

اثر برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر سفتی دانه، ویژگی‌های کمی و کیفی انار

رقم یوسف‌خانی^۱

Effect of Some Plant Growth Regulators on Seed Firmness, Quantitative and Qualitative Characteristics of Pomegranate (*Punica granatum*) cv. Yousefkhani

سمیه جعفری، حسن ساری‌خانی*، ابراهیم احمدی و سیدمرتضی زاهدی^۲

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر تغییر ویژگی‌های کمی و کیفی انار رقم یوسف‌خانی و با تاکید بر تاثیر آن‌ها بر کاهش سفتی هسته انار صورت گرفت. در این پژوهش از غلظت‌های مختلف کاینترین (۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر)، جیبرلیک‌اسید (۱۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) و پاکلوبوترازول به‌عنوان یک ضدجیبرلین (۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و از آب مقطر به‌عنوان شاهد استفاده شد. محلول‌پاشی درختان چهار هفته پس از تشکیل میوه صورت گرفت. نتیجه‌ها نشان داد کاربرد کاینترین به‌ترتیب در غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش طول و وزن میوه شد. در مقابل کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب تشکیل میوه‌های ریز نسبت به بقیه تیمارها و شاهد گردید. بیشترین درصد بخش خوراکی میوه در تیمار کاینترین و جیبرلیک‌اسید ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. تیمارهای تنظیم‌کننده‌های رشد در مقایسه با شاهد روی سفتی هسته اثر معنی‌داری نشان دادند. کمترین سفتی هسته در تیمار پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی میوه تاثیر داشت. اگرچه تیمارهای دیگر سبب کاهش مقدار آنتوسیانین کل شدند ولی این کاهش در تیمار پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده نشد. واژه‌های کلیدی: جیبرلیک‌اسید، کاینترین، پاکلوبوترازول، سفتی دانه.

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از تیره انارسانان^۲ می‌باشد و امروزه در سرتاسر دنیا در بسیاری از شرایط اقلیمی از جمله مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می‌شود (۱۰). انار میوه دلپذیر با ارزش غذایی بسیار بالایی است که فایده‌های بسیاری برای سلامت انسان دارد و در پیشگیری از بیماری‌ها مفید است (۲۷). به همین دلیل به‌تازگی تقاضای مصرف انار در کشورهای غربی افزایش یافته است. این موضوع به‌دلیل ویژگی‌های غذایی و دارویی آن می‌باشد که ناشی از ویژگی‌های ضد سرطانی، ضد میکروبی و کاهنده فشار خون در ترکیب‌های موجود در آن می‌باشد. این ویژگی‌ها بیشتر به‌دلیل وجود مقدار بالای آنتی‌اکسیدان و پلی‌فنول‌ها است (۱۳). پوست و آب انار منبع غنی از آنتوسیانین‌ها و پلی‌فنول‌ها می‌باشند (۱۷). بیشتر ترکیب‌های فنولی، به‌ویژه

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۳۰

۲- تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۲۵

۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشیار گروه بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (sarikhani@basu.ac.ir).

۳- Punicaceae

آنتوسیانین‌های سیانیدین ۳-گلوکوزاید و سیانیدین ۳ و ۵ دی‌گلوکوزاید و ترکیب‌های فنولی گالیک‌اسید، مشتقات گالیک‌اسید و پونیکالائین‌ها در آب میوه انار متمرکز شده‌اند (۲۰).

ایران از مهم‌ترین صادرکنندگان انار در جهان است. در ایران تنوع بسیار خوبی از رقم‌های انار وجود دارد، به‌طوری‌که در کلکسیون مرکز تحقیقات و کشاورزی استان یزد حدود ۷۶۲ نژادگان انار جمع‌آوری و نگهداری می‌شود (۶). شوربختانه، سالانه مقدار زیادی از انار تولید شده در ایران بازاری پسندی مناسبی نداشته و قابلیت عرضه به بازار و یا صادرات را ندارد (۳). از جمله مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت میوه انار سفتی دانه یا هسته می‌باشد (۲۴، ۲۵). بخش خوراکی انار که حبه یا آریل نامیده می‌شود، حدود ۴۵ تا ۵۲٪ از وزن کل میوه را شامل می‌شود. آریل از دو بخش تستا و هسته تشکیل شده است. تستا پوشش بذر می‌باشد و گوشتی بوده و غنی از ترکیب‌های فنولی و اسیدهای آلی است. هسته نیز شامل پوسته داخلی و رویان است. پوسته درونی بذر با ویژگی چوبی، قسمت سخت دانه انار محسوب می‌شود که در برگیرنده رویان و ماده‌های غذایی اندوخته شده برای تنزیدن دانه و رشد گیاهچه است و غنی از فیبر و چربی می‌باشد، این قسمت تعیین‌کننده سفتی و دلپذیری دانه‌ها است (۱۹، ۲۴).

کیفیت دانه در انار به‌وسیله فراسنجه‌های حسی مختلفی تعیین می‌شود که در پذیرش مصرف‌کننده تاثیر می‌گذارد. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از سفتی، مقدار فیبر کل، شاخص قسمت چوبی و شاخص رسیدگی که می‌توانند فاکتورهای تعیین‌کننده باشند (۱۹، ۲۴). رقم‌های انار را بر اساس سختی دانه می‌توان به ۴ گروه تقسیم کرد: نرم، نیمه‌نرم، نیمه‌سخت، سخت. بیشتر رقم‌های تجاری انار، هسته نیمه‌سخت یا سخت دارند و این یک ویژگی نامطلوب است، چرا که خوردن یا جویدن آریل مشکل شده و ماده‌های مغزی دانه مثل اسیدهای چرب آزاد نمی‌شود و غیر قابل استفاده می‌ماند. داشتن بذر نرم یک ویژگی تجاری مطلوب است، ولی نژادگان‌های انار نرم دانه محدود به مناطق خاصی هستند و مشاهده شده است که دگرگرده افشانی رقم‌های نرم دانه با سخت دانه باعث ایجاد بذر سخت در نتاج می‌شود (۱۴، ۲۴، ۲۵). بذر انار غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد که شامل ایزومرهای همراه با لینولئیک‌اسید است. این ترکیب‌ها به‌تازگی مورد توجه قرار گرفته‌اند، چرا که در پیشگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان، آسم و کاهش مقدار کلسترول نقش دارند (۱۳). با توجه به این‌که تعداد محدودی از رقم‌ها و نژادگان‌های انار از نظر طعم و ظاهر مطلوب هستند و بیشتر این رقم‌ها سخت دانه یا نیمه‌سخت هستند، تولید یا به‌نژادی رقم‌های مطلوب با ویژگی نرم دانه یا نیمه نرم اهمیت زیادی دارد. روش توارث نرم دانگی در انار شناخته شده نیست. همچنین با توجه به محدود بودن منابع انارهای نرم دانه (۲۴، ۲۵)، به‌نژادی رقم‌های مطلوب با ویژگی نرم دانه، سخت و زمان‌بر است. بنابراین یافتن روش‌های فیزیولوژیکی موثر در کیفیت و سختی دانه می‌تواند با ارزش باشد.

هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش مهمی را در فرآیندهایی که منجر به بلوغ میوه و تکامل بذر می‌شوند، بازی می‌کنند. از جمله این هورمون‌ها جیبرلیک‌اسید می‌باشد که با افزایش پتانسیل نورساخت گیاه، ظرفیت منبع (بافت‌های فرستنده) را زیر تاثیر قرار می‌دهد و همچنین به بالا بردن قدرت سینک (بافت‌های دریافت‌کننده) در افزایش جذب و انتقال کمک می‌کند و در پایان کیفیت میوه را زیر تاثیر قرار می‌دهد (۲۶). استفاده از جیبرلیک‌اسید در انار رقم روبی^۱ در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نشان داد که کاربرد جیبرلیک‌اسید مقدار عملکرد و وزن میوه را افزایش می‌دهد، که این افزایش در وزن میوه می‌تواند وابسته به تقسیم یاخته‌ای و بزرگ شدن یاخته‌ها باشد. همچنین کاربرد جیبرلیک‌اسید موجب افزایش مقدار ماده‌های جامد محلول در میوه‌ها می‌شود، که این افزایش می‌تواند در اثر بهبود وضعیت فیزیولوژیکی برگ و در پی آن انتقال بهتر ترکیب‌های

حیاتی به میوه‌ها باشد و در مقابل نیز نورساخت توسط نمو میوه تحریک می‌شود (۱۵). احتشامی و همکاران (۱) نشان دادند استفاده از جیبرلیکاسید باعث افزایش اندازه میوه‌ها، درصد آریل، اندازه عرض و تعداد آریل و ماده‌های جامد محلول می‌شود. در پژوهشی دیگر مشخص شد استفاده از جیبرلیکاسید باعث تغییر معنی‌داری بر درصد بخش خوراکی و پوست میوه شد. همچنین محلول‌پاشی جیبرلیکاسید در زمان باز شدن گل‌ها، درصد بخش خوراکی میوه را کاهش داد ولی غلظت جیبرلیکاسید بر ضخامت پوست میوه، قطر و درصد هسته آریل‌ها و وزن تر ۱۰۰ هسته اثر معنی‌داری نداشت. افزون بر این، نتیجه‌ها نشان داد وزن دانه‌های خوراکی میوه به غلظت جیبرلیکاسید واکنش نشان داد (۷).

سایتوکاینین‌ها دسته دیگری از هورمون‌های گیاهی هستند که نقش مهمی در تنظیم چرخه یاخته‌ای گیاه و بسیاری از فرآیندهای رشد و نمو دارند. استفاده از سیتوکینین‌ها در برخی از میوه‌ها از جمله انگور می‌تواند باعث بی‌دانگی شود. همچنین در زودرسی، افزایش عملکرد، بالا بردن عمر قفسه‌ای و به‌تأخیر انداختن تاریخ برداشت نیز می‌تواند نقش داشته باشد (۱۸). ولی‌پور و همکاران (۷) نشان داد که ویژگی‌های شیمیایی میوه انار چندان زیر تأثیر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند کاینیتین قرار نمی‌گیرد، همچنین تغییر ضخامت پوست میوه، درصد رطوبت هسته و مقدار فیبری شدن پوسته معنی‌دار نبود، در صورتی که این ماده منجر به کاهش اندازه آریل، کاهش وزن دانه‌های خوراکی و کاهش وزن خشک ۱۰۰ هسته می‌شود.

مشخص شده است که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد دیگری مانند پاکلوبوترازول به‌عنوان یک بازدارنده رشد در انگور و بسیاری از گونه‌های درختی دیگر باعث افزایش تشکیل میوه، عملکرد بالاتر و بهبود کیفیت میوه می‌شود و همچنین به‌عنوان یک ضدجیبرلین در انار، نشان داده که باعث کاهش ترک خوردگی پوست میوه، افزایش وزن میوه، افزایش قطر میوه و ماده‌های جامد کل و افزایش اسیدیته آب میوه می‌شود. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در اواسط خرداد بهترین نتیجه را در کاهش ترک خوردگی و افزایش کیفیت میوه دربردارد (۱۲). همچنین Aly و همکاران (۸) نشان دادند که پاکلوبوترازول در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش تعداد میوه و افزایش مقدار ماده‌های جامد محلول و نسبت ماده‌های جامد محلول به اسیدیته را در درختان انار به‌همراه داشته است.

