

اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، تنک میوه، بور و کلسیم بر شاخص‌های رشد و عملکرد بذر هندوانه آجیلی

عصمت خدادادی^۱، سید محمدجواد آروین^{۲*}، روح الله عبدالشاهی^۳، نادیا بهره مند^۴

^۱دانش‌آموخته گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ^۲استاد گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید باهنر کرمان، ^۳دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ^۴مربی گروه علوم باغبانی دانشگاه جیرفت
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۴/۳۱)

چکیده

هندوانه آجیلی با هدف تولید بذر در مناطق وسیعی از استان خراسان رضوی کشت می‌شود. به منظور بررسی امکان افزایش تولید بذر، دو آزمایش در تابستان سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. در سال اول، اثر جیبرلین (صفر و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و تعداد میوه (۱، ۲ و ۳ میوه در بوته) بر چهار توده هندوانه آجیلی بررسی شد. در سال دوم، تأثیر براسینواستروئید (صفر و ۰/۵ و ۱ میکرومولار)، جیبرلین (صفر و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، بور (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ درصد) و کلسیم (صفر و ۰/۲ درصد) بر رشد و تولید بذر یک توده (ژاپنی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش اول نشان داد، جیبرلین سبب افزایش طول گیاه (۴۱۷ سانتی‌متر) نسبت به شاهد (۳۶۳ سانتی‌متر) شد. بیشترین وزن تر اندام هوایی (۱۸۰۵ گرم در بوته) و شاخص کلروفیل (۵۷/۵) با کاربرد جیبرلین در توده ژاپنی بدست آمد. تعداد ۳ عدد میوه باقی مانده روی گیاه، بیشترین حجم (۱۲۵۴۵ میلی‌لیتر در بوته)، وزن میوه (۱۲۲۲۳ گرم در بوته) و وزن بذر (۳۰۴ گرم در بوته) را در توده ژاپنی ایجاد کرد. در آزمایش دوم، بیشترین محتوی نسبی رطوبت برگ (۶۷ درصد) و کمترین نشت یونی (۳۰ درصد) در تیمار ترکیبی براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، بور ۰/۱ و کلسیم ۰/۲ درصد مشاهده شد. مؤثرترین تیمار در افزایش وزن تر اندام هوایی (۲۴۹۰ گرم در بوته)، محتوی کلروفیل برگ (۲۸/۲ میلی‌گرم برگرم وزن تر)، حجم (۸۴۸۶ میلی‌لیتر در بوته) و وزن میوه (۸۳۴۲ گرم در بوته) و وزن بذر (۲۲۸ گرم در بوته)، ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ و کلسیم ۰/۲ درصد بود. بطوری که این ترکیب تیماری، مقدار بذر را از حدود یک تن در هکتار (شاهد) به سه تن در هکتار افزایش داد و بنابراین این ترکیب تیماری جهت افزایش وزن بذر در هندوانه توصیه گردد.

واژه‌های کلیدی: براسینواستروئید، بور، جیبرلین، کلسیم، وزن بذر

مقدمه

(*al.*, 2004). جیبرلین و براسینواستروئیدها دو گروه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بوده که تنوع زیادی از لحاظ ساختمانی و طیف عمل دارند (Unamba et al., 2009; Yun et al., 2009). جیبرلین بر بزرگ شدن سلول، رشد طولی ساقه،

افزایش عملکرد و کیفیت محصول به منظور افزایش تولید و سودآوری با شیوه‌های متعدد از جمله بررسی نقش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی همواره مورد توجه بوده است (Peng et

*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: smjarvin@gmail.com

(et al., 2017).

هندوانه (*Citrullus lanatus* Thunb.)، متعلق به تیره کدوئیان (cucurbitaceae) از سبزی‌های گرمسیری است که در سطح جهان به طور گسترده کشت می‌شود (Huh et al., 2008). بذر هندوانه منبع غنی از اسیدهای آمینه و چرب است و به صورت تنقالات مصرف زیادی دارد (Hashemi et al., 2017). روغن حاصل از بذر هندوانه از لحاظ خواص کیفی کاملاً مشابه روغن بادام است (Abaelu et al., 1979). در برخی از مناطق دنیا این بذر جانشین بذر پسته و بادام در تهیه شیرینی‌ها یا چاشنی شده است (Tak and Jain, 2016). هندوانه آجیلی یکی از موارد مصرف تولید هندوانه در ایران (سومین کشور تولیدکننده هندوانه) بوده که در استان خراسان رضوی با سطح زیرکشت ۲۴۹۸۹ هکتار تولید و عملکرد متوسط آن در شرایط کشت دیم ۲۰۴ کیلوگرم در هکتار و در شرایط کشت آبی ۷۶۶ کیلوگرم در هکتار است (بی‌نام، ۱۳۹۲). تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تنظیم کننده‌های رشد براسینواستروئید و جیبرلین، تنک میوه و عناصر ضروری بور و کلسیم بر شاخص‌های رشد و میزان عملکرد بذر هندوانه آجیلی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش جداگانه در دو سال متوالی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در هر تکرار ۱۰ بوته انجام شد. در سال اول، اثر تنک میوه با چهار سطح (عدم تنک و تعداد ۱، ۲ و ۳ میوه باقیمانده روی بوته) و محلول پاشی بوته‌ها با جیبرلین با دو سطح (صفر و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بر چهار توده هندوانه آجیلی (ژاپنی، فراقی ۱، فراقی ۲ و گلیداغ) بررسی شد. در سال دوم، اثر ۲۴-آپی براسینولید با سه سطح (صفر، ۰/۵ و ۱ میکرومولار)، جیبرلیک اسید (GA₃) با دو سطح (صفر و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، بور بصورت بوراکس با سه سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ درصد) و کلسیم از منبع نترات کلسیم با دو سطح (صفر و ۰/۲ درصد) بر توده برتر آزمایش

فعالیت کامبیوم، و گلدهی گیاه تأثیر می‌گذارد (اکبری و معلمی، ۱۳۸۹). اثر جیبرلین بر افزایش میزان محصول طالبی گزارش شده است (Randhawa and Singh, 1970). براسینواستروئیدها همان‌طور که از نامشان پیداست ترکیباتی استروئیدی مشابه استروئیدهای جانوری هستند (Khripach et al., 2000). این تنظیم کننده با افزایش سرعت بازسازی ریبولوز بیس فسفات و افزایش میزان کلروفیل، فتوسنتز را در گیاه افزایش می‌دهد (Zhang et al., 2008). نقش براسینواستروئید در تقسیم و طول شدن سلول به همراه سایر هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین ثابت شده است (Aval'baev et al., 2003). براسینواستروئید سبب افزایش ارزش اقتصادی میوه می‌شود (Peng et al., 2004). افزایش تعداد میوه و عملکرد هندوانه با محلول‌پاشی براسینواستروئید در مرحله ۲ و ۴ برگ، با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (Susila et al., 2012). از طرف دیگر تنک میوه (حذف میوه اضافی) از تکنیک‌های بسیار مؤثر باغبانی جهت افزایش کمیت و کیفیت محصول بوده است (Domingos et al., 2016). تنک میوه، سبب افزایش عملکرد خربزه شده است (Salehi et al., 2014). عنصر بور یکی از ریز مغذی‌هاست که کمبود آن در ساخت هورمون‌های گیاهی اختلال ایجاد می‌کند (Puzina, 2004). تقسیم سلولی، تولید بذر، تشکیل میوه و کیفیت آن، انتقال کلسیم، و انتقال مواد فتوسنتزی به وجود بر در گیاه بستگی دارد (Roghabadi and Pakkish, 2014; Mengel and Kirby, 1978). مصرف بور سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد کلزا شده است (احمدی و جاویدی‌فر، ۱۳۷۷). نقش کلسیم را در تمام مراحل رشد و نمو گیاه مانند چرخه زایشی، اکسایش و کاهش، رفتارهای دوره‌ای، ایمنی، علامت‌دهی اولیه و پاسخ به تنش‌ها می‌توان مشاهده کرد (Hong-Bo et al., 2008). محلول‌پاشی کلسیم مؤثرترین روش افزایش میزان کلسیم میوه است (Conway et al., 2001). افزایش غلظت کلسیم تا ۴/۰ درصد سبب افزایش تعداد بذر میوه سیب شده است (Brookfield et al., 1996). افزایش اندازه میوه و عملکرد انار تحت تأثیر کلسیم مشاهده شده است (Marathe

آماري MSTATC، MINITAB و SAS و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول، ارتفاع گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده توده و جیبرلین بر طول گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین طول گیاه در توده ژاپنی و فراقی ۲ (۳۹۵ سانتی‌متر) مشاهده شد. جیبرلین سبب افزایش معنی‌دار طول گیاه (۴۱۷ سانتی‌متر) نسبت به شاهد (۳۶۳ سانتی‌متر) شد ($P \leq 0.05$) تفاوت مورفولوژیک و فیزیولوژیک می‌تواند حاصل تفاوت ژنتیکی باشد (Huh et al., 2008). جیبرلین با تحریک طول ساقه شناخته می‌شود (Huang and Huang, 2005). افزایش طول میانگرمه و طول گیاه بامیه تحت اثر جیبرلین گزارش شده است (Unamba et al., 2009).

وزن تر اندام هوایی: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل توده و جیبرلین بر وزن تر اندام هوایی گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن تر اندام هوایی در توده ژاپنی با کاربرد جیبرلین حاصل شد (جدول ۲). نتایج حاکی از آنست که توده‌های مورد بررسی از لحاظ وزن تر اندام هوایی، پاسخ یکسانی به کاربرد جیبرلین نشان نداده و توده ژاپنی نسبت به سایر توده‌ها برتری داشت. شاید اثر جیبرلین بر گسترش سلول سبب افزایش وزن تر اندام هوایی نیز شده است (Soad et al., 2010). افزایش وزن تر اندام هوایی گیاه ذرت با کاربرد جیبرلین مشاهده شده است (قدرت و همکاران، ۱۳۸۸).

