Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 48, No 4, Winter 2018 (823-832)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.211788.1048

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص ۸۳۲-۸۲۳)

ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی جیبرلین و کلسیم در مراحل مختلف رشدی بر برخی صفات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای

میثم محمدی[۱]، مهدی صیدی[۲*] و اورنگ خادمی[۳]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۳. استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/٤/۲۷- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/٦/۲٤)

چکیده

به‌منظور بهبود عملکرد و کیفیت فلفل دلمه‌ای در شرایط گرم و خشک استان ایلام، تأثیر محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و کلسیم (۰/۵ درصد) در دو مرحله از رشد (اوایل و اواخر فصل برداشت، به ترتیب ۷۰ و ۱۲۰ روز پس از کاشت نشاءها) هرکدام با دو یا سه بار تکرار محلول‌پاشی در هر مرحله بر برخی صفات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای رقم "کالیفرنیا واندر" به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و کلسیم باعث افزایش میانگین عملکرد تک بوته، وزن، طول، قطر، حجم، سفتی بافت، ضخامت گوشت، وزن خشک، محتوای اسیدآسکوربیک، فعالیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی)، محتوای سبزینهٔ (کلروفیل) a، سبزینهٔ b و سبزینهٔ کل و محتوای کلسیم بافت میوه در هر دو مرحله از رشد شد. محلول‌پاشی جیبرلین با سه تکرار در هر مرحله، بیشترین نقش را در بهبود ویژگی‌های فیزیکی میوه نشان داد. ازآنجایی‌که تأثیر جیبرلین و کلسیم بر همهٔ صفات مورد ارزیابی، به‌جز چگالی میوه، به‌طور معنی‌داری در اواخر فصل بیشتر از اوایل فصل برداشت بود، محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و کلسیم به‌ویژه در اواخر برداشت برای بهبود عملکرد و کیفیت فلفل دلمه‌ای توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فعالیت پاداکسندگی، عملکرد، کیفیت و هورمون.

Evaluation of effect of gibberellins and calcium spray in different growth stages on some qualitative and quantitative traits of sweet pepper

Meysam Mohammadi[1], Mehdi Saidi[2*] and Orang Khademi [3]
1, 2. Fomer M.Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
(Received: Jul. 17, 2016 - Accepted: Sep. 14, 2016)

ABSTRACT

In order to improve yield and quality of sweet pepper cv. 'California Wonder' in Ilam province, effects of gibberellins (GA_3 50 mg/l) or calcium ($CaCl_2$ 0.5 percent) spray at beginning or the end of harvesting season (70 and 120 days after transplanting, respectively) were evaluated. Either of the chemicals were sprayed two or three times per growth stage through a factorial assay on the basis of a randomized complete block design (RCBD). Results showed that gibberellic acid and calcium spray increased average yield in plant, weight, length, diameter, volume, texture stiffness, flesh thickness, dry weight, ascorbic acid content, antioxidant activity, chlorophyll a, b and total chlorophyll, as well as calcium content of fruits in both growth stages. Gibberellins with three sprays per growth stages performed the highest positive role in improvement of physical properties of fruits. Effect of gibberellins and calcium on all evaluated traits, except fruit density, were significantly higher at the late harvesting stage than early stages. Therefore, gibberellic acid and calcium spray especially at the end of harvesting season may be advised to improve yield and quality of sweet pepper.

Keywords: Antioxidant activity, quality and hormone, yield.

* Corresponding author E-mail: m.saidi@ilam.ac.ir; saidi490@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

فلفل دلمه‌ای با نام علمی (*Capsicum annuum* L.) از تیرهٔ سیب‌زمینی سانان (*Solanaceae*) و یکی از سبزی‌های پرمصرف است که خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان است. فلفل منبع غنی برای تأمین ویتامین‌های ضروری و مواد کانی است. از سوی دیگر فلفل حاوی مقادیر بالایی از پاداکسنده (آنتی‌اکسیدان)ها و مواد ضروری مانند ویتامین‌ث، کارتنوئیدها و ترکیب‌های فنولیک است. این محصول همچنین حاوی غلظت بالایی از پتاسیم است که این مواد درمجموع ارزش غذایی و پاداکسندگی فلفل را تشکیل می‌دهند. فلفل نیز مانند گوجه‌فرنگی به خاطر بالا بودن پاداکسنده‌ها در پیشگیری از بیماری‌های قلبی نقش مهمی دارد (Daneshvar, 2009).

کیفیت تولید میوه بسته به شرایط آب و هوایی، تغذیه، سن و رقم (واریتهٔ) گیاهی متفاوت است، ولی در شرایط مزرعه به دلیل مهار نکردن شرایط محیطی کیفیت محصول به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و همچنین تلفات محصول نسبت به کشت گلخانه‌ای افزایش می‌یابد (Daneshvar, 2009).

میزان محصول و مدت‌زمان رشد و نمو و رسیدن محصول که اهمیت قابل‌توجهی دارد به میزان دما و دورهٔ نوری (فتوپریود) بسیار حساس است و این عامل‌ها نیز در طول فصل رشد متناسب با منطقه متغیر هستند (Uzun, 2007). تأثیر دما روی رشد، نمو و محصول گوجه‌فرنگی در رقم‌های مختلف بررسی و نشان داده شده که دماهای بالاتر از ۲۲ درجهٔ سلسیوس به‌طور عمده باعث کاهش محصول می‌شوند (Vander Ploeg and Heuvelink, 2005). تأثیر دما نه تنها روی زمان رسیدن میوه، بلکه روی میزان رشد میوه نیز مؤثر است (Adams, 2001) و نور تیز به‌عنوان منبع اولیهٔ انرژی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محیطی برای رشد گیاه است که در طول فصل رشد تغییر می‌یابد (Xet, 2013).

