نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۱(۶۵)، بهار ۱۴۰۲، صفحه ۱۰۰-۸۳

مقاله پژوهشی DOI:10.30495/JCEP.2023.1913609.1728

تأثیر کاربرد برگی هورمون‌های جیبرلین و کینیتین بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکردی هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.)

عقیل عالی‌پور[۱]، طیب ساکی‌نژاد[۱*]، شهرام لک[۱]، علیرضا شکوه فر[۱] و مجتبی علوی فاضل[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۱

چکیده

در مدیریت به‌زراعی ذرت، علاوه بر تأمین بذر هیبرید مناسب، عوامل دیگری از جمله هورمون‌های گیاهی نیز اهمیت دارند از این رو این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر نوع بذر هیبرید و کاربرد برگی هورمون‌های جیبرلین و کینتین بر شاخص‌های رشدی، بیوشیمیایی و عملکردی ذرت در شهرستان اهواز در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت اسپلیت‌پلات طی دو سال زراعی با چهار تکرار انجام شد. هیبریدهای ذرت دانه‌ای شامل سینگل‌کراس ۷۰۴ (دیررس)، ۶۱۶ (متوسطرس) و AS71 (متوسط رس) به عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی کینتین/جیبرلین در سه سطح صفر، ۱۵۰/۲۰۰ و ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام به عنوان فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که اثر ساده نوع هیبرید و محلول‌پاشی کینتین/جیبرلین بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل‌های a، b و کل و درصد پروتئین دانه از نظر آماری مؤثر بود. همچنین، اثر متقابل محلول‌پاشی کینتین/جیبرلین در هیبرید بر روی ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام‌هوایی، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل‌های a، b و کل ودرصد پروتئین دانه و اثر متقابل هیبرید در محلول‌پاشی کینتین/جیبرلین در سال بر شاخص سطح برگ هیبریدهای مختلف ذرت تأثیر معنی‌دار آماری داشت. نتایج نشان داد بیشترین مقادیر صفات مورد بررسی در هر دو سال زراعی در سینگل کراس ۷۰۴ ذرت و پس از محلول‌پاشی جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد. نسبت جیبرلین/کینتین ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام در همه هیبریدها، تأثیر بهتری بر صفات مختلف مورفولوژیکی و بیوشیمیایی داشت. بیشترین عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت که صفات بسیار مهمی هستند، مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ همراه با محلول‌پاشی هورمون‌ها به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام بود. با توجه به‌نتایج به‌دست آمده، استفاده از هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ ذرت و محلول‌پاشی آن با جیبرلین و کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام می‌تواند مورد توجه باشد.

واژگان کلیدی: جیبرلین، عملکرد، کلروفیل، کینتین، هیبریدهای ذرت.

۱- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

نگارنده‌ی مسئول t.saki1350@yahoo.com

مقدمه

یکی از اساسی‌ترین جنبه‌های مدیریت به زراعی در کشت ذرت مانند هر محصول زراعی دیگر، تعیین هیبرید مناسب می‌باشد (Estakhr and Dehghanpour, 2010). اصلاح ارقام و روش‌های به‌زراعی درحال گسترش است اما این گیاه هنوز دارای ظرفیت لازم برای پاسخ‌گویی به عملیات به‌زراعی و به‌نژادی در جهت افزایش عملکرد است. بنابراین، معرفی هیبرید ذرت با سازگاری وسیع از طریق تغییر واکنش فنوتیپی متناسب با تغییرات محیطی مشکل خواهد بود (Mohammadi *et al*., 2013). در واقع، هیبرید یکی از عوامل زراعی است که از طریق پتانسیل ژنتیکی، عملکرد را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد (Dayal *et al*., 2016). از سویی دیگر، عوامل درونی زیادی در رشد گیاهان مؤثر هستند که از مهم‌ترین عوامل درونی می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد (Ahmadi *et al*., 2004).

هورمون‌ها عهده‌دار تنظیم و هماهنگی فرآیندهایی هستند که در نقاط مختلف اندام‌های گیاهی صورت می‌گیرند. این مواد از ترکیبات آلی هستند که در بافت‌های ویژه‌ای ساخته می‌شوند و مستقیماً از سلولی به سلول دیگر و یا از طریق آوندها در سراسر گیاه انتقال می‌یابند و در محل هدف تأثیر می‌گذارند (Zare, 2006). به‌طورکلی، رشد و نمو طبیعی یک گیاه، بیشتر توسط آثار ناشی از برهمکنش هورمون‌های تحریک کننده و بازدارنده تنظیم می‌شود. کینتین‌ها و جیبرلین‌ها گروه مهمی از هورمون‌های گیاهی هستند که سطوح پایدار و تنظیم شده و متعادل آنها برای تقسیم سلولی و رشد اندام‌های گیاهی ضروری است. آنها از مهم‌ترین هورمون‌های گیاهی در تنظیم فرآیندهای رشد و توسعه گیاه شامل تقسیم سلولی، تمایز، افزایش توسعه برگ و تحریک مواد غذایی و بزرگ شدن سلول‌ها در گیاهان می‌باشند (Sakakibara *et al*., 2006). در این میان، برخی از محققان طی بررسی‌های خود اظهار داشتند جیبرلین و کینتین نقش مهمی در کنترل فرآیندهای مختلف در طول چرخه حیات گیاهان ایفا می‌کنند (Khan *et al*., 2007). کیو و همکاران (Cui *et al*., 2020) با مطالعه اثر هورمون جیبرلین بر صفات مورد مطالعه ذرت گزارش نمودند که جیبرلین با افزایش هورمون اکسین سبب افزایش سرعت پرشدن دانه ذرت گردید. هورمون جیبرلین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و کاهش مالون‌دی‌آلدهید در برگ‌ها شد. هورمون جیبرلین با افزایش سرعت پرشدن دانه‌ها و تأخیر در پیری برگ‌ها باعث افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت می‌گردد. اسلام و همکاران (Islam *et al*., 2021) با بررسی اثر هورمون جیبرلیک اسید (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ پی‌پی‌ام) بر صفات عملکرد و کیفی ماش بیان کردند که هورمون جیبرلیک‌اسید صفات کلروفیل a و b، کاروتنوئیدها، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، وزن صد دانه، درصد نیتروژن دانه، درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد و بیشترین این صفات از کاربرد ۳۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلیک‌اسید به‌دست آمد. سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2018) با بررسی اثر جیبرلیک‌اسید (۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ گرم در هکتار) بر رشد عملکرد ذرت گزارش کردند که اثر هورمون جیبرلین بر صفات ارتفاع بوته، تعداد بلال، تعداد دانه در بلال، طول بلال، وزن هزار دانه، وزن بلال و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته (۲۰۵ سانتی‌متر)، قطر بلال (۱۷/۸ سانتی‌متر)، ارتفاع بلال و عملکرد دانه

