



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۴  
صفحه‌های ۶۴۹-۶۶۰

# بهبود خصوصیات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای توسط تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم در شرایط اقلیمی منطقه ایلام

میثم محمدی<sup>۱</sup>، مهدی صیدی<sup>۲</sup>، اورنگ خادمی<sup>۳\*</sup> و مسعود بازگیر<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
۲. استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
۳. استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۱۱

### چکیده

به منظور مطالعه اثر تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم بر حل مشکلات کشت گیاه فلفل دلمه‌ای در منطقه ایلام (شامل تولید میوه‌هایی با اندازه نامناسب و دچار عارضه پوسیدگی گلگاه و آفتاب سوختگی)، تحقیق حاضر در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام گرفت. به این منظور، تیمارهای اسید جیبرلیک (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و کلرید کلسیم (۰/۵ درصد)، هر یک به صورت دو بار (زمان ظهور میوه و ۱۵ روز پس از آن) یا سه بار (زمان ظهور میوه، و ۱۰ و ۲۰ روز پس از آن) محلول‌پاشی روی فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر' اعمال و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، خصوصیات کمی و کیفی میوه بررسی شد. در اکثر خصوصیات مورد بررسی، اختلاف معناداری بین دفعات محلول‌پاشی مشاهده نشد. تیمار اسید جیبرلیک به طور معناداری در مقایسه با شاهد، سبب افزایش عملکرد بوته، تعداد میوه در هر بوته، بازارپسندی، قطر، وزن، ضخامت گوشت، سفتی بافت و وزن خشک میوه، محتوای اسید آسکوربیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار کلروفیل میوه، ارتفاع بوته، طول میان‌گره، سطح برگ و تعداد شاخه فرعی شد و درصد پوسیدگی گلگاه و میزان آفتاب سوختگی میوه را نیز کاهش داد. تیمار کلرید کلسیم نیز در مقایسه با شاهد، به افزایش وزن خشک، سفتی بافت، ضخامت گوشت میوه، مقدار کلروفیل b و مقدار کلروفیل کل میوه انجامید و درصد میوه‌های دارای آفتاب سوختگی و پوسیدگی گلگاه را نیز کاهش داد؛ هر چند این تیمار در بهبود صفات رویشی بوته شامل طول ساقه، قطر شاخساره، عرض شاخساره، طول میان‌گره، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ و همچنین اندازه میوه و عملکرد تأثیر معناداری در مقایسه با شاهد نشان نداد. به طور کلی، اعمال هر دو تیمار جیبرلین و کلرید کلسیم می‌تواند در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه فلفل دلمه‌ای مؤثر باشد.

**کلیدواژه‌ها:** آفتاب سوختگی، پوسیدگی گلگاه، رشد رویشی، سفتی، عملکرد.

## ۱. مقدمه

فلفل دلمه‌ای<sup>۱</sup> از خانوادهٔ سولاناسه<sup>۲</sup> است. این گیاه یکی از مهم‌ترین سبزیجات میوه‌ای خاص مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان است که دارای ترکیبات فعال بیولوژیکی نظیر آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و دیگر مواد گیاهی است و امروزه جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در سطح جهان یافته است [۱].

با توجه به روند سریع افزایش جمعیت در سطح جهان و محدودیت زمین‌های حاصلخیز و منابع آب برای کشاورزی، تولید محصول با کیفیت و عملکرد زیاد، توجه را بیش از پیش به خود جلب کرده است [۳]. فلفل دلمه‌ای از جمله محصولاتی است که به دو روش کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای تولید می‌شود. در روش کشت گلخانه‌ای، به دلیل کنترل شرایط محیطی، به طور معمول محصول با کیفیت مناسب تولید می‌شود، اما با توجه به هزینه‌های زیاد تولید در سیستم کشت گلخانه‌ای، بخش بزرگی از سطح زیرکشت این محصول به مزارع اختصاص دارد. اما در شرایط کشت مزرعه‌ای به دلیل عدم کنترل شرایط محیطی، عملکرد این محصول تا حد زیادی کاهش و تلفات این محصول نسبت به کشت گلخانه‌ای افزایش می‌یابد [۲].

جیبرلین یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد سلول‌های گیاهی است که عامل مهمی در رشدونمو گیاهان به‌شمار می‌رود. از جمله تأثیرهای مهم این هورمون در گیاهان می‌توان به طول شدن سلول‌ها، تحریک گلدهی، تولید میوه بدون دانه، طول شدن ریشه، رشد برگ‌ها، جوانه‌زنی بذور، بزرگ شدن و افزایش کیفیت میوه، تأخیر در رسیدن میوه‌ها و افزایش طول میان‌گره‌ها اشاره کرد [۱۹]. اعمال جیبرلین روی گیاه فلفل دلمه‌ای سبب بهبود رشد گیاه، افزایش سطح برگ، افزایش طول میان‌گره،

افزایش رشد میوه، افزایش کیفیت و کاهش تلفات ناشی از عوارض فیزیولوژیکی می‌شود [۱۴، ۷]. همچنین جیبرلین‌ها بسته به زمان استفاده در گیاه اثرهای متفاوتی دارند و در کنترل بیماری‌های قارچی و باکتریایی نیز مؤثرند [۷]. بین تیمار جیبرلین و مقدار کلسیم میوه همبستگی مثبت وجود دارد، به طوری که با افزایش جیبرلین میوه، مقدار کلسیم بافت میوه نیز افزایش می‌یابد [۱۹]. بنابراین جیبرلین علاوه بر بهبود رشد می‌تواند عوارض ناشی از کمبود کلسیم را نیز کنترل کند.

