

بررسی تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرلیک اسید و ۲ و ۴-دی  
کلروفونوکسی استیک اسید بر کاهش ترکیدگی میوه پرتقال تامسون ناول  
(*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Thomson navel)

شهرزاد حبیبی کوتنایی<sup>۱</sup>، علی عبادی<sup>۲\*</sup>، علیرضا لادن‌مقدم<sup>۳</sup>، سیاوش رعیت‌پناه<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

<sup>۲</sup>پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

<sup>۳</sup>گروه باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران.

<sup>۴</sup>مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران، مازندران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۰

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر کاهش ترکیدگی میوه پرتقال تامسون ناول تحقیقی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۲ و ۴-دی کلروفونوکسی استیک اسید در غلظت‌های ۰-۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و جیبرلیک اسید با غلظت‌های ۰-۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان‌های حداکثر شکوفایی گل‌ها، ریزش گلبرگ‌ها و بلافاصله پس از ریزش فیزیولوژیک میوه در دو سال متوالی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) به اجرا درآمد. در این آزمایش درصد ترکیدگی میوه، عملکرد میوه، ضخامت پوست میوه، مواد جامد محلول، میزان فعالیت آنزیم‌های سلولاز و سوپراکسیددیسموناز اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، بیشترین اندازه ضخامت پوست مواد جامد، عملکرد و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموناز و کمترین فعالیت آنزیم سلولاز و درصد میوه‌های ترک‌خورده با استفاده از تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ۲ و ۴-دی همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم، سلولاز، سوپراکسیددیسموناز، مرکبات، هورمون‌های گیاهی

### مقدمه

نسبت به تنش‌ها حساس بوده و دچار عارضه فیزیولوژیک ترکیدگی میوه می‌گردد (Akhlagy amiri et al., 2012).

با توجه به تولید ۲ میلیون و ۷۱۷ هزار تن پرتقال در ایران و ۶۶ میلیون و ۹۷۴ هزار تن در دنیا، در برخی از سال‌ها تلفات ترکیدگی میوه مرکبات به حدود ۶۰ درصد کل محصول بالغ می‌گردد (FAO, 2016). ترکیدگی میوه مرکبات یک اختلال فیزیولوژیکی است که در نارنگی پیچ و پرتقال‌های

مرکبات عمده محصول باغات شمال کشور می‌باشد و از آنجایی که پرتقال‌ها انبارمانی بهتری دارند بنابراین سهم بیشتری از باغات را نیز در بر می‌گیرند. پرتقال‌های ناول از نظر بی‌بذری و شکل و اندازه دارای بازار پسندی خوبی می‌باشند و بالاترین میزان تولید را به خود اختصاص داده‌اند، اما به دلیل اینکه این میوه دارای ناف و پوست نازک می‌باشد

\*نویسنده مسئول: aebadi@ut.ac.ir

ناول در نتیجه تکامل ترک‌های کوچک در انتهای گلگاه پوست میوه بوجود می‌آید و این ترک زخم بطرف دور میوه گسترش می‌یابد و سرانجام باعث ریزش قبل از بلوغ می‌گردد (Cronje et al., 2014). تنظیم کننده‌های رشد به شکل اکسین یا جیبرلین می‌توانند جانشین عدم وجود هورمون‌های درونی در ارقام بدون بذر و استحکام پوست این میوه‌ها در ارقام حساس به ترکیدگی شوند (Choudhary et al., 2013). ترکیدگی قبل از برداشت میوه در مرکبات حاصل ترکیبی از نوسانات عوامل محیطی مانند رطوبت خاک، درجه حرارت، رطوبت نسبی و عوامل گیاهی مانند نازکی پوست میوه در نزدیکی خامه و میزان تفاوت موجود بین رشد پوست و گوشت میوه است (Goren et al., 1992). کاربرد اکسین مصنوعی 2,4-D برای ارقامی که تمایل به پوست نازک و یا پوست نرم دارند، افزایش ضخامت و زبری پوست را به همراه دارد که متعاقباً کاهش میوه‌های ترکیده را نشان می‌دهد (Garcia-Luis et al., 2001). در مطالعاتی که برای کاهش ترکیدگی انتهای ناف در پرتقال ناول انجام شد، کاهش معنی‌داری در ترکیدگی میوه بوسیله کاربرد برگی 2,4-D با غلظت ۲۵ میلی-گرم در لیتر در زمان حداکثر شکوفایی گل‌ها و در زمان ریزش گلبرگ‌ها با غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی-گرم در لیتر مشاهده شد. اگر چه ترکیدگی میوه با موفقیت کاهش پیدا کرد ولی افزایش منفی زبری پوست را به همراه داشت. کاربرد 2,4-D روی همان ارقام و در همان موقعیت، اما در زمان‌بندی دیگر (بعد از ریزش فیزیولوژیک میوه) با غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر کاهش ترکیدگی میوه با زبری پوست مناسب را به همراه داشت، که نشان می‌دهد موفقیت این تیمار وابسته به زمان و غلظت می‌باشد (Mupambi, 2010). اسپری برگی با غلظت 2%  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ، 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و  $\text{GA}_3$  با غلظت ۲۰

میلی‌گرم در لیتر ترکیدگی میوه را بوسیله افزایش استحکام پوست میوه کاهش داد، اما نه از طریق افزایش ضخامت پوست میوه، بلکه اثر تقویتی (مقاومتی) روی پوست میوه مرکبات داشتند (Almela et al., 1994). اکسین‌ها فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند سلولاز را که مسئول تخریب دیواره‌های سلول در سلول‌های منطقه ریزش گل، برگ و میوه مرکبات می‌باشند، به تأخیر می‌اندازند (Burns, J.K. 1997). در درختان پرتقال والنسیای محلول‌پاشی شده با اسید جیبرلیک ( $\text{GA}_3$ )، وزن و ضخامت پوست میوه افزایش پیدا کرد (Sayed et al., 2004).

محلول پاشی درختان با جیبرلین ضمن افزایش استحکام و ضخامت پوست، الاستیسیته و انعطاف کوتیکول را نیز افزایش می‌دهد و در نتیجه از این طریق می‌تواند سبب کاهش ترکیدگی میوه گردد و نیز  $\text{GA}_3$  می‌تواند بوسیله افزایش قدرت میوه در جذب کربوهیدرات‌ها از طریق تاثیر بر آوندها سبب افزایش مواد جامد محلول شود (El-Kosavi, 2009).

محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر  $\text{GA}_3$  در مراحل مختلف رشد میوه انار موجب کاهش ترکیدگی و افزایش وزن، حجم، اسیدیته کل، مواد جامد محلول و آب میوه گردید. بررسی میزان هورمون‌های بافت میوه انار در مراحل قبل از برداشت نشان داد میوه‌های ترکیده نسبت بالاتری از هورمون اسید آسایزیک و مقادیر کمتری از  $\text{GA}_3$  و IBA را در مقایسه با میوه سالم دارا بودند (Yilmaz and Ozguven, 2005).

با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور عزیزمان در منطقه جهت صادرات مرکبات و کاهش تلفات میوه مرکبات، هدف از این پژوهش تعیین بهترین تنظیم کننده رشد گیاهی، مناسب‌ترین غلظت آن و بهترین

زمان استفاده از تنظیم کننده رشد گیاهی جهت کاهش ترکیب میوه پرتقال تامسون ناول می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال متوالی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی درختان تامسون ناول ۷ ساله در شرایط آبیاری قطره‌ای در استان مازندران، شهرستان قائمشهر، روستای کوتنا که در طول و عرض جغرافیایی  $30^{\circ}N$  و  $36^{\circ}E$  قرار گرفته است با میانگین دمای سالانه  $16/7$  درجه سانتیگراد و بارش سالانه  $724/9$

میلی‌متر به اجرا درآمد. تیمارها شامل 2,4-D در غلظت‌های ۰-۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و  $GA_3$  با غلظت‌های ۰-۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با محلول‌پاشی بر روی تاج درخت در زمان‌های حداکثر شکوفایی گل‌ها، ریزش گلبرگ‌ها و بلافاصله پس از ریزش فیزیولوژیک میوه انجام شد. در هر واحد آزمایشی (بلوک) دو درخت در نظر گرفته شد و با توجه به اینکه این طرح دارای ۳ تکرار و ۲۸ تیمار بوده است در مجموع از ۱۶۲ درخت نمونه برداری انجام شد. در پایان فصل برداشت، از هر تیمار تعداد ۲۰ نمونه میوه بطور تصادفی برداشت شد.

جدول ۱: میانگین درجه حرارت و رطوبت نسبی ماه‌های تیر تا آبان شهرستان قائمشهر در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

	میانگین درجه حرارت			میانگین رطوبت نسبی (درصد)		
	حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط
تیر	۲۲/۲	۳۰/۷	۲۶/۵	۵۸	۹۳	۷۵
مرداد	۲۱/۱	۳۱/۹	۲۶/۵	۵۹	۹۰	۷۵
شهریور	۲۲/۶	۳۲/۶	۲۷/۶	۵۸	۹۴	۷۶
مهر	۲۲/۸	۳۴/۵	۲۸/۷	۵۳	۸۸	۷۰
آبان	۲۱/۴	۳۱/۴	۲۶/۴	۵۸	۹۴	۷۶
	۲۲	۳۳/۸	۲۷/۹	۵۱	۹۲	۷۱
	۱۵/۲	۲۵/۱	۲۰/۲	۶۴	۹۵	۷۹
	۱۴/۸	۲۴/۶	۱۹/۷	۶۰	۹۴	۷۷
	۱۰/۵	۱۸/۶	۱۴/۵	۶۹	۹۶	۸۳
	۱۲/۵	۲۳/۱	۱۷/۸	۶۱	۹۵	۷۸

وزن میوه: وزن میوه به کمک ترازوی دیجیتال دارای دقت  $0/01$  گرم اندازه‌گیری شد.

عملکرد میوه: عملکرد میوه از حاصلضرب تعداد میوه هر درخت در متوسط وزن میوه به دست آمد.

ضخامت پوست میوه: برای تعیین ضخامت پوست میوه از کولیس دارای دقت  $0/01$  میلی‌متر استفاده شد.

درصد کل مواد جامد محلول: در ابتدا عصاره میوه با آب میوه‌گیری برقی گرفته شد و سپس درصد کل

مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی مدل Pal-1 قرائت گردید.

میزان مواد جامد محلول: میزان مواد جامد محلول بر حسب درصد (سطح بریکس) بیان شد.

میزان فعالیت آنزیم سلولاز: به منظور اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم سلولاز از روش‌های گوس (۱۹۸۷) و ادنی (۱۹۹۶) استفاده شد. ۵۰ گرم از بافت میوه در ۸۵ میلی‌لیتر پلی‌اتیلن گلیکول ۱۲ درصد و

آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.2 و تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار گرافیکی Excel استفاده شد.

### نتایج

**ضخامت پوست میوه:** نتایج نشان داد که اثر سال، GA<sub>3</sub>، 2,4-D، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثرات متقابل سال در 2,4-D، سال در GA<sub>3</sub>، 2,4-D در GA<sub>3</sub>، 2,4-D در زمان محلول‌پاشی، زمان در GA<sub>3</sub> و اثر متقابل سه‌گانه 2,4-D در GA<sub>3</sub> در زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0.01$ ) بر ضخامت پوست میوه معنی‌دار بودند (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سال در GA<sub>3</sub>، بیشترین ضخامت پوست میوه در سال اول در کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر GA<sub>3</sub> با میانگین ۸/۳۶ میلی‌متر بود که در مقایسه با شاهد افزایش ۲۵/۵ درصدی داشت. کمترین میانگین نیز در سال دوم آزمایش و عدم کاربرد GA<sub>3</sub> با میانگین ۵/۹۱ میلی‌متر مشاهده شد (شکل ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه 2,4-D در GA<sub>3</sub> در زمان محلول‌پاشی، بیشترین ضخامت پوست میوه در کاربرد ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برای 2,4-D و GA<sub>3</sub> و محلول‌پاشی در مرحله شکوفایی حداکثر گل‌ها با میانگین ۹/۱۵ میلی‌متر به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۵۴/۴ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت نیز در شاهد با میانگین ۵/۰۸ میلی‌متر مشاهده شد (شکل ۲).

بی‌سولفید سدیم ۰/۲ درصد برای یک دقیقه همگن گردید. پس از سانتی‌فوژ در دمای ۴ درجه سانتیگراد با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه، رسوب را برای مدت یک ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در بافر استات سدیم ۵۰ میلی‌مولار و کلرید سدیم ۰/۵ مولار بهم زده شد. سپس در همان شرایط سانتی‌فوژ کرده و عصاره حاصله برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم استفاده گردید.

**میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD):** فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از روش ژیانوپلتیس و رایس (۱۹۷۷) و با کمی تغییر اندازه‌گیری شد. نمونه‌های بافت در داخل یک هاون و در حضور نیتروژن مایع آسیاب شد و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شد. مقدار ۰/۵ گرم از بافت منجمد شده پوست و گوشت با یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۵ مول، ۰/۱ گرم پلی‌وینیل‌پولی‌پیرولیدین در pH=۷ رقیق شد. پس از همگن کردن توسط هموژنایزر نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه سانتی‌فوژ شدند. توان عصاره آنزیمی برای ممانعت کاهش نور عبوری توسط نیتروبلوترازولیوم اساس سنجش فعالیت SOD است.

**عملکرد:** برای محاسبه عملکرد، مجموع کل میوه‌های برداشت شده و میوه‌های ترک‌خورده محاسبه گردید، جهت تعیین درصد میوه‌های ترک‌خورده از فرمول زیر استفاده شد:

(میوه‌های ترک‌خورده / میوه‌های برداشت شده) +

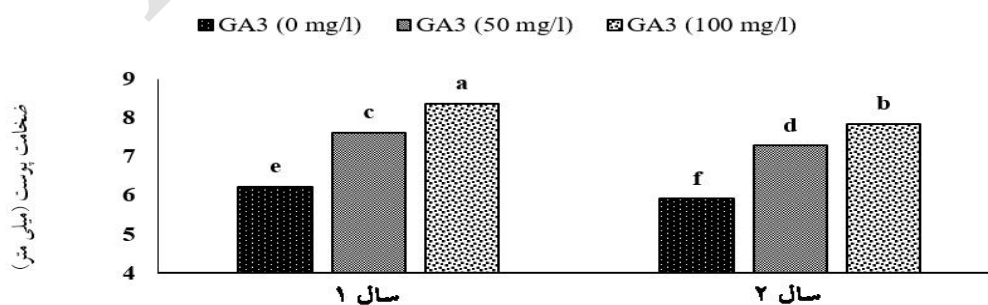
میوه‌های ریزش کرده) = ۱۰۰

پس از گردآوری داده‌ها، بر اساس دستورات عمل

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر تنظیم کننده‌های رشد و زمان محلول‌پاشی بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکردی پرتقال تامسون

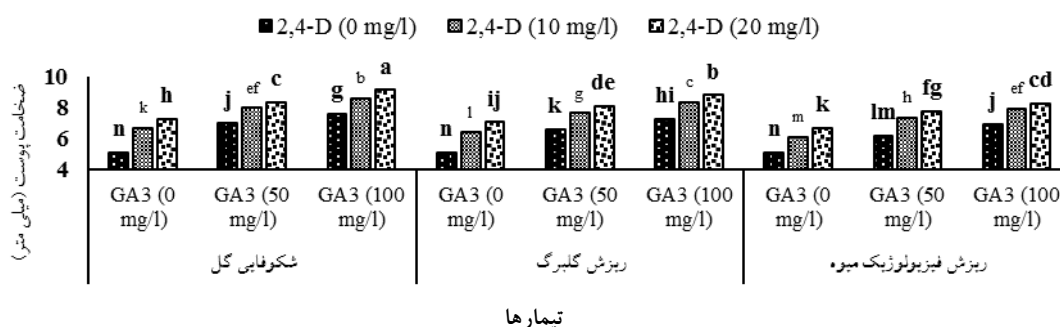
میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	آنزیم سلولاز	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز	مواد جامد محلول	درصد ترکیب میوه	عملکرد میوه	
سال	۱	۵۴۵/۸۲**	۴۱۷/۰۹**	۱۳/۲۲*	۴۲۸۳/۶۷**	۷۹/۴۴ ns	
اشتباه تکرار سال	۴	۸/۷۲	۵۲/۳۴	۲۳/۳۴	۳/۳۰	۱۵۷/۰۷	
2,4-D	۲	۷۸۸۴/۲۲**	۳۵۶۳/۱۷**	۲۸/۱۷*	۲۲۵/۸۵**	۱۳/۸۷ ns	
سال×2,4-D	۲	۷۹/۴۳**	۲۰/۷۶**	۰/۴۹ ns	۱۷۲۱/۴۷**	۲۶/۱۷ ns	
GA3	۲	۶۰۹۷/۴۷**	۱۷۵۳/۸۳**	۳۳۰/۰۵**	۳۵۵۲/۱۳**	۱۷۷/۵۶*	
سال×GA3	۲	۳۳/۶۸**	۱/۷۲ ns	۳/۰۲ ns	۳۵۸/۳۳**	۴/۹۹ ns	
GA3 × 2,4-D	۴	۱۱۷/۹۶**	۵۹/۶۵**	۱۰/۱۹ ns	۴۷۷/۴۰**	۱۲/۱۰ ns	
سال×2,4-D×GA3	۴	۲۳/۵۳**	۳/۳۹ ns	۳/۰۳ *	۵۵/۹۹**	۵۴/۶۰ **	
زمان	۲	۶۳۰/۱۹**	۵۴۱/۸۱**	۱۲۵/۶۳**	۴۹۳/۹۲**	۱۵۲/۴۱ *	
سال×زمان	۲	۱/۲۴ ns	۸/۰۵ ns	۰/۳۲ ns	۶۰/۷۴**	۲۱/۱۲ ns	
2,4-D×زمان	۴	۳۷/۳۴**	۲/۹۷ ns	۱/۵۶ ns	۱۶/۲۳ ns	۱۱/۵۰ ns	
سال×2,4-D×زمان	۴	۳/۷۵ ns	۷/۰۰۱ ns	۰/۷۲ ns	۲/۵۲ ns	۳۱/۶۶ **	
زمان×GA3	۴	۳۵/۵۴**	۰/۴۸ ns	۱۰/۴۸ ns	۱۶/۹۲ ns	۲/۴۷ ns	
سال×GA3×2,4-D	۴	۶/۸۳ ns	۳/۵۱ ns	۰/۱۸ ns	۲/۸۰ ns	۱۳/۷۲ ns	
سال×GA3×زمان	۸	۱۷/۹۴**	۲/۲۶ ns	۱۰/۴۴ ns	۱۱/۳۸ ns	۳/۱۸ ns	
سال×2,4-D×GA3×زمان	۸	۱/۸۳ ns	۲/۱۸ ns	۰/۳۰ ns	۱/۰۲ ns	۱۱/۱۴۶ ns	
اشتباه آزمایش	۱۰۴	۳/۳۳	۳/۳۱	۱/۲۹	۷/۴۰	۱۰/۹۳	
ضریب تغییرات (%)		۲/۴۰	۸/۷۵	۵/۷۱	۱۲/۷۰	۴/۱۳	