(۴۲۷۷ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد ۶۰ گرم در هکتار حاصل شد. عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2015) مشاهده کردند کاربرد سیتوکینین در ذرت سبب افزایش معنی‌دار بسیاری از صفات رشدی در گیاه کروتون (کرچک مکزیکی) گردید. پاسوس و همکاران (Passos *et al.*, 2011) در پژوهشی بر روی گیاه سویا دریافتند کینتین تأثیر مثبتی در افزایش تعداد کل غلاف‌های تولیدی در گیاه گردید و عملکرد گیاه در پاسخ به این هورمون به میزان چشم‌گیری افزایش پیدا کرد. در گندم نان نیز استفاده برگی از جیبرلیک اسید با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در تاریخ‌های مختلف کاشت سبب افزایش معنی‌دار در وزن هزار دانه، تعداد خوشه، تعداد دانه، وزن دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه شد (Jaddoa *et al.*, 2017).

هدف از پژوهش حاضر، مطالعه تأثیر کاربرد برگی هورمون‌های جیبرلین و کینیتین بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکردی ذرت در شرایط آب و هوایی شهرستان اهواز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه شهید سالمی واقع در شمال شهر اهواز طی دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به اجرا درآمد. این مزرعه در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۶۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا واقع شده است. این ناحیه طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک با دمای میانگین سالانه بالای ۱۸ درجه سلسیوس می‌باشد (Peel *et al.*, 2007). این آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. سه هیبرید ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس)، ۶۱۶ (متوسطرس) و AS۷۱ (متوسطرس) به‌عنوان فاکتور اصلی و مقادیر محلول‌پاشی کینتین/جیبرلین در سه سطح صفر، نسبت ۲۰۰/۱۵۰ و نسبت ۴۰۰/۳۰۰ پی‌پی‌ام به‌عنوان فاکتور فرعی بودند که برای اعمال این عامل ۳ بار اسپری به فاصله هر ۱۲ روز با سم‌پاش دستی از مرحله ۷ تا ۸ برگی ذرت (همراه سورفکتانت توین ۲۰ شرکت مرک آلمان) انجام شد. شاهد به‌صورت محلول‌پاشی با آب خالص بود. قبل از کودپاشی نمونه‌برداری از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری صورت گرفت (جدول ۱). عناصر غذایی مورد نیاز براساس آزمون خاک اضافه شد (جدول ۱). هر یک از کرت‌های آزمایشی دارای ۶ خط کاشت و طول برابر ۶ متر بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۵ مرداد ماه به‌صورت خشکه‌کاری و دستی انجام شد. بذر ضدعفونی شده با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۷ سانتی‌متر کشت گردید (با تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار). آبیاری‌ها براساس نیاز آبی از طریق محاسبه با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل صفات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و روند رشد و عملکرد گیاه بود. در انتهای دوره آزمایش، تعداد ۱۰ عدد بوته به‌صورت تصادفی و با رعایت حاشیه انتخاب شده و طول ساقه از سطح زمین تا انتهای بوته توسط متر به عنوان ارتفاع نهایی بوته اندازه‌گیری‌گردید. حد فاصل گره اول و دوم در بوته‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری قطر ساقه به‌وسیله کولیس مورد استفاده قرار گرفت.

نسبت سطح برگ (LAR) براساس گرم بر مترمربع ($g.m^{-2}$) و از طریق تقسیم سرعت رشد نسبی به سرعت جذب خالص به‌دست آمد

(Rahnama, 2006). برای تعیین وزن هزار دانه ۱۰ نمونه ۱۰۰تایی از بذرهای هرکرت به‌طور تصادفی انتخاب و وزن آنها زمانی که ۱۴ درصد رطوبت داشتند، محاسبه شد. صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال نیز در نمونه‌های انتخابی اندازه‌گیری شدند (Rafiei, 2014). در مرحله شیری، از ردیف دوم، به‌صورت تصادفی در هر کرت تعداد ۱۰ بوته از سطح زمین قطع و سپس به قسمت‌های برگ، ساقه و بلال تقسیم گردید و وزن‌تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و وزن خشک با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Rafiei, 2014). به‌منظور محاسبه عملکرد نهایی، ردیف‌های وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه در زمان برداشت نهایی (مرحله شیری) برداشت و ابتدا تعداد بوته و تعداد بلال شمارش و سپس عملکرد بلال محاسبه و عملکرد دانه براساس ۱۴ درصد رطوبت (با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج) تعیین شد. با تقسیم کردن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت برحسب درصد به‌دست آمد (معادله ۱) (Rafiei, 2014):

معادله ۱: شاخص برداشت= $\frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \times ۱۰۰$

میزان کلروفیل کل برگ گیاه ذرت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل CL-01 اندازه‌گیری شد. کلروفیل a و b، یک هفته قبل از رسیدگی کامل در آزمایشگاه بر اساس روش اشرف و همکاران (Ashraf *et al*., 2006) با استفاده از معادله‌های ۲ و ۳ محاسبه و بر حسب میلی‌گرم در هر گرم وزن‌تر تعیین گردید:

معادله ۲:

کلروفیل a= ۰/۵ ×[(جذب۶۴۵)×۲/۶۹–(جذب۶۶۳)×۱۲/۷]

معادله ۳:

کلروفیل b= ۰/۵ ×[(جذب۶۶۳)×۴/۶۹–(جذب۶۴۵) ×۲۲/۹]

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار پروتئین، ابتدا، مقدار نیتروژن با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری و در نهایت با استفاده از معادله ۴ مقدار پروتئین در گیاه ذرت محاسبه گردید (Cox and Cherney, 2001).

معادله ۴: درصد پروتئین = درصد نیتروژن× ۶/۲۵

کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. آزمون‌های F بر اساس امید ریاضی واریانس‌ها انجام شد. میانگین صفات معنی‌دار شده بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به‌نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان ارتفاع بوته در هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ پس از کاربرد هورمون‌های جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام (۱۸۹/۱۶ سانتی‌متر) حاصل شد که نسبت به هیبرید 71AS و عدم کاربرد هورمون (شاهد) حدود ۱۷/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با محلول‌پاشی جیبرلین/کینتین به نسبت ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام (۱۸۱/۸۵ سانتی‌متر) در جایگاه بعدی قرار داشتند و تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها

نشان داد (جدول ۳). در هیبریدهای ذرت (ذرت شیرین و ذرت روغنی و ذرت دانه‌ای) نیز محلول‌پاشی جیبرلین موجب تولید گیاهان با ارتفاع بوته بالاتر گردید (Al-Khafaji and Al-Asadi, 2018).