در ایران تلفاتی که در کشت مزرعه‌ای این محصول محدودکننده است، شامل پوسیدگی گلگاه، آفتاب‌سوختگی و حملهٔ آفات و بیماری‌هاست [۲، ۱]. در منطقهٔ ایلام با توجه به خشکی نسبی هوا در طول فصل رشد و شدت نور آفتاب، به طور معمول سطح تبخیر بالاست و این عامل سبب تولید فلفل‌هایی با اندازهٔ کوچک و شکل نامناسب و دارای عارضه‌های آفتاب‌سوختگی و پوسیدگی گلگاه می‌شود. از جمله راهکارهای توصیه‌شده برای کاهش این عوارض در محصولات حساس، محلول‌پاشی با نمک‌های کلسیم است [۲۲]. امروزه تأثیر کلسیم در بهبود و حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها به‌خوبی شناخته شده است. افزایش مقدار کلسیم در دیوارهٔ سلولی میوه‌ها می‌تواند استحکام بافت را بیشتر کند و شیوع عوارض فیزیولوژیک را کاهش دهد [۹]. در مزارع ایران و به‌ویژه منطقهٔ ایلام، به دلیل مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی به‌خصوص کودهای پتاسه که افزایش اسیدیتهٔ خاک را نیز به‌همراه دارد، به طور معمول کلسیم قابل استفادهٔ گیاه کاهش و علائم کمبود کلسیم در گیاهان ظهور پیدا می‌کند. کلسیم تأثیر مهمی در کیفیت میوه و کاهش تنش‌های محیطی دارد. جذب کلسیم از خاک به‌طور مستقیم با فرایند تبخیر و تعرق ارتباط دارد، به طوری که در میوه به‌دلیل کم بودن نسبت سطح به حجم، تبخیر و تعرق کمتری از سطح میوه

1. *Capsicum annuum* L.  
2. Solanaceae

۲۰ روز پس از آن) اعمال شد. محلول‌پاشی‌ها پس از غروب آفتاب و با سمپاش موتوری همراه با توپین ۲۰ با غلظت ۰/۱ درصد حجمی - حجمی به‌عنوان سورفکتانت انجام گرفت. محلول‌پاشی تا جایی ادامه یافت که به‌صورت قطره‌هایی از گیاه در حال چکیدن باشد. آبیاری بوته‌ها به‌صورت قطره‌ای بود و کوددهی در سه نوبت (۱۰، ۶۰ و ۱۰۰ روز پس از کشت) با کود کامل به‌نسبت ۱۸:۱۸:۱۸ (N:P:K) به‌ازای هر بوته ۳ گرم همراه با آب آبیاری انجام گرفت.

## ۲.۲. صفات مورد ارزیابی

از هر واحد آزمایشی پنج بوته از مرکز کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و همه صفات مورد ارزیابی بر روی این پنج بوته انجام گرفت. تعداد ریشه جانبی، تعداد شاخه‌های اصلی، تعداد شاخه‌های فرعی، طول ساقه، عرض شاخساره، طول میان‌گره، سطح برگ، کلروفیل a، b و کل برگ، عملکرد، تعداد میوه در هر بوته، تعداد میوه‌های بازارپسند، نسبت میوه‌های دارای علائم آفتاب‌سوختگی و پوسیدگی گلگاه، طول میوه، قطر میوه، شاخص شکل میوه (نسبت طول به قطر)، حجم میوه، وزن میوه، ضخامت گوشت میوه، سفتی بافت میوه، مقدار مواد جامد محلول، درصد اسیدیته قابل تیتراژ، درصد وزن خشک میوه، مقدار ویتامین C، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار فنول کل، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل میوه، خصوصیات اندازه‌گیری شده در این آزمایش بودند.

تعداد ریشه جانبی، تعداد شاخه‌های اصلی و تعداد شاخه‌های فرعی به‌صورت میانگین پنج بوته از هر کرت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری طول ساقه، عرض شاخساره (فاصله بین خارجی‌ترین شاخه‌ها در دو قسمت مجاور گیاه) و طول میان‌گره از خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر استفاده شد. سطح برگ با دستگاه سطح‌سنج دیجیتال (مدل DELTA-T) اندازه‌گیری شد.

انجام می‌گیرد که این سبب ایجاد عوارض کمبود کلسیم در میوه می‌شود [۴].