با توجه به اهمیت بالای انار و تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر کیفیت میوه پژوهشی با هدف بررسی اثرهای جیبرلیکاسید، کاینیتین و پاکلوبوترازول به‌صورت محلول‌پاشی در زمان پیش از برداشت، روی ویژگی‌های کیفی میوه انار و همچنین تأثیر آن‌ها بر مقدار سفتی هسته انار اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش روی انار رقم یوسف‌خانی در باغ اناری خصوصی در شهرستان ساوه، روستای آغدره با مختصات جغرافیایی تقریبی ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا انجام شد. این پژوهش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نوع و غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد در نه سطح شامل شاهد (آب مقطر)، جیبرلیکاسید در دو غلظت (۱۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر)، پاکلوبوترازول در چهار غلظت (۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و کاینیتین در دو غلظت (۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. زمان محلول‌پاشی چهار هفته پس از تشکیل میوه بود. پژوهش حاضر با سه تکرار و یک درخت در هر تکرار انجام شد. برای همسان‌سازی سن میوه‌ها تنها از گل‌های مرحله اول استفاده شد و گل‌هایی که در مراحل بعدی رشد کردند، به‌منظور راحتی کار حذف شدند. تیمارهای یاد شده در ساعت‌های ابتدایی صبح، به صورت محلول‌پاشی برگ‌های شاخه‌های مختلف اعمال شد. به‌منظور جذب بیشتر این ترکیب‌ها از مویان تووین ۲۰ به مقدار حدود ۰/۵٪ استفاده شد. برای بررسی روند انباشت فیبر و افزایش سفتی در دانه‌ها، در زمان‌های ۲۲، ۴۸ و ۸۷ روز پس از تمام گل و همچنین در زمان برداشت از میوه‌های تشکیل شده در سری اول

نمونه برداری شد و میزان سفتی هسته مورد بررسی قرار گرفت و در اینجا تنها نتایج زمان برداشت آورده شده است. همچنین، در مرحله رسیدن تجاری نیز تمام میوه‌های تیمار شده، برداشت شدند و برای اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند.

وزن و اندازه میوه و تاج میوه، درصد حبه (رابطه ۱)، ضخامت پوست، وزن تر ۱۰۰ حبه، وزن تر و خشک ۱۰۰ هسته و سفتی هسته از جمله ویژگی‌های فیزیکی بودند که در این پژوهش اندازه‌گیری شد. سفتی هسته با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (مدل BT1-FR0.5TH.D14، ساخت شرکت زوئیک، آلمان) اندازه‌گیری شد.

ویژگی‌ها زیست‌شیمیایی که در این پژوهش مورد سنجش قرار گرفت، شامل ماده‌های جامد محلول با استفاده از قندسنج دستی (مدل N1، آتاگو، ژاپن)، اسیدیته قابل تیتراسیون (رابطه ۲) و اندازه‌گیری pH آب میوه با استفاده از دستگاه پی‌اچ‌سنج (مدل اکوالیتک، متروهم، سوئیس) بود. آنتوسیانین کل نیز بر اساس روش Giusti و Wrolstad (۱۶) اندازه‌گیری شد، به‌طوری که برای تعیین آنتوسیانین کل از روش اختلاف pH بین دو سیستم بافری استفاده شد. در این روش پس از عصاره‌گیری آب میوه در دو بافر با اسیدیته ۱ و ۴/۵، جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و آنتوسیانین کل بر اساس آنتوسیانین غالب انار که سیانیدین ۳-گلوکوزاید می‌باشد، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

رابطه‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل:

$$\text{رابطه ۱)} \quad 100 \times (\text{وزن کل میوه} / \text{بخش خوراکی میوه}) = \text{درصد حبه}$$

$$\text{رابطه ۲)} \quad 100 \times (N \times V_b \times E / V_j) = \text{اسیدیته}$$

N و Vb: به‌ترتیب نرمالیزه و حجم سود مصرفی و E: اکسی والان اسید سیتریک (۶۴) و Vj: حجم نمونه آب میوه است.

$$\text{رابطه ۳)} \quad \text{آنتوسیانین کل} = [(A \times MW \times DF \times 100) / MA]$$

$$A = (A_{510} - A_{700}) \text{ pH}_{1.0} - (A_{510} - A_{700}) \text{ pH}_{4.5}$$

MW: وزن مولکولی آنتوسیانین غالب، DF: فاکتور رقت (۱۰) و MA: ضریب جذب مولی سیانیدین ۳-گلوکوزاید (۲۶/۹) است.

واکاوی داده‌ها به روش مدل خطی عمومی (GLM) و به کمک نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی میوه

اندازه میوه و تاج میوه

بررسی نتیجه‌ها نشان داد اثر نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده روی وزن و طول میوه و طول و قطر تاج میوه از نظر آماری معنی‌دار بود، در صورتی که روی قطر میوه اثری نداشت. کاربرد کاینیتین در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش وزن میوه شد. بیشترین طول میوه در تیمار کاینیتین با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار پاکلوبوترازول با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. نتیجه‌های مشابه نیز در مورد طول میوه مشاهده شد (جدول ۱).

اگرچه در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول افزایشی در وزن میوه مشاهده نشد، ولی کاربرد پاکلوبوترازول در دیگر غلظت‌ها سبب افزایش اندازه و وزن میوه شد. پاکلوبوترازول یک تنظیم‌کننده رشد ضد جیبرلین است که از رشد رویشی در گیاهان بالغ جلوگیری می‌کند و سبب افزایش رشد زایشی مانند افزایش

گلدھی و افزایش اندازه میوه می‌گردد (۱۱). البته این موضوع می‌تواند به زمان کاربرد و غلظت و همچنین گیاه مورد محلول‌پاشی ارتباط داشته باشد. براساس گزارش Aly و همکاران (۸) مشخص شده است که کاربرد پاکلوبوترازول سبب افزایش وزن و قطر حبه در انگور شده و بیشترین افزایش در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است. در مقابل در گزارش صدیقی و همکاران (۵) مشخص شد که کاربرد پاکلوبوترازول در زردآلو تاثیر معنی‌داری بر طول، قطر و حجم میوه نداشت. پاکلوبوترازول یک کند کننده رشد است که به دلیل کاهش رقابت رشدی می‌تواند روی رشد میوه موثر باشد.

جدول ۱- اثر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد (پاکلوبوترازول، کاینیتین و جیبرلیک‌اسید) بر وزن میوه، اندازه میوه و اندازه تاج میوه انار رقم یوسف‌خانی.

Table 1. Effect of spraying plant growth regulators (paclobutrazol, kinetin, and gibberellic acid) on fruit weight, fruit size, and crown size of pomegranate cv. Yousefkhani.

