نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال سیزدهم، شماره ۵۲، زمستان ۱۳۹۷ / صفحات: ۴۲-۲۹

بررسی تأثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی جیبرلیک اسید و ۲ و۴ –دی کلروفنوکسی استیک اسید بر کاهش ترکیدگی میوه پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Thomson navel)

شهروز حبیبی کوتنایی[۱]، علی عبادی[۲]*، علیرضا لادن‌مقدم[۳]، سیاوش رعیت‌پناه[٤]

[۱]گروه باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲]پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[۳]گروه باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران.

[٤]مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران، مازندران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/٦/۱۲ 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 ۲و٤ –دی کلروفنوکسی 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 شکوفایی‌گل‌ها، ریزش گلبرگ‌ها و بلافاصله پس از ریزش فیزیولوژیک میوه در دو سال متوالی (۱۳۹۵ و ۱۳۹٦) به اجرا درآمد. در این آزمایش درصد ترکیدگی میوه، عملکرد میوه، ضخامت پوست میوه، مواد جامد محلول، میزان فعالیت آنزیم‌های سلولاز و سوپر اکسیددیسموتاز اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، بیشترین اندازه ضخامت پوست مواد جامد، عملکرد و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کمترین فعالیت آنزیم سلولاز و درصد میوه‌های ترک‌خورده با استفاده از تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ۲ و ٤–دی همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید بدست آمد.

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

مقدمه

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 بی بذری 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 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 ٦٦ میلیون و ۹۷٤ هزار تن در دنیا، در برخی از سال‌ها تلفات ترکیدگی میوه مرکبات به حدود ٦۰ درصد کل محصول بالغ می‌گردد (FAO, 2016). ترکیدگی میوه مرکبات یک اختلال فیزیولوژیکی است که در نارنگی پیج و پرتقال‌های

*نویسنده مسئول: aebadi@ut.ac.ir

ناول در نتیجه تکامل ترک‌های کوچک در انتهای گلگاه پوست میوه بوجود می آید 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% Ca(No3)2 ، 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 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 (GA3)، 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 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 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 آبسایزیک و مقادیر کمتری از 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 ترکیدگی 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 کوتناء که در طول و عرض جغرافیایی N ۳۰´ ۳۶º و E ۴۸´ ۵۲ º قرار گرفته است با میانگین دمای سالانه ۱۶/۷ درجه سانتیگراد و بارش سالانه ۷۲۴/۹ 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 ماهانه	حداکثر ماهانه	متوسط ماهانه	حداقل ماهانه	حداکثر ماهانه	متوسط ماهانه
تیر	۹۵	۲۲/۲	۳۰/۷	۲۶/۵	۵۸	۹۳	۷۵
	۹۶	۲۱/۱	۳۱/۹	۲۶/۵	۵۹	۹۰	۷۵
مرداد	۹۵	۲۲/۶	۳۲/۶	۲۷/۶	۵۸	۹۴	۷۶
	۹۶	۲۲/۸	۳۴/۵	۲۸/۷	۵۳	۸۸	۷۰
شهریور	۹۵	۲۱/۴	۳۱/۴	۲۶/۴	۵۸	۹۴	۷۶
	۹۶	۲۲	۳۳/۸	۲۷/۹	۵۱	۹۲	۷۱
مهر	۹۵	۱۵/۲	۲۵/۱	۲۰/۲	۶۴	۹۵	۷۹
	۹۶	۱۴/۸	۲۴/۶	۱۹/۷	۶۰	۹۴	۷۷
آبان	۹۵	۱۰/۵	۱۸/۶	۱۴/۵	۶۹	۹۶	۸۳
	۹۶	۱۲/۵	۲۳/۱	۱۷/۸	۶۱	۹۵	۷۸

وزن میوه: وزن میوه به کمک ترازوی دیجیتال دارای دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

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

ضحامت پوست میوه: برای تعیین ضخامت پوست میوه از کولیس دارای دقت ۰/۰۱ 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 رفرکتومتر 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

بی‌سولفید سدیم ۰/۲ درصد برای یک دقیقه همگن گردید. پس از سانتریفوژ در دمای ٤ درجه سانتیگراد با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه، رسوب را برای مدت یک ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در بافر استات سدیم ۵۰ میلی‌مولار و کلرید سدیم ۰/۵ مولار بهم زده شد. سپس در همان شرایط سانتریفوژ کرده و عصاره حاصله برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم استفاده گردید.

میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD): فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از روش ژیانوپلتیس و رایس (۱۹۷۷) و با کمی تغییراندازه‌گیری 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 پلی وینیل پولی پیرولیدین در pH=۷ رقیق شد. پس از همگن کردن توسط هموژنایزر نمونه ها به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و با دور ١٤۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند. توان عصاره آنزیمی برای ممانعت کاهش نور عبوری توسط نیتروبلوتترازولیوم 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 ترک خورده/ میوه های برداشت شده+ میوه‌های ریزش کرده) =۱۰۰

پس از گردآوری داده‌ها، بر اساس دستورالعمل آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS V9.2 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.

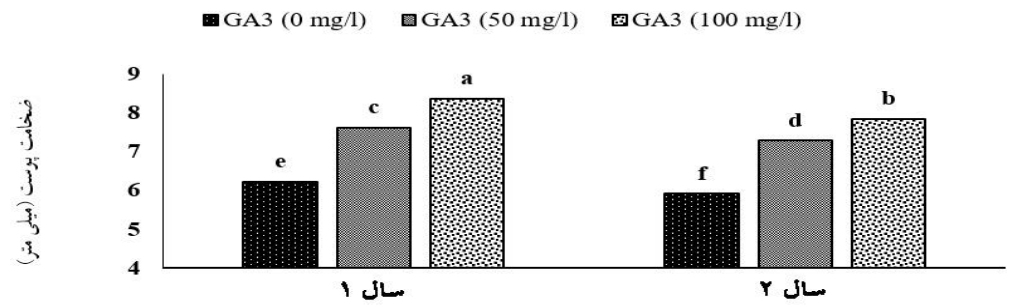
نتایج

ضخامت پوست میوه: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA_3، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثرات متقابل سال در 2,4-D، سال در GA_3، 2,4-D در GA_3، 2,4-D در زمان محلول‌پاشی، زمان در GA_3 و اثر متقابل سه‌گانه 2,4-D در GA_3 در زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد ($P<۰/۰۱$) بر ضخامت پوست میوه معنی‌دار بودند (جدول۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سال در GA_3، بیشترین ضخامت پوست میوه در سال اول در کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر GA_3 با میانگین ۸/۳٦ میلی‌متر بود که در مقایسه با شاهد افزایش ۲۵/۵ درصدی داشت. کمترین میانگین نیز در سال دوم آزمایش و عدم کاربرد GA_3 با میانگین ۵/۹۱ میلی‌متر مشاهده شد (شکل۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه 2,4-D در GA_3 در زمان محلول‌پاشی، بیشترین ضخامت پوست میوه در کاربرد ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب برای 2,4-D و GA_3 و محلول‌پاشی در مرحله شکوفایی حداکثر گل‌ها با میانگین ۹/۱۵ میلی‌متر به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ٥٤/٤ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت نیز در شاهد با میانگین ۵/۰۸ میلی‌متر مشاهده شد (شکل ۲).