در منطقهٔ ایلام و منطقهٔ غرب با توجه به خشکی نسبی هوا در طول فصل رشد و شدت بالای نور آفتاب به‌طورمعمول سطح تبخیر بالا بوده و این عامل منجر به تولید فلفل‌هایی با اندازهٔ کوچک، شکل نامناسب و کیفیت پایین می‌شود. از جمله راهکارهای توصیه‌شده برای کاهش این عارضه‌ها محلول‌پاشی با نمک‌های کلسیم است (Lange, 1998). به‌طورکلی عنصرهای غذایی پرمصرف و کم‌مصرف تأثیر مختلفی روی کیفیت میوه‌ها دارند. در میان عنصرهای غذایی کلسیم مهم‌ترین عنصر کانی در تعیین کیفیت میوه است. این عنصر به‌ویژه در سیب، گلابی، توت‌فرنگی، انگور، کیوی، زردآلو و بسیاری از گل‌های شاخه بریدنی و میوه‌های دیگر عمر نگهداری میوه‌ها را افزایش می‌دهد. افزایش میزان کلسیم در دیوارهٔ یاخته‌ای میوه‌ها می‌تواند استحکام بافت را بیشتر کرده و شیوع عارضه‌های فیزیولوژیک را کاهش دهد (Capdeville *et al*., 2003). کلسیم با استقرار در دیوارهٔ یاخته‌ای به‌عنوان اتصال‌دهندهٔ بین‌مولکولی که به ترکیب‌های تیغهٔ میانی ثبات می‌بخشد و ساختمان دیوارهٔ یاخته‌ای را حفظ می‌کند. از سویی کلسیم ساختار و وظایف غشای یاخته‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با متصل کردن پروتئین‌های دارای نقش آنزیمی و غیر آنزیمی به فسفولیپیدهای غشا یاخته‌ای ایفای نقش کرده بدین ترتیب از فعالیت آنزیم‌های تولیدکنندهٔ اتیلن که ساختار پروتئینی داشته و به غشای یاخته‌ای متصل هستند، می‌کاهد. در نهایت با تولید کمتر اتیلن که تحریک‌کنندهٔ فعالیت آنزیم‌های آبکافت (هیدرولیز)کنندهٔ دیوارهٔ یاخته‌ای است، دیوارهٔ یاخته‌ای کمتر تخریب شده و میوه‌های حاوی کلسیم سفت باقی می‌مانند (Babalar *et al*., 2009). در کشتزارهای ایران و به‌ویژه منطقهٔ ایلام به دلیل کاربرد بی‌رویهٔ کودها و سموم شیمیایی که افزایش pH خاک را نیز به همراه دارد به‌طورمعمول کلسیم قابل استفادهٔ گیاه کاهش و نشانه‌های کمبود کلسیم در گیاهان ظهور پیدا می‌کند. کلسیم نقش مهمی در کیفیت میوه و کاهش تنش‌های محیطی دارد. جذب کلسیم از خاک به‌طور مستقیم با فرایند تبخیر و تعرق ارتباط دارد، به‌طوری‌که در میوه به دلیل پایین بودن نسبت سطح به حجم تبخیر و تعرق کمتری از سطح میوه انجام می‌گیرد که باعث ایجاد عارضه‌های ناشی از کمبود کلسیم در میوه می‌شود (Kholdbaryn & Islamzadeh, 2006).

جیبرلین نیز یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های

Archive of SID

www.SID.ir

رشد یاخته‌های گیاهی است. از جمله نقش‌های مهمی که این هورمون در گیاهان دارد، می‌توان به طویل شدن یاخته‌ها، تحریک گلدهی، تولید میوهٔ بدون دانه، طویل شدن ریشه، رشد برگ‌ها، جوانه‌زنی بذر، بزرگ شدن و افزایش کیفیت میوه، تأخیر در رسیدن میوه‌ها و افزایش طول میانگره‌ها اشاره کرد (Jones & Carbonell, 1984). نتایج پژوهش‌ها نشان داده‌اند، محلول‌پاشی جیبرلین روی گیاه فلفل دلمه‌ای منجر به بهبود رشد گیاه، افزایش سطح برگ، افزایش طول میانگره، افزایش رشد میوه، افزایش کیفیت و کاهش تلفات ناشی از عارضه‌های فیزیولوژیکی می‌شود (Belakbir *et al*., 1998; Georgi *et al*., 2010). همچنین بیان شده است که جیبرلین‌ها بسته به زمان استفاده در گیاه تأثیر متفاوتی را نشان داده و در مهار بیماری‌های قارچی و باکتریایی نیز نقش دارند (Hedden & Phillips, 2000). بین تیمار جیبرلین و میزان کلسیم میوه همبستگی مثبت وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش جیبرلین، میزان کلسیم بافت میوه نیز افزایش می‌یابد (Jones & Carbonell, 1984). بنابراین جیبرلین افزون بر بهبود رشد می‌تواند عارضه‌های ناشی از کمبود کلسیم را نیز کنترل کند. هدف از این پژوهش بررسی و مقایسهٔ اثرگذاری محلول‌پاشی با جیبرلین و کلسیم بر تغییرات محتوای کلسیم و ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی میوهٔ فلفل دلمه‌ای در دو مرحلهٔ اوایل و اواخر فصل برداشت در شرایط اقلیمی منطقهٔ ایلام بود.

مواد و روش‌ها

اجرای طرح آزمایشی

این پژوهش در بهار و تابستان ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ایلام با مشخصات جغرافیایی ۱۱۷۴ متر ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه اجرا شد. در فرآیند انجام این آزمایش میانگین دما در طول روز و شب به ترتیب ۳۹ و ۲۰ درجهٔ سلسیوس بود. خاک محل آزمایش نیز بافت لومی و EC= ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر داشت.

رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم کالیفرنیا واندر(California Wonder) بود که نشاهای آن از یک مرکز تولید تجاری نشاء در شهرستان کرج تهیه و در مرحلهٔ چهار برگی در بهار ۱۳۹۲ به زمین اصلی منتقل شد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل محلول‌پاشی (دو بار محلول‌پاشی با اسیدجیبرلیک ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (زمان تشکیل میوه و ۱۵ روز پس از آن)، سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (زمان تشکیل میوه، ۱۰ و ۲۰ روز پس از آن)، دو بار محلول‌پاشی با کلریدکلسیم ۰/۵ درصد (زمان تشکیل میوه، ۱۰ روز پس از آن)، سه بار محلول‌پاشی با کلریدکلسیم ۰/۵ درصد (زمان تشکیل میوه، ۱۰ روز پس از آن و ۲۰ روز پس از آن)، شاهد اول (دو بار محلول‌پاشی با آب مقطر در زمان تشکیل میوه و ۱۵ روز پس از آن) و شاهد دوم (سه بار محلول‌پاشی با آب مقطر در زمان تشکیل میوه، ۱۰ و ۲۰ روز پس از آن) و عامل دوم شامل دو چین برداشت میوه در اوایل و اواخر فصل بود، که برای این کار ۷۰ روز پس از کاشت نشاءها (همزمان با تشکیل نخستین میوه‌ها) و همچنین ۱۲۰ روز پس از کاشت نشاءها (همزمان با تشکیل آخرین میوه‌های تجاری) محلول‌پاشی با تیمارهای بالا انجام گرفت و یک هفته پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها برداشت و ارزیابی شدند. صفات مختلف مورد ارزیابی در دو برداشت (اوایل و اواخر فصل برداشت) باهم و در بین تیمارهای مختلف مقایسه شد.