شاخص کلروفیل: اثر متقابل توده و جیبرلین بر شاخص کلروفیل گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). در این آزمایش، تفاوت توده‌های هندوانه آجیلی در پاسخ به اثر جیبرلین بر شاخص کلروفیل در گیاه کاملاً آشکار است. بیشترین شاخص کلروفیل را توده ژاپنی همراه با کاربرد جیبرلین داشت (جدول ۲). در بررسی گیاه ذرت مشخص شد جیبرلین باعث افزایش محتوی کلروفیل شده است (قدرت و همکاران، ۱۳۸۸). جیبرلین فروپاشی کلروفیل را با ممانعت از تجزیه پروتئین، تجمع اسید آمینه و کاهش سرعت تنفس به تأخیر می‌اندازد (Soad et al., 2010).

اول (توده ژاپنی) ارزیابی شد. در سال اول، جیبرلین دو مرتبه با فاصله یک هفته روی میوه‌های پیشتاز و برگ، در سال دوم براسینواستروئید قبل از گلدهی و بور و کلسیم دو مرتبه با فاصله دو هفته در آغاز گلدهی روی گیاه محلول‌پاشی شدند (Shah and Ahmad, 2007; Ferri et al., 2008; Susila et al., 2012; Manna and maity, 2016). برای اطمینان از اثربخشی تنظیم‌کننده‌ها از سورفکتانت استفاده شد. بذر توده ژاپنی (جابانی) از استان خراسان رضوی (شهرستان تربت حیدریه) و سه توده دیگر از سه منطقه در استان گلستان جمع‌آوری شد. مراحل کاشت و داشت گیاه با تفاوت ناچیز در مصرف کود و سم در دو سال یکسان بود. زمین شخم‌خورده، با دیسک و لولر تسطیح و جوی و پشته با نه‌رکن ایجاد شد. عرض پشته ۳ متر، طول ۲۱ و فاصله دو بوته روی ردیف ۱ متر انتخاب شد. داخل جوی و بخشی از پشته با مالچ پلاستیکی پوشانده و تعداد ۴ عدد بذر که ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شده، داخل حفره با عمق ۵ سانتی‌متر کاشته، روی آنها مخلوط خاک و ماسه ریخته و بوته‌های اضافی پس از سبز شدن حذف و در نهایت یک گیاه نگهداری شد. سال اول، در مرحله ۲-۳ برگی، ۲۰۰ کیلوگرم اوره و در مرحله ساقه‌دهی محلول‌پاشی با کود ۲۰-۲۰-۲۰، سال دوم، محلول‌پاشی با کود آکادین و بومین ۰/۵ درصد انجام شد. در آزمایش اول، شاخص‌های ارتفاع گیاه، وزن تر اندام هوایی یکماه قبل از برداشت میوه، شاخص کلروفیل، وزن و حجم میوه و وزن بذر و در آزمایش دوم، تعداد ساقه فرعی، وزن تر اندام هوایی، محتوی نسبی رطوبت برگ، نشی یونی، محتوی کلروفیل برگ، تعداد میوه، حجم و وزن میوه، وزن بذر، تعداد بذر پر و پوک در بوته و میوه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری حجم میوه از سیلندر آب و محاسبه میزان افزایش حجم استفاده شد. شاخص کلروفیل یکماه قبل از برداشت با انتخاب ۵ بوته بطور تصادفی از هر پلات آزمایشی، با کلروفیل‌سنج مینولتا مدل SPAD-502، کلروفیل (Arnon, 1967)، نشی یونی (Kumar and Dey, 2011) و محتوی نسبی رطوبت برگ (Smart and Bingham, 1974) سنجیده شد. تجزیه داده‌ها با نرم‌افزارهای

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنک میوه و جیبرلین بر توده‌های هندوانه آجیلی در آزمایش اول

میانگین مربعات							
منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	وزن تر اندام هوایی	شاخص کلروفیل	حجم میوه	وزن میوه	وزن بذر
توده	۳	۸۰۰**	۲۶۲۷۱۸**	۲۹۸**	۸۸۳۸۶۶۱۷**	۸۸۷۹۳۱۵۰**	۱۲۹۳۴**
تنک میوه	۳	۲۷۷ ^{ns}	۲۳۱۴ ^{ns}	۲/۲۶ ^{ns}	۱۳۲۹۶۱۱۱۳**	۱۳۵۳۶۵۷۳۴**	۱۳۳۸۳۳**
جیبرلین	۱	۹۳۵۲۸**	۱۲۲۶۷۶۵**	۱۳۸۱**	۶۸۰۵۹۴۴۴**	۶۵۹۹۵۶۸۸**	۳۸۵۰۳**
توده × تنک	۹	۳۷/۲ ^{ns}	۱۳۹۱ ^{ns}	۱/۸۱ ^{ns}	۶۶۷۹۸۹۳**	۶۷۵۸۴۶۸**	۴۷۲۶**
توده × جیبرلین	۳	۱۴۲ ^{ns}	۸۲۲۰۴**	۹۰/۱۰**	۱۰۳۵۸۰۱ ^{ns}	۸۵۸۰۸۸ ^{ns}	۱۳۲۱ ^{ns}
تنک × جیبرلین	۳	۱۹۴ ^{ns}	۱۵۵۳۹*	۱۴/۸۵*	۲۹۵۴۶۵۴ ^{ns}	۲۶۷۰۶۹۶ ^{ns}	۵۷۰ ^{ns}
توده × تنک × جیبرلین	۹	۱۷۰ ^{ns}	۱۹۴۴ ^{ns}	۲/۱۲ ^{ns}	۴۴۱۹۶۵ ^{ns}	۴۰۸۲۲۹ ^{ns}	۱۰۴ ^{ns}
خطا	۹۳	۱۵۳	۴۴۶۷	۵/۱۰	۱۴۴۵۲۰۹	۱۳۷۷۵۲۴	۱۲۰۸
ضریب تغییرات		۳/۱۶	۴/۳۹	۴/۶۹	۲۰/۶	۲۱/۶	۲۲/۱

ns، ** و * به ترتیب تفاوت در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

جدول ۲- اثر متقابل توده و جیبرلین بر وزن تر اندام هوایی و شاخص کلروفیل در آزمایش اول

توده	جیبرلین (میلی گرم در لیتر)	شاخص کلروفیل (SPAD)	وزن تر اندام هوایی (گرم)
ژاپنی	۰	۴۵/۹ ^d	۱۴۵۹ ^d
	۵۰	۵۷/۵ ^a	۱۸۰۵ ^a
	۰	۴۲/۶ ^e	۱۳۶۶ ^e
فراقی ۱	۵۰	۴۸/۳ ^c	۱۵۲۷ ^c
	۰	۴۶/۶ ^{cd}	۱۴۷۸ ^{cd}
	۵۰	۵۱/۵ ^b	۱۶۲۶ ^b
فراقی ۲	۰	۴۳/۴ ^e	۱۳۸۱ ^e
	۵۰	۴۷/۶ ^{cd}	۱۵۰۹ ^c

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

حجم میوه (اندازه میوه): اثر متقابل توده و تنک بر حجم

میوه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین حجم میوه در توده ژاپنی با تعداد ۳ میوه باقیمانده روی گیاه حاصل شد (جدول ۳). تنک با دخالت در تقسیم سلولی و کاهش رقابت، اندازه میوه را کنترل می‌کند (Domingos et al., 2012). تنک میوه سبب افزایش اندازه میوه خربزه شده است (Salehi et al., 2014).

وزن میوه: اثر متقابل توده و تنک بر وزن میوه در بوته

معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن میوه در توده ژاپنی با تعداد ۳ میوه باقیمانده روی گیاه حاصل شد (جدول ۳). کاهش رقابت در کسب مواد غذایی سبب افزایش وزن میوه می‌شود (Domingos et al., 2012). تنک میوه سبب افزایش وزن میوه در گیاه زیتون شده است (Fernandez et al., 2015).

وزن بذر: اثر متقابل توده و تنک بر وزن بذر در بوته

جدول ۳ - اثر متقابل توده و تنک میوه بر حجم میوه، وزن میوه و وزن بذر در آزمایش اول سال

توده	میوه باقیمانده در بوته	حجم میوه (میلی لیتر)	وزن میوه (گرم)	وزن بذر (گرم)
ژاپنی	عدم تنک	۶۱۶۴ ^{cdef}	۵۷۵۵ ^{cde}	۱۲۹ ^{fg}
	۱	۵۲۲۸ ^{fg}	۴۸۳۲ ^{ef}	۱۰۴ ^{gh}
	۲	۹۲۶۱ ^b	۸۸۳۱ ^b	۲۰۳ ^{cd}
	۳	۱۲۵۴۵ ^a	۱۲۲۳۳ ^a	۳۰۴ ^a
فراقی ۱	عدم تنک	۳۸۴۹ ^{ij}	۳۴۵۰ ^{ghi}	۱۱۲ ^{gh}
	۱	۳۰۹۹ ⁱ	۲۶۹۷ ⁱ	۸۴ ⁱ
	۲	۵۲۴۱ ^{fg}	۴۸۱۸ ^{ef}	۱۴۲ ^{fg}
	۳	۷۳۵۹ ^c	۶۹۴۲ ^c	۲۴۵ ^b
فراقی ۲	عدم تنک	۴۵۲۴ ^{gh}	۴۱۱۵ ^{fg}	۱۳۶ ^{fg}
	۱	۳۳۵۹ ^{ij}	۲۹۶۳ ⁱ	۹۳ ^{hi}
	۲	۵۶۳۱ ^{defg}	۵۱۹۷ ^{def}	۱۶۳ ^{ef}
	۳	۶۸۲۹ ^{cd}	۶۶۴۱ ^{cd}	۲۳۷ ^{bc}
گلیداغ	عدم تنک	۴۶۵۸ ^{gh}	۴۲۵۰ ^{efg}	۱۳۳ ^{fg}
	۱	۳۰۰۵ ⁱ	۲۶۵۰ ⁱ	۸۳ ⁱ
	۲	۵۴۷۶ ^{efg}	۵۰۶۲ ^{def}	۱۶۱ ^{ef}
	۳	۶۷۲۵ ^{cde}	۶۲۷۰ ^{cd}	۱۸۱ ^{de}

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن بذر در توده ژاپنی با تعداد ۳ میوه باقیمانده روی گیاه حاصل شد (جدول ۳). احتمالاً افزایش میزان بذر حاصل کاهش رقابت در گیاه بوده است. افزایش وزن بذر کلزا با افزایش مواد فتوسنتزی در برگ و غلاف گیاه گزارش شده است (Wang et al., 2016).