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

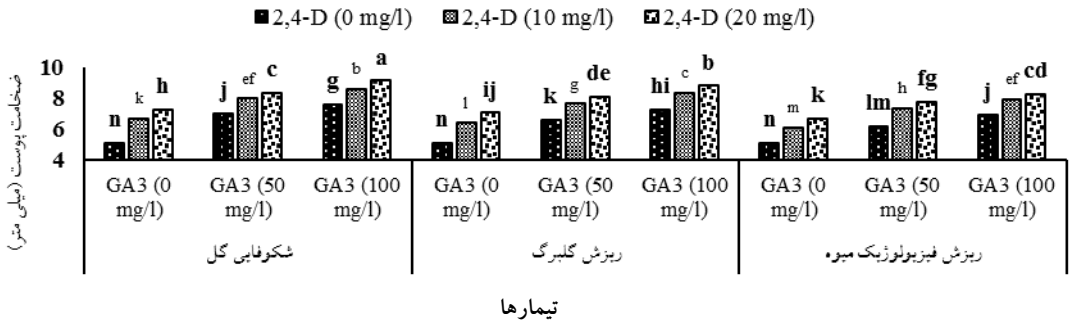
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		آنزیم سلولاز	ضخامت پوست	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز	مواد جامد محلول	درصد ترکیدگی	عملکرد میوه
سال	۱	٥٤٥/٨٢**	٦/٠٠٨**	٤١٧/٠٩**	١٣/٢٢*	٤٢٨٣/٦٧**	٧٩/٤٤ ns
اشتباه تکرار سال	٤	٨/٧٢	٠/٣٨	٥٢/٣٤	٢٣/٣٤	٣/٣٠	١٥٧/٠٧
2,4-D	٢	٧٨٨٤/٢٢**	٤٣/١٠**	٣٥٦٣/١٧**	٢٨/١٧*	٢٢٥/٨٥**	١٣/٨٧ ns
سال× 2,4-D	٢	٧٩/٤٣**	٠/١٥**	٢٠/٧٦**	٠/٤٩ns	١٧٢١/٤٧**	٢٦/١٧ ns
GA3	٢	٦٠٩٧/٤٧**	٥٨/٢١**	١٧٥٣/٨٣**	٣٣٠/٠٥**	٣٥٥٢/١٣**	١٧٧/٥٦*
سال× GA3	٢	٣٣/٦٨**	٠/١٨**	١/٧٢ ns	٣/٠٢ ns	٣٥٨/٣٣**	٤/٩٩ ns
GA3 × 2,4-D	٤	١١٧/٩٦**	٠/٩٤**	٥٩/٦٥**	١٠/١٩ ns	٤٧٧/٤٠**	١٢/١٠ ns
سال× GA3 2,4-D	٤	٢٣/٥٣**	٠/٠٥٢ ns	٣/٣٩ ns	٣/٠٣ *	٥٥/٩٩**	٥٤/٦٠ **
زمان	٢	٦٣٠/١٩**	٥/٤٣**	٥٤١/٨١**	١٢٥/٦٣**	٤٩٣/٩٢**	١٥٢/٤١ *
سال×زمان	٢	١/٢٤ ns	٠/٠٠٠١٨ ns	٨/٠٥ ns	٠/٣٢ ns	٦٠/٧٤**	٢١/١٢ ns
2,4-D × زمان	٤	٣٧/٣٤**	٠/١١**	٢/٩٧ ns	١/٥٦ ns	١٦/٢٣ ns	١١/٥٠ ns
سال ×2,4-D × زمان	٤	٣/٧٥ ns	٠/٠٠٧٥ ns	٧/٠٠١ ns	٠/٧٢ ns	٢/٥٢ ns	٣١/٦٦ **
زمان×GA3	٤	٣٥/٥٤**	٠/١٥**	٠/٤٨ ns	١٠/٤٨ ns	١٦/٩٢ ns	٢/٤٧ ns
سال×GA3 × زمان	٤	٦/٨٣ ns	٠/٠٢٨ ns	٣/٥١ ns	٠/١٨ ns	٢/٨٠ ns	١٣/٧٢ ns
2,4-D × GA3×زمان	٨	١٧/٩٤**	٠/٠٨*	٢/٢٦ ns	١٠/٤٤ ns	١١/٣٨ ns	٣/١٨ ns
سال ×2,4-D × GA3×زمان	٨	١/٨٣ns	٠/٠١٢ ns	٢/١٨ ns	٠/٣٠ ns	١/٠٢ ns	١١/١٤٦ ns
اشتباه آزمایش	١٠٤	٣/٣٣	٠/٠٣	٣/٣١	١/٢٩	٧/٤٠	١٠/٩٣
ضریب تغییرات (٪)		٢/٤٠	٢/٤١	٨/٧٥	٥/٧١	١٢/٧٠	٤/١٣

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در **GA_3** بر ضخامت پوست میوه