در هر واحد آزمایشی ۲۴ بوته در سه ردیف با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شد. محلول‌پاشی‌ها پس از غروب آفتاب و با سمپاش موتوری همراه با توین۲۰ با غلظت ۰/۱ درصد حجمی- حجمی به‌عنوان مادهٔ فعال سطحی (سورفکتانت) انجام شد. محلول‌پاشی تا آنجایی ادامه پیدا کرد که به‌صورت قطره‌هایی از گیاه در حال چکیدن بود. ارزیابی صفات در دو نوبت جدا از هم روی میوه‌های برداشت‌شده در اوایل فصل برداشت (۱۰۰ روز پس از کاشت نشاءها، مصادف با برداشت نخستین میوه‌های تیمارشده) و اواخر فصل (۱۲۰ روز پس از

Archive of SID

www.SID.ir

کاشت نشاها، همزمان با برداشت آخرین میوه‌های تجاری تیمارشده) انجام گرفت و با هم مقایسه شد.

آبیاری بوته‌ها به‌صورت قطره‌ای و با نوارهای آبیاری بوده و کوددهی در سه نوبت (۱۰، ۷۰ و ۱۲۰ روز پس از کشت) با کود کامل به نسبت ۱۸:۱۸:۱۸ (N:P:K) به ازای هر بوته ۳ گرم همراه با آب آبیاری انجام گرفت.

صفات مورد ارزیابی

از هر واحد آزمایشی پنج بوته از وسط کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و همهٔ صفات مورد ارزیابی بر روی این پنج بوته انجام شد. میانگین عملکرد تک بوته، وزن میوه، حجم میوه، چگالی، طول میوه، قطر میوه، شاخص شکل میوه (نسبت طول به قطر)، سفتی بافت میوه، ضخامت گوشت میوه، pH، درصد اسید قابل عیارسنجی (تیتراسیون)، مواد جامد محلول، اسیدآسکوربیک، درصد وزن خشک میوه، میزان فنل کل، ظرفیت پاداکسندگی، سبزینهٔ (کلروفیل) a، سبزینهٔ b، سبزینهٔ کل میوه، کارتنویید و محتوای کلسیم بافت میوه ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری در این آزمایش بودند.

میوه‌های پنج بوته از هر واحد آزمایشی در مرحلهٔ بلوغ تجاری برداشت و میانگین وزن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱گرم (مدل N0510066)، میانگین طول، قطر و ضخامت گوشت میوه با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای محاسبهٔ حجم میوه از روش غوطه‌وری میوه در بشر حاوی آب استفاده شد. چگالی میوه عبارت بود از نسبت وزن به حجم میوه و سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دستی (FT-011 ساخت کشور ژاپن)، pH با اسیدیته‌سنج (پی‌اچ‌متر) دیجیتال، درصد اسیدیتهٔ قابل عیارسنجی با تیتر کردن عصارهٔ میوه توسط سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH نهایی ۸/۲ بر پایهٔ غالبیت اسیدسیتریک، میزان مواد محلول با استفاده از دستگاه شکست‌سنج (رفراکتومتر) دستی (ATC-1e ساخت کشور ژاپن)، محاسبه شد. برای اندازه‌گیری اسیدآسکوربیک از روش عیارسنجی با محلول کلروفنل ایندوفنل استفاده شد (Ho, 1988).

درصد وزن خشک میوه با خشک کردن نمونه در آون با دمای ۷۵ درجهٔ سلسیوس تا ثابت شدن وزن به دست آمد، میزان فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتیوآ و ظرفیت پاداکسندگی با استفاده از DPPH اندازه‌گیری شد (Shabani *et al*., 2011). برای اندازه‌گیری سبزینهٔ a، b و کل و کاروتنویید میوه ۱ گرم از بافت تر میوه در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد درون هاون چینی همگن شده و آنگاه جذب عصاره در طول‌موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتوفتومتر، مدل S-3100) خوانده شد و با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبات انجام شد (Khader, 1991):

$Chl^a = 12.25A663.2-2.79A646.8$
$Chl^b = 21.50A646.8-5.10A663.2$
$Tchl = Chl^a + Chl^b$
$CX+C = (1000A470-1.8Ca-85.02Cb)/198$

در این رابطه‌ها Chl^a، Chl^b، TChl و CX+C به ترتیب سبزینهٔ a، سبزینهٔ b، سبزینهٔ کل و کارتنوئیدها (شامل زانتوفیل‌ها و کاروتن‌ها) است. غلظت‌ها برحسب میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد. اندازه‌گیری میزان کلسیم بافت میوه توسط دستگاه جذب اتمی و به روش Abel *et al*. (2011) انجام گرفت و بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک گزارش شد.

تجزیهٔ آماری

داده‌ها پس از گردآوری و بررسی نرمال بودن، توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۲) تجزیه شده و برای مقایسهٔ تفاوت بین میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد، تأثیر تیمارهای آزمایشی اسید جیبرلیک و کلسیم بر صفات میانگین عملکرد تک بوته، وزن میوه، حجم، قطر میوه، نسبت طول به قطر، ضخامت گوشت میوه، اسیدآسکوربیک، ظرفیت پاداکسنده، سبزینهٔ a، سبزینهٔ b و سبزینهٔ کل معنی‌دار شد. تأثیر زمان برداشت بر همهٔ صفات به‌جز چگالی، سبزینهٔ b و سبزینهٔ کل معنی‌دار شد. اثر

Archive of SID

www.SID.ir

متقابل تیمارهای اسید جیبرلیک و کلسیم و زمان برداشت تنها بر طول میوه و نسبت طول به قطر میوه معنی‌دار شد (جدول ۱).

نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد، محلول‌پاشی کلسیم و اسید جیبرلیک باعث افزایش میانگین عملکرد تک بوته، وزن و حجم میوهٔ فلفل دلمه‌ای شد، به‌طوری‌که تیمار سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک با ۲۰۶/۹۳ گرم وزن بیشترین وزن و حجم تک میوه و میانگین عملکرد در هر بوته را داشت و پس از آن تیمارهای دو بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و دو بار محلول‌پاشی با کلسیم تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد داشتند. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد، افزایش وزن و حجم میوه‌ها و همچنین عملکرد تک بوته در اواخر فصل برداشت بیشتر از اوایل فصل برداشت بوده است. چگالی میوه هرچند تحت تیمارها افزایش ناچیزی داشت، اما اختلاف بین تیمارها و فصل برداشت میوه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

از نظر تغییر در طول میوهٔ تیمار سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک با ۹۰/۳۷ میلی‌متر بیشترین میزان طول میوه را داشت و تفاوت آن با دو بار محلول‌پاشی با آب مقطر، سه بار محلول‌پاشی با آب مقطر و دو بار محلول‌پاشی با کلسیم معنی‌دار شد و در اواخر فصل برداشت میوه‌ها ازنظر طولی بیشتر از اوایل فصل برداشت رشد داشتند. قطر میوه نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر همهٔ تیمارها (به‌جز شاهد) افزایش یافت و تیمارهای سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و دو بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک به ترتیب با ۸۵/۵۹ و ۸۰/۴۸ میلی‌متر بیشترین میزان رشد قطری را داشتند. قطر میوه نیز همسان طول میوه در اواخر فصل برداشت رشد بیشتری داشت. تغییرات در رشد طول و قطر میوه باعث شد که بیشترین نسبت طول به قطر مربوط به نمونه‌های شاهد باشد و همچنین این نسبت در اواخر فصل برداشت کاهش یابد (جدول ۲).

تیمار سه بار محلول‌پاشی با کلسیم با ۳/۹۷ کیلوگرم بر مترمربع بیشترین سفتی بافت میوه را داشتند که بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای دو و سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک بود. پس از آن‌ها تیمار دو بار محلول‌پاشی با کلسیم با ۳/۷۵ کیلوگرم بر مترمربع سفتی بافت بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد داشت. بیشترین ضخامت گوشت میوه در تیمارهای محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و پس از آن کلسیم مشاهده شد. سفتی و ضخامت گوشت میوه در برداشت آخر نسبت به برداشت اول افزایش قابل‌توجهی داشتند. pH، اسیدیتهٔ قابل عیارسنجی و مواد جامد محلول تحت اعمال محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و کلسیم تغییری نیافتند، اما این صفات در برداشت آخر نسبت به اوایل فصل کاهش معنی‌داری داشتند. اسید آسکوربیک بافت میوه تحت تأثیر تیمارهای دو بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک، سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و سه بار محلول‌پاشی با کلسیم افزایش یافت و در اواخر فصل برداشت نیز نسبت به اوایل فصل برداشت کاهش یافت (جدول ۲).

بیشترین درصد وزن خشک میوه مربوط به تیمار سه بار محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک با ۵/۹۵ درصد بود، هرچند که این تیمار نسبت به دیگر تیمارها بدون تفاوت معنی‌دار ولی نسبت به نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌دار داشت. وزن خشک میوه نیز در اواخر فصل برداشت کاهش یافت. محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و کلسیم بر میزان فنل کل میوه تأثیری نداشت، اما این صفت در اواخر فصل برداشت افزایش نشان داد. ازنظر میزان فعالیت پاداکسندگی محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و کلسیم باهم بدون تفاوت معنی‌دار بودند و به‌صورت معنی‌داری نسبت به نمونه‌های شاهد بیشترین ظرفیت پاداکسنده در بافت میوه را داشتند که در اواخر فصل برداشت افزایش قابل‌توجهی داشت. محتوای سبزینهٔ a، سبزینهٔ b و سبزینهٔ کل میوه در تیمارهای محلول‌پاشی بیشتر از نمونه‌های شاهد بود و سبزینهٔ a در اواخر فصل برداشت کاهش یافت، ولی سبزینهٔ b و سبزینهٔ کل هیچ‌گونه تغییری نداشتند. محتوای کاروتنوئید بافت میوه هرچند در اواخر فصل برداشت کاهش یافت، ولی تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفت (جدول ۲).

بررسی میزان کلسیم میوه نشان داد، همهٔ تیمارهای محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک و کلسیم میزان کلسیم بافت میوه را در مقایسه با نمونه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد افزایش دادند، به‌طوری‌که بیشترین محتوای کلسیم مربوط به محلول‌پاشی با کلسیم و پس از آن محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک بود. همچنین، در اواخر فصل برداشت محتوای کلسیم بافت میوه‌ها به‌طور زیادی نسبت به اوایل فصل برداشت افزایش یافت (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس صفات مختلف در اوایل و اواخر فصل برداشت پس از محلول‌پاشی با اسیدجیبرلیک و کلسیم

Table 1. ANOVA of different traits at early and late harvesting stages spraying with gibberellic acid and calcium

Sources of Variations*	df	Mean squares										
		Yield in plant	Ave. fruit weight	Fruit volume	Fruit density	Fruit length	Fruit diameter	Fruit shape index	Texture stiffness	Flesh thickness	Acidity of fruit juice	Titratable acidity
Block	3	0.671*	650*	1297^{ns}	0.0009^{ns}	18.75^{ns}	65.99*	0.005^{ns}	0.54**	0.65^{ns}	0.01^{ns}	0.088**
GA and Calicium Spraying	5	0.791*	3610**	11390**	0.0005^{ns}	37.26^{ns}	176.55**	0.02**	0.77**	5.18**	0.005^{ns}	0.007^{ns}
Harvest Time	1	0.0002^{ns}	10491**	41464**	0.00006^{ns}	864.79**	1719.25**	0.05**	0.40**	2.90**	0.22**	0.355**
GA and Calicium Spraying × Harvest time	5	0.00004^{ns}	381^{ns}	1335^{ns}	0.0003^{ns}	63.74*	97.18^{ns}	0.009**	0.04^{ns}	0.22^{ns}	0.001^{ns}	0.008^{ns}
Error	33	0.062	199	992	0.0005	20.15	15.36	0.002	0.03	0.16	0.009	0.009
C.V.	-	11.29	8.09	8.97	4.65	5.18	5.03	4.55	9.15	6.52	3.15	7.97

