

## رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی میوه توت فرنگی رقم سابروسا تحت تأثیر محلول پاشی 24 - اپی براسینولید

محمدرضا اصغری<sup>1</sup>، پری زاهدی پور ششگلانی<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 94/3/3 تاریخ پذیرش: 94/6/29

1- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

2- دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

\*.مسئول مکاتبه E-mail: [Pari.zahedi6@yahoo.com](mailto:Pari.zahedi6@yahoo.com)

### چکیده

یکی از رهیافت های نوین در بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی می باشد. براسینواستروئیدها جزء تنظیم کننده های رشد گیاهی هستند که در غلظت های کم بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی تأثیر می گذارند. به منظور بررسی اثر محلول پاشی برگ براسینواستروئیدها بر برخی فاکتورهای کمی و کیفی میوه توت فرنگی (*Fragaria ananassa* cv. Sabrosa) آزمایشی با سه سطح 24- اپی براسینولید (0، 1 و 4 میکرو مول در لیتر) در قالب طرح کاملاً تصادفی و چهار تکرار در محیط کشت هیدروپونیک و شرایط کنترل شده گلخانه ای اجرا شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بالاترین تأثیر 24- اپی براسینولید بر عملکرد و سایر ویژگی های کمی در غلظت 4 میکرو مول در لیتر حاصل شد. در حالیکه غلظت 1 میکرو مول در لیتر 24- اپی براسینولید تأثیر معنی داری در افزایش میزان نشاسته و اسیدیته کل میوه توت فرنگی داشت، نتایج حاصل نشان داد که محلول پاشی 24- اپی براسینولید در بهبود کمیت و کیفیت میوه توت فرنگی تأثیر گذار است.

واژه های کلیدی: تنظیم کننده رشد گیاهی، عملکرد، قند، مواد جامد محلول، نشاسته

## Growth, Yield and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Sabrosa) under Effect of 24- Epibrassinolide

Mohammadreza Asghari<sup>1</sup>, Pari Zahedipour Sheshgelani<sup>2\*</sup>

Received: May 24, 2015 Accepted: September 20, 2015

1 Assoc. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.

2 PhD Student, Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.

\*Corresponding Author: [Pari.zahedi6@yahoo.com](mailto:Pari.zahedi6@yahoo.com)

### Abstract

A new approach to improve the quantity and quality of agricultural products is the use of plant growth regulators. Brassinosteroids as plant growth regulators in low concentrations affect yield and quality of agricultural crops. To evaluate the effect of 24- Brassinosteroids on quantitative and qualitative factors in strawberry fruit (*Fragaria ananassa* cv. Sabrosa) an experiment with 24- Epibrassinolide (0, 1 and 4  $\mu\text{mol/lit}$ ) based on completely randomized design with four replications, was conducted in a hydroponic medium in greenhouse conditions. The highest level of yield and characteristics was resulted in 4  $\mu\text{mol/lit}$  of 24- Epibrassinolide. 1  $\mu\text{mol/lit}$  24- Epibrassinolide significantly increased starch content and total acidity of strawberry fruit, while the highest increase in the sugar and soluble solids content was resulted in 4  $\mu\text{mol/lit}$  of 24- Epibrassinolide. The results show that the use of 24- Epibrassinolide is effective to increase the quantity and to improve the quality of strawberry fruit.

**Keywords:** Plant Growth Regulator, Soluble Solid, Starch, Sugar, Yield

توت فرنگی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مشکلاتی نظیر انتخاب رقم مناسب، سیستم کشت مطلوب، فقدان الگوی خاص برای تغذیه اشاره نمود (بهنامیان و مسیحا 1381).

براسینواستروئیدها با اثر تنظیم‌کنندگی بر رشد گیاه، برای نخستین بار از گرده شلغم (*Brassica napus*) استخراج شدند (کریپاچ و همکاران 2003). براسینو- استروئیدها جزء هورمون‌های گیاهی هستند و 24- اپی براسینولید یک ترکیب مشابه براسینولید می‌باشد که قابلیت استفاده به عنوان یک براسینولید مصنوعی را دارا می‌باشد، چرا که فعالیت بیولوژیکی آن زیاد بوده و استحصال آن نسبتاً ساده است (زایا و همکاران 2009). براسینواستروئیدها در مقادیر بسیار کم، اثرات بیولوژیکی مهمی نظیر بهبود رشد گیاه، کوتاه سازی

### مقدمه

مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی با تنظیم نسبت بین فتوسنتز و تنفس، رابطه بین رشد و نمو و فرآیند میوه دهی می‌توانند کمیت و کیفیت محصول تولیدی را تحت تأثیر قرار دهند. بر این اساس استفاده از این ترکیبات ضمن کمک به گیاه برای غلبه بر شرایط نامساعد محیطی، با تسریع یا به تأخیر انداختن بلوغ میوه می‌توانند حداکثر تقاضای بازار را جذب کرده و دوره فروش محصول را افزایش دهند (آرتیکا 1996). توت فرنگی یک میوه تجاری مهم است که علاوه بر کیفیت ظاهری مطلوب، منبع غنی از مواد پر ارزش غذایی و ترکیبات فیتوشیمیایی می‌باشد (پانیکو و همکاران 2009). مشکلات زیادی در افزایش کمیت و کیفیت میوه

و همکاران 2006). ثابت شده است که میوه های سرشار از آنتوسیانین ها نظیر توت فرنگی و آلوئی قرمز فعالیت آنتی اکسیدان بسیار بالایی دارند (پروتیگنت و همکاران 2002).