تیمار	غلظت	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	طول تاج میوه	قطر تاج میوه
Treatment	Concentration (mg/l)	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit crown length (cm)	Fruit crown diameter (cm)
شاهد	0	315.9 ^b	10.31 ^b	8.13 ^a	2.80 ^b	1.88 ^b
Control						
کاینیتین	10	334.1 ^a	11.20 ^a	8.27 ^a	3.05 ^a	1.82 ^b
Kinetin						
	20	357.4 ^a	10.61 ^{ab}	8.17 ^a	2.70 ^c	1.83 ^b
جیبرلیک‌اسید	10	306.4 ^b	10.29 ^b	7.64 ^a	2.77 ^c	2.06 ^a
Gibberellic acid						
	40	298.0 ^b	9.61 ^c	7.64 ^a	2.81 ^b	1.69 ^c
پاکلوبوترازول	10	305.6 ^b	10.32 ^b	8.00 ^a	2.54 ^d	1.71 ^c
Paclobutrazol						
	50	340.4 ^a	11.07 ^a	8.27 ^a	2.85 ^b	1.94 ^a
	100	331.8 ^a	10.97 ^a	8.26 ^a	2.93 ^b	1.86 ^b
	200	285.2 ^c	9.03 ^d	7.60 ^a	2.81 ^b	1.69 ^c

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% level of probability using DMRT.

حرف‌های مشابه در هر ستون نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می‌باشند.

در پژوهش حاضر کاربرد کاینیتین با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش وزن میوه نسبت به برخی تیمارهای دیگر گردید که این موضوع با نتیجه‌های به‌دست آمده توسط Kassem و Marzouk (۱۸) و Zhang و Whiting (۲۸) همسو است. به‌نظر می‌رسد که کاینیتین در مرحله تقسیم یاخته‌ای با افزایش تقسیم و یا بزرگ شدن یاخته‌ها می‌تواند در افزایش وزن میوه موثر باشد. استفاده از انواع مختلف سیتوکینین‌ها در انگور و گیلاس نشان می‌دهد که این هورمون می‌تواند در افزایش وزن میوه موثر باشد (۱۸، ۲۸).

بررسی نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد، کاربرد جیبرلیک‌اسید تاثیری بر وزن و ابعاد میوه نداشت (جدول ۱). این موضوع می‌تواند به اثرهای گرده‌کشی جیبرلین ارتباط داشته باشد که در مراحل اولیه تشکیل میوه با جلوگیری از تشکیل حبه‌های طبیعی سبب کاهش رشد میوه (وزن و ابعاد میوه) می‌گردد. نتیجه‌های متناقضی از کاربرد جیبرلیک‌اسید در میوه‌های مختلف و انار گزارش شده است که این موضوع می‌تواند به زمان کاربرد و همچنین غلظت مورد استفاده ارتباط داشته باشد. جیبرلیک‌اسید با افزایش انعطاف‌پذیری دیواره یاخته‌ای و

به دنبال آن با هیدرولیز نشاسته به قند، پتانسیل آب یاخته را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث ورود آب به درون یاخته و ایجاد کشیدگی و در نهایت افزایش رشد می‌شود (۱۸). همچنین، در مورد گیلان‌های وجود دارد که نشان می‌دهد استفاده از جیبرلیک‌اسید در مرحله تقسیم یاخته‌ای باعث افزایش اندازه میوه می‌شود و این افزایش در اندازه می‌تواند به دلیل تأخیر در رسیدگی توسط جیبرلیک‌اسید باشد (۴، ۹، ۲۸). در پرتقال رقم ناول، کاربرد جیبرلیک‌اسید در غلظت‌های مختلف در زمانی که قطر میوه حدود ۶۴ میلی‌متر بود، قطر میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما طول میوه تنها در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید نسبت به شاهد افزایش یافت. جیبرلیک‌اسید از راه تأخیر در زمان رسیدن میوه و در نتیجه جوان‌تر ماندن میوه از نظر فیزیولوژیکی فرصت بیشتری برای رشد و افزایش آب و اندازه میوه فراهم می‌نماید (۲).

در پژوهشی Pawar و همکاران (۲۳) روی انار بیان نمودند استفاده از جیبرلیک‌اسید در غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بالاترین عملکرد دانه را به دنبال دارد و با استفاده از جیبرلیک‌اسید وزن میوه به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در حالی‌که Mohamed (۲۱) بیان نمود که غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک‌اسید برای به‌دست آوردن سنگین‌ترین میوه با کمترین ترک‌خوردگی میوه در انار لازم است. نقش مثبت جیبرلین در افزایش وزن می‌تواند به دلیل نقش آن‌ها در بزرگ شدن یاخته و تقسیم یاخته‌ای باشد. در مقابل Ghosh و همکاران (۱۵) بیان نمودند که اندازه میوه (طول و قطر) در انار و مقدار آب فراسنجه‌هایی می‌باشند که زیر تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله جیبرلین‌ها قرار نمی‌گیرند. در پژوهشی دیگر مشخص شد که استفاده از جیبرلیک‌اسید در انار باعث افزایش اندازه میوه می‌شود و این در حالی است که از نظر طول میوه اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت، ولی از نظر قطر میوه اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت (۱). در مقابل ولی‌پور (۷) گزارش کرد که کاربرد جیبرلیک‌اسید در غلظت‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر اندازه میوه نداشت.

درصد بخش خوراکی و ضخامت پوست

بیشترین درصد بخش خوراکی در تیمارهای جیبرلیک‌اسید و کاینیتین با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای کاینیتین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و پاکلوبوترازول ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت. در مقابل کمترین قسمت خوراکی در تیمار پاکلوبوترازول با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمار پاکلوبوترازول ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). در پژوهشی که ولی‌پور و همکاران (۷) روی انار انجام دادند، مشخص شد که کاربرد کاینیتین منجر به کاهش وزن دانه‌های خوراکی می‌شود. همچنین، در پژوهشی دیگر در گیاه انار استفاده از پاکلوبوترازول باعث تولید میوه‌های کوچک شد که در نتیجه درصد وزن پوست میوه، افزایش و درصد وزن حبه و آب میوه کاهش یافت (۱۲). ممکن است پاکلوبوترازول با کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ، باعث تغییر در فعالیت کلروپلاست شود و ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش دهد و بین رشد و نمو تعادل برقرار کند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تیمار پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تأثیر و تیمار جیبرلیک‌اسید در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین تأثیر را بر ضخامت پوست داشت (جدول ۲). در گزارش رستگار و راحمی (۲) کاربرد اسیدجیبرلیک در پرتقال رقم ناول تأثیر معنی‌داری بر درصد پوست میوه نداشت، ولی در مقابل در نارنگی رقم کلمانتین کاربرد اسیدجیبرلیک در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش معنی‌دار درصد پوست میوه گردید. در پژوهش‌هایی که روی انار صورت گرفته است، مشخص شده است که استفاده از جیبرلیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر ضخامت پوست ندارد (۱، ۷). استفاده از پاکلوبوترازول در انار، درصد وزن پوست میوه را افزایش و درصد بخش خوراکی را کاهش داد (۱۲). نتیجه‌های به‌دست آمده در این پژوهش با نتیجه‌های به‌دست آمده توسط El-Khawaga (۱۲) مطابقت دارد.