ادامهٔ جدول ۱. تجزیهٔ واریانس صفات مختلف در اوایل و اواخر فصل برداشت پس از محلول‌پاشی با اسیدجیبرلیک و کلسیم

Continued table 1. ANOVA of different traits at early and late harvesting stages spraying with gibberellic acid and calcium

Sources of Variations*	df	Mean squares									
		TSS	Fruit dry weight	Total phenol	Ascorbic acid	Antioxidant activity	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Carotenoids	Calcium content
Block	3	0.43*	0.22^{ns}	128**	2438**	129**	3.13**	0.50**	5.22**	0.16**	0.57**
GA and Calicium Spraying	5	0.18^{ns}	0.95^{ns}	17.18^{ns}	614*	74*	2.21**	0.60**	5.24**	0.03^{ns}	0.81**
Harvest Time	1	9.81**	13.39**	587**	1639**	4553**	2.20*	0.0009^{ns}	1.81^{ns}	0.90**	0.46**
GA and Calicium Spraying × Harvest time	5	0.18^{ns}	0.29^{ns}	14.04^{ns}	50.80^{ns}	47^{ns}	0.52^{ns}	0.12^{ns}	0.85^{ns}	0.007^{ns}	0.05^{ns}
Error	33	0.12	0.44	12.75	204	21	0.31	0.06	0.55	0.03	0.04
C.V.	-	7.20	15.17	12.09	11.95	7.23	13.20	14.39	12.28	25.77	12.59

ns، *و **: بدون اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significant, and significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین صفات مختلف در اوایل و اواخر فصل برداشت پس از محلول‌پاشی با اسیدجیبرلیک و کلسیم

Table 2. Mean comparison of different traits at early and late harvesting stages spraying with gibberellic acid and calcium

Treatment	Yield in plant (kg)	Ave. fruit weight (g)	Fruit volume (cm^3)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit shape index	Texture stiffness (kg/m^2)	Flesh thickness (mm)	Acidity of fruit juice	Titratable acidity (%)
Control 2*	0.885^{c}	151.79^{d}	313.91^{d}	85.30^{b}	72.08^{d}	1.18^{a}	3.27^{c}	5.38^{c}	5.42^{a}	1.20^{a}
Control 3	0.892^{c}	153.66^{d}	311.20^{d}	87.30^{b}	74.80^{cd}	1.16^{ab}	3.28^{c}	5.38^{c}	5.40^{a}	1.19^{a}
Calcium 2	1.015^{b}	180.47^{bc}	363.14^{bc}	84.08^{b}	77.67^{bc}	1.08^{cd}	3.75^{b}	6.26^{b}	5.46^{a}	1.23^{a}
Calcium 3	1.089^{b}	166.20^{cd}	336.60^{cd}	85.87^{ab}	76.87^{bc}	1.12^{bc}	3.97^{a}	6.21^{b}	5.46^{a}	1.25^{a}
Gibberellins 2	1.292^{a}	188.08^{b}	372.06^{b}	86.72^{ab}	80.48^{b}	1.08^{cd}	3.79^{ab}	6.96^{a}	5.47^{a}	1.20^{a}
Gibberellins 3	1.347^{a}	206.93^{a}	408.98^{a}	90.37^{a}	85.59^{a}	1.05^{d}	3.91^{ab}	7.35^{a}	5.44^{a}	1.26^{a}
Beginning of harvest	0.998^{b}	159.65^{b}	321.59^{b}	82.36^{b}	71.93^{b}	1.15^{a}	3.57^{b}	6.01^{b}	5.51^{a}	1.31^{a}
End of Harvest	1.174^{a}	189.21^{a}	380.37^{a}	90.85^{a}	83.90^{a}	1.08^{b}	3.75^{a}	6.50^{a}	5.37^{b}	1.14^{b}

ادامهٔ جدول ۲. مقایسهٔ میانگین صفات مختلف در اوایل و اواخر فصل برداشت پس از محلول‌پاشی با اسیدجیبرلیک و کلسیم

Continued table 2. Mean comparison of different traits at early and late harvesting stages spraying with gibberellic acid and calcium

Treatment	TSS (°Brix)	Dry weight (%)	Ascorbic acid (mg/100g)	Total phenol (mg/100g)	Antioxidant activity (%)	Chlorophyll a (mg/L)	Chlorophyll b (mg/L)	Total chlorophyll (mg/L)	Carotenoids (mg/L)	Calcium content (mg/gr)
Control 2*	5.02^{a}	5.13^{b}	86.11^{b}	28.53^{a}	60.56^{b}	3.60^{b}	1.46^{b}	5.07^{b}	0.61^{a}	2.52^{c}
Control 3	4.68^{a}	5.17^{b}	85.16^{b}	28.83^{a}	60.60^{b}	3.58^{b}	1.46^{b}	5.02^{b}	0.63^{a}	2.51^{c}
Calcium 2	4.76^{a}	5.78^{ab}	93.16^{b}	29.97^{a}	65.25^{ab}	4.14^{ab}	1.82^{a}	6.00^{a}	0.67^{a}	3.82^{a}
Calcium 3	4.96^{a}	5.68^{ab}	98.02^{ab}	32.25^{a}	66.15^{a}	4.68^{a}	2.11^{a}	6.79^{a}	0.66^{a}	4.03^{a}
Gibberellins 2	4.92^{a}	5.32^{ab}	106.38^{a}	28.79^{a}	67.25^{a}	4.54^{a}	1.89^{a}	6.56^{a}	0.77^{a}	2.89^{b}
Gibberellins 3	4.67^{a}	5.95^{a}	109.07^{a}	30.90^{a}	66.75^{a}	4.74^{a}	2.01^{a}	6.76^{a}	0.73^{a}	2.85^{b}
Beginning of harvest	5.29^{a}	6.03^{a}	88.47^{b}	26.38^{b}	54.68^{b}	4.43^{a}	1.79^{a}	6.23^{a}	0.81^{a}	2.80^{b}
End of Harvest	4.38^{b}	5.05^{b}	100.16^{a}	33.37^{a}	74.16^{a}	4.00^{b}	1.38^{a}	5.84^{a}	0.54^{b}	3.41^{a}

* ۲ و ۳ به ترتیب به دو و سه بار محلول‌پاشی اشاره می‌کنند.