با توجه به تأثیر براسینواستروئیدها بر عملکرد و ویژگی های کیفی محصولات کشاورزی، در پژوهش حاضر تأثیر کاربرد 24- اپی براسینولید در غلظت های متفاوت بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت فرنگی تحت شرایط گلخانه ای مورد مطالعه قرار گرفت.

#### مواد و روش ها

در این پژوهش تأثیر محلول پاشی 24- اپی براسینولید بر کمیت و کیفیت میوه توت فرنگی (*Fragaria ananassa* cv. Sabrosa) در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار بررسی شد. بوته های توت فرنگی رقم سابروسا در یک گلخانه تولیدی در حومه شهر ارومیه در گلدان های حاوی کوکوپیت و پرلیت (1:1) کشت شدند و روزانه با محلول غذایی استاندارد (حاوی عناصر غذایی ماکرو و میکرو) از طریق سیستم قطره ای آبیاری شدند. به منظور تهیه غلظت های مورد نظر پودر 24- اپی براسینولید (ساخت شرکت sigma) در اتانول مطلق حل گردید و محلول پایه در دمای 20°C- نگهداری شد. پس از استقرار کامل گیاه و تشکیل میوه محلول پاشی با 24- اپی براسینولید در 3 سطح (0، 1 و 4 میکرو مول در لیتر) انجام شد. محلول پاشی در دو مرحله انجام گرفت، مرحله نخست محلول پاشی 14 روز پس از گلدهی و مرحله دوم محلول پاشی، بعد از رنگ گیری کامل میوه ها صورت گرفت. برای انجام پژوهش، دو روز بعد از آخرین محلول پاشی، میوه ها برداشت شده و پارامترهای کمی برای هر تیمار اندازه گیری شد. برای اندازه گیری ویژگی های کیفی نمونه های برداشت شده در نیتروژن مایع در دمای 196- درجه سانتی گراد تا زمان اندازه گیری نگهداری شدند. داده های به دست آمده از پژوهش حاضر با استفاده از نرم افزار SAS مورد

دوره رشد رویشی و تسریع فرآیند زایشی گیاه، افزایش اندازه میوه ها، بهبود ترکیبات مغذی و کیفیت میوه، افزایش مقاومت به فاکتورهای محیطی تنش زا و بیماری ها و افزایش تولید محصول را نشان می دهد (کریپاچ و همکاران 2000، سس 2003).

رشد سریع میوه بعد از گرده افشانی و لقاح آغاز می شود و میوه ها بعد از مرحله تمام گل با افزایش سریع در اندازه مواجه بوده که حاصل هماهنگی در عملکرد ترکیبات هورمونی از قبیل اکسین، سایتوکینین ها و جیبرلین ها در تخمدان بعد از گرده افشانی و لقاح می باشد (ام سی آتی و همکاران 2013). فو و همکاران (2008) گزارش نمودند که براسینواستروئیدها احتمالاً از طریق تحریک شبکه های سیگنال دهی سایر هورمون های گیاهی، نقش تنظیم کنندگی در رشد میوه دارند. پژوهش های متعددی نشان داده که براسینواستروئیدها قادر به افزایش عملکرد در گونه های متعدد گیاهی هستند و نتایج به نحوه استفاده، مرحله رشد گیاه در زمان استفاده و شرایط محیطی بستگی دارد (دایوی و کریشما 2009). کاربرد براسینواستروئیدها در افزایش عملکرد محصولات زراعی نظیر گندم، برنج، بادام زمینی، خردل، سیب زمینی و کتان گزارش شده است (رامراج و همکاران 1996). با این حال اطلاعات کمی در خصوص تأثیر براسینواستروئیدها بر افزایش عملکرد محصولات باغبانی گزارش شده است. تأثیر براسینواستروئید بر رشد رویشی و زایشی توت فرنگی و افزایش عملکرد میوه گل ساعتی گزارش شده است (پییاتانانگ و همکاران 1996، گومز و همکاران 2006). میوه ها و سبزی ها به عنوان بخش مهمی از منابع غذایی انسان از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. برای تولید کنندگان محصولات کشاورزی، خصوصیات کمی و بازده محصول دارای اهمیت بالایی است. در حالیکه مصرف کنندگان تمایل به مصرف محصولات کشاورزی با کیفیت ظاهری و ارزش تغذیه ای بالا هستند. میوه توت فرنگی دارای مواد فیتوشیمیایی متعدد از قبیل آنتوسیانین ها و ترکیبات فنولی می باشد (سرانو

7/5) استفاده شد. عصاره حاصل به مدت 20 دقیقه در 12000 دور سانتریفوژ گردید. محلول روئی برای سنجش قندهای محلول کل با استفاده از معرف آنترون- سولفوریک و رسوب حاصل برای سنجش نشاسته با استفاده از معرف یدین- HCl مورد استفاده قرار گرفت. به ازای هر 500 میلی گرم ماده تر 1/5 میلی لیتر از بافر استخراج استفاده گردید (مگنی و همکاران 2006).