آزمایش دوم، تعداد انشعاب (ساقه فرعی): اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر تعداد انشعاب در گیاه معنی‌دار بود (جدول ۴). ساقه اصلی یا انشعابات ساقه، جایگاه تشکیل میوه در گیاه است (Susila et al., 2012). ترکیب براسینواستروئید ۱ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد بیشترین تعداد انشعاب (۱۵/۳ عدد) را در برداشت (جدول ۵). کاملاً آشکار است که تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عناصر غذایی به تنهایی عمل نمی‌کنند (Avalbaev et al., 2003). کمبود بور در ساخت هورمون‌های گیاهی اختلال ایجاد می‌کند (Puzina,

2004). نقش براسینواستروئید در تقسیم و طول شدن سلول به همراه سایر هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین ثابت شده است (Avalbaev et al., 2003). افزایش رشد با براسینواستروئیدها با افزایش محتوای اسید نوکلئیک، فعالیت پلیمراز و ساخت پروتئین همراه است (Bajguz, 2000). اثر جیبرلین در گسترش سلول سبب افزایش تعداد انشعاب در هندوانه شده است (Susila et al., 2012). عنصر بور رشد رویشی را در گیاه کلزا افزایش داده است (احمدی و جاویدفر، ۱۳۷۷).

وزن تر اندام هوایی: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر وزن تر اندام هوایی گیاه معنی‌دار بود (جدول ۴). براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ بیشترین درصد وزن تر اندام هوایی (۲۴۹۰ گرم) را داشت (جدول ۵). براسینواستروئید قادر است سرعت فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه را تغییر دهد (Hayat et al., 2001). براسینواستروئید

جدول ۴ - تجزیه واریانس اثر براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

میانگین مربعات						
منبع تغییر	درجه آزادی	تعداد انشعاب ساقه	وزن تر اندام هوایی	محتوی نسبی رطوبت	نشت یونی	تعداد میوه
براسینواستروئید	۲	۱۷/۶**	۳۸۱۲۷۳**	۶۳۷**	۲۳۷**	۰/۱۴ ^{ns}
جیبرلین	۱	۱۰۱**	۲۳۲۰۲۶۷**	۱۱۲**	۱۱۸**	۰/۰۲ ^{ns}
بور	۲	۱۰**	۴۴۸۸۹۲**	۶۶/۰**	۷۲/۹**	۲*
کلسیم	۱	۳/۵۲ ^{ns}	۴۴۴۰۸ ^{ns}	۹۷/۴**	۶۸/۵**	۴/۲۸**
براسینو × جیبرلین	۲	۱۶/۳**	۵۳۹۴۲۸**	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}
براسینو × بور	۴	۶/۶۶*	۱۷۶۴۲۸**	۱۶/۰**	۹۳/۹**	۳/۵۰**
براسینو × کلسیم	۲	۲/۳۱ ^{ns}	۱۴۲۵۸۵*	۴۱/۸۷**	۳۰/۱**	۱/۳۲ ^{ns}
جیبرلین × بور	۲	۱۸/۵**	۵۰۹۴۸۴**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}
جیبرلین × کلسیم	۱	۱/۴۴ ^{ns}	۱۲۱۳۳۷ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۲/۲۵ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}
بور × کلسیم	۲	۲/۷۹ ^{ns}	۳۸۰۵۲ ^{ns}	۲۹/۷**	۲۱/۷*	۱/۲۹ ^{ns}
براسینو × جیبرلین × بور	۴	۵/۸۸*	۱۱۵۸۸۲*	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۳/۱۵**
براسینو × بور × کلسیم	۴	۷/۱۰**	۲۵۴۲۴۸**	۱۱/۵*	۱۰۷**	۱/۵۰*
جیبرلین × بور × کلسیم	۲	۷/۲۵*	۱۰۰۵۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۲/۵۳ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}
براسینو × جیبرلین × کلسیم	۲	۷/۱۲*	۲۳۶۲۵۶**	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲/۳۷ ^{ns}	۳/۲۱**
براسینو × جیبرلین × بور × کلسیم	۴	۱۲/۸**	۲۳۵۳۷۰**	۰/۰۱ ^{ns}	۲/۶۵ ^{ns}	۱/۱۰ ^{ns}
خطا	۷۰	۱/۹۵	۴۴۸۶۹	۳/۵۸	۵/۵۵	۰/۴۷۵
ضریب تغییرات		۱۲/۵	۱۲/۴	۳/۱۴	۶/۳۰	۲۶/۲

ns، ** و * به ترتیب تفاوت در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

محتوای آب اندام‌های گیاه را افزایش می‌دهد (Khrpach et al., 2000). افزایش وزن تر اندام هوایی گوجه‌فرنگی با کاربرد براسینواستروئید مشاهده شده است (Damghan, 2009). شاید جیبرلین با گسترش سلولی سبب افزایش وزن تر اندام هوایی شده است (Soad et al., 2010). جیبرلین به طرز معنی‌داری باعث افزایش وزن تر اندام هوایی زیتون نسبت به گیاه شاهد شده است (اکبری و معلمی، ۱۳۸۹). کلسیم سبب افزایش کارایی فتوسنتز در گیاه می‌شود (Marathe et al., 2017).

محتوی نسبی رطوبت برگ: اثر متقابل براسینواستروئید، بور و کلسیم بر محتوی نسبی رطوبت برگ معنی‌دار بود

(جدول ۴). بیشترین محتوی نسبی رطوبت (۶۷ درصد) با ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد و کمترین (۵۱ درصد) در شاهد بود (جدول ۶). محتوی نسبی رطوبت شاخصی از وضعیت آب درون بافت گیاه است و میزان مقاومت گیاه را در شرایط کمبود آب نشان می‌دهد (Zhang et al., 2008). در گوجه‌فرنگی افزایش محتوی نسبی رطوبت با کاربرد براسینواستروئید می‌تواند نتیجه تأثیر بر وضعیت روزنه‌ها در گیاه باشد (Hayat et al., 2001). کلسیم در علامت‌دهی و پاسخ به تنش‌ها در گیاه ایفای نقش می‌کند (Hong - Bo et al., 2012). بور در انتقال کلسیم

جدول ۵- اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

تیمار		صفت			
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	تعدادشاخه فرعی دربوته	وزن تر اندام هوایی (گرم دربوته)
۰	۰	۰	۰	۹/۱۰ ^{ik}	۱۴۳۰ ^{hm}
۰	۰	۰	۵۰	۱۱/۳ ^{ci}	۱۷۶۰ ^{cj}
۰	۰	۰/۲	۰	۱۲/۷ ^{af}	۱۹۸۰ ^{be}
۰	۰	۰/۲	۵۰	۱۱ ^{di}	۱۷۲۳ ^{dk}
۰	۰/۱	۰	۰	۱۰/۷ ^{ej}	۱۶۱۳ ^{el}
۰	۰/۱	۰	۵۰	۹/۳ ^{hk}	۱۴۶۷ ^{im}
۰	۰/۱	۰/۲	۰	۹/۳ ^{hk}	۱۴۳۰ ^{hm}
۰	۰/۱	۰/۲	۵۰	۱۳/۷ ^{ad}	۲۰۱۷ ^{be}
۰	۰/۲	۰	۰	۹/۰۰ ^{ik}	۱۲۸۳ ^{lm}
۰	۰/۲	۰	۵۰	۱۱/۳ ^{ci}	۱۶۸۷ ^{dl}
۰	۰/۲	۰/۲	۰	۱۰ ^{fk}	۱۵۰۳ ^{gm}
۰	۰/۲	۰/۲	۵۰	۷/۷۰ ^k	۱۱۷۳ ^m
۰/۵	۰	۰	۰	۹/۷۰ ^{gk}	۱۵۴۰ ^{fm}
۰/۵	۰	۰	۵۰	۱۴ ^{ac}	۲۱۴۵ ^{ac}
۰/۵	۰	۰/۲	۰	۸/۲ ^{jk}	۱۱۹۲ ^m
۰/۵	۰	۰/۲	۵۰	۱۴ ^{ac}	۲۰۹۰ ^{bd}
۰/۵	۰/۱	۰	۰	۹/۰۰ ^{ik}	۱۳۵۷ ^{jm}
۰/۵	۰/۱	۰	۵۰	۱۳ ^{ae}	۱۹۴۳ ^{cf}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰	۱۱/۷ ^{bi}	۱۷۲۳ ^{dk}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۵۰	۱۴/۳ ^{ab}	۲۴۹۰ ^a
۰/۵	۰/۲	۰	۰	۱۰/۷ ^{di}	۱۵۴۰ ^{fm}
۰/۵	۰/۲	۰	۵۰	۱۲/۳ ^{bh}	۱۸۳۳ ^{ch}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰	۱۱/۷ ^{bi}	۱۶۸۷ ^{dh}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۵۰	۱۳ ^{ae}	۱۹۴۳ ^{cf}
۱	۰	۰	۰	۱۰ ^{fk}	۱۶۱۳ ^{el}
۱	۰	۰	۵۰	۱۲ ^{bh}	۱۶۵۰ ^{el}
۱	۰	۰/۲	۰	۹/۳ ^{hk}	۱۳۹۳ ^{im}
۱	۰	۰/۲	۵۰	۱۰/۷ ^{ei}	۱۷۹۷ ^{ci}
۱	۰/۱	۰	۰	۱۱/۳ ^{ci}	۱۸۳۳ ^{ch}
۱	۰/۱	۰	۵۰	۱۴/۳ ^{ab}	۲۳۴۷ ^{ab}
۱	۰/۱	۰/۲	۰	۹/۳۰ ^{hk}	۱۴۳۰ ^{hm}
۱	۰/۱	۰/۲	۵۰	۱۵/۳ ^a	۲۱۶۳ ^{ac}

ادامه جدول ۵-

تیما			صفت		
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	تعدادشاخه فرعی دربوته	وزن تر اندام هوایی (گرم دربوته)
۱	۰/۲	۰	۰	۱۲ ^{bh}	۱۹۰۷ ^{cg}
۱	۰/۲	۰	۵۰	۹/۰۰ ^{ik}	۱۳۲۰ ^{km}
۱	۰/۲	۰/۲	۰	۱۰/۳ ^{ek}	۱۵۴۰ ^{fm}
۱	۰/۲	۰/۲	۵۰	۱۲/۳ ^{bg}	۱۷۲۳ ^{dk}

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

دخاله دارد (Mengel and Kirby, 1978).