**: ستون‌های دارای دست‌کم یک حرف مشترک ازنظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد بدون تفاوت معنی‌دار هستند.

***** 2 and 3 refer to twice and thrice spraying, respectively.

****** Columns with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level.

www.SID.ir

بحث

مهم‌ترین تأثیر تیمار اسید جیبرلیک در این آزمایش افزایش اندازه، سفتی بافت و افزایش ارزش غذایی فلفل‌های تولیدی بود. تغییرات در اندازهٔ میوه و افزایش ضخامت گوشت میوه می‌تواند دلایلی در جهت افزایش وزن و حجم میوه و در نهایت افزایش عملکرد تک بوته باشد. افزایش وزن، حجم، طول، قطر و ضخامت گوشت میوه به نقش این هورمون در تحریک رشد و تقسیم یاخته نسبت داده می‌شود (Naeem *et al.*, 2001; Saur, 2005). در نتایج پژوهش همسانی نشان داده شده است، کاربرد ۱۰۰ میکرومولار اسیدجیبرلیک در گیاه فلفل دلمه‌ای منجر به افزایش رشد رویشی گیاه و میوه شد (Georgia *et al.*, 2010). هرچند در نتایج پژوهشی دیگر گزارش شده است، تیمار ترکیبی اسیدجیبرلیک و بنزیل‌آدنین با وجود افزایش عملکرد و اندازهٔ میوه در فلفل قلمی، ولی بر ویژگی‌های رویشی چندان مؤثر نبوده است (Batalang, 2008).

همسان نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، تأثیر تیمار اسید جیبرلیک در افزایش شمار و عملکرد میوه و همچنین طول و قطر میوه در محصولات مختلفی همانند فلفل (Batalang, 2008; Belakbir *et al.*, 1998)، توت‌فرنگی (Momenpour *et al.*, 2010) و سیب (Lange, 1998) نشان داده شده است. همسان نتایج این پژوهش در نتایج پژوهش دیگریگزارش شد، کاربرد جیبرلین با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر باعث بهبود رشد و نمو بوتهٔ گوجه‌فرنگی شد و شمار میوه و عملکرد کل را تا ۲۷ تن در هکتار افزایش داد، درحالی‌که عملکرد شاهد در آن آزمایش ۱۶ تن در هکتار بود (Naeem *et al.*, 2001). همچنین نتایج پژوهش دیگری نشان داد، اعمال تیمار جیبرلیک اسید، عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای را تا ۳ تن در هکتار نسبت به شاهد افزایش می‌دهد (Belakbir *et al.*, 1998). جیبرلین با به‌کارگیری مواد غذایی بیشتر برای رشد زایشی شامل گلدهی و تشکیل میوه، افزایش کارایی نورساخت (فتوسنتز)، کاهش تنفس، بالا بردن انتقال و تجمع قندها و دیگر سوخت‌وساز (متابولیسم)ها منجر به بهبود اندازه میوه و به دنبال آن افزایش عملکرد می‌شود (Georgia et al., 2010; Ouzounidou *et al.*, 2008; Naeem *et al.*, 2001). اسید جیبرلیک همچنین با تحریک رشد و تقسیم یاخته‌ای در نهایت منجر به افزایش اندازهٔ نهایی میوه می‌شود (Hedden & Phillips, 2000). البته محققان بر این باورند، طویل شدن یاخته‌ای بیشتر از تقسیم یاخته‌ای تحت تأثیر تیمار اسیدجیبرلیک قرار می‌گیرد (Belakbir *et al.*, 1998).

در نتایج برخی پژوهش‌ها گزارش شده است، بین تیمار اسید جیبرلیک و میزان کلسیم میوه همبستگی مثبت وجود دارد (Jones & Carbonell, 1984)، به‌طوری‌که با افزایش غلظت اسید جیبرلیک میزان کلسیم بافت میوه نیز همسو با نتایج این پژوهش افزایش می‌یابد. با افزایش حجم میوه در نتیجهٔ تیمار جیبرلین میزان تعرق از سطح میوه افزایش‌یافته و بدین وسیله انتقال کلسیم به درون میوه بهبود خواهد یافت (Kholdbaryn & Islamzadeh, 2006; Jones & Carbonell, 1984). همچنین محلول‌پاشی با ترکیب‌های کلسیمی نیز همانند نتایج این پژوهش باعث افزایش محتوای کلسیم بافت میوه می‌شود. بنابراین تأثیر مثبت تیمار اسید جیبرلیک و کلسیم در افزایش سفتی بافت میوه در این پژوهش نیز می‌تواند به دلیل افزایش غلظت کلسیم بافت میوه باشد، همچنین افزایش ضخامت گوشت میوه نیز باعث افزایش سفتی بافت میوه می‌شود.

در برخی گزارش‌ها بهبود کیفیت میوه در نتیجهٔ تیمار اسید جیبرلیک را به کاهش رقابت بین میوه‌های در حال نمو به دلیل ریزش میوه‌ها و افزایش یاخته‌ها نسبت می‌دهند (Ho, 1988). همسان با این نتایج افزایش میزان اسیدآسکوربیک در فلفل تند در نتیجهٔ اعمال تیمار اسید جیبرلیک گزارش شده است (Chaudhary *et al.*, 2006). افزایش میزان اسیدآسکوربیک در نتیجهٔ تیمار اسید جیبرلیک احتمال دارد به دلیل افزایش زیست‌ساخت (بیوسنتز) اسیدآسکوربیک یا حفاظت از اکسید شدن آن توسط اسیدآسکوربیک اکسیداز باشد (Georgia *et al.*, 2010). با حفظ اسید آسکوربیک ظرفیت پاداکسندگی میوه و در نتیجه ارزش غذایی آن افزایش خواهد یافت

Archive of SID

www.SID.ir

(Belakbir *et al*., 1998). در نتایج تحقیقی Georgia *et al*. (2010) گزارش کردند که کاربرد ۱۰۰ میکرومولار اسیدجیبرلیک در گیاه فلفل دلمه‌ای باعث افزایش اسیدآسکوربیک، ساکارز و سبزینهٔ a در میوه می‌شود، اما این تیمار بر طول میوه، طول برگ، مواد جامد محلول، اسیدیته و سبزینهٔ b در میوهٔ فلفل دلمه‌ای تأثیر معنی‌داری نداشت (Georgia *et al*., 2010). افزایش اندازه و همچنین نسبت سطح به حجم میوه توسط تیمار اسید جیبرلیک باعث افزایش میزان تبخیر و تعرق از سطح میوه و افزایش درصد وزن خشک میوه می‌شود، هرچند که بررسی‌ها نشان می‌دهد، تیمار اسید جیبرلیک باعث افزایش میزان کلسیم در بافت میوه و افزایش وزن تر و خشک میوه می‌شود.