برای سنجش قندهای محلول کل از معرف آنترون - سولفوریک استفاده شد. جهت تهیه معرف آنترون سولفوریک 0/1 گرم از آنترون و 0/1 گرم تیواوره در 60 میلی لیتر اسید سولفوریک 22 نرمال حل گردید. 1 میلی لیتر از معرف آنترون و 100 میکرو لیتر عصاره گیاهی ترکیب شده و به مدت 10 دقیقه در دمای 100 درجه سانتی گراد در درون حمام آب گرم قرار گرفت. سپس بلافاصله در داخل آب سرد به مدت 10 دقیقه تیمار شد. جذب در 625 نانومتر اسپکتروفتومتر مدل (Analytik Jena Specord 200) اندازه گیری شد. نتایج بر حسب (میلی گرم در گرم وزن تر) بیان گردید. جهت تهیه محلولهای استاندارد از غلظت های مشخص گلوکز (0 تا 30 پی پی ام) استفاده شد.

جهت اندازه گیری نشاسته رسوب حاصل در مخلوط دی متیل سولفوکسید/ اسید کلریدریک (4:1) حل شده و در 12000 دور به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ شد. جهت تهیه معرف یدین-اسید کلریدریک، 0/06 گرم از یدور پتاسیم و 0/003 گرم از ید در 100 میلی لیتر اسید کلریدریک 0/05 نرمال حل گردید. 0/5 میلی لیتر معرف یدین (معرف زرد رنگ) و 0/5 میلی لیتر عصاره گیاهی در لوله ی پلاستیکی کوچک ریخته شد و کاملاً مخلوط گردید. پس از 15 دقیقه میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در 600 نانومتر قرائت شد و نتایج بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر ارائه گردید. جهت تهیه محلول های استاندارد از غلظت های مشخص نشاسته (0 تا 100 میلی گرم در لیتر) استفاده شد (مگنی و همکاران 2006).

تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت.

#### اندازه گیری صفات کمی

برای ارزیابی میزان عملکرد، میوه های برداشت شده به مدت 15 روز از اولین برداشت، توزین گردیده و مجموع آنها به عنوان میزان عملکرد کل در هر بوته برای هر تیمار محاسبه شد. وزن متوسط میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی محاسبه شد. برای تعیین درصد ماده خشک میوه، نمونه ها در آون 85 درجه سانتی گراد به مدت 72 ساعت قرار داده شد و پس از رسیدن به وزن ثابت درصد ماده خشک میوه محاسبه گردید. اندازه گیری طول و قطر میوه توسط کولیس انجام شد (حجازی و همکاران 2004).

#### اندازه گیری مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر رومیزی در دمای اتاق بر حسب درجه بریکس قرائت گردید. داده ها بر حسب شاخص بریکس یادداشت شدند (آیالا-زاولا 2007).

#### اندازه گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

به منظور محاسبه اسیدیته قابل تیتراسیون 10 میلی لیتر آب میوه با 20 میلی لیتر آب مقطر رقیق و این محلول تا رسیدن به pH برابر 8/2 با محلول 0/1 NaOH (جلیلی مرندي 1384). بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده در عمل تیتراسیون، مقدار اسید های آلی موجود در عصاره میوه به صورت درصد یا گرم در 100 میلی لیتر محاسبه شد. مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب درصد اسید سیتریک (اسید غالب توت فرنگی) محاسبه شد.

#### اندازه گیری کربوهیدرات ها

برای استخراج عصاره گیاهی جهت سنجش کربوهیدرات ها از بافر فسفات پتاسیم 0/1M (pH برابر

## نتایج و بحث

## عملکرد و خصوصیات کمی میوه توت فرنگی

24- اپی براسینولید بر عملکرد و خصوصیات کمی میوه توت فرنگی معنی دار بود (جدول 1). حداکثر عملکرد در تیمار 4 میکرو مول در لیتر مشاهده شد که میانگین وزن کل میوه های هر بوته 205/75 گرم بود و این مقدار نسبت به شاهد 32/68 درصد بیشتر بود (جدول 2).

امروزه محلول پاشی با استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی در جهت افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی به عنوان گزینه ای مناسب توسط محققین مورد بررسی قرار می گیرند (آرتیکا 1996). تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تأثیر محلول پاشی

جدول 1- تجزیه واریانس عملکرد و خصوصیات کمی میوه توت فرنگی تیمار شده با 24- اپی براسینولید

میانگین مربعات							منابع تغییر
زمان برداشت	قطر میوه	طول میوه	وزن خشک میوه	وزن تر میوه	عملکرد	درجه آزادی	
88/58**	80/825**	78/093**	1/145**	128/916**	4523/08**	2	غلظت 24- اپی براسینولید
6/05055	5/41	5/945	0/022	1/803	297/194	9	خطای آزمایشی
8/17	7/70	6/52	11/34	8/24	10/027		C.V. %

\*\* نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1 درصد می باشد.