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

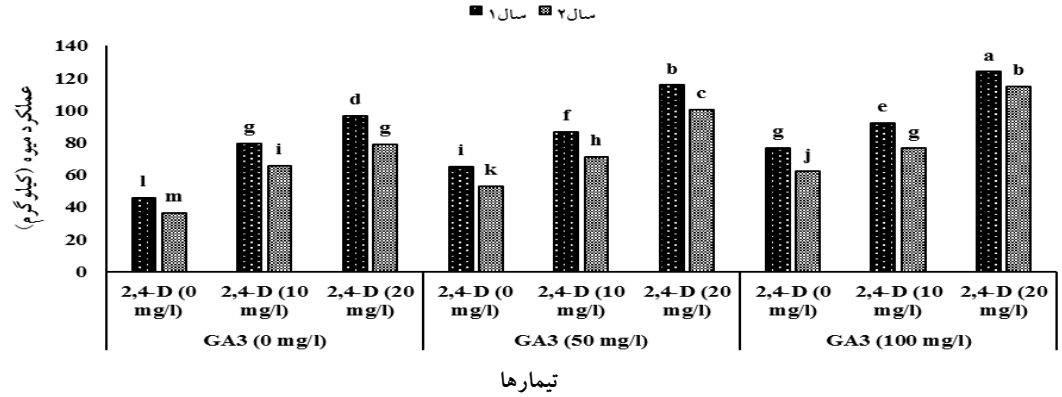


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل **2,4-D** در **GA3** در زمان محلول‌پاشی بر ضخامت پوست میوه

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

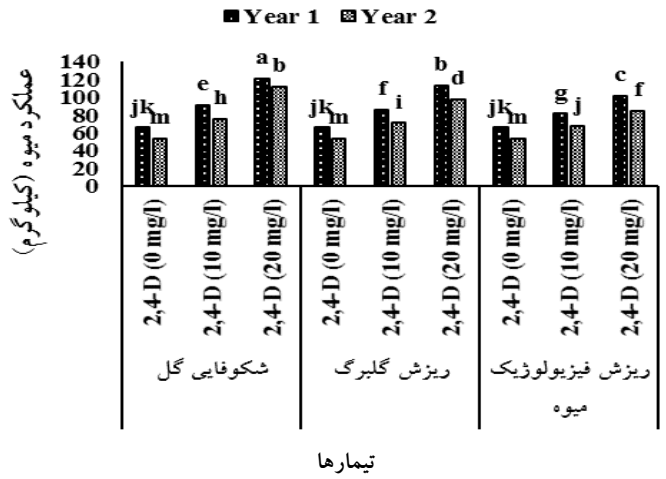
عملکرد میوه: نتایج نشان داد که اثر GA_3، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثر متقابل سال در GA_3 در 2,4-D و سال در 2,4-D در زمان محلول‌پاشی بر عملکرد میوه معنی‌دار بودند (جدول۱). بیشترین عملکرد میوه در اثر متقابل سال در 2,4-D در GA_3، در ترکیب تیماری سال اول آزمایش و کاربرد هر دو تنظیم‌کننده رشد در بالاترین غلظت 2,4-D و اسید جیبرلیک (به ترتیب با غلظت‌های ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با میانگین ۱۲۸/۸۹ کیلوگرم به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ٦٤/٤ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت نیز در تیمار شاهد و در سال دوم با میانگین ۳٦/۱۵ کیلوگرم بود (شکل ۳).

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 حداکثر شکوفایی گل با میانگین ۱۲۰/٤۸ کیلوگرم بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ٤۵/۳ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در سال دوم و عدم کاربرد 2,4-D در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه مشاهده شد (شکل ٤).



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در2,4-D در اسید جیبرلیک بر عملکرد میوه پرتقال

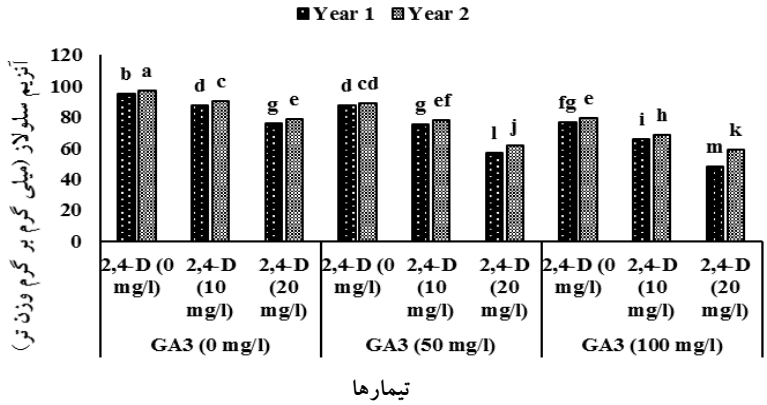
(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)



شکل ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در زمان محلول‌پاشی بر عملکرد میوه پرتقال