جدول ۲- اثر محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد (پاکلوبوترازول، کاینیتین و جیبرلیک‌اسید) بر درصد بخش خوراکی و ضخامت پوست میوه انار رقم یوسف‌خانی.

Table 2. Effect of spraying plant growth regulators (paclobutrazol, kinetin, and gibberellic acid) on percentage of edible portion and peel thickness of pomegranate fruit cv. Yousefkhani.

تیمار Treatment	غلظت Concentration (mg L ⁻¹)	بخش خوراکی Edible portion (%)	ضخامت پوست Peel thickness (mm)
شاهد Control	0	50.35 ^b	5.16 ^{ab}
کاینیتین Kinetin	10	52.26 ^a	4.99 ^{ab}
	20	51.70 ^{ab}	4.95 ^{ab}
جیبرلیک‌اسید Gibberellic acid	10	52.45 ^a	4.24 ^b
	40	49.78 ^b	5.10 ^{ab}
پاکلوبوترازول Paclobutrazol	10	49.68 ^b	4.80 ^{ab}
	50	47.58 ^c	5.35 ^a
	100	47.42 ^c	4.72 ^{ab}
	200	51.35 ^{ab}	5.46 ^a

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% level of probability using DMRT.

حرف‌های مشابه در هر ستون نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می باشند

وزن حبه و وزن تر و خشک هسته

داده‌های مربوط به وزن ۱۰۰ حبه نشان داد که نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد از نظر آماری تاثیر معنی‌داری بر این ویژگی نداشت. تیمار جیبرلیک‌اسید در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تاثیر را دبرر افزایش وزن ۱۰۰ حبه داشت، در حالی که تیمار کاینیتین با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین تاثیر را بر وزن ۱۰۰ حبه داشت (جدول ۳). در پژوهشی که ولی‌پور و همکاران (۷) روی انار انجام دادند، مشخص شد که جیبرلیک‌اسید در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین تاثیر را بر افزایش وزن حبه‌ها داشت و با افزایش غلظت جیبرلیک‌اسید به ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از وزن حبه کاسته شد که نتیجه‌های پژوهش حاضر با آن مطابقت دارد. از سویی استفاده از پاکلوبوترازول در انار نشان داد که این تنظیم‌کننده رشد کمترین تاثیر را در افزایش درصد وزن حبه داشته است. این اثرها ممکن است ناشی از تولید میوه‌های کوچکتر با درصد وزن پوست بیشتر باشد (۱۲).

بررسی نتیجه‌ها نشان داد اثر نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد از نظر آماری روی وزن تر و خشک ۱۰۰ هسته معنی‌دار بود، به‌طوری که در هر دو ویژگی مورد سنجش، میوه‌های تیمار شده با پاکلوبوترازول با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین وزن تر و خشک و میوه‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کاینیتین بیشترین وزن را داشتند (جدول ۳). در صورتی که در پژوهش انجام شده توسط ولی‌پور و همکاران (۷)، مشخص شد استفاده از کاینیتین در انار رقم ملس یزدی به فاصله ۶۰ روز پس از مرحله تمام گل، می‌تواند وزن تر و خشک ۱۰۰ هسته را کاهش دهد (۷، ۲۴) که با نتیجه‌های پژوهش حاضر تفاوت دارد، که به‌احتمال به تاثیر نوع رقم و زمان محلول‌پاشی بر می‌گردد.

جدول ۳- اثر محلول پاشی تنظیم کننده های رشد (پاکلوبوترازول، کایننتین و جیبرلیک اسید) بر وزن ۱۰۰ حبه، وزن تر و خشک ۱۰۰ هسته انار رقم یوسف خانی.

Table 3. Effect of spraying plant growth regulators (paclobutrazol, kinetin, and gibberellic acid) on fresh weight of 100 arils, fresh and dry weight of 100 seeds of pomegranate cv. Yousefkhani.

تیمار	غلظت	وزن تر ۱۰۰ حبه	وزن تر ۱۰۰ هسته	وزن خشک ۱۰۰ هسته
Treatment	Concentration (mg/l)	Fresh weight of 100 arils (g)	Fresh weight of 100 seeds (g)	Dry weight of 100 seeds (g)
شاهد	0	41.10 ^a	9.41 ^{ab}	3.73 ^{ab}
control				
کایننتین	10	39.37 ^a	9.78 ^a	3.95 ^a
Kinetin				
	20	40.03 ^a	9.37 ^{ab}	3.60 ^{ab}
جیبرلیک اسید	10	44.52 ^a	9.51 ^a	3.70 ^{ab}
Gibberellic acid				
	40	40.49 ^a	9.16 ^b	3.49 ^{bc}
پاکلوبوترازول	10	40.97 ^a	7.54 ^c	3.37 ^c
Paclobutrazol				
	50	42.45 ^a	9.69 ^a	3.76 ^{ab}
	100	43.33 ^a	8.98 ^b	3.74 ^{ab}
	200	40.30 ^a	9.19 ^b	3.77 ^{ab}

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% level of probability using DMRT.

حرف های مشابه در هر ستون نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می باشند.