جدول 2- مقایسه میانگین تأثیر تیمار 24- اپی براسینولید بر عملکرد و خصوصیات کمی میوه توت فرنگی

زمان برداشت (روز پس از تیمار)	قطر میوه (میلی متر)	طول میوه (میلی متر)	وزن خشک میوه (گرم)	وزن تر میوه (گرم)	عملکرد (گرم در بوته)	شاهد
35/5 <sup>A</sup>	25/28 <sup>B</sup>	34/28 <sup>B</sup>	0/89 <sup>B</sup>	12/03 <sup>B</sup>	138/5 <sup>B</sup>	
27/75 <sup>B</sup>	31/22 <sup>A</sup>	35/35 <sup>B</sup>	1/16 <sup>B</sup>	14/12 <sup>B</sup>	171/50 <sup>AB</sup>	24- اپی براسینولید (1 میکرو مول در لیتر)
27 <sup>B</sup>	34/1 <sup>A</sup>	42/40 <sup>A</sup>	1/82 <sup>A</sup>	22/74 <sup>A</sup>	205/75 <sup>A</sup>	24- اپی براسینولید (4 میکرو مولدر لیتر)

حروف غیر مشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال 1 درصد با آزمون دانکن می باشد.

داشت. گومز و همکاران (2006) گزارش نمودند که کاربرد BB-16 (آنالوگ براسینواستروئید) در گیاه گل ساعتی بعد از ظاهر شدن اولین گل ها، با افزایش تعداد میوه در هر گیاه، موجب افزایش عملکرد کل گردید. در پژوهش حاضر، محلول پاشی 24- اپی براسینولید بعد از تشکیل میوه های توت فرنگی در دو مرحله تمام سبز (14 روز بعد از گلدهی) و بعد از رنگ گیری کامل میوه-ها انجام شد. در نتیجه افزایش عملکرد احتمالاً به دلیل

براسینواستروئیدها با تنظیم تعداد میوه در هر گیاه و تحریک تقسیم و بزرگ شدن سلولی بر عملکرد کل اثر می گذارند (آرتیکا 1996). در آزمایشی که توسط پایپاتکسنگ (1996) انجام شد، کاربرد براسینولید بر روی بوته های توت فرنگی رقم مایوشی<sup>1</sup> در غلظت 1 میکرو مولار تأثیر معنی داری بر افزایش عملکرد

نشان داده است. افزایش فعالیت DNA پلی مران، RNA پلی مران و افزایش سنتز پروتئین توسط براسینواستروئیدها منجر به تحریک رشد می شود (کالینیچ و همکاران 1985). در گیاه بادام زمینی تیمار شده با 24- اپی براسینولید افزایش در پارامترهای رشدی شامل طول ریشه و ساقه و همچنین وزن خشک و تر ریشه و ساقه مشاهده شده است. بهبود رشد گیاهان تیمار شده با افزایش سطوح DNA، RNA، پروتئین‌های محلول و اشکال متعدد کربوهیدرات‌ها در ارتباط است (واردهینی و رائو 1998).

کاربرد 24-اپی براسینولید تأثیر معنی‌داری بر زمان برداشت میوه‌های توت‌فرنگی نشان داد (جدول 1). میوه‌های تیمار شده با 24- اپی براسینولید تقریباً هشت روز زودتر از میوه‌های شاهد رسیده و برداشت شدند (جدول 2). تغییر در مقدار براسینواستروئید درونی در میوه انبه در طول دوره رسیدگی، نقش دقیق براسینواستروئیدها را در رسیدگی میوه انبه روشن می‌سازد (زاهارا و همکاران 2012).

درگوجه فرنگی و انبه کاربرد بیرونی براسینواستروئیدها موجب تسریع در رسیدن میوه‌های گوجه فرنگی و انبه از طریق افزایش تولید اتیلن می‌شود (واردهینی و رائو 2002). ثابت شده است که براسینواستروئیدها در تکامل و زمان رسیدن توت‌فرنگی نقش داشته و استفاده از اپی براسینولید یا مهار کننده آن یعنی براسینازول به طور قابل توجهی رسیدن میوه توت‌فرنگی را تسریع و یا به تأخیر می‌اندازد که این با پژوهش‌های انجام شده بر روی حبه انگور مطابقت دارد (سیمونس و همکاران 2012). در میوه‌های غیر کلیماکتریک انگور، افزایش درونی براسینواستروئید به واسطه کاربرد بیرونی آن در طی بلوغ حبه‌ها، باعث تسریع در رسیدگی حبه‌ها گردید (زی و همکاران 2013). رسیدن انگور فرآیند بسیار پیچیده‌ای است و براسینواستروئیدها، فرآیند‌های درگیر در طی

