخیری کم‌ترین مقدار مربوط به رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرو مولار، از کشت به‌هنگام به دست آمد (جدول ۳). شاخص برداشت بالاتر در کشت به هنگام بیانگر بالا بودن عملکرد اقتصادی در کشت به هنگام می‌باشد که نشان‌دهنده رشد رویشی بهتر در شرایط مناسب حرارتی و به طبع آن فتوسنتز بیشتر و اختصاص مواد فتوسنتزی زیادتری به دانه در این تاریخ کشت است. همچنین علت کاهش شاخص برداشت درکشت دیرهنگام را می‌توان با کاهش دوره پرشدن دانه و کاهش سرعت افزایش روزانه شاخص برداشت، با کشت دیرهنگام مرتبط دانست (Bange *et al*., 1998) در همین ارتباط مشخص شده که در کشت‌های دیرهنگام مقدار تشعشع جذب شده کاهش یافته که اثر منفی آن بر عملکرد دانه بیش از وزن خشک اندام هوایی می‌باشد (de la

Vega, 2012). افزایش شاخص برداشت با محلول‌پاشی سیتوکینین در ذرت، گندم و گلرنگ بهاره، قبلاً نیز گزارش شده است. در این پژوهش نیز تأخیر در کاشت منجر به کاهش طول دوره رویش به ویژه مرحلهٔ پس از گرده افشانی شده و سبب کاهش بیش‌تر عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد زیست‌توده شد و برآیند آن منجر به کاهش شاخص برداشت در کشت‌های دیرهنگام شد (Akter *et al*., 2014; Nagar *et al*., 2015; Mohammadi *et al*., 2014).

درصد روغن

بیش‌ترین درصد روغن مربوط به رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی ۷۵ میکرومولار در کشت به هنگام و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم قاسم و سطح محلول‌پاشی ۲۵ میکرو مولار، در تاریخ کشت دیرهنگام به دست آمد (جدول ۳). با توجه به این که روغن جزو ترکیب‌های ذخیره‌ای دانه بوده و بلافاصله پس از گرده‌افشانی در دانه ذخیره می‌شود، درنتیجه گیاه توانسته در کشت به هنگام با تکیه بر ویژگی ژنتیکی خود و سازگاری با شرایط محیطی منطقه به طرز مطلوبی درصد روغن خود را بالا ببرد. کاهش درصد روغن در شرایط تنش گرما از طریق کاهش توان تولید گیاه و اختلال در سنتز تولید روغن در گیاه گلرنگ و آفتابگردان گزارش شده است. افزایش درصد روغن با محلول‌پاشی سیتوکینین را می‌توان از طریق تأثیر مثبت این هورمون بر فتوسنتز و کلروفیل، همچنین افزایش پروتئین‌های محلول در دانه، و در نهایت افزایش وزن دانه بیان‌کرد (Yang *et al*., 2016; Gholipour *et al*., 2011; Salehi *et al*., 2019).

عملکرد روغن

عملکرد روغن عمده‌ترین محصول اقتصادی به‌دست آمده از کشت آفتابگردان است. بیش‌ترین عملکرد روغن مربوط به رقم اسکار و سطح محلول‌پاشی ۵۰ میکرومولار بود که آن را می‌توان به پتانسیل بالای عملکرد دانه این رقم نسبت داد و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم قاسم و سطح محلول‌پاشی۲۵ میکرو مولار، در کشت دیرهنگام به دست آمد (جدول ۳). افزایش طول دوره رشد از طریق افزایش عملکرد دانه منجر به افزایش عملکرد روغن می‌شود. عملکرد روغن به دو عامل عملکرد دانه و درصد روغن بستگی دارد و کاهش عملکرد روغن در کاشت تأخیری و دیرهنگام به دلیل شرایط دمایی نامناسب در کاشت‌های تأخیری و دیرهنگام و کاهش عملکرد دانه بود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد روغن و تعداد دانه در طبق (r = ۰/۸۲**) و عملکرد دانه (r = ۰/۸۵**) نیز مؤید این نکته است (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه و روغن آفتابگردان در شرایط دمای بالا در مطالعه‌های پیشین نیز تأیید شده است (Kalyar *et al*., 2014).

نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج بیانگر اثرهای نامطلوب تنش گرمای انتهای فصل در کشت‌های تأخیری و دیرهنگام بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی آفتابگردان بود و کشت به هنگام (۱۵ بهمن ماه) به دلیل برخورد دوره زایشی و طبق‌دهی با شرایط

مطلوب محیطی، تاریخ کاشت مناسب تری شناخته شد و عملکرد دانه و تولید ماده خشک بیشتری داشت. محلول‌پاشی با سیتوکینین هم در شرایط کشت به هنگام و هم در شرایط کشت‌های تأخیری و دیرهنگام سبب افزایش صفات مورفولوژیکی و در نهایت عملکرد دانه و روغن گردید. بهترین رقم از نظر عملکرد دانه و روغن در هر سه شرایط تاریخ کاشت با کاربرد ۵۰ میکرومولار سیتوکینین، رقم اسکار بود. با توجه به نتایج به دست آمده، این رقم جهت کشت در شرایط کشت‌های تأخیری و دیرهنگام توصیه می‌شود. از سوی دیگر می‌توان با در نظرگرفتن تأثیر مثبت هورمون سیتوکینین بر عملکرد روغن و دانه آفتابگردان، و همچنین کاهش اثرات نامطلوب تنش گرما بر عملکرد این گیاه زراعی، هزینه مصرف این هورمون از لحاظ اقتصادی تا حدودی قابل توجیه باشد و کاربرد این هورمون می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب جهت بهبود عملکرد دانه و روغن آفتابگردان در شرایط خوزستان توصیه شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز به شماره پژوهانه SCU.AA1401.96سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Abou Rayya, M., Thanaa, S., & Nabila, E. (2015). Photosynthetic pigments and fruit quality of Manzanillo olive as affected by 6-benzyladenine and studying the chemical constituents in leaves using fourier transform infrared spectroscopy technique. Int. J. Chem Tech Res, 8(6), 514-522.

Akter, N., Islam, M., Karim, M., & Hossain, T. (2014). Alleviation of drought stress in maize by exogenous application of gibberellic acid and cytokinin. J Crop Sci Biotechnol 17: 41–48. In.

Aldesuquy, H. S., Baka, Z. A., & Mickky, B. M. (2013). Does exogenous application of kinetin and spermine mitigate the effect of seawater on yield attributes and biochemical aspects of grains? Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 9(2), 21-34.

Allinne, C., Maury, P., Sarrafi, A., & Grieu, P. (2009). Genetic control of physiological traits associated to low temperature growth in sunflower under early sowing conditions. Plant Science, 177(4), 349-359.

Bange, M. P., Hammer, G. L., & Rickert, K. G. (1998). Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. Agronomy Journal, 90(3), 324-328.

Barekati, F., Majidi, H. E., ShiranI, R. A., & Noormohamadi, G. (2020). Physiological responses of rapeseed genotypes to delayed planting and foliar application of humic acid.

Brault, M., & Maldiney, R. (1999). Mechanisms of cytokinin action. Plant Physiology and Biochemistry, 37(5), 403-412.

Çağar, A. (2000). Amik Ovasında Ayçiçeğinde (*H. annuus L.*) Farklı Ekim Zamanlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri ve En Uygun Ekim Zamanının Tespiti (Yüksek Lisans Tezi). 58s.

Chauhan, H., Khurana, N., Tyagi, A. K., Khurana, J. P., & Khurana, P. (2011). Identification and characterization of high temperature stress responsive genes in bread wheat (*Triticum aestivum L.*) and their regulation at various stages of development. Plant molecular biology, 75, 35-51.

Chimenti, C., & Hall, A. (2001). Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. Field Crops Research, 72(3), 177-184.

de la Vega, A. (2012). Effect of the complexity of sunflower growing regions on the genetic progress achieved by breeding programs. Helia, 35(57), 113-122.

Gholipour, H., Siadat, S. A., & Mojadam, M. (2011). The Effect of Different Sowing Dates on Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus L.*) in Shahinshahr, Isfahan. crop physiology journal, 3(9), 3-13.

Hussein, Y., Amin, G., Azab, A., & Gahin, H. (2015). Induction of drought stress resistance in sesame (*Sesamum indicum L.*) plant by salicylic acid and kinetin. Journal of Plant Sciences, 10(4), 128.

Kalyar, T., Rauf, S., Teixeira Da Silva, J. A., & Shahzad, M. (2014). Handling sunflower (*Helianthus annuus L.*) populations under heat stress. Archives of Agronomy and Soil Science, 60(5), 655-672.

Kang, N. Y., Cho, C., Kim, N. Y., & Kim, J. (2012). Cytokinin receptor-dependent and receptor-independent pathways in the dehydration response of Arabidopsis thaliana. Journal of plant physiology, 169(14), 1382-1391.

Karimzadeh Soureshjani, H., Emam, Y., & Moori, S. (2012). Effect of post-anthesis drought stress on yield, yield components and canopy temperature of bread wheat cultivars. Journal of Plant Process and Function, 1(1), 38-56.