ارتفاع بوته در اغلب منابع به‌عنوان یکی از معیارهای توانایی رقابت ارقام و گونه‌های مختلف زراعی مطرح است (Machanda and Garg, 2008). به‌طورکلی، شناخته‌شده‌ترین اثر هورمون جیبرلین در گیاهان تحریک رشد میانگره‌ها است بنابراین در این مطالعه نیز با افزایش رشد میانگره‌های ذرت در پاسخ به کاربرد جیبرلین، ارتفاع گیاه افزایش یافته است (Itoh *et al.*, 1999). با توجه به تأثیر هورمون کینتین در افزایش تقسیم و بزرگ‌شدن سلول می‌توان اظهار داشت که احتمالاً محلول‌پاشی کینتین موجب افزایش فرآیندهای مذکور در سلول‌های میانگره و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه شده است (Nordstrom *et al.*, 2004).

قطر ساقه: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار برهمکنش هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین در سطح احتمال ۱ درصد بر قطر ساقه می‌باشد (جدول ۲). در این پژوهش کمترین قطر ساقه مربوط به تیمارهای هیبرید ۶۱۶ و هیبرید AS۷۱ بدون اعمال هورمون‌های مذکور بود که به‌ترتیب نسبت به تیمار سینگل کراس ۷۰۴ ذرت و کاربرد جیبرلین/کینتین با نسبت ۱۵۰/۲۰۰ حدود ۵ و ۵/۵ درصد کاهش نشان دادند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد سینگل کراس ۷۰۴ ذرت بدون اعمال تیمار محلول‌پاشی جیبرلین/کینتین و همچنین هر سه هیبرید ذرت مورد بررسی تحت کاربرد جیبرلین/کینتین با نسبت ۱۵۰/۲۰۰ و ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام بدون تفاوت معنی‌دار آماری با یکدیگر دارای بیشترین قطر ساقه بودند (جدول ۳). اسماعیلی و همکاران (Esmaeili *et al.*, 2013) به افزایش قطر ساقه گیاهان محلول‌پاشی شده با جیبرلین در گل آهار اشاره داشتند. دوانی و همکاران (Davani *et al.*, 2016) در گیاه ذرت دانه‌ای گزارش کردند با افزایش غلظت هورمون سیتوکینین تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر قطر ساقه گیاهان نیز افزایش یافت. کاربرد کینتین به دلیل نقش‌آفرینی در افزایش فرآیند تقسیم سلولی احتمالاً سبب افزایش قطر ساقه ذرت گردیده و کاربرد جیبرلین نیز با بزرگ شدن سلول‌ها می‌تواند علت افزایش قطر ساقه گیاهان باشد (Nordstrom *et al.*, 2004).

شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد شاخص سطح برگ گیاه تحت تأثیر برهمکنش سال، هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین به نسبت ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). در این تحقیق سینگل‌کراس ۷۰۴ با کاربرد جیبرلین/کینتین به نسبت ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام در سال زراعی دوم (۴/۵۲۶) بیشترین مقدار شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد که نسبت به هیبرید ۶۱۶ و عدم کاربرد هورمون در سال زراعی اول حدود ۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

ال- شاهین و همکاران (Al-Shaheen *et al.*, 2014) نیز بیان داشتند کاربرد برگی جیبرلیک اسید در غلظت ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام در ذرت موجب افزایش شاخص سطح برگ شد. علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2010) گزارش کردند تغذیه برگی گندم با هورمون بنزیل‌آمینوپورین سبب افزایش دوام شاخص سطح

برگ در گیاه گردید. ساروار و همکاران (Sarwar *et al.*, 2017) نیز در ذرت مشاهده کردند محلول‌پاشی گیاهان با جیبرلین در شرایط آبیاری کامل گیاهان سبب بیشترین افزایش شاخص سطح برگ تا ۷۴ روز پس از ظهور برگ‌ها گردید. هورمون جیبرلین از طریق تحریک رشد و نمو در گیاهان می‌تواند سبب افزایش شاخص سطح برگ گردد (Ghorbani Javid *et al.*, 2011). جیبرلین با افزایش کشش دیواره سلولی یعنی انبساط دیواره از طریق هیدرولیز نشاسته به قند که کاهش پتانسیل آب سلول را به دنبال دارد سبب ورود آب به درون سلول و طویل شدن سلول می‌شود (Fathi *et al.*, 2014) و همچنین با تحریک سلول‌های موجود در فاز G1 برای ورود به فاز S و کوتاه نمودن این فاز سبب تسریع تقسیم سلولی می‌شوند که این رویدادها می‌تواند یکی از عوامل دخیل در افزایش شاخص سطح برگ در پاسخ به این هورمون باشد. هورمون کینتین نیز از طریق افزایش تقسیم سلولی در سلول‌های برگ می‌تواند موجب افزایش شاخص سطح برگ شده باشد.

کلروفیل a: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین بر میزان این رنگیزه در سطح احتمال ۵ درصد است (جدول ۲). با توجه به‌نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها، سینگل‌کراس ۷۰۴ با ۱/۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کلروفیل a تحت محلول‌پاشی هورمون‌ها به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام دارای بیشترین میزان این رنگیزه بود که نسبت به هیبرید ۶۱۶ محلول‌پاشی شده با هورمون‌ها به نسبت ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام حدود ۲۶/۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در همه هیبریدها، کاربرد برگی جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام تأثیر مثبت بیشتری بر افزایش این رنگیزه داشت. نیاکان و حبیبی (Niakan and Habibi, 2016) در *Cucurbita maxima* L. با محلول‌پاشی کینتین در غلظت‌های ۲ و ۴ میلی‌گرم در لیتر مشاهده نمودند میزان کلروفیل a در شرایط آبی نرمال و تنش آبی ملایم و شدید افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد. ماهرخ و همکاران (Mahrokh *et al.*, 2016) با مطالعه تأثیر سیتوکینین بر روی ذرت گزارش کردند بیشترین سطح کلروفیل a با کاربرد این هورمون در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام سیتوکنین به‌دست آمد. در گیاه گشنیز محلول‌پاشی گیاهان با جیبرلین با غلظت ۱۰۰ میکروگرم در لیتر موجب افزایش مقدار این رنگیزه در گیاه شد (Arvin and Firozeh, 2017). محمدی و همکاران (Mohammadi and Khademi, 2017) نیز بیان نمودند در گیاه فلفل دلمه‌ای کاربرد جیبرلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در دو مرحله اوایل و اواخر فصل برداشت سبب افزایش میزان کلروفیل a گردید. تأثیر جیبرلین و کینتین بر میزان کلروفیل a، می‌تواند به دلیل تأثیر آنها بر افزایش سطح فتوسنتز کننده، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، میزان تولید ماده خشک و در نتیجه تأمین و افزایش پیش‌ماده لازم برای سنتز این مولکول و تحریک هر چه بیشتر مسیر بیوسنتزی این رنگدانه فتوسنتزی باشد (Arvin and Firozeh, 2017).