تأثیر در افزایش وزن میوه در هر بوته بوده است (جدول 2). با توجه به جدول 2 محلول پاشی 24- اپی براسینولید تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک میوه داشته است. در بین غلظت‌های متفاوت 24- اپی براسینولید اختلاف معنی‌داری در سطح 1 درصد مشاهده شد. بیشترین وزن تر و خشک میوه در غلظت 4 میکرو مول در لیتر 24- اپی براسینولید مشاهده شد (جدول 2). یکی از عوامل مؤثر در بازارپسندی محصولات باغبانی اندازه محصول می‌باشد. توت‌فرنگی، میوه‌ای مجتمع بوده و در هر گل آذین معمولاً میوه گل اولی درشت‌تر از بقیه میوه‌ها است (بهنامیان و مسیحا 1381). تأثیر محلول پاشی 24- اپی براسینولید در غلظت‌های مختلف بر اندازه میوه توت‌فرنگی در سطح 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 1). بیشترین رشد طولی و قطری در میوه‌های تیمار شده با 4 میکرو مول در لیتر 24- اپی براسینولید مشاهده شد (جدول 2). به نظر میرسد که یکی از اثرات مهم براسینواستروئیدها، رابطه نزدیک آن با ایندول استیک اسید (IAA) و همکاری و اثر متقابل بین این دو هورمون می‌باشد. براسینواستروئیدها موجب تحریک رشد طولی محور روی لپه در سویا (کلوز و همکاران 1992) و دمگل‌های گیاه آرابیدوپسیس (کلوز و همکاران 1993) در غلظت‌های پایین می‌شوند. تحریک رشد طولی سلول‌های سویا توسط براسینواستروئید موجب می‌شود که الگوهای بیان ژن توسط براسینواستروئیدها در حضور اکسین و یا بدون وجود آن تغییر یابد که نشان‌دهنده این است که براسینواستروئیدها به تنهایی این اثر را دارند. اخیراً ثابت شده است که براسینواستروئیدها تقسیم سلولی را مستقل از سایر هورمون‌های رشد تحریک می‌نمایند. با این حال براسینواستروئیدها با سطوح درون‌زای اکسین واکنش نشان داده و اثر همدیگر را افزایش می‌دهند (آرتیکا 1996). تیمار گیاه لوبیا با براسینواستروئید افزایش معنی‌داری را در فعالیت DNA پلی مران، RNA پلی مران و سنتز پروتئین

رسیدگی میوه انگور از جمله تجمع ترکیبات فنلی و تکامل طعم و عطر را تحت تأثیر قرار می دهند (زی و همکاران 2013).

جدول 3- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به خصوصیات کیفی میوه توت فرنگی تیمار شده با 24- اپی‌براسینولید

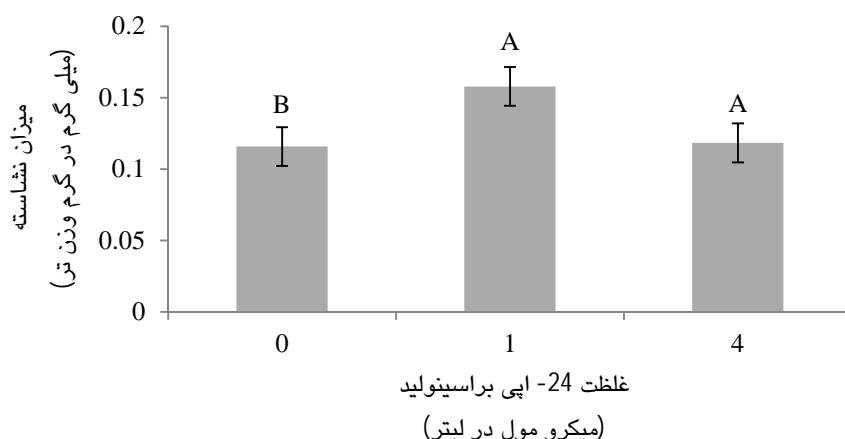
میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	نشاسته	قند محلول	اسیدیته TA	مواد جامد محلول TSS	TSS/TA
غلظت 24- اپی براسینولید	2	0/0021**	446/33**	0/093*	0/00004**	0/317*
خطای آزمایشی	9	0/0000098	4/333	0/013	0/0000023	0/041
C.V. %		2/38	3/66	14/18	0/11	12/11

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد می‌باشد.