افزایش سبزینهٔ a و سبزینهٔ b باعث افزایش سبزینهٔ کل میوه‌های تیمارشده با اسیدجیبرلیک و کلسیم شد که می‌تواند به دلیل به تأخیر انداختن رسیدن میوه توسط تیمار جیبرلین و کلسیم باشد چراکه میوه‌ها نرسیده سبزینهٔ بیشتری دارند. جیبرلین با تغییر در زیست‌ساخت میوه و کلسیم با کاهش تنش وارد شده به میوه باعث تأخیر در رسیدن میوه‌ها می‌شوند. کاربرد پیش از برداشت جیبرلین رسیدن میوهٔ انبه را شش روز به تأخیر انداخت (Khader, 1991). همچنین تغییر رنگریزه و انباشت کارتنوئید توسط جیبرلین در درختان نارنگی (Garcia *et al*., 1985) و میوهٔ خرمالو گزارش شده است (Gross *et al*., 1984). همچنین گزارش‌ها دیگر بیان می‌کند که جیبرلین از کاهش و تخریب سبزینه جلوگیری می‌کند (Gross *et al*., 1995). پژوهشگران بر این باورند، کلسیم در شرایط تنش منجر به بهبود شرایط رشدی و کاهش آسیب ناشی از تنش از جمله تجزیهٔ سبزینه می‌شود (Kholdbaryn & Islamzadeh, 2006; Saur, 2005).

کلریدکلسیم نیز به‌عنوان یک عامل ساختاری در دیوارهٔ یاخته‌ها باعث بهبود رشد در دیوارهٔ یاخته‌ها و افزایش ضخامت گوشت میوه شد که این باعث افزایش وزن و به دنبال آن حجم میوه نسبت به شاهد شد که با نتایج بررسی‌های Saur (2005) همخوانی داشت. چگالی میوه تغییری نیافت که این نشان می‌دهد، تغییر اندازهٔ میوه به‌صورت غیرمتعارف نبوده است. از جمله صفاتی چون سفتی بافت و ضخامت گوشت میوه از عامل‌هایی هستند که در تعیین کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای و رفتار پس از برداشت آن نقش دارند که تحت تیمار کلسیم نسبت به شاهد بهبود یافتند. تأثیر کلسیم بر افزایش سفتی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی میوه می‌تواند به دلیل نقش این عنصر در تشکیل دیوارهٔ یاخته‌ای و استحکام غشا یاخته‌ای باشد. تأثیر مثبت کلسیم بر افزایش سفتی و حفظ کیفیت میوه در مدت انبارمانی در کیوی (Gerasopoulos *et al*., 1996) و سیب (Conway *et al*., 2002) گزارش شده است.

کلسیم با قرارگرفتن در دیوارهٔ یاخته‌ها و همچنین کاهش تنش‌ها باعث بهبود رشد میوه و همچنین افزایش وزن خشک میوه می‌شود. بهبود شرایط رشدی بوته و جذب بیشتر مواد غذایی در میوه باعث افزایش وزن خشک میوه تحت اعمال تیمارهای کلسیم و اسید جیبرلیک شد (Batalang, 2008). غلظت ۰/۱ مولار کلسیم باعث کاهش فنول و پاداکسنده در برگ کاهو شد، اما غلظت ۰/۲ مولار باعث افزایش آن‌ها شد (Perucka & Olszowka, 2010). در گزارشی به نقش کلسیم در ساخت (سنتز) فنول‌ها اشاره شده است که این مواد نیز به‌خودی‌خود باعث تغییر در میزان پاداکسندهٔ کل می‌شوند (Castaneda & Perez 1996).

کلسیم عنصری است که شعاع یونی بزرگ دارد که باعث می‌شود به‌سختی از آوندها بگذرد. لذا میوه‌هایی که به‌اندازهٔ کافی کلسیم جذب نمی‌کنند دچار ناهنجاری پرشماری می‌شوند (Saur, 2005). در این آزمایش به دلیل تأمین کلسیم مورد نیاز میوه با محلول‌پاشی این کمبود جبران شد و میوه‌های تیمارشده کیفیت مناسب داشتند.

نوسان دمای محیط ممکن است روی الگوی عملکرد محصول و رویدادهای رشدونمو همانند بلوغ میوه بسیار تأثیرگذار باشد، گزارش شده است که زمان لازم برای بلوغ میوه در اوایل فصل به دلیل افزایش میانگین دما کاهش می‌یابد (Adams, 2001). گزارش‌ها نشان می‌دهد (Vander Ploeg & Heuvelink, 2005).

Archive of SID

www.SID.ir

دماهای بالاتر از ۲۲ درجهٔ سلسیوس باعث کاهش عملکرد و اندازهٔ میوهٔ گوجه‌فرنگی می‌شود، چون افزایش دما طول دورهٔ رشد نسبی را بیشتر از افزایش سرعت رشد کوتاه می‌کند. همچنین دمای بالا شاخص برداشت، نسبت مادهٔ خشک به عملکرد محصول، میوه دهی و سرعت نورساخت برگی را کاهش می‌دهد و تشکیل جوانه‌های گل و ریزش گل، تنفس و بستن روزنه‌ها را افزایش می‌دهد (Uzun, 2007).