کلروفیل b: با توجه به جدول ۲، اثر متقابل هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان کلروفیل b از هیبرید ۶۱۶ ذرت همراه با محلول‌پاشی جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام (۰/۴۰ میلی‌گرم بر گرم

وزن‌تر) حاصل شد که نسبت به سینگل‌کراس ۷۰۴ بدون محلول‌پاشی با جیبرلین و کینتین حدود ۲۷/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در کینوا نیز استفاده برگی بنزیل‌آمینوپورین در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار، میزان کلروفیل b را افزایش داد (Salem Meraji *et al*., 2020). آروین و فیروزه (Arvin and Firozeh, 2017) نیز در گیاه گشنیز به تأثیر مثبت کاربرد برگی جیبرلین در غلظت ۱۰۰ میکروگرم در لیتر بر میزان کلروفیل b اشاره داشتند. افزایش سنتز کلروفیل b در هیبریدهای مورد بررسی پس از کاربرد هورمون‌های مذکور می‌تواند به‌دلیل تأثیر آنها بر افزایش شاخص‌های مرتبط با فتوسنتز نظیر سطح برگ و همچنین تولید پیش‌ماده‌های لازم جهت تولید کلروفیل b در گیاه باشد.

کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل کل تحت تاثیر برهمکنش هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). در بین تیمارهای مورد بررسی، هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ تحت محلول‌پاشی جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام (۱/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) و هیبرید AS۷۱ محلول‌پاشی شده با هورمون‌های جیبرلین و کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام (۱/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) بیشترین میزان کلروفیل کل را به خود اختصاص دادند که به ترتیب نسبت به هیبرید ۶۱۶ بدون محلول‌پاشی حدود ۱۷ و ۱۵ درصد افزایش داشتند (جدول ۴). در مطالعه‌ای بر روی گیاه ذرت، میزان کلروفیل کل گیاه پس از اعمال برگی جیبرلین در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام افزایش یافت (Al-Shaheen *et al*., 2014). ال- غایت و همکاران (El-Ghait *et al*., 2018) نیز در گل داودی به این نتیجه رسیدند که کاربرد برگی جیبرلین در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و محلول‌پاشی برگی کینتین در غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر سبب بیشترین افزایش در میزان کلروفیل گیاه شدند. از آنجا که میزان کلروفیل کل در گیاه برآیندی از مقادیر کلروفیل‌های a و b در گیاه است، با افزایش تولید کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل نیز به دنبال استفاده از جیبرلین و کینتین افزایش می‌یابد.

وزن خشک اندام هوایی: طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین بر وزن خشک اندام هوایی گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین تیمارهای مورد بررسی، سینگل‌کراس ۷۰۴ تیمار شده با هورمون‌های جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام دارای بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۴۰۰/۲۵ گرم) بود که نسبت به هیبرید AS۷۱ ذرت بدون محلول‌پاشی جیبرلین و کینتین حدود ۳۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). اسلام و مهراج (Islam and Mehraj, 2014) در گندم گزارش نمودند محلول‌پاشی جیبرلین در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام به طور مؤثری سبب افزایش وزن خشک گیاه شد. ساروار و همکاران (Sarwar *et al*., 2017) با کاربرد جیبرلین به‌صورت محلول‌پاشی در ذرت بیان نمودند بیشترین وزن خشک گیاه مربوط به تیمار محلول‌پاشی این هورمون در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود. از آنجا که جیبرلین و کینتین موجب افزایش شاخص‌های رشدی در گیاهان می‌شوند از طریق تأثیرگذاری بر رشد میانگره‌ها و افزایش ارتفاع گیاه و همچنین افزایش تولید و سطح برگ، سبب افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر در گیاه و انباشت آن

در اندام‌های مختلف می‌گردد (Bottini *et al.*, 2004; Werner *et al.*, 2001).

وزن هزار دانه: با توجه به جدول ۲، وزن هزار دانه ذرت تحت تأثیر برهمکنش هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. سینگل کراس ۷۰۴ بدون و با کاربرد هورمون‌های جیبرلین و کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰، بیشترین وزن هزار دانه (به‌ترتیب ۳۰۶/۲۸ و ۳۰۵/۱۳ گرم) را دارا بود که به ترتیب نسبت به هیبرید AS۷۱ بدون محلول‌پاشی برگی هورمون‌ها حدود ۲۱ و ۲۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). سافی و ال-فید (Safi and AlFaid, 2018) در مطالعه‌ای بر روی گندم به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی با جیبرلین در مرحله آبستنی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر افزایش وزن هزاردانه داشت. قاطعی و همکاران (Ghateei *et al.*, 2015) نیز بیان داشتند در گندم در شرایط تنش گرما، کاربرد ۶- بنزیل آمینوپورین در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه گردید. دوانی و همکاران (Davani *et al.*, 2016) در مطالعه‌ای بر روی ذرت دانه‌ای افزایش میزان وزن هزاردانه را در پاسخ به کاربرد بنزیل آدنین به میزان ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمودند. سیتوکینین‌ها با افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم باعث افزایش وزن دانه می‌شوند و از سوی دیگر با افزایش شاخص سطح برگ و تولید بیشتر ماده خشک سبب انباشت بیشتر آن در دانه می‌شوند (Yang *et al.*, 2002)، جیبرلین نیز احتمالاً به دلیل افزایش فرآیند بزرگ شدن سلول‌های آندوسپرمی و همچنین بهبود سطح برگ و تولید و ذخیره ماده خشک در دانه، سبب افزایش میزان وزن هزار دانه در گیاه شده است.

عملکرد بیولوژیکی: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان‌دهنده برتری معنی‌دار سینگل کراس ۷۰۴ بدون و با کاربرد برگی هورمون‌های جیبرلین و کینتین نسبت به سایر تیمارها می‌باشد که به ترتیب نسبت به هیبرید AS۷۱ و عدم کاربرد هورمون‌ها حدود ۱۵، ۱۷ و ۱۶ درصد افزایش نشان دادند (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج جادوآ و همکاران (Jaddoa *et al.*, 2017) در گندم نان همخوانی دارد. در گیاهان، افزایش عملکرد بیولوژیکی تابعی از فرآیندهای رشدی و حجم پیکره رویشی و زایشی گیاه است به عبارت دیگر افزایش حجم پیکره رویشی و سطح برگ‌ها و افزایش فتوسنتز و تولید و تجمع ماده خشک در گیاه سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی در گیاه می‌گردد. بنابراین، تأثیر جیبرلین و کینتین بر افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلول در اندام‌های مختلف و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و تجمع ماده خشک را می‌توان علل افزایش عملکرد بیولوژیکی در هیبریدهای مورد بررسی ذرت دانست.