سفتی هسته انار

بررسی نتیجه ها نشان داد نوع و غلظت تنظیم کننده های رشد از نظر آماری تاثیر معنی داری بر سفتی دانه انار داشت، به طوری که بیشترین مقدار سفتی هسته در میوه های تیمار شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار سفتی دانه انار در تیمارهای پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به دست آمد. با افزایش غلظت جیبرلیک اسید از ۱۰ به ۴۰ میلی گرم در لیتر سفتی دانه کاهش یافت. همچنین، در تیمارهای پاکلوبوترازول سفتی دانه کمتر از تیمارهای شاهد و کایننتین بود (جدول ۴). در مورد اثر پاکلوبوترازول بر سفتی دانه انار اطلاعاتی یافت نشد اما در پژوهش انجام گرفته توسط ولی پور و همکاران (۷) مشخص شد که غلظت جیبرلیک اسید و زمان کاربرد آن در مقدار سفتی هسته موثر است، به طوری که غلظت ۱ میلی گرم در لیتر، ۲ هفته پس از مرحله تمام گل و غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر در مرحله تشکیل میوه، منجر به کاهش معنی دار مقدار تشکیل فیبر در پوسته شد. غلظت های بالای جیبرلیک اسید (۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) تاثیری در کاهش یا افزایش درصد تشکیل فیبر در پوسته نداشتند.

ویژگی های شیمیایی میوه

ماده های جامد محلول

بررسی نتیجه ها نشان داد نوع و غلظت تنظیم کننده های رشد از نظر آماری تاثیر معنی داری بر مقدار ماده های جامد محلول داشت، به طوری که کمترین مقدار ماده های جامد محلول در تیمار جیبرلیک اسید در غلظت ۴۰ میلی گرم در لیتر و بیشترین ماده های جامد محلول در میوه های تیمار شده با پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰

میلی گرم در لیتر مشاهده شد. اگرچه بین تیمار پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر با تیمار شاهد تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ۴- اثر محلول پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد (پاکلوبوترازول، کاینترین و جیبرلیک اسید) بر سفتی هسته انار رقم یوسف‌خانی.

Table 4. Effect of spraying plant growth regulators (paclobutrazol, kinetin, and gibberellic acid) on seed firmness of pomegranate cv. Yousefkhani.

تیمار Treatment	غلظت Concentration (mg L ⁻¹)	سفتی هسته Seed firmness (N)
شاهد Control	0	53.24 ^a
کاینترین Kinetin	10	51.35 ^b
	20	52.07 ^b
جیبرلیک اسید Gibberellic acid	10	47.81 ^c
	40	45.80 ^d
پاکلوبوترازول Paclobutrazol	10	45.67 ^d
	50	44.23 ^d
	100	40.38 ^e
	200	43.68 ^d

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% level of probability using DMRT.

حرف‌های مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می باشند.

در پژوهشی Cline و Trought (۹) نشان دادند استفاده از جیبرلیک اسید در گیلان تاثیر بر ماده‌های جامد محلول ندارد. در حالی که صدیقی و همکاران (۴) بیان نمودند که استفاده از جیبرلیک اسید باعث افزایش ماده‌های جامد محلول می‌شود. استفاده از پاکلوبوترازول در غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر در انار، مقدار ماده‌های جامد محلول را در مقایسه با شاهد افزایش داد (۸). همچنین، در پژوهشی دیگر El-Khawaga (۱۲) مشاهده کرد که استفاده از پاکلوبوترازول در انار باعث افزایش اندکی در ماده‌های جامد محلول می‌شود که بیشترین نتیجه از تیمار ۱۵۰ میلی گرم در لیتر پاکلوبوترازول به دست آمد. استفاده از برخی تنظیم‌کننده‌های رشدی در انار باعث می‌شود که مقدار ماده‌های جامد محلول به طور قابل توجهی افزایش پیدا کند. بهبود مقدار ماده‌های جامد محلول توسط پاکلوبوترازول بعد از میوه‌دهی ممکن است ناشی از تاثیر آن‌ها بر بهبود فیزیولوژی برگ باشد و همچنین باعث انتقال بیشتر مواد پرورده به میوه و افزایش جذب و بهره‌وری ترکیب‌های فتوسنتزی توسط میوه‌های در حال رشد می‌شود (۱۵) که نتیجه‌های پژوهش حاضر با آن مطابقت دارد.

اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه

داده‌های مربوط به اسیدیته قابل تیتراسیون نشان داد نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد روی مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون اثر معنی دار داشت. براساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین اسید قابل تیتراسیون در تیمار جیبرلیک اسید با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد که با تیمارهای جیبرلیک اسید ۴۰ میلی گرم در لیتر، پاکلوبوترازول ۱۰، ۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر و کاینترین ۲۰ میلی گرم در لیتر اختلاف معنی داری نداشت و

کاینترین با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر کمترین مقدار اسید کل را داشتند (جدول ۵). براساس نتایج Ghosh و همکاران (۱۵)، پس از کاربرد تنظیم کننده های رشد اسیدیته میوه در میان تیمارها به طور قابل توجهی متفاوت بود و بیشترین اسیدیته در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر جیبرلیک اسید به دست آمد که نتیجه های این پژوهش با آن مطابقت دارد. استفاده از تنظیم کننده های رشد دیگر مانند پاکلوبوترازول در غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر در انار نشان داد که مقدار اسیدیته و نسبت ماده های جامد محلول به اسیدیته افزایش می یابد (۸). همچنین در پژوهشی دیگر مشخص شد که محلول پاشی با پاکلوبوترازول در انار به طور معنی داری اسید کل را در مقایسه با شاهد افزایش داد، که این افزایش ممکن است به دلیل تولید میوه های کوچک با درصد اسیدیته بالاتر در آب میوه باشد (۱۲). پژوهش حاضر نیز نشان داد محلول پاشی توسط پاکلوبوترازول باعث افزایش مقدار اسیدیته در مقایسه با شاهد گردید.

جدول ۵- اثر محلول پاشی تنظیم کننده های رشد (پاکلوبوترازول، کاینترین و جیبرلیک اسید) بر مقدار ماده های جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، آنتوسیانین کل انار رقم یوسف خانی.

Table 5. Effect of spraying plant growth regulators (paclobutrazol, kinetin, and gibberellic acid) on TSS, TA, and total anthocyanine of pomegranate cv. Yousefkhani.