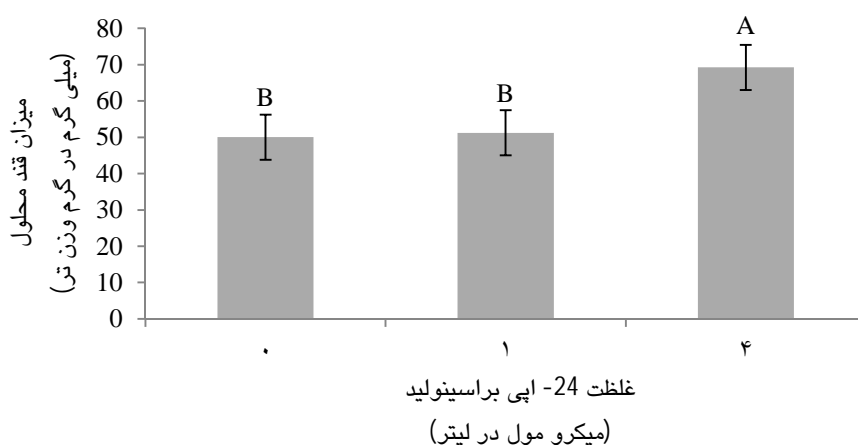
### خصوصیات کیفی میوه توت فرنگی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر محلول پاشی 24- اپی براسینولید بر پارامترهای کیفی میوه توت فرنگی شامل نشاسته، قند محلول، اسیدیته کل، مواد جامد محلول و مواد جامد محلول/اسیدیته کل معنی دار بود (جدول 3). کربوهیدرات‌ها برای رشد و افزایش کیفیت میوه ضروری بوده و انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های متابولیسمی گیاه را فراهم می‌کند. محلول پاشی 24- اپی براسینولید با غلظت 1 میکرو مول در لیتر تأثیر بیشتری در افزایش میزان نشاسته در میوه‌های توت فرنگی نشان داد (شکل 1) و 24- اپی براسینولید در غلظت بالاتر (4 میکرو مول در لیتر) موجب افزایش میزان قندهای محلول شد (شکل 2). تأثیر براسینولیدها در افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها به علت افزایش ظرفیت فتوسنتزی و انتقال موثر این ترکیبات از مرکز تولید به مرکز مصرف می‌باشد. (گوئتر و همکاران 2000). براسینولیدها به واسطه تأثیر بر بیان ژن‌هایی که آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها را کدگذاری می‌کنند و همچنین کنترل انتقال این ترکیبات به مراکز مصرف نقش خود در تجمع کربوهیدرات‌ها را نشان می‌دهند (یو و همکاران 2004). نقش براسینولیدها در تنظیم ارتباط مراکز تولید و مصرف در گیاهچه‌های خیار مطالعه شده و

مشخص شده است که براسینولیدها از طریق تأثیر بر آنزیم‌های اینورتاز باعث تنظیم این ارتباط می‌شوند (زایا و همکاران 2009). براسینولیدها آنزیم‌های ساکارز سنتاز، ساکارز فسفات سنتاز و اسید اینورتاز را که در متابولیسم کربوهیدرات‌ها نقش دارند را فعال می‌کنند (یو و همکاران 2004). در این آزمایش محلول پاشی با 4 میکرومول در لیتر 24- اپی براسینولید موجب افزایش معنی دار در میزان قندهای محلول در مقایسه با غلظت پائین تر 24- اپی براسینولید (1 میکرو مول در لیتر) شد (شکل 2). براسینولیدها در غلظت بالا تر باعث افزایش تولید اتیلن و در نتیجه هیدرولیز نشاسته و پلی ساکاریدها و تولید قندهای محلول می‌شوند (زاهارا و همکاران 2012، سیمونس و همکاران 2012). که موجب تسریع در رسیدگی میوه‌های توت فرنگی می‌شود. نتایج بدست آمده از این آزمایش با نتایج بدست آمده توسط زای و همکاران (2013) در مورد تأثیر براسینولیدها در افزایش میزان قند محلول در حبه‌های انگور مطابقت دارد. نقش تنظیم‌کنندگی براسینولیدها بر تجمع کربوهیدرات‌ها توسط مکانیسم‌های متعددی از جمله بیان ژن‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و کنترل جابجایی مواد فتوسنتزی صورت می‌گیرد (اسچلاتر و همکاران 2002).



شکل 1- تاثیر 24- اپی براسینولید بر میزان نشاسته میوه توت فرنگی، ستون های دارای حروف غیر مشابه بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 1 درصد می باشند.



شکل 2- تاثیر 24- اپی براسینولید بر میزان قند محلول میوه توت فرنگی، ستون های دارای حروف غیر مشابه بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 1 درصد می باشند.

مصرف می شوند. همچنین محتوای اسید های آلی طی دوره نگهداری به دلیل تخمیر و در اثر تنفس میوه ها کاهش می یابد (مارش و همکاران 2004). یکی از دلایل اثر تیمار براسینواستروئیدها بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون احتمالاً مربوط به فعالیت سیستم آنزیمی گلیکولیتیک (آنزیم هایی که قند را اکسید می کنند) می باشد که تولید اسیدهای مختلف را تحت تأثیر قرار داده است.

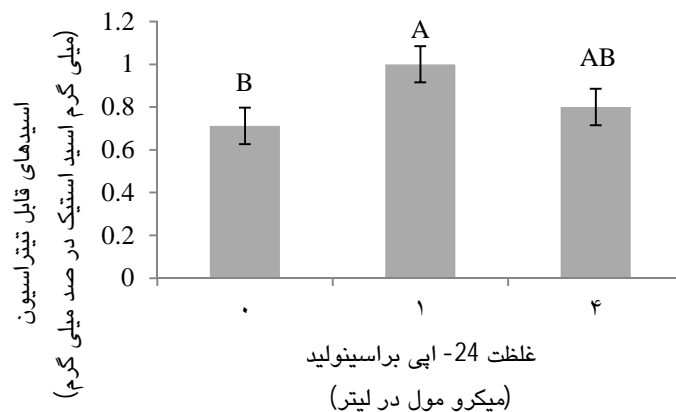
تغییر مواد جامد محلول در اواخر فصل رشد در محصولات باغبانی با هیدرولیز پلی ساکاریدها و تغلیظ