عملکرد دانه: با توجه به‌نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین بر میزان عملکرد دانه ذرت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین هیبریدهای مورد بررسی پس از کاربرد برگی هورمون‌های جیبرلین و کینتین تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه وجود داشت به‌گونه‌ای که سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط عدم کاربرد و کاربرد برگی

هورمون‌ها بر سایر هیبریدها برتری معنی‌داری داشت و در این هیبرید بیشترین عملکرد دانه (۱۰۹۸۳/۴۰ کیلوگرم در هکتار) با محلول‌پاشی برگی جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد که نسبت به هیبرید AS۷۱ بدون کاربرد هورمون‌های مذکور حدود ۳۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). جادوآ و همکاران (Jaddoa *et al*., 2017) نیز در گندم به تأثیر مثبت کاربرد برگی جیبرلین بر عملکرد دانه اشاره نموده‌اند. در کتان نیز به تأثیر مثبت محلول‌پاشی برگی گیاهان با جیبرلین بر میزان عملکرد دانه اشاره شده است (Pouryousef Miandoab and Ismailzadeh, 2016). در ذرت دانه‌ای نیز کاربرد برگی سیتوکینین در غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شده است (Davani *et al*., 2016). کاربرد برگی جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها سبب افزایش جذب مواد ریزمغذی در گیاه شده و به دلیل افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلولی سبب افزایش سطح مؤثر برگ، تحریک فتوسنتز، افزایش فعالیت آنزیم‌ها و تغییر در توزیع مواد فتوسنتزی می‌شود (Fathi *et al*., 2014)، در این تحقیق نیز جیبرلین و کینتین به دلایل مذکور احتمالاً سبب افزایش میزان عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف ذرت شده است.

شاخص برداشت: با توجه به‌نتایج، شاخص برداشت ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل هیبرید و نسبت جیبرلین/کینتین در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت در هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با کاربرد جیبرلین/کینتین به نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام (۵۶/۴۹ درصد) حاصل شد که نسبت به هیبرید AS۷۱ بدون استفاده از هورمون‌های مورد بررسی (۴۷/۴۰ درصد) حدود ۱۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در ذرت دانه‌ای نیز افزایش میزان شاخص برداشت گیاه پس از اعمال برگی سیتوکینین در غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Davani *et al*., 2016). سعدی و ساکی‌نژاد (Sadi and Sakinezhad, 2016) بیان داشتند با کاربرد هورمون جیبرلین در غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام افزایش در میزان شاخص برداشت لوبیا چشم‌بلبلی حاصل شد. به‌طورکلی، عواملی که به طرق مختلف انتقال آسیمیلاسیون به مقصد را کنترل می‌کنند روی توزیع مواد فتوسنتزی نیز تأثیر داشته و هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها از طریق اثر بر تعداد و اندازه سلول‌های مقصد و فعالیت برخی آنزیم‌ها بر افزایش شاخص برداشت گیاه موثر می‌باشند (Kochaki and Sarmadnia, 2012).

درصد پروتئین: با توجه به‌نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، درصد پروتئین گیاه تحت تأثیر اثر متقابل نوع هیبرید ذرت و نسبت جیبرلین/کینتین در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین از محلول‌پاشی جیبرلین/کینتین به نسبت ۳۰۰/۴۰۰ پی‌پی‌ام در هیبرید ۶۱۶ حاصل شد که نسبت به هیبرید AS۷۱ و عدم کاربرد هورمون‌ها (شاهد) حدود ۱۹ درصد افزایش یافت (جدول ۳).

در گیاه نخود ایرانی نیز کاربرد برگی جیبرلین در غلظت ۸۰ میلی‌مولار در ارقام جم و کاکا موجب بهبود میزان پروتئین دانه در شرایط عدم تنش و وجود تنش شوری گردید و دلیل آن را تأثیر این هورمون بر سنتز پروتئین دانستند (Soltani *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر نشان داد در مدیریت به‌زراعی ذرت، تعیین هیبرید مناسب اهمیت به‌سزایی در برنامه‌ریزی و مدیریت زراعت دارد. علاوه بر توان ژنتیکی گیاه، توجه به عوامل به‌زراعی نظیر هورمون‌های گیاهی می‌تواند به تولید بیشتر و دست‌یابی به عملکرد اقتصادی بالاتر در کشت ذرت بیانجامد. با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان چنین نتیجه گرفت که سینگل کراس ۷۰۴ ذرت از توان ژنتیکی بالاتری برخوردار بوده و می‌تواند انتخاب مناسبی برای کشت و کار ذرت باشد. در بین نسبت‌های مختلف کاربرد برگی جیبرلین و کینتین، اغلب صفات بیشترین مقادیر را پس از اعمال برگی این هورمون‌ها با نسبت ۱۵۰/۲۰۰ پی‌پی‌ام نشان دادند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical characteristics soil of experimental site (0-30 cm)

بافت خاک Soil pattern	اسیدیته (pH) Acidity	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-2}$)	مواد آلی Organic materials (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium ($mg.kg^{-1}$)
لومی شنی Lumi Sandy	7.16	2.99	0.5	0.03	17.1	269

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در ذرت در دو سال آزمایش

Table 2- Composite variance analysis of studied traits in corn in two years of experiment

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares (MS)					
		ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry weight	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yeild
سال Year (Y)	1	5.15^{ns}	0.00001^{ns}	0.00001^{ns}	2.20^{ns}	36.270^{ns}	4726^{ns}
تکرار (سال) Year*Replication	6	34.25	0.00087	0.00087	755.4	57.120	30448
هیبرید Hybrid (H)	2	1590.09**	0.0033**	0.0033**	29484.3**	13532.80**	46928917**
هیبرید×سال Hybrid ×Year	2	0.58^{ns}	0.00001^{ns}	0.00001^{ns}	1.20^{ns}	5.270^{ns}	971^{ns}
هیبرید×تکرار (سال) Hybrid × Repeat	12	14.81	0.0010	0.0010	71.10	33.780	15408
جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin	2	1282.54*	0.0576*	0.0576*	26202.7**	1737.650**	2125398*
سال× جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin×Year	2	40.54**	0.0012*	0.0012*	137.60**	11.690^{ns}	31521^{ns}
هیبرید×جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin×Hybrid	4	130.95**	0.0053**	0.0053**	268.30**	69.920**	270370*
سال× هیبرید×جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin×Hybrid×Year	4	1.39^{ns}	0.00008^{ns}	0.00008^{ns}	6.20^{ns}	3.270^{ns}	17797^{ns}
خطا Error	36	29.18	0.00083	0.00083	218.3	16.230	74763
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	9.6	8.12	8.12	12.94	9.25	7.23