تیمار	غلظت	ماده های جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون	آنتوسیانین کل
Treatment	Concentration (mg L ⁻¹)	کل TSS (°Brix)	TA (%)	Total anthocyanine (mg g ⁻¹ fresh weight)
شاهد	0	16.9 ^a	0.48 ^b	7.13 ^a
Control				
کاینترین	10	16.5 ^b	0.42 ^c	4.93 ^d
Kinetin				
	20	16.3 ^b	0.56 ^{ab}	4.75 ^d
جیبرلیک اسید	10	16.5 ^b	0.58 ^a	6.61 ^b
Gibberellic acid				
	40	16.1 ^c	0.51 ^{ab}	5.30 ^c
پاکلوبوترازول	10	17.0 ^a	0.51 ^{ab}	6.28 ^b
Paclobutrazol				
	50	16.5 ^b	0.53 ^{ab}	6.48 ^b
	100	16.3 ^b	0.46 ^b	7.44 ^a
	200	16.5 ^b	0.55 ^{ab}	5.64 ^c

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% level of probability using DMRT.

حرف های مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می باشند.

آنتوسیانین کل

تجزیه واریانس داده های مربوط به مقدار آنتوسیانین نشان داد که نوع تنظیم کننده های رشد و غلظت آن ها اثر معنی داری بر مقدار آنتوسیانین داشتند. به طور کلی در میوه های تیمار شده به غیر از تیمار پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، غلظت آنتوسیانین کل کمتر از تیمار شاهد بود. کمترین مقدار آنتوسیانین کل در تیمار کاینترین با غلظت های ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۵). بررسی ها نشان می دهد، برخی از تنظیم کننده های رشد مانند پاکلوبوترازول موجب افزایش مقدار آنتوسیانین در برخی از گیاهان می شود (۲۲). در این پژوهش، نشان داده شد که افزون بر کاینترین، کاربرد جیبرلیک اسید در هر دو غلظت ۱۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر مقدار آنتوسیانین را در مقایسه با شاهد کمی کاهش داد. در پژوهشی که Cline و Trought (۹) روی گیلای انجام دادند، مشخص شد که استفاده از جیبرلیک اسید بدون این که اثر مستقیمی بر انباشت قند داشته باشد، تولید

آنتوسیانین را کاهش می‌دهد. صدیقی و همکاران (۴) نتیجه‌های متفاوتی در مورد کاربرد جیبرلیک‌اسید روی گیل‌اس گزارش نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که کاربرد جیبرلیک‌اسید در گیل‌اس مقدار آنتوسیانین را افزایش می‌دهد که می‌تواند به دلیل افزایش مقدار قند میوه باشد. این در حالی است که استفاده از جیبرلیک‌اسید در انار تاثیری بر مقدار آنتوسیانین نداشت (۱).

نتیجه‌گیری

نتیجه‌های به دست آمده نشان داد که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند پاکلوبوترازول، جیبرلیک‌اسید و کاین‌تین بر مقدار عملکرد، سفتی دانه و دیگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مؤثر بوده است. محلول‌پاشی کاین‌تین در هر دو غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش وزن میوه و درصد بخش خوراکی میوه می‌شود. استفاده از پاکلوبوترازول با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش مقدار سفتی دانه می‌شود. بنابراین، افزایش وزن میوه و درصد بخش خوراکی میوه می‌تواند بر کیفیت بازارپسندی میوه تاثیر مثبتی داشته باشد. از سویی پاکلوبوترازول در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار آنتوسیانین را افزایش داد. به نظر می‌رسد غلظت و زمان استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد در واکنش گیاه مهم می‌باشد. دلیل وجود تناقض‌هایی در نتیجه‌های متفاوت کاربرد جیبرلین و ضدجیبرلین (پاکلوبوترازول) به درستی مشخص نیست و نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. در کل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد موجب افزایش عملکرد و بالا رفتن کیفیت تولید میوه می‌شود. اگرچه هزینه تهیه تنظیم‌کننده‌های رشد از عوامل محدود کننده می‌باشد، ولی با توجه به افزایش عملکرد و کیفیت میوه، توجیه اقتصادی قابل قبولی برای استفاده از این ماده‌ها وجود دارد.

References

منابع

۱. احتشامی، س.، ح. ساری خانی و ا. ارشادی ۱۳۹۰، تاثیر کاربرد کائولین و جیبرلیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های کیفی و کاهش آفتاب سوختگی میوه انار (*Punica granatum L.*) رقم رباب نیریز. فنآوری تولیدات گیاهی، ۲۳-۲۴: ۱۱(۱).
۲. رستگار، س. و م. راحمی. ۱۳۸۶. بررسی زمان و غلظت مناسب محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و ایزوپروپیل استر ۲،۴-دی در افزایش برخی از ویژگی‌ها میوه پرتقال ناول و نارنگی کلمانتین. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۲۰۶-۱۹۷: ۴۲.
۳. روحی، و. و ا. اسماعیل زاده. ۱۳۹۲. اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی اسید جیبرلیک بر ترکیب میوه انار (*Punica granatum L.*) رقم ملس اصفهان. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱۷-۳۱۰: ۲۷(۳).
۴. صدیقی، ا.، م. غلامی، ح. ساری‌خانی و ا. ارشادی. ۱۳۹۱. اثر اسید سالیسیک و اسید جیبرلیک بر زمان رسیدن، مقدار آنتوسیانین و تولید اتیلن در میوه گیل‌اس رقم سیاه مشهد. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۱۴۶-۱۴۱: ۲۶(۲).
۵. صدیقی، ع.، غ. داوودی‌نژاد، م. عزیزی و ج. آروین. ۱۳۸۷. اثر کاربرد پاکلوبوترازول بر رشد رویشی و زایشی زردآلوی رقم 'لاسجودی'. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۲۴۰-۲۳۱: ۹(۳).
۶. محسنی، ع. ۱۳۸۹. انار. انتشارات نشر آخر. ۲۱۶ صفحه.
۷. ولی پور م.، ح. ساری‌خانی و ع. چهرگانی‌راد. ۱۳۹۴. اثر تنظیم‌کننده‌های رشد و استرپتومایسین بر بهبود کیفیت میوه و هسته انار رقم ملس یزدی. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۶۶۵-۶۵۴: ۲۸.
8. Aly, M.A., M.A. Bacha and F.E. Farahat. 1999. Effect of some growth bioregulators on controlling of suckers, fruit characteristics and yield of fig and pomegranate trees. J. King Saud Univ. Agr. Sci. 11 (2):157-169.