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در GA3 بر ضخامت پوست میوه

(براساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

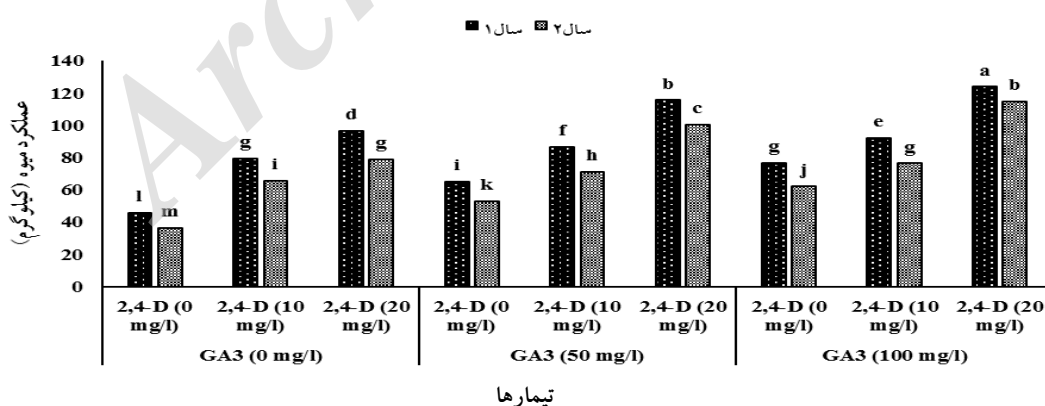


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل 2,4-D در GA3 در زمان محلول پاشی بر ضخامت پوست میوه (بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

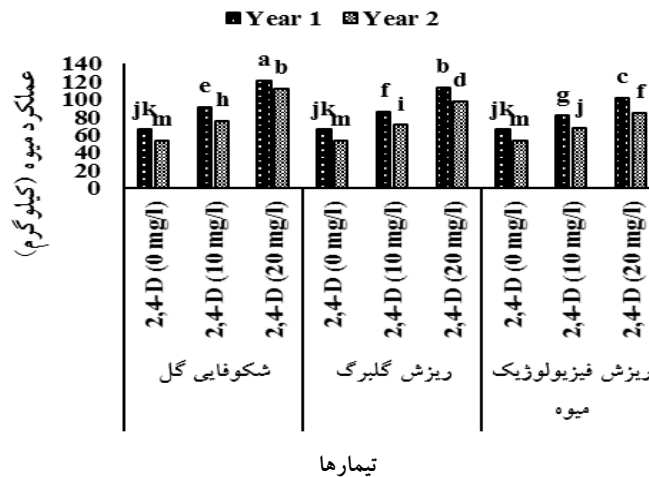
و در سال دوم با میانگین ۳۶/۱۵ کیلوگرم بود (شکل ۳).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در زمان محلول پاشی، بیشترین عملکرد میوه در سال اول آزمایش و محلول پاشی 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در مرحله حداکثر شکوفایی گل با میانگین ۱۲۰/۴۸ کیلوگرم بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۴۵/۳ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در سال دوم و عدم کاربرد 2,4-D در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه مشاهده شد (شکل ۴).

عملکرد میوه: نتایج نشان داد که اثر GA3، زمان محلول پاشی، همچنین اثر متقابل سال در GA3 در 2,4-D و سال در 2,4-D در زمان محلول پاشی بر عملکرد میوه معنی دار بودند (جدول ۱). بیشترین عملکرد میوه در اثر متقابل سال در 2,4-D در GA3، در ترکیب تیماری سال اول آزمایش و کاربرد هر دو تنظیم کننده رشد در بالاترین غلظت 2,4-D و اسید جیبرلیک (به ترتیب با غلظت‌های ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با میانگین ۱۲۸/۸۹ کیلوگرم به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۶۴/۴ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت نیز در تیمار شاهد



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در اسید جیبرلیک بر عملکرد میوه پرتقال (بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیر مشابه دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

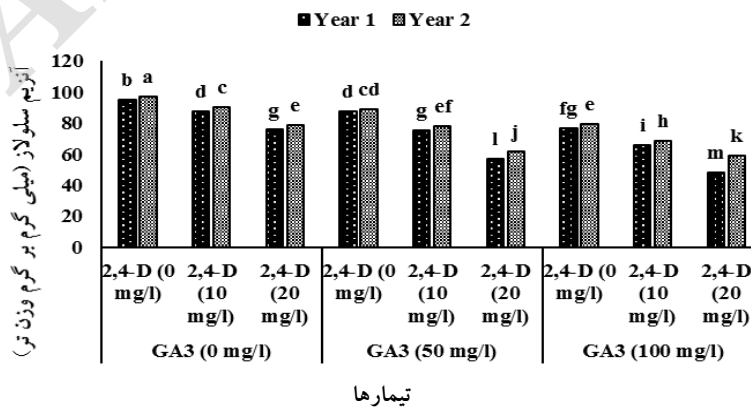


شکل ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در زمان محلول‌پاشی بر عملکرد میوه پرتقال

(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

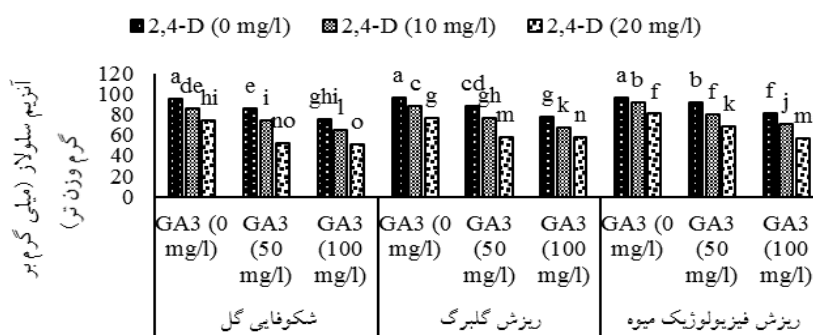
معنی‌دار بوده است (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه، بیشترین میزان فعالیت آنزیم سلولاز در تیمار شاهد در سال دوم آزمایش با میانگین ۹۷/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم سلولاز نیز در سال اول اجرای آزمایش با کاربرد 2,4-D و اسید جیبرلیک به ترتیب در غلظت‌های ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۴۷/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آمد (شکل ۵).