نشت یونی: اثر متقابل براسینواستروئید، بور و کلسیم بر میزان نشت یونی برگ معنی دار بود (جدول ۴). کمترین نشت یونی (۳۰ درصد) در تیمار براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد و بیشترین (۴۵ درصد) در شاهد وجود داشت (جدول ۶). نشت یونی پدیده ای نمایانگر میزان خسارت سلول بوده و علت آن تغییر حالت غشا از سیال به حالت ژله ای است. در این فرآیند انتقال یکسری از مولکول های آمفیپاتیک از سیتوپلاسم به غشا سبب افزایش خروج آنها باعث توقف نشت یونی خواهد شد که در شرایط نوسانات آبی در طول شبانه روز رخ می دهد و در گیاهان مقاوم معمولاً موقتی است (Black and Prithard, 2002). براسینواستروئید با افزایش پایداری غشاهای سلولی سبب کاهش نشت یونی می شود (Khripach et al., 2000). براسینواستروئید نشت یونی را در گیاه فلفل کاهش داده است (Houimli et al., 2010). کلسیم با تأثیر بر سیالیت غشا سلول سبب کاهش نشت یونی می شود (Mengel and Kirby, 1978). میزان نشت یونی در انبه تحت تأثیر کاربرد کلسیم کاهش یافته است (Khaliq et al., 2016). عنصر بور بر میزان تراوایی غشاهای سلولی تأثیر می گذارد (Marschner, 2011).

محتوی کلروفیل برگ: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر صفات مربوط به میزان کلروفیل در گیاه (شاخص کلروفیل، کلروفیل a، b و کل) معنی دار بود

(جدول ۷). بیشترین مقادیر شاخص کلروفیل (۶۱)، کلروفیل a، b و کل (۱۸/۵، ۹/۷ و ۲۸/۲ میلی گرم بر گرم وزن تر) در تیمار براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد بود (جدول ۸). براسینواستروئید سبب القای آنزیم های ساخت کلروفیل و کاهش تجزیه و تخریب رنگیزه می شود (Alam et al., 2007; Munzi et al., 2009). براسینواستروئید محتوای کلروفیل را در گیاه ذرت افزایش داده است (قدرت و همکاران، ۱۳۸۸). جیبرلین فروپاشی کلروفیل را به تأخیر می اندازد (Soad et al., 2007; Swaroop et al., 2010). کمبود بور باعث کاهش کلروفیل می شود (Shoeib and El-Sayed, 2003). نقش بور در ممانعت از تخریب کلروفیل، متابولیسم اسیدهای نوکلئیک، متابولیسم و انتقال قندها، تراوایی غشا، تنظیم هورمون های گیاهی واضح است (Marschner, 2011). افزایش محتوی کلروفیل انگور و بادام با مصرف عنصر بور گزارش شده است (Nyomora et al., 1997; Shoeib and El-Sayed, 2003).

تعداد میوه: اثر متقابل براسینواستروئید، بور و کلسیم بر تعداد میوه در بوته معنی دار بود (جدول ۴). بیشترین تعداد میوه (۳/۶ عدد) در ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد مشاهده شده است (جدول ۶). شاید براسینواستروئید با افزایش تقسیمات سلولی، تعداد میوه را افزایش داده است (Avalbaev et al., 2003). افزایش تعداد میوه و عملکرد هندوانه با کاربرد

جدول ۶- اثر متقابل براسینواستروئید، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

تیمار		صفت	
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	تعداد میوه در بوته نشت یونی (درصد) محتوی نسبی رطوبت برگ (درصد)
۰	۰	۰	۵۱ ^h
۰	۰	۰/۲	۵۴ ^g
۰	۰/۱	۰	۵۵ ^g
۰	۰/۱	۰/۲	۵۹ ^{ef}
۰	۰/۲	۰	۵۵ ^g
۰	۰/۲	۰/۲	۵۸ ^f
۰/۵	۰	۰	۶۱ ^{de}
۰/۵	۰	۰/۲	۶۵ ^{ab}
۰/۵	۰/۱	۰	۶۴ ^{bc}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۶۷ ^a
۰/۵	۰/۲	۰	۶۳ ^{cd}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۶۴ ^{bc}
۱	۰	۰	۶۱ ^{de}
۱	۰	۰/۲	۶۱ ^{de}
۱	۰/۱	۰	۶۱ ^{de}
۱	۰/۱	۰/۲	۶۴ ^{bc}
۱	۰/۲	۰	۶۳ ^{bcd}
۱	۰/۲	۰/۲	۵۸ ^f

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

براسینواستروئید گزارش شده است (Susila et al., 2012). کلسیم سبب بهبود گرده‌افشانی و لقاح در گیاه می‌شود (Ferri et al., 2008).

حجم میوه: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر حجم میوه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۹). ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد، حداکثر حجم میوه در بوته (۸۴۸۶ میلی لیتر) و حجم متوسط میوه (۸۴۸۶ میلی لیتر)

را در بین تیمارها داشت (جدول ۱۰). افزایش اندازه اندام‌های گیاهی حاصل افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلول است (Salisbury and Ross, 1992) نقش براسینواستروئید در تقسیم و طولی شدن سلول به همراه سایر هورمون‌های گیاهی ثابت شده است (Avalbaev et al., 2003). جیبرلین با افزایش اندازه سلول توانایی افزایش اندازه میوه را داراست (Randhawa and Singh, 1970). جیبرلین موجود در بذر میوه‌های جوان سبب افزایش حجم میوه طی دوره تکامل

جدول ۷ - تجزیه واریانس اثر براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های کلروفیل در آزمایش دوم

میانگین مربعات					
منبع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	شاخص کلروفیل
براسینواستروئید	۲	۴۳/۹**	۱۷/۸**	۴/۳۸*	۷۰/۵**
جیبرلین	۱	۲۵۶**	۱۲۵**	۲۷/۲**	۳۹۳**
بور	۲	۵۸/۷**	۲۲/۷**	۶/۸۶**	۷۶/۲**
کلسیم	۱	۱/۸۱ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}	۴/۴۰ ^{ns}
براسینو × جیبرلین	۲	۴۴/۷**	۱۸/۳۳**	۴/۹۱*	۶۸/۷**
براسینو × بور	۴	۱۵/۵ ^{ns}	۶/۴۱ ^{ns}	۱/۵۶ ^{ns}	۲۶/۰ ^{ns}
براسینو × کلسیم	۲	۱۹/۸ ^{ns}	۹/۶۶ ^{ns}	۱/۸۶ ^{ns}	۲۷/۶ ^{ns}
جیبرلین × بور	۲	۲۵/۴*	۷/۵۱ ^{ns}	۳/۸۸*	۴۱/۴*
جیبرلین × کلسیم	۱	۲۲/۵ ^{ns}	۹/۳۶ ^{ns}	۴/۴۰*	۳۰/۹ ^{ns}
بور × کلسیم	۲	۱۵/۱ ^{ns}	۷/۷۴ ^{ns}	۰/۹۸ ^{ns}	۲۱/۳ ^{ns}
براسینو × جیبرلین × بور	۴	۱۷/۶ ^{ns}	۶/۸۷ ^{ns}	۳/۳۹*	۲۷/۴ ^{ns}
براسینو × بور × کلسیم	۴	۵۹/۱**	۲۳/۹**	۷/۴۷**	۸۵/۷**
جیبرلین × بور × کلسیم	۲	۲۴/۸*	۹/۱۰ ^{ns}	۳/۰۱ ^{ns}	۴۰/۴*
براسینو × جیبرلین × کلسیم	۲	۱۸/۶ ^{ns}	۵/۹۷ ^{ns}	۱/۹۱ ^{ns}	۲۴/۵ ^{ns}
براسینو × جیبرلین × بور × کلسیم	۴	۵۵/۰**	۲۳/۶**	۵/۳۳**	۷۸/۸**
خطا	۷۰	۷/۳۱	۳/۵۸	۱/۰۲	۱۰/۸۰
ضریب تغییرات		۱۴/۰	۱۴/۸	۱۵/۳	۶/۵۰

ns، ** و * به ترتیب تفاوت در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

می‌شود (Domingos *et al.*, 2012). افزایش حجم (اندازه) میوه‌های مرکبات با کاربرد جیبرلین گزارش شده است (Huang and Huang, 2005). نقش عنصر بور در تقسیم سلولی، متابولیسم اسیدهای نوکلئیک (ساخت پروتئین)، متابولیسم و انتقال قندها، تراوایی غشا، تنظیم هورمون‌های گیاهی مانند ساخت اکسین شناخته شده است (Marschner, 2011). کلسیم با افزایش کارایی فتوسنتز و انتقال هیدرات کربن سبب افزایش اندازه میوه می‌شود (Ferri *et al.*, 2008). افزایش اندازه میوه انار تحت تأثیر کلسیم مشاهده شده است (Marathe *et al.*, 2017).