9. Cline, J.A. and M. Trought. 2007. Effect of gibberellic acid on fruit cracking and quality of Bing and Sam sweet cherries. *Can. J. Plant Sci.* 87(3):545-550.
10. Da Silva, J.A.T., T.S. Rana, D. Narzary, D.T. Meshram, S.A., Ranade and N. Verma. 2013. Pomegranate biology and biotechnology: A review. *Sci. Hort.* 160: 85–107.
11. Davis, T.D., G.L. Steffens and N. Sankhla. 1988. Triazol plant growth regulators. *Hort. Rev.* 10:151-188.
12. El-Khawaga, A.S. 2007. Reduction in fruit cracking in manfaluty pomegranate following a foliar application with paclobutrazol and zinc sulphate. *J. Appl. Sci. Res.* 3(9):837-840.
13. Ferrara, G., I. Cavoski, A. Pacifico, L. Tedone and D. Mondelli. 2011. Morpho-pomological and chemical characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes in Apulia region, Southeastern Italy. *Sci. Hort.* 130(3): 599-606.
14. Gharaghani A., A.A. Ghasemi Soloklui, N. Oraguzie and D. Zare. 2017. Pollen source influences fruit quality, aril properties, and seed characteristics in pomegranate. *Int. J. Fruit Sci.* 17(3): 333-348.
15. Ghosh, S.N., B. Bera¹, S. Roy¹ and A. Kundu. 2016. Effect of plant growth regulators in yield and fruit quality in pomegranate cv. Ruby. *Hort. Sci.* 4 (2):158-160.
16. Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad, 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their application in foodsystems. *Biochem. Eng. J.* 14(3): 217-225.
17. Gozlekci, S., O. Saracoglu, E. Onursal and M. Ozgen. 2011. Total phenolic distribution of juice peel, and seed extracts of four pomegranate cultivars. *Pharmacognosy Mag.* 7(26): 161–164.
18. Marzouk, H.A. and H.A. Kassem. 2011. Improving yield, quality, and shelf life of Thompson Seedless grapevine by preharvest foliar applications. *Sci. Hort.* 130(2): 425–430.
19. Melgarejo, P., D.M. Salazar and F. Artes. 2000. Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *Eur. Food Res. Technol.* 211(3): 185–190.
20. Mena, P., C. Garcia-Viguera, J. Navarro-Rico, D. Moreno, J. Bartual, D. Saura and N. Marti. 2011. Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agr.* 91(10): 1893–1906.
21. Mohamed, A.K.A. 2004. Effect of gibberellic acid (GA₃) and benzyladimine (BA) on splitting and quality of Manfalouty pomegranate fruits. *Asian J. Agr. Sci.* 35(3): 11-21.
22. Nivedithadevi, D., R. Somasundaram and R. Pannerselvam. 2012. Effect of abscisic acid, Paclobutrazol and Salicylic acid on the growth and pigment variation in *Solanum Trilobatum* (L). *Inter. J. Drug Dev. Res.* 4(3):236- 246.
23. Pawar, P.S., D.D. Jagtap, B.V. Garad and H.K. Shirsath. 2005. Effect of plant growth regulators on maturity, yield and fruit weight of pomegranate cv. Mridula. *Adv. Plant Sci.* 18:167-170.
24. Sarikhani H., M. Valipour and A. Chehregani-Rad. 2014. Fruit growth and patterns of lignification in the seeds of four Iranian pomegranates (*Punica granatum* L.) cultivars. *J. Hort. Sci. Biotech.* 89(3): 268-272.
25. Sarkhosh, A., Z. Zamani, R. Fatahi and H. Ranjbar. 2009. Evaluation of genetic diversity among Iranian soft-seed pomegranate accessions by fruit characteristics and RAPD markers. *Sci. Hort.* 121(3): 313-319.
26. Shivashankar, S., H. Singh and M. Sumathi. 2012. Aril browning in pomegranate (*Punica granatum* L.) is caused by the seed. *Cur. Sci.* 103(1): 26-28.
27. Tehranifar, A., M. Zarei, Z. Nemati, B. Esfandiyari and M.R. Vazifeshenas. 2010. Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Sci. Hort.* 126(2): 180–185.
28. Zhang, C. and M.D. Whiting. 2011. Improving ‘Bing’ sweet cherry fruit quality with plant growth regulators. *Sci. Hort.* 127(3): 341–346.

Effect of Some Plant Growth Regulators on Seed Firmness, Quantitative and Qualitative Characteristics of Pomegranate (*Punica granatum*) cv. Yousefkhani

S. Jafari, H. Sarikhani*, E. Ahmadi and S.M. Zahedi¹

The present study was carried out to investigate the effects of some plant growth regulators on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate (*Punica granatum* cv. Yousefkhani) with emphasis on their effect on reducing seed firmness. In this study, 10 and 20 mg L⁻¹ kinetin, 10 and 40 mg L⁻¹ gibberellic acid, and paclobutrazol, as an anti-gibberellin, at four concentrations (10, 50, 100, and 200 mg L⁻¹) were sprayed four weeks after fruit set. Distilled water was applied as control. Results showed that foliar application of 10 and 20 mg L⁻¹ kinetin increased fruit length and fruit weight, respectively. In contrary, small fruits with lower edible portion were produced after foliar application of 200 mg L⁻¹. The highest percentage of edible portion was observed in fruits treated with 10 mg L⁻¹ kinetin plus 10 mg L⁻¹ gibberellic acid. Foliar application of plant growth regulators showed significant effects on seed firmness compared to control. The lowest seed firmness was observed using 100 mg L⁻¹ paclobutrazol. Foliar application with various plant growth regulators also affected the chemical properties of the fruits. While the other treatments reduced total anthocyanin levels, treatment by paclobutrazol at a concentration of 100 mg L⁻¹ preserved it.

Keywords: Gibberellic Acid, Kinetin, Paclobutrazol, Seed Firmness.

1. Former M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, University of Maragheh, Maragheh, Iran, respectively.

* Corresponding author email: (sarikhani@basu.ac.ir).