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, * and **: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۲-
Table 2- Continued

منابع تغییر S.O.V.	Mean squares (MS) میانگین مربعات						
	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	درصد پروتئین Percentage of protein
سال Year (Y)	1	19643^{ns}	0.371^{ns}	0.00005^{ns}	0.00003^{ns}	0.0001^{ns}	0.005^{ns}
(سال) تکرار Year*Replication	6	94385	1.626	0.0021	0.00082	0.0050	0.572
هیبرید Hybrid (H)	2	60393737**	623.257**	0.0298**	0.0214**	0.0064*	9.150**
هیبرید×سال Hybrid ×Year	2	7067$^{n.s}$	0.199^{ns}	0.00004^{ns}	0.00004$^{n.s}$	0.0001^{ns}	0.026^{ns}
هیبرید×تکرار (سال) Hybrid × Repeat	12	54305	2.344	0.0006	0.0004	0.0009	0.055
جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin	2	1355443**	23.125*	0.0956*	0.0090*	0.1542*	8.476**
سال× جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin×Year	2	9412^{ns}	0.408^{ns}	0.0009^{ns}	0.0004^{ns}	0.0022^{ns}	0.046^{ns}
هیبرید×جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin×Hybrid	4	179550**	10.298**	0.0066*	0.0017*	0.0103*	0.472*
سال× هیبرید×جیبرلین/کینیتین Gibberellin/Kinetin×Hybrid×Year	4	8942^{ns}	0.277^{ns}	0.0005^{ns}	0.0002^{ns}	0.0006^{ns}	0.071^{ns}
خطا Error	36	61590	1.908	0.0032	0.0009	0.0044	0.155
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	7.65	8.98	10.19	13.25	8.52	9.52

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.
ns, * and **: no significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی از صفات مورد مطالعه هیبریدهای مختلف ذرت
Table 3- Comparison of the average of some studied traits of different maize hybrids

هیبرید ذرت Corn hybrid	جیبرلین/ کینتین Gibberellin/ Kinetin	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	وزن هزار دانه 1000 seeds weight (g)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})
سینگل کراس ۷۰۴ Single Cross704	0	163.82c	2.28 ab	336.61c	306.28a	19015.26a	10433.90°
	150.200	189.16a	2.35 a	400.25°	305.13a	19439.09a	10983.40°
	300.400	181.85ab	2.00 ab	378.27b	303.88a	19220.26a	10618.76°
616	0	161.14c	2.23 b	273.90d	259.71c	17162.37b	8472.44b
	150.200	172.41b	2.35 a	332.64c	275.04b	17376.08b	8647.47b
	300.400	164.84c	2.28 ab	329.84c	277.23b	17166.39b	8256.66b
71AS	0	156.01d	2.22 b	266.24d	242.09c	16191.07c	7677.77c
	150.200	169.38b	2.35 a	339.86c	253.69c	16772.63c	8188.94c
	300.400	157.52d	2.33 a	330.14c	255.16c	16536.23c	7931.89c

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد می‌باشد.
Non-common letters in each column indicate a statistically significant difference at the 5% level.

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

هیبرید ذرت Corn hybrid	جیبرلین/کینتین Gibberellin/ Kinetin	شاخص برداشت Harvest index	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)	درصد پروتئین Percentage of protein
سینگل کراس ۷۰۴ Single Cross704	0	54.84°	0.94ab	0.29c	1.22c	9.50 b
	150.200	56.49°	1.09a	0.34b	1.43a	10.41 ab
	300.400	55.22°	0.93ab	0.34b	1.27b	10.00 ab
616	0	49.41b	0.85cd	0.34b	1.19d	10.30 ab
	150.200	49.73b	0.88c	0.40a	1.28b	11.59 a
	300.400	48.09b	0.80d	0.34b	1.14e	11.59 a
71AS	0	47.40b	0.93ab	0.29c	1.22c	9.39 b
	150.200	48.82b	1.05°	0.35b	1.40a	10.92 ab
	300.400	47.96b	0.87c	0.34b	1.21c	10.33 ab

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Non-common letters in each column indicate a statistically significant difference at the 5% level.

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ هیبریدهای ذرت تحت اثر جیبرلین/کینیتین در دو سال متوالی

Table 4- Mean comparison of leaf area index of maize hybrids affected by gibberellin/kinetin in two years

سال Year	هیبرید ذرت Corn Hybrid	جیبرلین/ کینیتین Gibberellin/Kinetin	شاخص سطح برگ Leaf area index
اول First	سینگل‌کراس ۷۰۴ Single Cross704	0	4.184 c
		150.200	4.230 bc
		300.400	4.18 b
	616	0	4.147 c
		150.200	4.302 b
		300.400	4.313 b
	71AS	0	4.164 c
		150.200	4.251 bc
		300.400	4.235 bc
دوم Second	سینگل‌کراس ۷۰۴ Single Cross704	0	4.190 c
		150.200	4.230 bc
		300.400	4.526 a
	616	0	4.164 c
		150.200	4.306 b
		300.400	4.285 b
	71AS	0	4.174 c
		150.200	4.249 bc
		300.400	4.223 bc

حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Non-common letters in each column indicate a statistically significant difference at the 5% level.