وزن میوه: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر وزن میوه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۹). براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد، حداکثر وزن میوه در بوته (۸۳۴۲ گرم) و وزن متوسط میوه (۸۳۴۲ گرم) را داشت (جدول ۱۰). براسینواستروئید با افزایش سرعت بازسازی ریبولوز بیس فسفات و افزایش میزان کلروفیل، فتوسنتز را در گیاه افزایش می‌دهد (Zhang *et al.*, 2008). براسینواستروئید در تقسیم سلولی و تنظیم توسعه اولیه میوه نیز توجیه مناسبی است (Avalbaev *et al.*, 2003). براسینواستروئید سبب

جدول ۸- اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

تیمار				صفت			
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	شاخص کلروفیل (SPAD)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a	کلروفیل b
۰	۰	۰	۰	۴۶ ^{jm}	۱۵/۹ ⁱⁿ	۱۰/۵ ^{hk}	۵/۴ ^{ei}
۰	۰	۰	۵۰	۵۰ ^{dl}	۱۹/۱ ^{defl}	۱۲/۶ ^{df}	۶/۵۰ ^{di}
۰	۰	۰/۲	۰	۵۴ ^{bh}	۲۲/۳ ^{bf}	۱۴/۶ ^{bg}	۷/۷۰ ^{bd}
۰	۰	۰/۲	۵۰	۵۰ ^{dl}	۱۹/۲ ^{dl}	۱۳/۲ ^{bi}	۶/۰۱ ^{di}
۰	۰/۱	۰	۰	۵۲ ^{ck}	۲۰/۷ ^{bj}	۱۳/۴ ^{bi}	۷/۳۰ ^{bf}
۰	۰/۱	۰	۵۰	۴۷ ^{im}	۱۶/۸ ^{gn}	۱۱/۲ ^{fk}	۵/۶۰ ^{ei}
۰	۰/۱	۰/۲	۰	۴۶ ^{jm}	۱۵/۶ ⁱⁿ	۱۰/۱ ^{ik}	۵/۵۰ ^{ei}
۰	۰/۱	۰/۲	۵۰	۵۷ ^{ac}	۲۴/۸ ^{ac}	۱۶/۳ ^{ac}	۸/۵۰ ^{ac}
۰	۰/۲	۰	۰	۴۵ ^{lm}	۱۴/۴ ^{mn}	۹/۲۰ ^{jk}	۵/۲۰ ^{gi}
۰	۰/۲	۰	۵۰	۵۳ ^{di}	۲۱/۴ ^{bh}	۱۴/۳ ^{bg}	۷/۱۰ ^{cg}
۰	۰/۲	۰/۲	۰	۴۷ ^{hm}	۱۶/۵ ^{hn}	۱۰/۹ ^{gk}	۵/۶۰ ^{ei}
۰	۰/۲	۰/۲	۵۰	۴۳ ^m	۱۴/۳ ⁿ	۹/۲۰ ^{jk}	۵/۱۰ ^{gi}
۰/۵	۰	۰	۰	۵۱ ^{ck}	۱۹/۶ ^{cl}	۱۲/۹ ^{cj}	۶/۷۰ ^{ci}
۰/۵	۰	۰	۵۰	۵۶ ^{ad}	۲۳/۶ ^{ad}	۱۵/۷ ^{ad}	۷/۹۰ ^{ad}
۰/۵	۰	۰/۲	۰	۴۳ ^m	۱۳/۴ ^{mn}	۸/۶۰ ^k	۴/۸۰ ⁱ
۰/۵	۰	۰/۲	۵۰	۵۵ ^{af}	۲۲/۵ ^{bf}	۱۴/۸ ^{bf}	۷/۷۰ ^{bd}
۰/۵	۰/۱	۰	۰	۴۶ ^{jm}	۱۵/۵ ^{jn}	۱۰/۲ ^{ik}	۵/۳۰ ^{fi}
۰/۵	۰/۱	۰	۵۰	۵۱ ^{ck}	۱۹/۸ ^{ck}	۱۳/۱ ^{ci}	۶/۷۰ ^{ci}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰	۵۳ ^{bi}	۲۱/۴ ^{bh}	۱۴/۲ ^{bh}	۷/۲۰ ^{bf}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۵۰	۶۱ ^a	۲۸/۳ ^a	۱۸/۵ ^a	۹/۷۰ ^a
۰/۵	۰/۲	۰	۰	۴۸ ^{gm}	۱۷/۴ ^{fn}	۱۱/۴ ^{ek}	۶/۰۰ ^{di}
۰/۵	۰/۲	۰	۵۰	۵۴ ^{bg}	۲۲/۶ ^{bg}	۱۴/۸ ^{bf}	۷/۴۰ ^{be}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰	۵۰ ^{dl}	۱۸/۶ ^{dm}	۱۲/۴ ^{dj}	۶/۲۰ ^{di}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۵۰	۵۶ ^{ad}	۲۳/۵ ^{ae}	۱۵/۶ ^{ad}	۷/۹۰ ^{ad}
۱	۰	۰	۰	۴۹ ^{fm}	۱۸/۲ ^{em}	۱۲/۷ ^{cj}	۵/۵۰ ^{ei}
۱	۰	۰	۵۰	۴۹ ^{gm}	۱۸/۳ ^{dm}	۱۲/۸ ^{ci}	۵/۵۰ ^{ei}

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

ادامه جدول ۸

صفت			تیمار				
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	شاخص کلروفیل (SPAD)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a	کلروفیل b
۱	۰	۰/۲	۰	۴۶ ^{im}	۱۵/۹ ⁱⁿ	۱۰/۴ ^{ik}	۵/۵۰ ^{ei}
۱	۰	۰/۲	۵۰	۵۱ ^{cl}	۱۹/۷ ^{cl}	۱۲/۸ ^{cj}	۶/۹۰ ^{ch}
۱	۰/۱	۰	۰	۵۲ ^{ck}	۲۰/۱ ^{ck}	۱۳/۲ ^{bi}	۶/۹۰ ^{ch}
۱	۰/۱	۰	۵۰	۵۹ ^{ab}	۲۶ ^{ab}	۱۶/۸ ^{ab}	۹/۲۰ ^{ab}
۱	۰/۱	۰/۲	۰	۴۷ ^{im}	۱۶/۱ ^{hn}	۱۱/۲ ^{fk}	۴/۹۰ ^{hi}
۱	۰/۱	۰/۲	۵۰	۵۶ ^{ae}	۲۳/۱ ^{ae}	۱۵/۱ ^{ae}	۸/۱۰ ^{ad}
۱	۰/۲	۰	۰	۵۲ ^{cj}	۲۰/۸ ^{bi}	۱۳/۵ ^{bi}	۷/۳۳ ^{be}
۱	۰/۲	۰	۵۰	۴۵ ^{km}	۱۴/۹ ^{kn}	۹/۷۰ ^{ik}	۵/۲۰ ^{gi}
۱	۰/۲	۰/۲	۰	۴۸ ^{gm}	۱۶/۹ ^{gn}	۱۰/۹ ^{gk}	۶/۱۰ ^{di}
۱	۰/۲	۰/۲	۵۰	۵۰ ^{dl}	۱۸/۸ ^{dm}	۱۲/۵ ^{dj}	۶/۳۰ ^{di}

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

فستوتز در گیاه، وزن بذر را افزایش داده است (Zhang *et al.*, 2008). بور و کلسیم سبب بهبود رشد زایشی در گیاه می‌شوند (Ferri *et al.*, 2008). وزن بذر در گیاه کلزا با مصرف بور افزایش یافته است (احمدی و جاویدفر، ۱۳۷۷).

تعداد بذر پر: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر تعداد بذر پر در بوته معنی‌دار بود (جدول ۹). بیشترین تعداد بذر پر در بوته (۱۰۰۴ عدد) و وزن بذر پر در میوه (۱۰۰۴ عدد) مربوط به ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد بود (جدول ۱۱ و ۱۲). براسینواستروئید سبب افزایش غذاسازی در گیاه می‌شود (Zhang *et al.*, 2008). شاید بور با دخالت در متابولیسم و انتقال فراورده‌های فتوسنتز سبب تجمع مواد غذایی در بذرهای تشکیل شده باشد (Marschner, 2011). کلسیم در افزایش کارایی فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی دخالت دارد (Conway *et al.*, 2001). افزایش غلظت کلسیم، سبب افزایش تعداد بذر میوه سیب شده است (Brookfield *et al.*, 1996).

تعداد بذر پوک: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر تعداد بذر پوک در بوته معنی‌دار بود (جدول ۹).

افزایش وزن میوه گیلان شده است (Roghabadi and Pakkish, 2014). اگرچه جیبرلین با ویژگی تحریک رشد طولی ساقه شناخته می‌شود، اما مثل اکسین‌ها توانایی افزایش اندازه میوه را نیز داراست (Randhawa and Singh, 1970). جیبرلین سبب افزایش وزن میوه انگور شده است (Domingos *et al.*, 2012). شاید عنصر بور با تولید کمپلکس با قندها، انتقال کلسیم، بهبود گرده افشانی و لقاح سبب افزایش وزن میوه شده است (Marschner, 2011). عنصر بور در بادام با افزایش وزن میوه، عملکرد را تا ۵۳ درصد افزایش داده است (Nyomora *et al.*, 1997). نقش کلسیم در افزایش کارایی فتوسنتز، متابولیسم کربوهیدرات و رشد زایشی مشخص شده است (Conway *et al.*, 2001). افزایش وزن میوه خرمالو با کاربرد بور و کلسیم گزارش شده است (Ferri *et al.*, 2008).

وزن بذر: اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر وزن بذر در بوته معنی‌دار بود (جدول ۹). بیشترین میانگین وزن بذر در بوته (۲۲۸ گرم) و وزن بذر در میوه (۲۲۸ گرم) مربوط به ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد بود (جدول ۱۱ و ۱۲). شاید براسینواستروئید با افزایش

جدول ۹ - تجزیه واریانس اثر براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های زایشی هندوانه آجیلی توده ژاپنی در آزمایش دوم