تأثیر دما نه تنها بر زمان رسیدن میوه، بلکه بر میزان رشد میوه نیز مؤثر است (Adams, 2001) و نور تیز به‌عنوان منبع اولیهٔ انرژی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محیطی برای رشد گیاه است که در طول فصل رشد تغییر می‌یابد (Xet, 2013). بنابراین در اواخر فصل برداشت به دلیل کاهش دمای و همچنین کاهش شدت نور و کاهش سطح تبخیر از سطح میوه و گیاه کیفیت میوه‌ها و عملکرد تک بوته‌ها نسبت به اوایل فصل افزایش یافت و همچنین تأثیر تیمارها نیز محسوس‌تر شد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی نشان داد، محلول‌پاشی اسیدجیبرلیک و کلسیم باعث بهبود کیفیت فیزیکی و افزایش عملکرد میوهٔ فلفل دلمه‌ای شد، هرچند که در بیشتر موارد بین تیمارها تفاوت زیادی وجود نداشت، ولی تیمارهای سه بار محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و کلسیم بهتر از دیگر تیمارها بودند. همچنین در اواخر فصل برداشت این تیمارها مؤثرتر بودند و کیفیت میوه‌های تولیدی در اواخر فصل برداشت بهتر از برداشت اول بود چراکه در اواخر فصل برداشت شدت نور و دما نسبت به اوایل فصل برداشت کاهش یافت.

REFERENCES

1. Abel, O., Jordi, G. & Isabel, L. (2011). Preharvest calcium applications inhibit some cell wall-modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of ‘Fuji Kiku-8_ apples. *Postharvest Biology and Technology*, 62, 161-167.
2. Adams, S. (2001). Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany*, 88(5), 869-877.
3. Batalang, U. (2008). Benzyladenine plus gibberellins increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biological Science*, 8, 652-662.
4. Babalar, M., Dowlati Baneh, A. & Sherafatian, D. (2009). Effect of $CaCl_2$ in postharvest on storage quality of two varieties of grape, Iran, *Seed and Plant Improvement Journal*, 7(1), 128-141. (in Farsi)
5. Belakbir A, Ruiz, J. M. & Romero, L. (1998). Yield and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) in response to Bioregulators. *HortScience*, 33, 85-87.
6. Castaneda, P. & Perez, L. (1996). Calcium ions promote the response of *Citrus limon* against fungal elicitors or wounding. *Phytochemistry*, 42, 595-598.
7. Capdeville, G. D, Maffia, L. A, Finger, F. L. & Bastists, U. G. (2003). Gray mold severity and vase life of rose buds after pulsing with citric acid, salicylic acid, calcium sulfate, sucrose and silver thiosulfate. *Phytopathology*, 28, 380-385.
8. Chaudhary, B. R., Sharma, M. D., Shakya, S. M. & Gautam, D. M. (2006). Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of chilly (*Capsicum annuum* L.) at Rampur, Chitwan. *Agriculture and Animal Science*, 27, 65-68.
9. Conway, W. S., Sams, C. E. & Hickey, K. D. (2002). Pre-and postharvest calcium treatment to apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulturae*, 182, 594-602.
10. Daneshvar, M. H. (2009). *Vegetables Growing*. Shahid Chamran University Press, 462p. (in Farsi)
11. Garcia, L., Agusti, A., Almola, M., Romero, V. & Guardiola, J. C. (1985). Effect of gibberellic acid on ripening and peel puffing in “Satsuma” mandarin. *Scientia Horticulturae*, 27, 75-86.
12. Gross, J., Bazak, H., Blumenfeld, A. & Ben-Arie, R. (1984). Changes in chlorophyll and carotenoid pigments in the peel of “Triumph” persimmon induced by preharvest gibberellin treatment. *Scientia Horticulturae*, 24, 305-314.
13. Georgi, O., Ilias, I. & Anastasia, G. (2010). Comparative study on the effects of various plant growth regulators on growth, quality and physiology of (*Capsicum annuum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42, 805-814.
14. Gerasopoulos, D., Chouliaras, V. & Lionakis, S. (1996). Effect of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 7, 65-72.
15. Hedden, P. & Phillips, A. (2000). Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. *Trends Plant Sciences*, 5, 523-530.

Archive of SID

www.SID.ir

16. Ho, L. C. (1988). Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organ in relation to sink strength. *Plant Physiology*, 9, 355-378.
17. Jones, R. L. & Carbonell, J. (1984). Regulation of the synthesis of barley aleurone α-amylase by gibberellic acid and calcium ions. *Plant Physiology*, 76, 213-218.
18. Jordi, W., Stoopen, G. M., Kelepouris, K. & Van der Krieken, W. M. (1995). Gibberellin-induced delay of leaf senescence of *Alstroemeria* cut flowering stems in not caused by an increase in the endogenous cytokinin content. *Plant Growth Regulator*, 14, 121-127.
19. Kholdbaryn, B. & Islamzadeh, T. (2006). *Mineral Nutrition of Organic Plants*, Shiraz Uni. Press, 328 p. (in Farsi)
20. Khoshgoftarmanesh, A. H. (2008). *Principles of Plant Nutrition*, Isfahan Technology Uni. Press, 354p. (in Farsi).
21. Lange, T. (1998). Molecular biology of gibberellin synthesis. *Plantarum*, 204, 409-419.
22. Ouzounidou G., Papadopoulou, P., Giannakoula, A. & Ilias, I. (2008). Plant growth regulators treatments modulate growth, physiology and quality characteristic of (*Cucumis melo* L.). *Pakistan Botany*, 40, 1185-1193.
23. Momenpour, A., Taghavi, T. & Mehrbanian, M. (2010). Effect of application of benzyladenine and gibberellin on stolen production and some vegetative traits in three strawberry cultivars, Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25, 229-245. (in Farsi)
24. Naeem, N., Ishtiaq, M., Khan, P. & Mohammad, N. (2001). Effect of gibberellic acid on growth and yield of tomato cv. Roma. *Online Journal of Biological Sciences*, 1(6), 448-450.
25. Perucka, I. & Olszowka, K. (2010). Effect of calcium chloride treatment on the level of chlorogenic, β-carotene, lutein and tocopherols in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Acta Agrobotanica*, 64, 65-72.
26. Saur, M. C. (2005). Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae*, 105, 65-89.
27. Shabani, T., Peyvast, Gh. & Olfati, J. (2011). Effect of substrates on quantitative and qualitative characteristics of three varieties of sweet pepper in soilless culture, Iran. *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology*, 25(4), 369-375. (in Farsi)
28. Uzun, S. (2007). The effect of temperature and mean cumulative daily light intensity on fruiting behavior of greenhouse-grown tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(4), 459-466.
29. Van der Ploeg, A. & Heuvelink, E. (2005). Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 80(6), 652-659.
30. Xet, F. (2013). Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae*, 153, 50-55.

Archive of SID

www.SID.ir