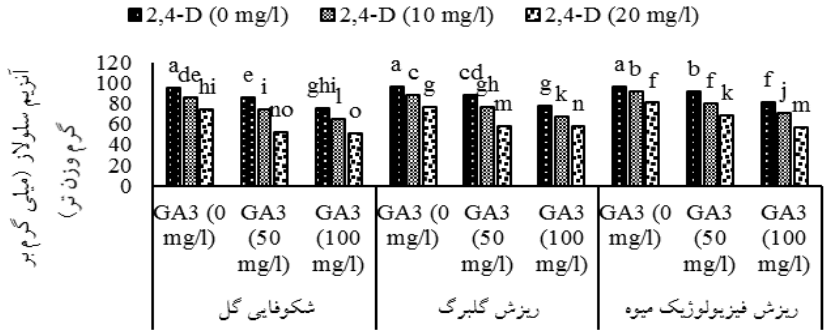
(بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند)

میزان فعالیت آنزیم سلولاز: نتایج حاصل از تجزیهٔ 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 محلول پاشی،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 2,4-D در اسید جیبرلیک در زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) بر میزان فعالیت آنزیم سلولاز در پوست میوه پرتقال تامسون ناول 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 وزن‌تر مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم سلولاز نیز در سال اول اجرای آزمایش با کاربرد 2,4-D و اسید جیبرلیک به‌ترتیب در غلظت‌های ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ٤٧/٨٣ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر به دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در **2,4-D** در GA_3 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)



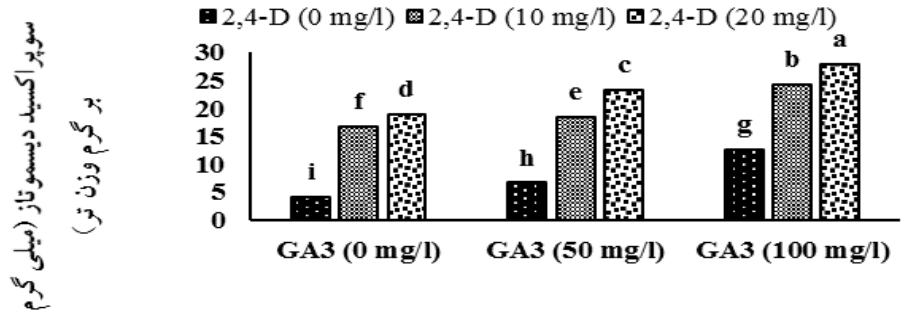
تیمارها

شکل ٦: مقایسه میانگین اثر متقابل **2,4-D** در GA_3 در زمان محلول‌پاشی 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)

میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA_3، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثر متقابل سال در 2,4-D و 2,4-D در GA_3 در سطح احتمال یک درصد ($P<۰/۰۱$) بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار بودند (جدول۱). در مقایسه میانگین اثر زمان محلول‌پاشی بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در مرحله شکوفایی گل (با میانگین ۱۹/۰۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) و کمترین میانگین در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه (۱٤/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) بود (جدول۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه 2,4-D در GA_3، بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در کاربرد GA_3 با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۲۷/۸٦ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه به‌دست 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 وزن‌تر مشاهده شد (شکل ۷).

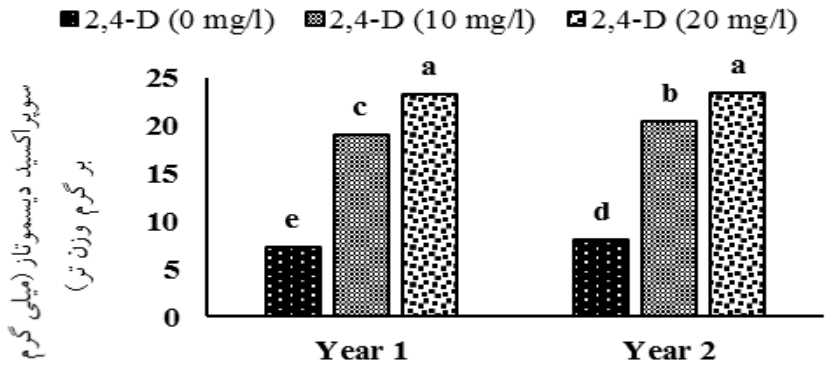
در مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سال در 2,4-D، بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در کاربرد هورمون 2,4-D در هر دو سال به ترتیب با میانگین ۲۳/۲٦ و ۲۳/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بود. کمترین میانگین این صفت نیز در سال اول آزمایش و عدم کاربرد هورمون 2,4-D با میانگین ۷/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مشاهده شد (شکل ۸).