میانگین مربعات						
منبع تغییر	درجه آزادی	حجم میوه در بوته	وزن میوه در بوته	وزن بذردر بوته	تعداد بذر پردر بوته	تعداد بذر پوک در بوته
براسینواستروئید	۲	۴۵۰۶۶۲۷۱**	۵۳۶۵۲۹۶۲**	۲۴۹۶۹*	۳۸۱۵۸۴**	۱۱۲۹۳۴**
جیبرلین	۱	۵۸۶۳۲۱۲*	۹۴۲۵۸۵۹**	۸۴۶۲**	۲۲۳۹۵۱**	۳۹۶۷۶۰**
بور	۲	۱۴۱۷۹۷۴۸**	۱۲۵۶۹۷۷**	۱۰۴۳۳**	۳۵۶۳۹۲**	۱۲۲۰۵ ^{ns}
کلسیم	۱	۳۵۷۹۹۵ ^{ns}	۱۸۴۰۸ ^{ns}	۱۵۱ ^{ns}	۱۲۱۶۰ ^{ns}	۱۶۴۷۷ ^{ns}
براسینو × جیبرلین	۲	۱۰۳۳۳۳۴۵**	۹۹۵۳۰۸۴**	۹۵۸۵**	۲۹۸۳۴۸**	۱۴۱۶۲۸**
براسینو × بور	۴	۱۰۲۹۳۷۱۴**	۸۰۹۹۵۸۰**	۶۸۷۵**	۱۴۷۹۳۴**	۷۸۰۶۱۳**
براسینو × کلسیم	۲	۵۲۸۵۳۵۸**	۴۰۳۵۱۵۴*	۴۹۸۰**	۶۴۳۸۷*	۹۸۶۳ ^{ns}
جیبرلین × بور	۲	۳۹۴۳۹۰۳*	۱۲۷۲۸۹۱ ^{ns}	۱۳۱۹ ^{ns}	۵۲۷۲۱ ^{ns}	۵۸۲۶۱**
جیبرلین × کلسیم	۱	۶۹۷۰۷۷۶**	۳۴۳۸۲۶۷*	۱۱۳۴ ^{ns}	۴۸۷۲۶ ^{ns}	۳۵۹۳۴*
بور × کلسیم	۲	۷۷۳۸۸۲۰**	۱۱۴۶۶۱۵۱**	۴۵۲۳**	۶۴۱۵۸*	۹۴۸۴۴**
براسینو × جیبرلین × بور	۴	۳۵۲۴۰۱۶**	۱۲۰۳۳۵۰ ^{ns}	۱۱۲۷ ^{ns}	۳۱۱۲۷ ^{ns}	۵۸۰۷۳**
براسینو × بور × کلسیم	۴	۱۲۱۴۵۶۳۰**	۸۲۵۸۰۴۳**	۶۵۳۲**	۱۵۳۴۴۰**	۲۰۶۹۴*
جیبرلین × بور × کلسیم	۲	۱۹۸۸۷۲۱ ^{ns}	۸۷۶۷۲۴ ^{ns}	۱۱۴۹ ^{ns}	۵۸۱۳۰ ^{ns}	۴۵۸۷۲**
براسینو × جیبرلین × کلسیم	۲	۵۹۳۷۵۴۸**	۵۲۵۰۵۸۷**	۳۲۸۹**	۵۲۵۰۵۸۷**	۵۹۳۷۵۴۸**
براسینو × جیبرلین × بور × کلسیم	۴	۳۱۰۲۷۵۸**	۲۵۷۴۸۹۷*	۳۶۲۸**	۱۲۷۸۰۲**	۱۵۸۹۰۹**
خطا	۷۰	۸۳۹۳۳۰	۸۲۴۰۰۰	۷۸۳	۲۰۲۲۹	۷۰۹۳
ضریب تغییرات		۲۱/۳	۲۴/۳	۲۳/۸	۲۴/۳	۲۱/۳

^{ns}، ** و * به ترتیب تفاوت در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰ - اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

تیمار				صفت		
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی‌گرم بر لیتر)	حجم میوه در بوته (میلی‌لیتر)	وزن میوه در بوته (گرم)	متوسط حجم میوه (میلی‌لیتر)
						متوسط وزن میوه (گرم)
.	.	.	.	۲۳۷۰ ^{mq}	۱۹۴۲ ^{mo}	۱۴۲۲ ⁱ
.	.	.	۵۰	۲۸۱۷ ^{kq}	۲۵۰۷ ^{klmo}	۱۵۶۱ ⁱ
.	.	۰/۲	.	۴۷۸۳ ^{fj}	۳۷۹۶ ^{el}	۱۸۶۱ ^{gi}
.	.	۰/۲	۵۰	۳۴۱۷ ^{io}	۲۹۱۱ ^{ho}	۲۳۵۸ ^{ei}
.	۰/۱	.	.	۳۶۱۲ ^{ho}	۲۷۰۶ ^{io}	۱۴۴۲ ⁱ
.	۰/۱	.	۵۰	۲۷۱۷ ^{mq}	۲۰۱۱ ^{mo}	۱۵۲۸ ⁱ
.	۰/۱	۰/۲	.	۱۸۶۱ ^{oq}	۱۵۳۹ ^{no}	۱۴۵۲ ⁱ

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

ادامه جدول ۱۰

تیمار				صفت			
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	حجم میوه دربوته (میلی لیتر)	وزن میوه دربوته (گرم)	متوسط حجم میوه (میلی لیتر)	متوسط وزن میوه (گرم)
۰	۰/۱	۰/۲	۵۰	۳۷۱۷ ^{gn}	۳۱۴۳ ^{gm}	۳۷۱۷ ^{bf}	۳۱۴۳ ^{bf}
۰	۰/۲	۰	۰	۵۲۰۸ ^{di}	۴۰۶۱ ^{dk}	۴۱۰۸ ^{bd}	۳۲۳۱ ^{be}
۰	۰/۲	۰	۵۰	۴۸۸۳ ^{ej}	۴۳۹۸ ^{dj}	۲۴۴۲ ^{di}	۲۱۹۹ ^{ei}
۰	۰/۲	۰/۲	۰	۲۶۴۸ ^{mq}	۱۹۴۸ ^{mo}	۱۱۹۶ ⁱ	۸۴۷ ^j
۰	۰/۲	۰/۲	۵۰	۲۰۳۳ ^{nq}	۱۳۸۵ ^{no}	۱۶۶۷ ⁱ	۱۱۶۲ ^{hj}
۰/۵	۰	۰	۰	۴۶۹۶ ^{fj}	۳۸۲۷ ^{el}	۱۷۷۱ ^{hi}	۱۴۳۸ ^{hj}
۰/۵	۰	۰	۵۰	۶۹۶۵ ^{abc}	۶۷۸۷ ^b	۳۹۵۲ ^{be}	۳۸۳۸ ^{bd}
۰/۵	۰	۰/۲	۰	۳۱۷۵ ^{jq}	۲۸۱۵ ^{io}	۲۶۳۳ ^{di}	۲۳۱۵ ^{ei}
۰/۵	۰	۰/۲	۵۰	۵۱۴۲ ^{di}	۵۰۰۲ ^{df}	۲۶۰۳ ^{di}	۲۵۰۴ ^{di}
۰/۵	۰/۱	۰	۰	۴۰۲۴ ^{fm}	۳۶۴۸ ^{fm}	۲۷۰۳ ^{di}	۲۴۷۵ ^{di}
۰/۵	۰/۱	۰	۵۰	۵۴۶۷ ^{cg}	۵۱۲۳ ^{cf}	۴۳۳۳ ^{bc}	۴۰۶۲ ^{bc}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰	۷۳۱۲ ^{ab}	۶۶۷۸ ^{bc}	۲۸۹۵ ^{ci}	۲۷۰۷ ^{ch}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۵۰	۸۴۸۶ ^a	۸۳۴۲ ^a	۸۴۸۶ ^a	۸۳۴۲ ^a
۰/۵	۰/۲	۰	۰	۴۱۰۶ ^{fm}	۳۷۰۷ ^{em}	۳۴۲۳ ^{bi}	۳۰۹۰ ^{bg}
۰/۵	۰/۲	۰	۵۰	۵۵۸۳ ^{cf}	۵۱۴۵ ^{cf}	۲۴۵۸ ^{di}	۲۲۸۰ ^{ei}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰	۴۷۲۴ ^{fk}	۴۳۸۲ ^{dj}	۴۷۲۴ ^b	۴۳۸۲ ^b
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۵۰	۶۶۱۴ ^{be}	۵۴۷۱ ^{be}	۲۵۱۹ ^{di}	۲۰۹۰ ^{ei}
۱	۰	۰	۰	۴۵۵۶ ^{fk}	۳۴۴۳ ^{el}	۲۴۹۷ ^{di}	۲۱۳۶ ^{ei}
۱	۰	۰	۵۰	۲۱۳۳ ^{nq}	۲۱۸۳ ^{mo}	۱۸۰۰ ^{hi}	۱۸۲۴ ^{ei}
۱	۰	۰/۲	۰	۳۴۱۰ ^{ip}	۲۰۷۷ ^{mo}	۲۷۲۷ ^{ci}	۱۵۷۸ ^{fi}
۱	۰	۰/۲	۵۰	۳۱۲۷ ^{jq}	۲۶۱۹ ^{jo}	۲۰۶۳ ^{fi}	۱۷۰۱ ^{ei}
۱	۰/۱	۰	۰	۵۲۵۳ ^{cg}	۴۴۲۲ ^{di}	۱۷۷۰ ^{hi}	۱۵۱۳ ^{gi}
۱	۰/۱	۰	۵۰	۶۶۳۷ ^{bd}	۴۹۱۰ ^{dg}	۱۷۲۹ ^{hi}	۱۲۸۰ ^{hij}
۱	۰/۱	۰/۲	۰	۴۳۴۰ ^{fg}	۴۶۲۳ ^{dh}	۳۵۵۳ ^{bg}	۳۸۹۸ ^{bd}
۱	۰/۱	۰/۲	۵۰	۶۷۶۰ ^{bd}	۵۸۰۳ ^{bd}	۲۲۵۳ ^{fi}	۱۹۳۴ ^{ei}
۱	۰/۲	۰	۰	۵۵۲۰ ^{cf}	۴۴۸۷ ^{di}	۲۳۶۴ ^{ei}	۱۸۷۲ ^{ei}
۱	۰/۲	۰	۵۰	۱۷۶۴ ^{pq}	۱۶۸۶ ^{no}	۱۷۶۴ ^{hi}	۱۶۸۶ ^{ei}
۱	۰/۲	۰/۲	۰	۱۴۸۱ ^q	۱۳۳۸ ^o	۲۴۷۵ ^{di}	۲۲۵۹ ^{ei}
۱	۰/۲	۰/۲	۵۰	۳۲۰۷ ^{jq}	۳۰۵۱ ^{ho}	۲۲۵۷ ^{fi}	۲۰۹۹ ^{ei}