میزان فعالیت آنزیم سلولاز: نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌های حاصل نشان داد که اثر سال، 2,4-D، اسید جیبرلیک، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثرات متقابل سال در 2,4-D، سال در اسید جیبرلیک، سال در زمان محلول‌پاشی، 2,4-D در اسید جیبرلیک، زمان در اسید جیبرلیک، سال در 2,4-D در زمان محلول‌پاشی، سال در اسید جیبرلیک در 2,4-D و سطح احتمال یک درصد ( $P < 0.01$ ) بر میزان فعالیت آنزیم سلولاز در پوست میوه پرتقال تامسون ناول



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D بر GA3 بر میزان فعالیت آنزیم سلولاز در پوست میوه پرتقال تامسون ناول

(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)



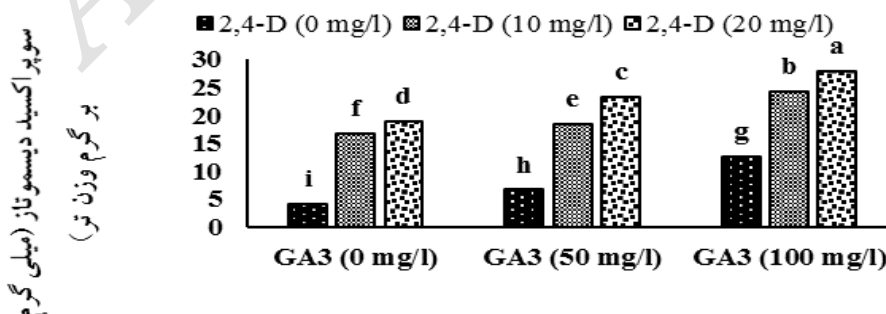
تیمارها

شکل ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل 2,4-D در GA<sub>3</sub> در زمان محلول پاشی بر میزان فعالیت آنزیم سلولاز در پوست (بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

و 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۲۷/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۸۵/۷ درصدی داشت. کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز، در شاهد با میانگین ۳/۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل ۷).

در مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سال در 2,4-D، بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در کاربرد هورمون 2,4-D در هر دو سال به ترتیب با میانگین ۲۳/۲۶ و ۲۳/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. کمترین میانگین این صفت نیز در سال اول آزمایش و عدم کاربرد هورمون 2,4-D با میانگین ۷/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل ۸).

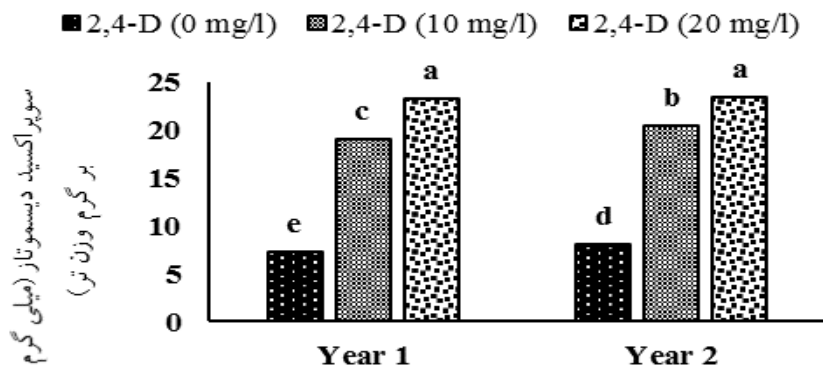
میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA<sub>3</sub>، زمان محلول پاشی، همچنین اثر متقابل سال در 2,4-D و 2,4-D در GA<sub>3</sub> در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0.01$ ) بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار بودند (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر زمان محلول پاشی بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در مرحله شکوفایی گل (با میانگین ۱۹/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین میانگین در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه (۱۴/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه 2,4-D در GA<sub>3</sub>، بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در کاربرد GA<sub>3</sub> با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر



تیمارها

شکل ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل 2,4-D در GA<sub>3</sub> بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)



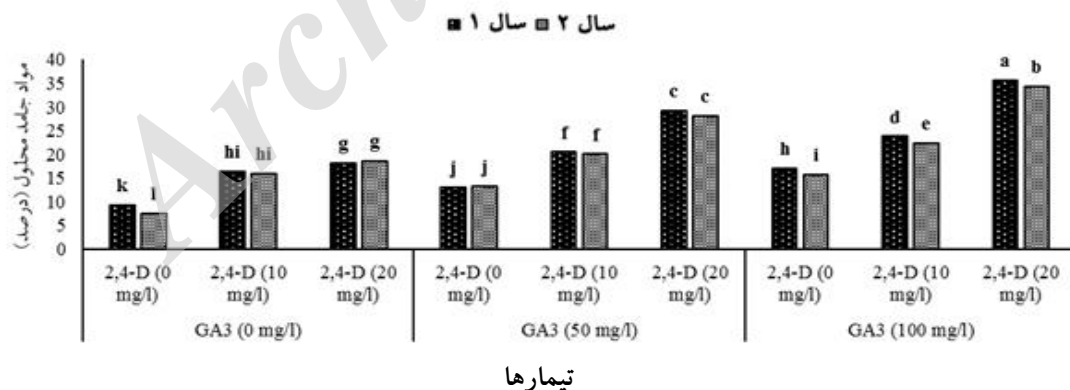


شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

مشاهده شد (جدول ۱).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال در GA<sub>3</sub> در 2,4-D، بیشترین مواد جامد محلول در سال اول آزمایش در کاربرد هم‌زمان GA<sub>3</sub> با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۳۵/۵۷ درصد بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۷۴/۰۲ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت تیمار شاهد در سال اول با میانگین ۹/۲۴ درصد بود (شکل ۹).

مواد جامد محلول: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA<sub>3</sub> و زمان در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) و اثر متقابل سال در 2,4-D در GA<sub>3</sub> در سطح احتمال پنج درصد (P<۰/۰۵) بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار بودند (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر زمان محلول‌پاشی، بیشترین مواد جامد محلول در مرحله شکوفایی گل (با میانگین ۲۲/۱۰ درصد) و کمترین میانگین این صفت در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه (با میانگین ۱۷/۶۴ درصد)



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D بر مقدار مواد جامد محلول

(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

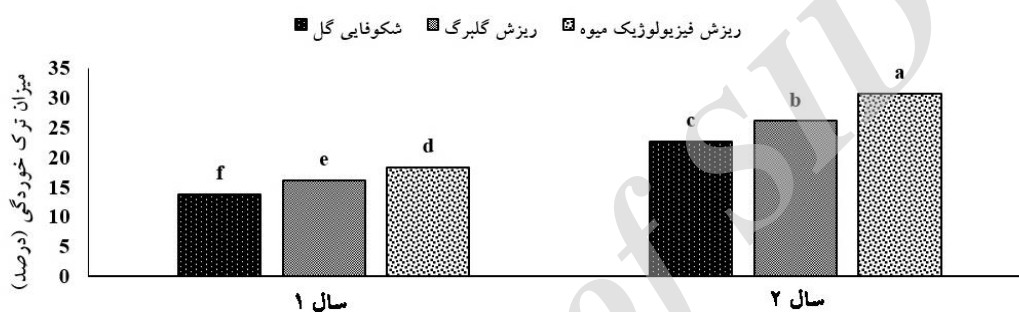
متقابل سال در 2,4-D، سال در اسید جیبرلیک، 2,4-D در اسید جیبرلیک، سال در زمان محلول‌پاشی و سال در 2,4-D در اسید جیبرلیک در سطح احتمال یک

درصد ترک‌خوردگی: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA<sub>3</sub>، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثرات

شکوفایی گل با میانگین ۱۳/۷۸ درصد مشاهده شد (شکل ۱۰).