تیمارها

شکل ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل **2,4-D** در GA_3 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

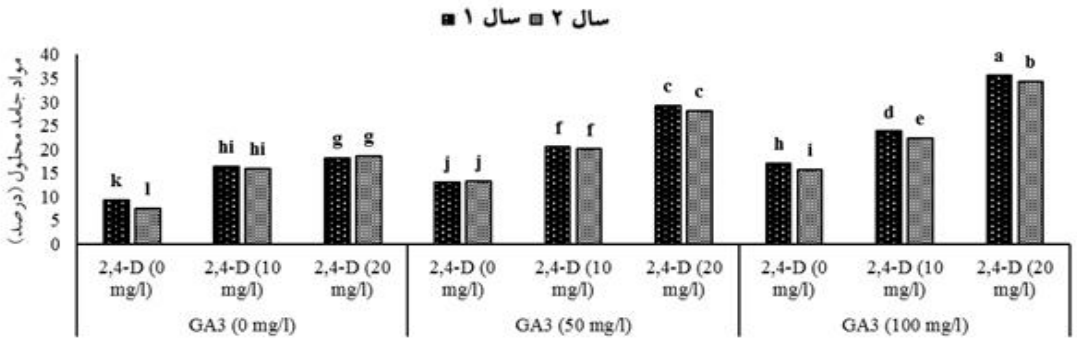


شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در **2,4-D** بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

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

مواد جامد محلول: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA_3 و زمان در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) و اثر متقابل سال در 2,4-D در GA_3 در سطح احتمال پنج درصد (P<۰/۰۵) بر میزان مواد جامد محلول معنی‌دار بودند (جدول۱). 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 ۱۷/٦٤ درصد) مشاهده شد (جدول۱).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال در GA_3 در 2,4-D، بیشترین مواد جامد محلول در سال اول آزمایش در کاربرد همزمان GA_3 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 ۷٤/۰۲ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت تیمار شاهد در سال اول با میانگین ۹/۲٤ درصد بود (شکل ۹).



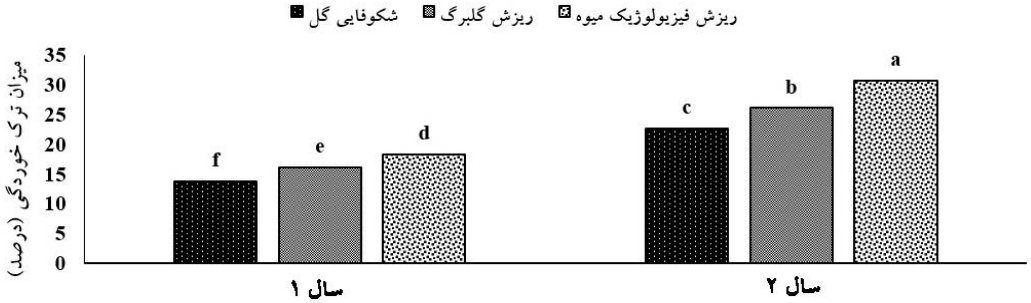
شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در **2,4-D** در GA_3 بر مقدار مواد جامد محلول

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

درصد ترک‌خوردگی: نتایج نشان داد که اثر سال، 2,4-D، GA_3، زمان محلول‌پاشی، همچنین اثرات 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

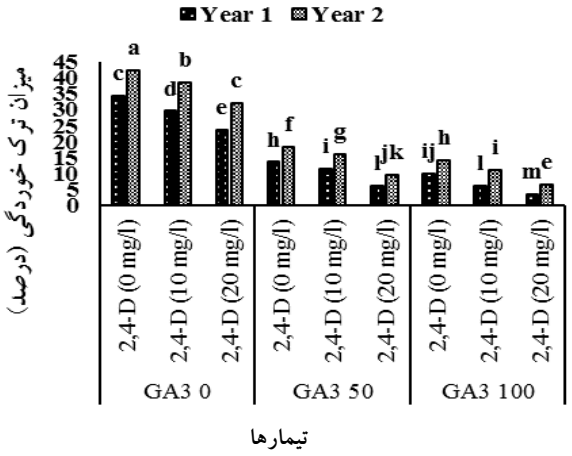
درصد (P<۰/۰۱) بر میزان ترک‌خوردگی معنی‌دار بودند (جدول۱). در مقایسه میانگین اثر متقابل سال در زمان محلول‌پاشی، بیشترین میزان ترک‌خوردگی در سال دوم آزمایش و محلول‌پاشی در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه با میانگین ۳۰/۸۲ درصد بود که افزایش ۲٦/٤ درصدی در مقایسه با تیمار در زمان حداکثر شکوفایی گل را نشان داد. کمترین میانگین این صفت در سال اول و محلول‌پاشی در مرحله شکوفایی گل با میانگین ۱۳/۷۸ درصد مشاهده شد (شکل۱۰).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال در 2,4-D در GA_3، بیشترین میزان ترک‌خوردگی در تیمار شاهد در سال دوم با میانگین ٤۲/۳۸ درصد به دست آمد. کمترین میانگین این صفت در کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D به همراه کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر GA_3 به‌ترتیب با میانگین ۸/٦۱ و ٦/۵۷ درصد بود (شکل۱۱).