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

جدول ۱۱- اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

تیمار			صفت			
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	وزن بذر در بوته (گرم)	تعداد بذر پر بوته	تعداد بذر پوک بوته
۰	۰	۰	۰	۶۹ ^{hk}	۲۷۶ ^{lm}	۲۵۳ ^{di}
۰	۰	۰	۵۰	۸۱ ^{hk}	۳۴۵ ^{hm}	۲۸۱ ^{dh}
۰	۰	۰/۲	۰	۱۲۲ ^{ci}	۵۸۳ ^{hm}	۳۳۸ ^{df}
۰	۰	۰/۲	۵۰	۱۰۱ ^{ek}	۳۱۳ ^{dj}	۲۶۵ ^{di}
۰	۰/۱	۰	۰	۱۱۴ ^{di}	۶۱۸ ^{ci}	۱۷۲ ^{fk}
۰	۰/۱	۰	۵۰	۷۲ ^{hk}	۳۳۶ ^{im}	۱۷۷ ^{fk}
۰	۰/۱	۰/۲	۰	۶۷ ^{ik}	۲۷۸ ^{lm}	۷۶ ^{ki}
۰	۰/۱	۰/۲	۵۰	۱۰۹ ^{dj}	۵۶۷ ^{dk}	۲۵۱ ^{di}
۰	۰/۲	۰	۰	۱۲۴ ^{ch}	۵۶۵ ^{dk}	۲۰۶ ^{fgl}
۰	۰/۲	۰	۵۰	۱۴۰ ^{bg}	۵۹۱ ^{cj}	۱۹۸ ^{fl}
۰	۰/۲	۰/۲	۰	۸۸ ^{gk}	۳۶۷ ^{fm}	۲۱۵ ^{fl}
۰	۰/۲	۰/۲	۵۰	۵۴ ^k	۲۰۵ ^{lm}	۱۸۴ ^{fl}
۰/۵	۰	۰	۰	۱۲۲ ^{ci}	۵۸۱ ^{di}	۴۰۵ ^{cd}
۰/۵	۰	۰	۵۰	۱۸۳ ^{ab}	۷۸۲ ^{ad}	۱۱۴ ^{hl}
۰/۵	۰	۰/۲	۰	۱۱۳ ^{di}	۴۱۸ ^{em}	۱۲۲ ^{gl}
۰/۵	۰	۰/۲	۵۰	۱۳۷ ^{bg}	۵۶۸ ^{dk}	۶۳۶ ^{ab}
۰/۵	۰/۱	۰	۰	۸۷ ^{gk}	۳۶۶ ^{fm}	۱۱۴ ^{hk}
۰/۵	۰/۱	۰	۵۰	۱۴۷ ^{be}	۶۳۶ ^{cg}	۵۱۱ ^{bc}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰	۱۷۸ ^{ab}	۶۸۷ ^{be}	۲۳۵ ^{ek}
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۵۰	۲۲۸ ^a	۱۰۰۴ ^a	۲۸۷ ^{dg}
۰/۵	۰/۲	۰	۰	۹۰ ^{fk}	۳۷۵ ^{fm}	۱۳۵ ^{gl}
۰/۵	۰/۲	۰	۵۰	۱۶۰ ^{bd}	۷۷۱ ^{ad}	۷۴۶ ^a
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰	۱۲۳ ^{cg}	۴۲۹ ^{em}	۵۶ ⁱ
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۵۰	۱۸۸ ^{ab}	۸۶۵ ^{ac}	۳۳۳ ^{df}
۱	۰	۰	۰	۱۰۰ ^{ek}	۳۷۷ ^{fm}	۸۷ ^{jl}
۱	۰	۰	۵۰	۷۳ ^{hk}	۲۹۷ ^{km}	۱۱۳ ^{hl}
۱	۰	۰/۲	۰	۸۴ ^{gk}	۳۵۷ ^{gm}	۱۸۳ ^{fgl}
۱	۰	۰/۲	۵۰	۸۸ ^{gk}	۳۶۵ ^{fm}	۱۸۸ ^{fl}
۱	۰/۱	۰	۰	۱۴۴ ^{bf}	۶۸۷ ^{be}	۲۷۵ ^{dh}
۱	۰/۱	۰	۵۰	۱۸۴ ^{ab}	۹۴۰ ^{ab}	۳۸۹ ^{ce}
۱	۰/۱	۰/۲	۰	۱۳۸ ^{bg}	۶۲۱ ^{ch}	۹۹ ^{jl}
۱	۰/۱	۰/۲	۵۰	۱۷۶ ^{bc}	۷۶۸ ^{ad}	۵۲۱ ^{bc}
۱	۰/۲	۰	۰	۱۴۶ ^{be}	۶۴۴ ^{cf}	۲۷۵ ^{dh}
۱	۰/۲	۰	۵۰	۵۶ ^{jk}	۲۲۹ ^{lm}	۱۵۵ ^{gl}
۱	۰/۲	۰/۲	۰	۴۶ ^k	۱۷۷ ^{lm}	۴۸ ^l
۱	۰/۲	۰/۲	۵۰	۹۶ ^{ek}	۴۶۴ ^{em}	۱۲۶ ^{gl}

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

جدول ۱۲- اثر متقابل براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر ویژگی‌های توده ژاپنی در آزمایش دوم

تیمار		صفت				
براسینواستروئید (میکرومولار)	بور (درصد)	کلسیم (درصد)	جیبرلین (میلی گرم بر لیتر)	وزن بذر در میوه (گرم)	تعداد بذر پرشده در میوه	تعداد بذر پوک در میوه
۰	۰	۰	۰	۴۱ ^g	۱۶۶ ^g	۱۵۶ ^{cd}
۰	۰	۰	۵۰	۴۴ ^{fg}	۱۹۰ ^g	۱۵۲ ^{cd}
۰	۰	۰/۲	۰	۴۸ ^{fg}	۲۲۸ ^{fg}	۱۳۱ ^{cd}
۰	۰	۰/۲	۵۰	۶۹ ^{cg}	۱۹۶ ^g	۱۵۹ ^{cd}
۰	۰/۱	۰	۰	۴۵ ^{fg}	۲۴۳ ^{eg}	۶۸ ^d
۰	۰/۱	۰	۵۰	۴۰ ^g	۱۹۹ ^g	۱۱۹ ^d
۰	۰/۱	۰/۲	۰	۵۹ ^{efg}	۲۴۸ ^{eg}	۵۳ ^d
۰	۰/۱	۰/۲	۵۰	۱۰۹ ^{be}	۵۶۷ ^b	۲۵۱ ^{bc}
۰	۰/۲	۰	۰	۹۸ ^{bf}	۴۵۰ ^{be}	۱۶۶ ^{cd}
۰	۰/۲	۰	۵۰	۷۰ ^{cf}	۲۹۵ ^{dg}	۹۹ ^d
۰	۰/۲	۰/۲	۰	۳۸ ^g	۱۶۲ ^g	۹۸ ^d
۰	۰/۲	۰/۲	۵۰	۴۴ ^{fg}	۱۶۴ ^g	۱۴۷ ^{cd}
۰/۵	۰	۰	۰	۴۶ ^{fg}	۲۱۸ ^{fg}	۱۵۲ ^{cd}
۰/۵	۰	۰	۵۰	۱۰۸ ^{be}	۴۴۷ ^{be}	۶۴ ^d
۰/۵	۰	۰/۲	۰	۹۲ ^{bg}	۳۴۷ ^{cg}	۱۰۱ ^d
۰/۵	۰	۰/۲	۵۰	۶۹ ^{cg}	۲۷۸ ^{eg}	۳۰۷ ^{ab}
۰/۵	۰/۱	۰	۰	۶۰ ^{eg}	۲۵۵ ^{eg}	۷۴ ^d
۰/۵	۰/۱	۰	۵۰	۱۱۵ ^{bd}	۴۹۴ ^{bd}	۳۸۸ ^a
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰	۷۰ ^{cg}	۲۷۱ ^{eg}	۸۹ ^d
۰/۵	۰/۱	۰/۲	۵۰	۲۲۸ ^a	۱۰۰۴ ^a	۲۸۷ ^{ab}
۰/۵	۰/۲	۰	۰	۷۶ ^{bg}	۳۱۴ ^{dg}	۱۱۳ ^d
۰/۵	۰/۲	۰	۵۰	۷۱ ^{cg}	۳۳۹ ^{dg}	۳۱۲ ^{ab}
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰	۱۲۳ ^{ub}	۴۲۹ ^{bf}	۵۶ ^d
۰/۵	۰/۲	۰/۲	۵۰	۷۲ ^{bg}	۳۳۳ ^{dg}	۱۲۴ ^d
۱	۰	۰	۰	۵۶ ^{eg}	۲۱۰ ^{fg}	۵۵ ^d
۱	۰	۰	۵۰	۶۲ ^{eg}	۲۴۶ ^{eg}	۸۶ ^d
۱	۰	۰/۲	۰	۶۵ ^{dg}	۲۶۷ ^{eg}	۱۴۷ ^{cd}
۱	۰	۰/۲	۵۰	۵۹ ^{eg}	۲۴۰ ^{eg}	۱۳۲ ^{cd}
۱	۰/۱	۰	۰	۴۷ ^{fg}	۲۱۹ ^{fg}	۸۸ ^d
۱	۰/۱	۰	۵۰	۴۷ ^{fg}	۲۴۱ ^{eg}	۹۹ ^d
۱	۰/۱	۰/۲	۰	۱۱۹ ^{bc}	۵۴۴ ^{bc}	۸۶ ^d
۱	۰/۱	۰/۲	۵۰	۵۸ ^{eg}	۲۵۵ ^{eg}	۱۷۴ ^{cd}
۱	۰/۲	۰	۰	۶۲ ^{eg}	۲۷۵ ^{eg}	۱۱۹ ^d
۱	۰/۲	۰	۵۰	۵۶ ^{eg}	۲۲۹ ^{fg}	۱۵۵ ^{cd}
۱	۰/۲	۰/۲	۰	۷۷ ^{dg}	۲۹۷ ^{dg}	۸۳ ^d
۱	۰/۲	۰/۲	۵۰	۶۸ ^{dg}	۳۱۶ ^{dg}	۸۶ ^d

حروف غیر مشابه براساس آزمون دانکن دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثرات اصلی براسینواستروئید، جیبرلین، بور و کلسیم بر اکثر صفات مربوط به رشد، ویژگی‌های فیزیولوژیک، زایشی و عملکرد توده ژاپنی معنی‌دار بوده، اما اثرات متقابل این تیمارها مؤثرتر واقع شده است. بطوریکه ترکیب براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بور ۰/۱ درصد و کلسیم ۰/۲ درصد، میانگین وزن بذر توده ژاپنی (۳۶۳۲ کیلوگرم در هکتار) را نسبت به شاهد (۱۱۰۴ کیلوگرم در هکتار) ۳/۲۸ برابر افزایش داده است و می‌تواند جهت افزایش عملکرد بذر هندوانه آجیلی توصیه گردد.