شکل 3، نشان دهنده تاثیر 24- اپی براسینولید بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه توت فرنگی می باشد. با توجه به این نمودار بیشترین میزان اسیدیته مربوط به تیمار 1 میکرو مول در لیتر می باشد. اسیدیته میوه، ویژگی مهم در تعیین کیفیت آن می باشد و اسید های قابل تیتراسیون به طور مستقیم با غلظت اسیدهای ارگانیک موجود در میوه ارتباط دارند (اختر و همکاران 2010). اسیدهای آلی، یک منبع اندوخته انرژی، برای میوه می باشند که در هنگام رسیدن میوه با افزایش سوخت و ساز طی اکسایش اسیدها در چرخه کربس

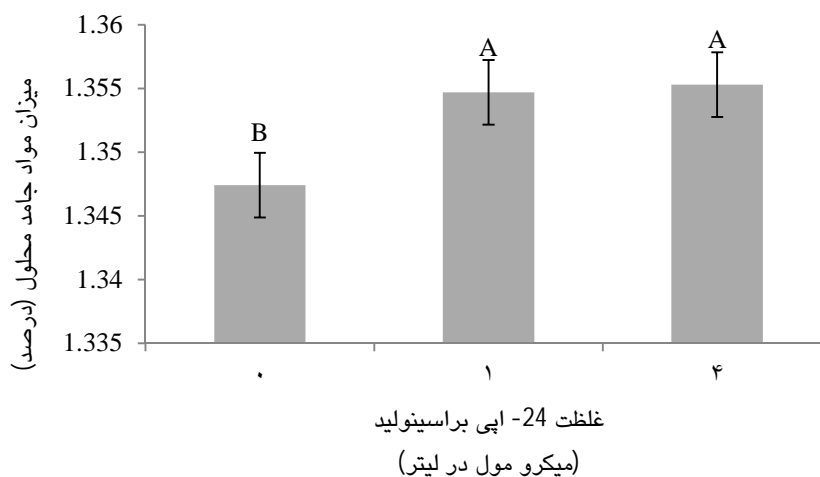


تحت تأثیر قرار می دهد. تیمار 24- اپی براسینولید تأثیر معنی داری بر میزان مواد جامد محلول و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته نشان داد (جدول 3)، که با نتایج زای و همکاران (2013) در میوه انگور مطابقت دارد.

شدن عصاره میوه و همچنین کاهش آب میوه مرتبط می باشد (کبایاشی و همکاران 2008، وارگاس و همکاران 2008). نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته، یکی از شاخص های مؤثر در ارزیابی ویژگی های کیفی محصولات باغبانی می باشد و طعم و مزه محصول را



شکل 3- تأثیر 24- اپی براسینولید بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه توت فرنگی، ستون های دارای حروف غیر مشابه بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 5 درصد می باشند.



شکل 4- تأثیر 24- اپی براسینولید بر میزان مواد جامد محلول میوه توت فرنگی، ستون های دارای حروف غیر مشابه بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال 1 درصد می باشند.

گیاهی می باشد. نتایج این بررسی نشان داد که محلول پاشی میوه های توت فرنگی با 24- اپی براسینولید در طی رشد و نمو میوه ها می تواند به طور معنی دار،

#### نتیجه گیری کلی

یکی از رهیافت های نوین در بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، استفاده از تنظیم کننده های رشد

موجب افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه‌ها شود. و به نظر می‌رسد که غلظت 4 میکرو مول در لیتر 24- کربوهیدرات‌ها برای رشد میوه و افزایش کیفیت آن ضروری می‌باشند. محلول پاشی 24- اپی براسینولید موجب افزایش نشاسته و میزان مواد جامد محلول شده

و به نظر می‌رسد که غلظت 4 میکرو مول در لیتر 24- اپی براسینولید برای دستیابی به کیفیت و عملکرد بهینه، مناسب باشد.

#### منابع مورد استفاده

بهنامیان م و مسیحا س، 1381. توت فرنگی. انتشارات ستوده.

جلیلی مرندی ر، 1392. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگهداری میوه، سبزی و گیاهان زینتی). انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.

Akhtar A, Abbasi NA and Hussain A, 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of Loguot fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany*, 42:181-188.

Arteca RN, 1996. *Plant growth substances: principles and application*. Chapman and Hall, New York.

Ayala-Zavala JF, Wang SHY and Gonzalez-Aguilar GA, 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Technology and Biotechnology*, 452: 166-173.

Clouse SD, Hall AF, Langford M, McMorris TC and Baker ME, 1993. Physiological and molecular effects of brassinosteroids on *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 12:61-66.

Clouse SD, Zurek DM, McMorris TC and Baker ME, 1992. Effect of brassinolide on gene expression in elongating soybean epicotyls. *Plant Physiology*, 100:137-138.

Divi KU and Krishna P, 2009. Brassinosteroid: a biotechnological target for enhancing crop yield and stress tolerance. *New Biotechnology*, 26: 131-136.