شکل ۱۰: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در زمان محلول‌پاشی بر میزان ترک‌خوردگی

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



شکل ۱۱: مقایسه میانگین اثر متقابل سال در 2,4-D در GA_3 بر میزان ترک‌خوردگی

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

بحث

ترکیدگی میوه مرکبات در ارقام مختلف بسیار متغیر و تابع شرایط رشد پوست میوه است. انتخاب برنامه زمان‌بندی مناسب محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد قبل از ترکیدگی به کنترل ترک‌خوردگی، افزایش ضخامت پوست، افزایش مقاومت مکانیکی پوست و کاهش شکاف خوردن پوست کمک می‌کند (Khehra and Bal, 2014). مشاهده شده است که افزایش در

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 برگی 2,4-D با غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر در زمان حداکثر شکوفایی گل‌ها و در زمان ریزش گلبرگ‌ها 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 برگی 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 برگی با غلظت 2% Ca(No3)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 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 ۱۲۰/٤۸ کیلوگرم بود که در مقایسه با شاهد افزایش ٤۵/۳ درصدی داشت. کاربرد GA_3 باعث میوه‌دهی و رشد بعضی از میوه‌ها می‌شود. از عمده‌ترین کاربردهای GA_3 که به‌صورت محلول‌پاشی انجام می‌شود، افزایش تولید میوه است. در آزمایشی برای بهبود عملکرد و کیفیت میوه درختان خرمالو، 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 ازآن 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 ۹٦/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر به دست آمد و کمترین میانگین این صفت در کاربرد هر دو ترکیب GA_3 و 2,4-D به‌ترتیب با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۵۰/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر مشاهده شد (شکل ۱۰).

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

(Rashed et al., 2014). در پژوهشی در تیمار اوره 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 معنی داری 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_3، بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در کاربرد GA_3 با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و 2,4-D با غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۲۷/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر 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 وزن‌تر 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 آنتی‌اکسیدانی اهمیت زیادی در به تأخیر انداختن پیری بافت دارد (Jimenez et al., 2002).

در مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه سال در GA_3 در 2,4-D، بیشترین مواد جامد محلول در سال اول آزمایش در کاربرد هم‌زمان GA_3 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 ۷٤/۰۲ درصدی داشت. کاربرد GA_3 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_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 نسبت بالاتری از هورمون اسید آبسیزیک و مقادیر کمتری از GA_3 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 سه گانه سال در 2,4-D در GA_3، کمترین میانگین ترک‌خوردگی در کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D به همراه کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر GA_3 به‌ترتیب با میانگین ۸/٦۱ و ٦/۵۷ درصد بود و بیشترین میزان ترک‌خوردگی در تیمار شاهد در سال دوم با میانگین ٤۲/۳۸ درصد به‌دست آمد. محلول‌پاشی با GA_3 علاوه بر کاهش ترکیدگی میوه انار باعث افزایش وزن تر میوه نیز

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 موثر بر ترکیدگی میوه می‌توان به GA_3 و اکسین اشاره نمود. به نظر می‌رسد GA_3 با افزایش انعطاف پذیری 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 نسبت بالاتری از هورمون اسید آبسیزیک و مقادیر کمتری از GA_3 و IBA را در مقایسه با میوه سالم دارا بودند (Yilmaz and Ozguven, 2005).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد GA3 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 به‌ترتیب 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 تاثیر 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.

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 reticulate* 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_3 and Cytophex spraying on samany and Zaghloul date palm yield, fruit retained and charasteristics. 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., Verhoeyen, 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_3) and benzyladinine (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_3 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., Sonego, 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.