References منابع مورد استفاده

- Abbasi, K.A., T. Mir-Mahmood, and N. Jalilnezhad. 2015. Effects of azospirillum bacteria and cytokinin hormone on morphology, yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Biosciences*. 6(3): 378-386. (In Persian).
- Ahmadi, A., P. Ehsanpour, and F. Jabari. 2004. An introduction to plant physiology volume One, TehranUniversity. Paper 653. (In Persian).
- Alizadeh, O., B. Jafari-Haghighi, and K. Ordookhani. 2010. The effects of exogenous cytokinin application on sink size in bread wheat (*Triticumaestivum*). *African Journal of Agricultural Research.* 5(21): 2893-2898. doi: 10.5897/AJAR.9000705.
- Al-Khafaji, A.S.K., and M.H.S. Al-Asadi. 2018. Effect of detasseling and spraying of gibberellic acid in the growth and yield of some subspecies of yellow corn. *Euphrates Journal of Agriculture Science.* 10(2): 93-109.
- Al-Shaheen, M.R., A. Soh, and G.F. Al-Samarai. 2014. Growth response of Corn (*Zea mays* L.) to proline and gibberellic acid under different irrigation levels. *International Journal of Botany and Research.* 4(6): 7-15.
- Arvin, P., and R. Firozeh. 2017. Effect of density and gibberellin on some morphological, physiological and essence content in the medicinal plant of coriander (*Corianderum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research.* 34(6): 888-908. (In Persian). doi: 10.22092/ijmapr.2019. 121029. 2279
- Ashraf, M.Y., N. Azhar, and M. Hussain. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress conditions. *Plant Growth Regulation*. 50(1): 85-90. doi: 10.1007/s10725-006-9130-6.
- Bottini, R., F. Cassan, and P. Piccoli. 2004. Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 65(5): 497-503. doi: 10.1007/s00253-004-1696-1.
- Cox, W.J., and D.J.R. Cherney. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal*. 93: 597-602. doi: 10.2134/agronj2001.933597x.
- Cui, W., Q. Song, B. Zuo, Q. Han, and Zh. Jia. 2020. Effects of gibberellin (GA4+7) in grain filling, hormonal behavior, and antioxidants in high-density maize (*Zea mays* L.). *Plants*. 9: 978. doi:10.3390/plants9080978.
- Davani, D., M. Nabipour, and H. Roshanfekr Dezfuli. 2016. Effect of different concentrations of cytokinin and auxin on yield and yield components of maize (*Zeamays* L.). *Journal of Plant Production.* 40(1): 69-81. (In Persian). doi: 10.22055/ppd.2016.12433.
- Dayal, V., A.K. Dubey, S.K. Singh, R.M. Sharma, A. Dahuja, and C. Kaur. 2016. Growth, yield and physiology of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars as affected by polyembryonic rootstocks. *Scientia Horticulturae*. 199(16): 186–197. doi: 10.1016/j.scienta.2015.12.042.
- El-Ghait, A., M. Emam, O.A. Gomeaa, A.S.M. Youssef, and A.M. El- Nemr. 2018. Effect of kinetin and GA3 treatments on growth and flowering of *Dendranthemagran diflorium* cv. Art Queen plants. *Middle East Journal.* 7(3): 801-815.

- Esmaeili, S., O. Rohi, and B. Shiran. 2013. Investigation of the effects of calcium chloride, gibberellin and benzyl adenine on quantitative and qualitative properties and longevity of ahar flower (*Zinnia elegans* L.). *Journal of Horticultural Sciences*. 27(4): 444-452. (In Persian).
- Estakhar, A., and Z. Dehghanpour. 2010. Determining the appropriate planting date for new early cultivars of corn in the second crop in temperate area of Fars province. *Seed and Plant Breeding Journal.* 26(2): 169-191. (In Persian). doi: 10.22092/sppj. 2017.110402.
- Fathi, S., A. Samadi, M. Davari, and S. Asadi Kapourchal. 2014. Evaluating different extractants for determining corn available potassium in some calcareous soils of Kurdistan province. *A Quarterly Journal Cereal Research*. 4(3): 253-266. doi: 20.1001.1.22520163.1393.4.3.6.4
- Ghateei, A., A. Bakhshande, A.R. Ebdali Mashhadi, and S.A.A. Syadat. 2015. Effect of different levels of nitrogen and foliar application of cytokinin on yield and yield components of wheat under end-of-season heat stress conditions in Ahvaz. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products.* 5(16): 97-106. (In Persian). doi: 10.18869/acadpub.jcpp.5.16.97
- Ghorbani Javid, M., A. Sorooshzadeh, F. Moradi, S.A.M. Modarres Sanavy, and I. Allahdadi. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science.* 5(6): 726-734.
- Islam, MS, M.K. Hasan, B. Islam, N.A. Renu, M.A. Hakim, M.R. Islam, M.K. Chowdhury, A. Ueda, H. Saneoka, M. Ali Raza, S. Fahad, C. Barutçular, F. Cig, M. Erman, and A. El Sabagh. 2021. Responses of water and pigments status, dry matter partitioning, seed production, and traits of yield and quality to foliar application of GA3 in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Front Agronomy*. 2:596850. doi: 10.3389/fagro.2020.596850.
- Islam, S., and H. Mehraj. 2014. Growth and yield of wheat as influenced by GA_3 concentrations. *International Journal of Business Social and Scientific Research*. 2(1): 74-78.
- Itoh, H., M. Tanaka-Ueguchi, H. Kawaide, X.B. Chen, Y. Kamiya, and M. Matsuoka. 1999. The gene encoding tobacco gibberellin 3 β-hydroxylase is expressed at the site of GA action during stem elongation and flower organ development. *The Plant Journal for Cell and Molecular Biology.* 20(1): 15–24. doi: 10.1046/j.1365-313X.1999.00568.x
- Jaddoa, K.A., A.H. AL-Maeini, and R.A. AL-Zobiady. 2017. Effect of gibberellin and ethephon on growth and yield of bread wheat grown in different sowing dates. *International Journal of Applied Agricultural Sciences.* 3(5): 136-142. doi: 10.11648/j.ijaas.20170305.15
- Khan, N.A., S. Singh, R. Nazar, and P.M. Lone. 2007. The source sinks relationship in mustard. *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*. 1(1): 10-18.
- Kochaki, A., and GH.H. Sarmadnia. 2012. Plant physiology. University Jihad Publications of Shahid Ferdowsi University of Mashhad. 400 Paper. (In Persian).