Fu FQ, Mao W H, Shi K, Zhou YH, Asami T and Yu JQ, 2008. A role of brassinosteroids in early fruit development in cucumber. *Journal of Experimental Botany*, 59: 2299-2308.

Goetz M, Godt DE and Roitsch T, 2000. Tissue-specific induction of the mRNA for an extracellular invertase isoenzyme of tomato by brassinosteroids suggest a role for steroid hormones in assimilate partitioning. *Plant Journal*, 22: 515-522.

Gomes MDMA, Campostrini E, Leal NR, Viana AP, Ferraz TM, Siqueira LDN, Rosa RCC, Netto AT, Nunez-Vazquez M and Zullo MAT, 2006. Brassinosteroid analogue effects on the yield of yellow passion fruit plants (*Passiflora edulis* f. *fl avicarpa*). *Scientia Horticulturae*, 110: 235-240.

Hejaze A, Shahroodi M and Ardforush M, 2004. *The methods index on plant analysis*. Edition University of Tehran, 98: 20-27.

Kalinich JF, Mandava NB and Todhunter JA, 1985. Relationship of nucleic acid metabolism to brassinolide-induced responses in beans. *Journal of Plant Physiology*, 120: 207-214.

Khripach V, Zhabinkii V and Groot A, 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of Botany*, 86: 441-447.

- Kobayashi H, Wang C, and Pomper KW, 2008. Phenolic content and antioxidant capacity of pawpaw fruit (*Asimina triloba* L.) at different ripening stages. *Horticultural Science*, 43: 268-270.
- Magne C, Saladin G and Clement C, 2006. Transient effect of the herbicide flazasulfuron on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L. *Chemosphere*, 62: 650-657.
- Marsh K, Attanayake S, Walker S, Gunson A, Bolding H and Macrae E, 2004. Acidity and taste in kiwi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32: 159-168.
- McAtee P, Karim S, Schaffer R and David K, 2013. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation and ripening. *Plant Science*, 79:1-7.
- Panico AM, Garufi F, Di Mauro S, Longhitano RC, Magri G, Catalfo A, Serrentino ME and Guidi GD, 2009. Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from (*Fragaria ananassa*). *Pharmaceutical Biology*, 47: 203-208.
- Pipattanawang N, Fujishige N, Yamane K and Ogata R, 1996. Effect of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberries. *Journal Japanese Society for Horticultural Science*, 65: 651-654.
- Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, Van Buren L, Wagner E, Wiseman S, Van DePut F, Dacombe C and Rice-Evans CA, 2002. The antioxidant activity of regulatory consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research*, 36: 217-233.
- Ramraj VM, Vyas BN, Godrej NB, Mistry KB, Swamy BN and Singh N, 1997. Effects of 28-homobrassinolide on yields of wheat, rice, groundnut, mustard potato and cotton. *Journal of Agriculture Science*, 128: 405-413.
- Sasse, JM, 2003. Physiological actions of brassinosteroids. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22:276–288.
- Schluter U, Köpke D, Altmann T and Mussig C, 2002. Analysis of carbohydrate metabolism of *CPD* antisense plants and the brassinosteroid-deficient *cbb1* mutant. *Plant Cell and Environment*, 25:783-791.
- Serrano J, Goni I and Saura-Calixto F, 2006. Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Research International*, 40: 15–21.
- Symons GM, Chua YJ, Ross JJ, Quittenden LJ, Davies NW and Reid JB, 2012. Hormonal changes during non-climacteric ripening in strawberry. *Journal of Experimental Botany*, 63:4741-4750.
- Vardhini BV and Rao SSR, 1998. Effect of brassinosteroids on growth, metabolite content and yield of *Arachis hypogaea*. *Phytochemistry*, 48: 927-930.
- Vardhini BV and Rao SSR, 2002. Acceleration of ripening of tomato pericarp discs by brassinosteroids. *Phytochemistry*, 61:843–847.
- Vargas RC, Defilippi BG, Valdes GH, Robledo MP and Prieto EH, 2008. Effect of harvest time and L-cysteine as an antioxidant on flesh browning of fresh-cut cherimoya (*Annona cherimola* MiLL). *Chilean Journal of Agriculture Research*, 68:217-227.
- Xi Z, Zhang Z, Huo S, Luan L, Gao X, Ma L and Fang Y, 2013. Regulating the secondary metabolism in grape berry using exogenous 24-epibrassinolide for enhanced phenolics content and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 141:3056-3065.

- Xia XJ, Huang LF, Zhou YH, Mao WH, Shi K, Wu JX, Asami T, Chen Z and Yu JQ, 2009. Brassinosteroids promote photosynthesis and growth by enhancing activation of Rubisco and expression of photosynthetic genes in *Cucumis sativus*. *Planta*, 230:1185-1196.
- Yu JQ, Huang LF, Hu WH, Zhou YH, Mao WH, Ye SF and Nogue S, 2004. A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. *Journal of Experimental of Botany*, 55:1135–1143.
- Zaharah SS, Singh Z, Symons, G.M. and Reid, J.B. (2012). Role of brassinosteroids, ethylene, abscisic acid, and indole-3-acetic acid in mango fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31:363-372.