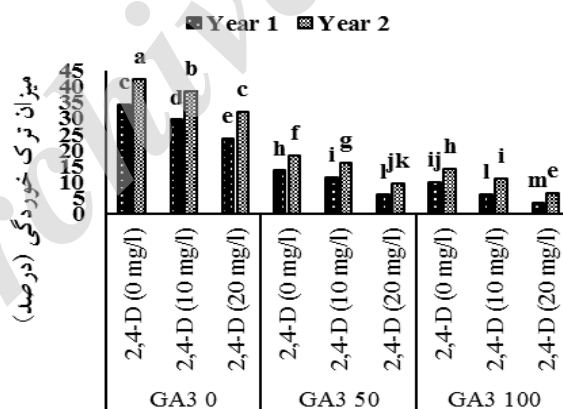
در مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه سال در 2,4-D در GA<sub>3</sub>، بیشترین میزان ترک خوردگی در تیمار شاهد در سال دوم با میانگین ۴۲/۳۸ درصد به دست آمد. کمترین میانگین این صفت در کاربرد ۲۰ میلی گرم در لیتر 2,4-D به همراه کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر GA<sub>3</sub> به ترتیب با میانگین ۸/۶۱ و ۶/۵۷ درصد بود (شکل ۱۱).

درصد ( $P < 0/01$ ) بر میزان ترک خوردگی معنی دار بودند (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سال در زمان محلول پاشی، بیشترین میزان ترک خوردگی در سال دوم آزمایش و محلول پاشی در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه با میانگین ۳۰/۸۲ درصد بود که افزایش ۲۶/۴ درصدی در مقایسه با تیمار در زمان حداکثر شکوفایی گل را نشان داد. کمترین میانگین این صفت در سال اول و محلول پاشی در مرحله



شکل ۱۰: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در زمان محلول پاشی بر میزان ترک خوردگی

(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)



تیمارها

شکل ۱۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در GA<sub>3</sub> بر میزان ترک خوردگی

(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

رشد قبل از ترکیبگی به کنترل ترک خوردگی، افزایش ضخامت پوست، افزایش مقاومت مکانیکی پوست و کاهش شکاف خوردن پوست کمک می‌کند (Khehra and Bal, 2014). مشاهده شده است که افزایش در

## بحث

ترکیبگی میوه مرکبات در ارقام مختلف بسیار متغیر و تابع شرایط رشد پوست میوه است. انتخاب برنامه زمان بندی مناسب محلول پاشی تنظیم کننده‌های

میوه کاهش داد، اما نه از طریق افزایش ضخامت پوست میوه، بلکه اثر مقاومتی روی پوست میوه مرکبات داشته‌اند (Almela et al., 1994).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در زمان محلول‌پاشی، بیشترین عملکرد میوه در سال اول آزمایش و محلول‌پاشی 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در مرحله شکوفایی گل با میانگین ۱۲۰/۴۸ کیلوگرم بود که در مقایسه با شاهد افزایش ۴۵/۳ درصدی داشت. کاربرد  $GA_3$  باعث میوه‌دهی و رشد بعضی از میوه‌ها می‌شود. از عمده‌ترین کاربردهای  $GA_3$  که به صورت محلول‌پاشی انجام می‌شود، افزایش تولید میوه است. در آزمایشی برای بهبود عملکرد و کیفیت میوه درختان خرما، گزارش کردند که کاربرد اسید جیبرلیک در زمان شکوفایی گل‌ها یا تشکیل میوه موجب افزایش رشد رویشی و باردهی (تعداد میوه، عملکرد و کیفیت میوه) گردید (Ferrante et al., 2009). درختان مرکبات حساسیت زیادی به مواد تنظیم کننده رشد گیاهی از قبیل 2,4-D دارند و اگر در غلظت‌های ۲۰ میلی‌گرم در لیتر یا کمتر از آن بکار روند افزایش در اندازه میوه و میزان تولید میوه و نیز تحریک رشد پوست مشاهده می‌شود (Guardiola and Garcia-Luis, 2000).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه 2,4-D در  $GA_3$  در زمان محلول‌پاشی، بیشترین میزان فعالیت آنزیم سلولاز در شاهد با میانگین ۹۶/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آمد و کمترین میانگین این صفت در کاربرد هر دو ترکیب  $GA_3$  و 2,4-D به ترتیب با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۵۰/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (شکل ۱۰).

نرمی بافت میوه در نتیجه تغییرات ساختار دیواره سلولی شامل کاهش همی سلولوز و در نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی می‌باشد

ضخامت پوست هر چند به مقدار کم منجر به مقاومت بیشتر پرتقال ناول به ترکیدگی می‌شود. کاربرد اکسین مصنوعی 2,4-D برای ارقامی که تمایل به پوست نازک و یا پوست نرم دارند، افزایش ضخامت و زبری پوست را به همراه دارد که متعاقباً کاهش میوه‌های ترکیده را نشان می‌دهد (Garcia-Luis et al., 2001). درختان مرکبات حساسیت زیادی به 2,4-D دارند و اگر در غلظت‌های ۲۰ میلی‌گرم در لیتر یا کمتر از آن بکار روند، افزایش در اندازه میوه و میزان تولید میوه و نیز تحریک رشد پوست مشاهده می‌شود (Guardiola and Garcia-Luis, 1997). در مطالعاتی که برای کاهش ترکیدگی انتهای ناف در پرتقال ناول انجام شد، کاهش معنی‌داری در ترکیدگی میوه بوسیله کاربرد برگگی 2,4-D با غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر در زمان حداکثر شکوفایی گل‌ها و در زمان ریزش گلببرگ‌ها با غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد، اگر چه ترکیدگی میوه با موفقیت کاهش پیدا کرد ولی افزایش منفی زبری پوست را به همراه داشت. کاربرد 2,4-D روی همان ارقام و در همان موقعیت، اما در زمان بندی دیگر (بعد از ریزش فیزیولوژیک میوه) با غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر کاهش ترکیدگی میوه با زبری پوست مناسب را به همراه داشت، که نشان می‌دهد موفقیت این تیمار وابسته به زمان و غلظت می‌باشد (Mupambi, 2010). در تحقیقی کاهش معنی‌داری از ترکیدگی میوه با کاربرد برگگی 2,4-D در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان حداکثر شکوفایی گل‌ها مشاهده شد و آن را به افزایش ضخامت پوست در انتهای خامه میوه‌های تیمار شده نسبت دادند (Garcia-Luis et al., 2001). اسپری برگگی با غلظت 2%  $Ca(NO_3)_2$  به علاوه 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و  $GA_3$  با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ترکیدگی میوه را بوسیله افزایش استحکام پوست