- Machanda, G., and N. Garg. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Agricultural Plant Physiology*. 30(5): 595-618. doi: 10.1007/s11738-008-0173-3.
- Mahrokh, A., M. Nabipour, H.A. Roshanfekr Dezfuli, and R. Chokan. 2016. Effect of auxin and cytokinin concentrations on photosynthetic pigments and proline amino acid under drought stress in single cross maize 704. *Journal of Plant Process and Function*. 5(16): 165-178. (In Persian). doi: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.15.0
- Mohammadi, C., L. Alivand, F. Farahvash, H. Hamzeh, K. Anori, and C. Arefi. 2013. Grouping of maize hybrids based on some agronomic characteristics. *Journal of Crop Ecophysiology.* 1(25): 1-16. (In Persian).
- Mohammadi, M., and A. Khademi. 2017. Evaluation of the effect of foliar application of gibberellin and calcium at different stages of growth on some quantitative and qualitative traits of sweet pepper. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*. 48(4): 823-832. (In Persian). doi: 10.22059/ijhs.2018.211788.1048.
- Niakan, M., and M. Habibi. 2016. The effect of cytokinin on growth indices and photosynthesis of *Cucurbita maxima* L. at different drought levels. *Journal of Plant Environmental Physiology.* 11(42): 56-65. (In Persian). doi: 20.1001.1. 76712423.1395.11.42.2.7
- Nordstrom, A., P. Tarkowski, D. Tarkowska, R. Norbaek, C. Astot, K. Dolezal, and G. Sandberg. 2004. Auxin regulation of cytokinin biosynthesisin *Arabidopsis thaliana*: A factor of potential importance for auxin-cytokinin regulated development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA.* 101(21): 8039-8044. doi:10.1073/pnas.0402504101.
- Passos, A.M.A.D., P.M.D. Rezende, A.A.D. Alvarenga, D.P. Baliza, E.R. Carvalho, and H.P.D. Alcantara. 2011. Yield per plant and other characteristics of soybean plants treated with kinetin and potassium nitrate. *Cienciae Agrotecnologia*. 35(5): 965-972. doi: 10.1590/S1413-70542011000500014.
- Peel, M.C., B.L. Finlayson, and T.A. Mc Mahon. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 4(2): 439-473. doi: 10.5194/hess-11-1633-2007.
- Rafiee, M. 2014. Evaluation of grain yield and yield components of maize hybrids in double cropping with winter crops in temperate condition of Khorramabad. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 16 (1): 39-50. (In Persian).
- Rahnama, A. 2006. Plant physiology. Publications Puran Pajohesh. 332 Paper. (In Persian).
- Sadi, S., and T. Sakinezhad. 2016. Effect of different amounts of humic magnesium chelate and gibberellin hormone on yield and yield components of cowpea. *Journal of Agricultural Research in the Edge of the Desert.* 13(1): 11-19. (In Persian).
- Safi, S.M., and A.J. AlFaid. 2018. Effect of spraying kinetin and licorice root extraction wheat yield and its components. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences.* 14(1): 271-277.
- Sakakibara, H., K. Takei, and N. Hirose. 2006. Interactions between nitrogen and cytokinin in the regulation of metabolism and development. *Trends in Plant Science*. 11(9): 440-448. doi: 10.1016/j.tplants.2006.07.004.

- Salem Meraji, H., A. Tavakoli, and N.A. Sepehvand. 2020. The effect of cytokinin on physiological characteristics and traits related to quinoa function under drought stress conditions. *Journal of Plant Breeding Agriculture*. 22(2): 419-432. (In Persian). doi: 10.22059/jci.2020.292821.2298.
- Sarwar, N., O. Farooq, K. Mubeen, A. Wasaya, W. Nouman, M.Z. Ali, and M. Shehzad. 2017. Exogenous application of gibberellic acid improves the maize crop productivity under scarce and sufficient soil moisture condition. *Cercetari Agronomice in Moldova*. 50(4): 65-73. doi: 10.1515/cerce-2017-0036.
- Singh, M., N. Kumawat, I. Tomar, T. Duwet, R.K. Yadav, and Y.K. Sahu. 2018. Effect of gibberllic acid on growth, yield and economics of maize (*Zea mays* L.). *Journal of AgriSearch.* 5(1): 25-29. doi: 10.21921/jas.v5i01.11128.
- Soltani, A., R.A. Khvarinezhad, S.A.H. Angaji, and F. Najafi. 2016. Effect of salinity and gibberellic acid interaction on the content of photosynthetic pigments and some antioxidant enzymes in two cultivars of Iranian chickpea (*Cicer arientinum* L.). *Journal of Plant Process and Function.* 5(16): 179-188. (In Persian). doi: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.12.7.
- Werner, T., V. Motyka, M. Strnad, and T. Schmulling. 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. *Plant Biology*. 98(18): 10487-10492. doi: 10.1073/ pnas.171304098.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Huang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu. 2002. Correlation of cytokinin levels in the endosperms and roots with cell number and cell division activity during endosperm development in rice. *Annals of Botany*. 90(3): 369–377. DOI: 10.1093/aob/mcf198.
- Pouryousef Miandoab, M., and F. Ismailzadeh. 2016. The effect of foliar application and seed priming with growth stimulants on yield and amount of flaxseed oil (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 4(40): 857-874. (In Persian).
- Zare, M. 2006. Investigation of the effects of gibberellic acid (GA3) and kinetin on germination and growth of wheat seedlings under salinity stress. *Journal of Agricultural Sciences*. 12(4): 855-865. (In Persian).

Research Article DOI:10.30495/JCEP.2023.1913609.1728

The Effect of Foliar Application of Gibberellin and Kinetin Hormones on Morphological, Biochemical and Functional Characteristics of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids

Aghil Aalipour[1], Tayeb Saki Nejad[1]*, Shahram Lak[1], Alireza Shokuhfar [1] and Mojtaba Alavifazel[1]

Received: September 2020 , Revised: 31 October 2020, Accepted: 2 November 2020

Abstract

In agronomic management of corn, in addition to providing suitable hybrid seeds, other factors such as plant hormones are also important. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of hybrid seed type and leaf application of gibberellin and kinetin hormones on growth, biochemical and yield indices of corn in Ahvaz. The basic design of randomized complete blocks was done as a split plot in two cropping years with four replications. Single-grain corn hybrids 704 (late ripening), 616 (medium ripening) and 71AS (medium ripening) were studied as the main factor and kinetin/gibberellin foliar application at three levels of 0, 150/200 and 300/400 ppm as the secondary factor. The results showed that the simple effect of hybrid type and kinetin/gibberellin foliar application on plant height, stem diameter, shoot dry weight, 1000-seed weight, biological yield, grain yield, harvest index, chlorophylls a, b and total and the percentage of grain protein was statistically significant. Also, the effect of kinetin/gibberellin foliar application × hybrids on plant height, stem diameter, shoot dry weight, 1000-seed weight, biological yield, grain yield, harvest index, chlorophylls a, b and total and hybrid interaction in kinetin/gibberellin foliar application had a statistically significant effect on leaf area index per year. The results showed that the highest values of the studied traits in both cropping years were obtained in single cross 704 maize and after kinetin/gibberellin foliar application at 150-200 ppm. The kinetin/gibberellin ratio of 150/200 ppm in all hybrids had a better effect on various morphological and biochemical traits. The highest biological yield, grain yield and harvest index, which are very important traits, were related to single-cross corn hybrid with hormone foliar application at the rate of 150/200 ppm. According to the obtained results, the use of single-cross corn hybrid of corn and foliar application of maize plants with gibberellin and quinine in the ratio of 150/200 ppm is recommended.

Key words: Chlorophyll, Gibberellin, Kinetin, Maize hybrids, Yield.

1- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
*Corresponding Author: *t.saki1350@yahoo.com*