Kaya, C., Tuna, A. L., & Okant, A. M. (2010). Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34(6), 529-538.

Killi, F., & Altunbay, S. G. (2005). Seed yield, oil content and yield components of confection and oilseed sunflower (*Helianthus annuus L.*) cultivars planted in different dates. Int. J. Agri. Biol, 7(1), 21-24.

Latif, S., & Anwar, F. (2008). Quality assessment of Moringa concanensis seed oil extracted through solvent and aqueous-enzymatic techniques. Grasas y aceites, 59(1), 69-75.

Machekposhti, M. F., Shahnazari, A., Ahmadi, M. Z., Aghajani, G., & Ritzema, H. (2017). Effect of irrigation with sea water on soil salinity and yield of oleic sunflower. Agricultural Water Management, 188, 69-78.

Matev, A., Petrova, R., & Kirchev, H. (2012). Evapotranspiration of sunflower crops depending on irrigation. Agricultural Science & Technology (1313-8820), 4(4).

Mohammadi, K., Agha-Alikhani, M., & Sanavy, S. (2009). Effects of plant density and sowing date on economic yield and sugar content of sweet corn. Iranian Journal of Field Crop Science, 40(1).

Mohammadi, M., Tavakoli, A., & Saba, J. (2014). Effects of foliar application of 6-benzylaminopurine on yield and oil content in two spring safflower (*Carthamus tinctorius L.*) cultivars. Plant growth regulation, 73, 219-226.

Nagar, S., Ramakrishnan, S., Singh, V., Singh, G., Dhakar, R., Umesh, D., & Arora, A. (2015). Cytokinin enhanced biomass and yield in wheat by improving N-metabolism under water limited environment. Indian Journal of Plant Physiology, 20, 31-38.

Rondanini, D., Mantese, A., Savin, R., & Hall, A. J. (2006). Responses of sunflower yield and grain quality to alternating day/night high temperature regimes during grain filling: effects of timing, duration and intensity of exposure to stress. Field Crops Research, 96(1), 48-62.

Sahu, J., & Thakur, N. (2016). Response of date of sowing on yield and yield attributes of safflower cultivars. The Bioscan, 11(1), 503-507.

Salehi, F., Rahnama Ghahfarokhi, A., Meskarbashee, M., & Mehdikhanlou, K. (2019). Effect of terminal heat stress on some agronomic, physiological and oil yield traits of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius L.*) under Ahvaz conditions.

Schneiter, A., & Miller, J. (1981). Description of sunflower growth stages 1. Crop Science, 21(6), 901-903.

Sharma-Natu, P., Sumesh, K., & Ghildiyal, M. (2010). Heat shock protein in developing grains in relation to thermotolerance for grain growth in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(1), 76-80.

Skalák, J., Černý, M., Jedelský, P., Dobrá, J., Ge, E., Novák, J., Hronková, M., Dobrev, P., Vanková, R., & Brzobohatý, B. (2016). Stimulation of ipt overexpression as a tool to elucidate the role of cytokinins in high temperature responses of Arabidopsis thaliana. Journal of Experimental Botany, 67(9), 2861-2873.

Skirycz, A., & Inzé, D. (2010). More from less: plant growth under limited water. Current Opinion in Biotechnology, 21(2), 197-203.

Telahigue, D. C., Yahia, L. B., Aljane, F., Belhouchett, K., & Toumi, L. (2017). Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) under drought stress. Journal of Scientific Agriculture, 1, 222-232.

Ullah, F., & Bano, A. (2011). Effect of plant growth regulators on oil yield and biodiesel production of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). Brazilian Journal of Plant Physiology, 23, 27-31.

Veselov, D., Kudoyarova, G., Kudryakova, N., & Kusnetsov, V. (2017). Role of cytokinins in stress resistance of plants. Russian Journal of Plant Physiology, 64, 15-27.

Yadollahi, P., Asgharipour, M. R., Marvaneh, H., Kheiri, N., & Amiri, A. (2017). The effects of drought stress on grain and oil yield of two cultivars of sunflower. Crop Science Research in Arid Regions, 1(1), 65-76.

Yang, D., Li, Y., Shi, Y., Cui, Z., Luo, Y., Zheng, M., Chen, J., Li, Y., Yin, Y., & Wang, Z. (2016). Exogenous cytokinins increase grain yield of winter wheat cultivars by improving stay-green characteristics under heat stress. PLoS One, 11(5), e0155437.

Zaheer, M. S., Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Erinle, K. O., Iqbal, R., & Ahmad, S. (2019). Effect of rhizobacteria and cytokinins application on wheat growth and yield under normal vs drought conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50(20), 2521-2533.