بیشترین تعداد بذر پوک در بوته (۷۴۶ عدد) و بذر پوک در میوه (۷۴۶ عدد) در تیمار براسینواستروئید ۰/۵ میکرومولار، جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بور ۰/۲ درصد و کلسیم صفر درصد بود (جدول ۱۱ و ۱۲). از مقایسه تیمارهایی که بیشترین تعداد بذر پر و پوک را دارند بنظر می‌رسد پوک شدن بذرتحت تاثیر تغییر غلظت بور و کلسیم (غلظت زیاد بور و فقدان کلسیم) در گیاه افزایش یافته که نقش بور و کلسیم را در انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به خوبی نشان می‌دهد (Ferri et al., 2008).

منابع

هولمز، م. ر. ج. (۱۳۷۷) تغذیه گیاه روغنی کلزا. ترجمه احمدی، م. ر. و جاویدی فر، ف. انتشارات شرکت سهامی خاص کشت و توسعه دانه‌های روغنی.

اکبری چرمهینی، س. و معلمی، ن. (۱۳۸۹) تأثیر اسید جیبرلیک بر رشد رویشی نهال‌های زیتون. نشریه علوم باغبانی ۲۴: ۱۸۸-۱۸۴.
آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۹۲) نتایج آمارگیری نمونه ای محصولات باغی سال ۱۳۹۰. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی ۱۱۰.

قدرت، و.، تدین، ب. و جعفری، م. (۱۳۸۸) بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد ایندول بوتیریک اسید و جیبرلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی ذرت. همایش ملی آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی. دزفول، ایران.

- Abaelu, A. M., Makinde, M. A. and Akinrimisi, E. O. (1979) Melon seed protein. I. Study of amino acid composition of defatted meal. Nutrition Reports International Journal 20:605-613.
- Alam, M. M., Hayat, S., Ali, B. and Ahmad, A. (2007) Effect of 28-homobrassinolide treatment on nickel toxicity in *Brassica juncea*. Photosynthetica 1:139-142.
- Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23:112-121.
- Avalbaev, A. M., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. (2003) Effect of brassinosteroids on the hormonal balance in wheat seedlings. Doklady Biological Sciences 1:337-339.
- Aval'baev, A. M., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. (2003) Effect of brassinosteroids on the hormonal balance in wheat seedlings. Doklady Biological Sciences 39:337-339.
- Bajguz, A. (2000) Effect of brassinosteroids on nucleic acids and protein content in cultured cells of *Chlorella vulgaris*. Plant Physiology and Biochemistry 38:209-215.
- Black, M. and Prithard, H. W. (2002) Desiccation and survival in plants drying without dying. Pp.413. CABI in the National, London UK.
- Brookfield, P. L., Ferguson, I. B., Watkins, C. B. and Bowen, J. H. (1996) Seed number and calcium concentrations of 'Braeburn' apple fruit. Journal of Horticultural Science 71:265-271.
- Conway, W. S., Sams, C. E. and Hickey, K. D. (2001) Pre-and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. In International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. Merano, Italy.
- Damghan, I. R. (2009) Exogenous application of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidative Stress in *Lycopersicon esculentum* L. General and Applied Plant Physiology 35:22-34.
- Domingos, S., Nobrega, H., Raposo, A., Cardoso, V., Soares, I., Ramalho, J. C., Leitao, A. E., Oliveira, C. M. and Goulao, L. F. (2016) Light management and gibberellic acid spraying as thinning methods in seedless table grapes (*Vitis vinifera* L.): Cultivar responses and effects on the fruit quality. Scientia Horticulturae 201:68-77.
- Fernandez, F. J., Ladux, J. L. and Searles, P. S. (2015) Dynamics of shoot and fruit growth following fruit thinning in olive trees: same season and subsequent season responses. Scientia Horticulturae 192:320-330.

- Ferri, V. C., Rombaldi, C. V., Silva, J. A., Pegoraro, C., Nora, L., Antunes, P. L., Girardi, C. L. and Tibola, C. S. (2008) Boron and calcium sprayed on 'Fuyu' persimmon tree prevent skin cracks, groove and browning of fruit during cold storage. *Ciencia Rural* 38: 2146-2150.
- Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Koubaa, M., Lopez-Cervantes, J., Yousefabad, S. H. A., Hosseini, S. F., Karimi, M., Motazedian, A. and Asadifard, S. (2017) Novel edible oil sources: Microwave heating and chemical properties. *Food Research International* 92:147-153.
- Hayat, S., Ahmad, A., Mobin, M., Hussain, A. and Fariduddin, Q. (2001) Photosynthetic rate, growth, and yield of mustard plants sprayed with 28-homobrassinolide. *Photosynthetica* 38: 469-471.
- Hong - Bo, S., Li - Ye, C. and Ming - An, S. (2008) Calcium as a versatile plant signal transducer under soil water stress. *BioEssay* 30:634-641.
- Houimli, S. I. M., Denden, M. and Mouhades, B. D. (2010) Effects of 24-epibrassinolide on growth, chlorophyll, electrolyte leakage and proline by pepper plants under NaCl-stress. *EurAsian Journal of Biosciences* 4:96-104.
- Huang, J. H. and Huang, L. (2005) The application of GA3 in citrus orchards. *South China Fruits* 3:32-36.
- Huh, Y. C., Solmaz, I., Sari, N. and Pitrat, M. (2008) Morphological characterization of Korean and Turkish watermelon germplasm. *proceedings of the 9th meeting on genetics and breeding of cucurbitaceae. france.*
- Khalig, G., Mohamed, M. T. M., Ghazali, H. M., Ding, P. and Ali, A. (2016) Influence of gum arabic coating enriched with calcium chloride on physiological, biochemical and quality responses of mango (*Mangifera indica* L.) fruit stored under low temperature stress. *Postharvest Biology and Technology* 111:362-369.
- Khripach, V., Zhabinskii, V. and deGroot, A. (2000) Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany* 86: 441-447.
- Kumar, S. and Dey, P. (2011) Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae* 127:318-324.
- Manna, D. and Maity, T. K. (2016) Growth, yield and bulb quality of onion (*Allium cepa* L.) in response to foliar application of boron and zinc. *Journal of Plant Nutrition* 39:438-441.
- Marathe, R. A., Sharma, J., Murkute, A. A. and Babu, K. D. (2017) Response of nutrient supplementation through organics on growth, yield and quality of pomegranate. *Scientia Horticulturae* 214:114-121.
- Marschner, H. (2011) Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press. Germany.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. (1978) Principles of plant nutrition. Springer, Netherlands.
- Munzi, S., Pirintos, S. A. and Loppi, S. (2009) Chlorophyll degradation and inhibition of polyamine biosynthesis in the lichen *Xanthoria parietina* under nitrogen stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72:281-285.
- Nyomora, A. M., Brown, P. H. and Freeman, M. (1997) Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122:405-410.
- Peng, J., Tang, X. and Feng, H. (2004) Effects of brassinolide on the physiological properties of litchi pericarp (*Litchi chinensis* cv. nuomoci). *Scientia horticulturae* 101:407-416.
- Puzina, T. I. (2004) Effect of zinc sulfate and boric acid on the hormonal status of potato plants in relation to tuberization. *Russian Journal of Plant Physiology* 51:209-215.
- Randhawa, K. S. and Singh, K. (1970) Effect of maleic hydrazide, naphthalene-acetic acid and gibberellic acid applications on vegetative growth and yield of muskmelon (*Cucumis melo* L.). *Indian Journal of Horticulture* 27:195-200.
- Roghabadi, M. A. and Pakkish, Z. (2014) Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'tak danehe mashhad' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Agricultural Communications* 2:49-56.
- Salehi, R., Kashi, A., Lee, J. M. and Javanpour, R., (2014) Mineral concentration, sugar content and yield of Iranian 'Khatooni' melon affected by grafting, pruning and thinning. *Journal of Plant Nutrition* 37:1255-1268.
- Salisbury, F. B. and Ross, C. W. (1992) Plant Physiology. 4th Ed. Belmont, CA. Wadsworth.
- Shah, S. H. and Ahmad, I. (2007) Responses of *Nigella sativa* to foliar application of gibberellic acid and kinetin. *Biologia plantarum* 51:563-566.
- Shoeib, M. M. and El-Sayed, A. (2003) Response of "Thompson Seedless" grape vines to the spray of some nutrients and citric acid. *Minia Journal of Agricultural Research and Development* 23:681-698.
- Smart, R. E. and Bingham, G. E. (1974) Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol* 53:285-260.
- Soad, M., Lobna, S. T. and Farahat, M. M. (2010) Vegetative growth and chemical constituents of croton plants as affected by foliar application of benzyl adenine and gibberellic acid. *Journal of American Science* 6:126-130.
- Susila, T., Reddy, S. A., Rajkumar, M., Padmaja, G. and Rao, P. V. (2012) Effects of sowing date and spraying of brassinosteroid on yield and fruit quality characters of watermelon. *World Journal of Agricultural Sciences* 8:223-228.
- Swaroop, K., Singh, K. P. and Raju, D. V. S. (2007) Vegetative growth, flowering and seed characters of African marigold (*Tagetes erecta* Linn.) as influenced by different growth substances during mild off seasons. *Journal of Ornamental Horticulture* 10:268-270.

- Tak, J. and Jain, S. (2016) Nutrient potential of watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds and its incorporation in product preparation. Food Science Research Journal 7:202-206.
- Unamba, C. I. N., Ezeibekwe, I. O. and Mbagwu, F. N. (2009) Comparative effect of the foliar spray and seed soaking application method of gibberellic acid on the growth of *Abelmoschus esculentus* (Okra Dwarf). Journal of American Science 5:133-140.
- Wang, C., Hai, J., Yang, J., Tian, J., Chen, W., Chen, T., Luo, H. and Wang, H. (2016) Influence of leaf and silique photosynthesis on seeds yield and seeds oil quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). European Journal of Agronomy 74:112-118.
- Yun, H. S., Bae, Y. H., Lee, Y. J., Chang, S. C., Kim, S. K., Li, J. and Nam, K. H. (2009) Analysis of phosphorylation of the BRI1/BAK1 complex in Arabidopsis reveals amino acid residues critical for receptor formation and activation of BR signaling. Molecules and cells 27:183-190.
- Zhang, M., Zhai, Z., Tian, X., Duan, L. and Li, Z. (2008) Brassinolide alleviated the adverse effect of water deficits on photosynthesis and the antioxidant of soybean (*Glycine max* L.). Plant growth regulation 56:257-264.