آنتی‌اکسیدانی اهمیت زیادی در به تأخیر انداختن پیری بافت دارد (Jimenez et al., 2002).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال در GA<sub>3</sub> در 2,4-D، بیشترین مواد جامد محلول در سال اول آزمایش در کاربرد هم‌زمان GA<sub>3</sub> با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۳۵/۵۷ درصد بود که در مقایسه با شاهد افزایش ۷۴/۰۲ درصدی داشت. کاربرد GA<sub>3</sub> به‌طور معنی‌داری باعث افزایش درصد مواد جامد محلول عصاره میوه می‌گردد که هم راستا با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. در همین راستا سایر پژوهشگران نیز نتایج مشابهی گزارش کردند (Khalil and Aly, 2013). محلول‌پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر GA<sub>3</sub> در مراحل مختلف رشد میوه انار، موجب کاهش ترکیب‌گی گردیده و وزن، حجم، اسیدیته کل، مواد جامد محلول و آب میوه انار را افزایش داد. بررسی میزان هورمون‌های بافت میوه انار در مراحل قبل از برداشت نشان داد میوه‌های ترکیب‌ه نسبت بالاتری از هورمون اسید آبسزیک و مقادیر کمتری از GA<sub>3</sub> و IBA را در مقایسه با میوه سالم دارا بودند (Yilmaz and Ozguven, 2005).

اکسین‌ها باعث کشیده شدن و بزرگ شدن سلول‌ها شده و در نتیجه سطح برگ افزایش می‌یابد و احتمالاً مواد جامد محلول (TSS) در میوه افزایش می‌یابد (Guardiola and Garcia-Luis, 2000). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال در 2,4-D در GA<sub>3</sub>، کمترین میانگین ترک‌خوردگی در کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D به همراه کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر GA<sub>3</sub> به‌ترتیب با میانگین ۸/۶۱ و ۶/۵۷ درصد بود و بیشترین میزان ترک‌خوردگی در تیمار شاهد در سال دوم با میانگین ۴۲/۳۸ درصد به‌دست آمد. محلول‌پاشی با GA<sub>3</sub> علاوه بر کاهش ترکیب‌گی میوه انار باعث افزایش وزن تر میوه نیز

(Rashed et al., 2014). در پژوهشی در تیمار اوře به‌علاوه ساکارز سطح اکسین کالیکس، حداکثر مقدار را نشان داد. در همین تیمار میزان فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک نیز کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. کاهش فعالیت آنزیم‌های سلولاز و پلی‌گالاکتروناز نیز سبب کاهش درصد ریزش میوه‌چه در این تیمار گردید. ریزش با مقدار اکسین کالیکس همبستگی منفی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و با آنزیم‌های سلولاز و پلی‌گالاکتروناز همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته است. می‌توان گفت تیمارهایی که کاهش مقدار اکسین را در منطقه ریزش به تأخیر بیندازند، می‌توانند موجب کاهش سنتز یا فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک شده و از بین رفتن دیواره سلولی در منطقه ریزش را به تأخیر انداخته و سبب کاهش ریزش در مقایسه با شاهد گردند (Akhlaghy et al., 2012).

در مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه 2,4-D در GA<sub>3</sub>، بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در کاربرد GA<sub>3</sub> با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۲۷/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۸۵/۷ درصدی داشت. کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز، در شاهد با میانگین ۳/۹۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. سوپر اکسیددیسموتاز در تکمیل کردن شکل و ریخت گیاهان نقش دارد و سلول‌های محافظ منبع خوبی از سوپر اکسیددیسموتاز می‌باشند. همچنین این آنزیم فرآیند پیری را به تأخیر می‌اندازد. سوپر اکسیددیسموتاز نقش محوری در دفاع در برابر استرس اکسیداتیو بازی می‌کند. رسیدن و پیری میوه‌ها با واکنش‌های اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد همراه است که حفظ سطوح بالای آنزیم‌های

نسبت بالاتری از هورمون اسید آبسزیک و مقادیر کمتری از  $GA_3$  و IBA را در مقایسه با میوه سالم دارا بودند (Yilmaz and Ozguven, 2005).

### نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد  $GA_3$  و 2,4-D موجب بهبود صفات مورفولوژیک (تعداد میوه و عملکرد میوه) و صفات فیزیولوژیک (میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، درصد مواد جامد محلول) می‌شود. همچنین کاربرد  $GA_3$  و 2,4-D موجب کاهش میزان فعالیت آنزیم هیدرولیز کننده دیواره سلولی سلولاز و درصد ترک‌خوردگی میوه می‌شوند. تأثیر تنظیم کننده‌های رشد بسته به غلظت و زمان محلول‌پاشی متفاوت می‌باشد. زمان محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر اکثر صفات مورد مطالعه داشت، به‌طوری که بیشترین تأثیر افزاینده در مرحله شکوفایی گل و کمترین اثر در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه بود. در غلظت‌های مورد آزمایش، مطلوب‌ترین غلظت برای 2,4-D و  $GA_3$  به ترتیب ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که در اکثر صفات بالاترین میانگین را داشت. در مقایسه بین سال‌های اجرای آزمایش، در سال اول صفات مورد بررسی میانگین بالاتری در مقایسه با سال دوم داشت، که مبین اثر سال بر عملکرد و تأثیر آن بر تنظیم کننده‌های رشد می‌باشد که این دو نیز خود تحت تأثیر شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی سالیانه و رطوبت منطقه می‌باشند.

می‌گردد (El-Mahdy et al., 2010).  $GA_3$  بر قدرت دیواره سلولی یا کشش آن مؤثر است و از طریق افزایش کشسانی دیواره سلولی باعث کاهش ترکیدگی میوه انار می‌گردد (Khalil and Aly, 2013). علاوه بر این،  $GA_3$  با تأثیر بر تراوایی و یا کشش کوتیکول میوه به‌طور غیرمستقیم بر روی ترک‌خوردگی میوه اثر می‌گذارد (Sekse, 2005). بنابراین به نظر می‌رسد  $GA_3$  با افزایش انعطاف‌پذیری پوست میوه، منجر به کاهش ترکیدگی میوه می‌گردد (Yildirim and Koyuncu, 2013).

در مورد انار نیز مشخص شده است که کاربرد  $GA_3$  در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش ترکیدگی میوه می‌گردد (Mohamed, 2014). از جمله تنظیم کننده‌های رشد مؤثر بر ترکیدگی میوه می‌توان به  $GA_3$  و اکسین اشاره نمود. به نظر می‌رسد  $GA_3$  با افزایش انعطاف‌پذیری پوست میوه، منجر به کاهش ترکیدگی می‌گردد. محلول پاشی با غلظت‌های ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر  $GA_3$  روی درختان انار رقم می‌خوش کاهش ترکیدگی میوه را موجب گردید (Yildirim and Koyuncu, 2010).

محلول پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر  $GA_3$  در مراحل مختلف رشد میوه انار، موجب کاهش ترکیدگی گردیده و وزن، حجم، اسیدیته کل، مواد جامد محلول و آب میوه انار را افزایش داد. بررسی میزان هورمون‌های بافت میوه انار در مراحل قبل از برداشت نشان داد میوه‌های ترکیده

### References

Akhlaghy Amiri, N., Arzany, K., Barzegar, M. and Asadi Kangarshahi, Ei. (2012). Valuation Auxin, Polygalacturonase, Cellulase on time june drup Thomson-Novel Orange (*Citrus sinensis*). Seventh's Horticulture Science Meeting in Iran 14 to

17 September. Isfahan University of Technology.

Adney, B. and Baker, J. (1996). Measurement of cellulose activities. Chemical Analysis and Testing Task Laboratory Analytical Procedure.

Almela, V., Zargoza, S., Primi-Millo, E. and Agusti, M. (1994). Hormonal control of

- splitting in 'Nova' mandarin fruit. *Journal Horticulture Science*. 69:969-973.
- Burns, J.K. (1997).** Citrus fruit abscission. Citrus flowering and fruiting short courses, Citrus Research and Education Center Lake Alfred. Pp: 130 – 136.
- Ghose, T.K. (1987).** Measurement of cellulose activities. *International Union of Pure and Applied Chemistry*. 59 (2): 257-268.
- Choudhary, H.D., Jain, M.C., Sharma, M.K. and Bhatnagar, P. (2013).** Effect of plant growth regulators on growth and yield of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). *The Asian Journal of Horticulture*. 8(2): 746-750.
- Cronge, P.J.R., Stander, O.P.J. and Theron. K.I. (2014).** Fruit splitting in citrus. *Horticulture Review*. 41:177-200.
- El-Kosavi S. (2009).** Effect of NAA, GA<sub>3</sub> and Cytophex spraying on samany and Zaghlood date palm yield, fruit retained and characteristics. *Journal of Horticulturae Science and ornamental Plants*. 1: 49-59.
- El-Mahdy, T.K., Mohamed, A.K. and Mohamed, N.I. (2010).** Effect of flower thinning and spraying with gibberellic acid and ethephon on yield and fruit quality of manfalouty pomegranate cultivar. *Assiut. Journal of Agriculture Science*. 40(4):69-91.
- FAO. (2016).** Citrus fruit fresh and processed annual statistics.
- Ferrante, A., Mensuali-Sodi, A. and Serra, G. (2009).** Effect of Thidiazuron and Gibberellic acid on leaf yellowing of cut stock flowers. *Cent Central European Journal of Biology*. 4(4): 461-468.
- García-Luis, A., Duarte, A.M.M., Kanduser, M. and Guardiola. J.L. (2001).** The anatomy of fruit in relation to the propensity of citrus fruit to split. *Horticulture Science*. 71: 195-203.
- Giannoplitis, C.N. and Ries, S.K. (1977).** Superoxide dismutase occurrence in higher plants. *Plant Physiology*. 59: 309-314.
- Guardiola, J.L. and García-Luis, A. (2000).** Increasing fruit size in citrus, thinning and stimulation of fruit growth. *Plant Growth Regulator*. 31:121-132.
- Halliwell, A. (1975).** The Super Oxid Dismutase activity of Iron complex FEBLEH. 56: 34.
- Jimenez, A.G., Cressenkular, B.J., Fimin, S., Robinson, M., Verhoeven, and Mullineaux, P. 2002.** Changes in oxidative process and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta*. 214: 751-758.
- Khalil, H.A. and Aly, H.S. (2013).** Cracking and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by pre-harvest sprays of some growth regulators and mineral nutrients. *Journal Horticulturae Science Ornamental Plants*. 5(2):71-76.
- Khehra, S. and Bal, J.S. (2014).** Influence of foliar sprays on fruit cracking in lemon. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 4(4): 124-128.
- Mohamed A.K.A. (2014).** Effect of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) and benzyladine (BA) on splitting and quality of Manfalouty pomegranate fruit. *Assuit Journal of Agricultural Science*. 35:11-21.
- Mupambi, G. (2010).** Studies to reduce the size of the Navel-end opening of Navel oranges. MSc Thesis, Univ. Stellenbosch, South Africa navel oranges. *Plant Industry Series No.45. Science Bulletin No. 192.* Government Printer Pretoria South Africa.
- Sayed, R.A., Solaiman, B.M. and Abo-El Komsan, E.O. (2004).** Effect of foliar sprays of some mineral nutrients, GA<sub>3</sub> and or biostimulant on yield and fruit quality of Valencia orange trees grown in sandy soil. *Egypt Journal Applied Sciences*. 19(5):222-238.
- Sekse, L., Bjerke, K.L. and Vangdal, E. (2005).** Fruit cracking in sweet cherries An integrated approach. In IV International Cherry Symposium. 667: 471-474.
- Yildirim, A.N. and Koyuncu, F. (2013).** The effect of gibberellic acid applications on the cracking rate and fruit quality in the '0900 Ziraat's weet cherry cultivar. *African Journal of Biotechnology*. 9(38):6307-6311.
- Yilmaz C. and Ozguven A.L. (2015).** Hormone physiology of preharvest fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* L.) *Acta Horticulturae*. 727:16.
- Zhou, H.W., Sonogo, L., Khalchitski, A., Ben-Arie, R., Lers, A. and Lurie, S. (2000).** Cell wall enzymes and cell wall changes in Flavortop nectarines: mRNA abundance, enzyme activity, and changes in pectic and neutral polymers during ripening and in woolly fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 125:630-637.