هدف پژوهش حاضر، مطالعه اثر تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم بر خصوصیات کمی و کیفی و کنترل عوارض فیزیولوژیکی فلفل دلمه‌ای رقم تجاری کالیفرنیا و اندر' در شرایط اقلیمی منطقه ایلام است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۱.۲. اجرای طرح آزمایشی

این پژوهش در بهار و تابستان ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با مشخصات جغرافیایی ۱۱۷۴ متر ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه اجرا شد. در طی آزمایش، میانگین دما در طول روز و شب به‌ترتیب ۳۹ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. خاک محل آزمایش نیز دارای بافت لومی و هدایت الکتریکی ۱/۷ دسی‌زیمنس بود.

رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم کالیفرنیا و اندر' بود که نشاهای آن از مرکز تولید تجاری در شهرستان کرج تهیه و در مرحله چهاربرگی در بهار ۱۳۹۲ به زمین اصلی منتقل شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمارهای اعمال‌شده و دفعات محلول‌پاشی بود. هر بلوک به شش واحد آزمایشی تقسیم شد و در هر واحد آزمایشی ۲۴ بوته در سه ردیف با فواصل ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شد. تیمارهای اعمال‌شده شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب)، اسید جیبرلیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر یا کلرید کلسیم ۰/۵ درصد بود. هر یک از تیمارها به‌صورت دو بار (زمان ظهور میوه و ۱۵ روز پس از آن) یا سه بار محلول‌پاشی (زمان ظهور میوه، ۱۰ روز پس از آن و

### ۳.۲. تجزیه آماری

داده‌ها پس از جمع‌آوری و بررسی نرمال بودن با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) تجزیه شده و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنادار در سطح آماری ۵ درصد استفاده شد.

### ۳. نتایج

#### ۳.۱. نتایج صفات رویشی گیاه فلفل دلمه‌ای

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار بر طول ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ، سطح برگ، طول میان‌گره، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه و کلروفیل b معنادار بود، ولی بر قطر شاخساره، تعداد ریشه جانبی تعداد شاخه‌های اصلی، کلروفیل b و کلروفیل کل غیرمعنادار بود (جدول ۱). اثر دفعات محلول‌پاشی در هیچ یک از شاخص‌های مورد بررسی معنادار نشد. اثر برهمکنش بین تیمار و دفعات محلول‌پاشی بر طول ساقه معنادار بود، ولی بر دیگر صفات مورد مطالعه غیرمعنادار بود.

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تیمار جیبرلین به‌طور معناداری به افزایش طول ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی بوته‌ها، سطح برگ، طول میان‌گره‌ها و وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد و تیمار کلرید کلسیم منجر شد، اما بین شاهد و تیمار کلرید کلسیم اختلاف معناداری از نظر این شاخص‌ها مشاهده نشد (جدول ۲). از نظر وزن خشک شاخساره نیز بوته‌های شاهد و تیمار کلرید کلسیم بدون اختلاف معنادار نسبت به یکدیگر، دارای وزن خشک شاخساره بیشتری در مقایسه با بوته‌های تیمار اسید جیبرلیک بودند. بوته‌های تیمار کلرید کلسیم دارای کلروفیل b کمتری در مقایسه با بوته‌های شاهد بودند، ولی بین بوته‌های تیمار اسید جیبرلیک و شاهد اختلاف معناداری از نظر کلروفیل b مشاهده نشد (جدول ۲).

درصد میوه‌های دارای علائم آفتاب‌سوختگی و پوسیدگی گلگاه براساس نسبت تعداد میوه‌های دارای این عارضه‌ها به کل میوه‌های موجود در هر بوته محاسبه شد. میوه‌های پنج بوته از هر واحد آزمایشی در مرحله بلوغ تجاری برداشت شده و پس از شمارش و توزین برای محاسبه تعداد میوه در هر بوته و میانگین وزن، میانگین طول و قطر میوه و ضخامت گوشت میوه با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای محاسبه حجم میوه از روش غوطه‌وری میوه در بشر دارای آب استفاده شد. سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دستی (مدل: FT-011 ساخت ژاپن)، مقدار مواد محلول با استفاده از دستگاه رفاکومتر دستی (مدل: ATC-1e ساخت ژاپن)، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون از طریق تیتراژ کردن عصاره میوه توسط سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به اسیدیته نهایی ۸/۲ محاسبه شد. برای اندازه‌گیری ویتامین ث از روش تیتراسیون با محلول کلروفنول ایندوفنول استفاده شد [۱۸]. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از DPPH و مقدار فنول کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتوا اندازه‌گیری شد [۳].

درصد وزن خشک میوه و بوته، از راه خشک کردن نمونه در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن به دست آمد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید میوه و برگ به ترتیب یک گرم از بافت تر میوه و ۰/۲۵ گرم از بافت تر برگ در پنج میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در داخل هاون چینی همگن شد و سپس جذب عصاره در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل S-3100) قرائت شد و با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبات انجام گرفت [۲۱]:

$$a \times \frac{0.186}{19.3} - A_{663} \times \frac{0.186}{19.3} = \text{کلروفیل } a \quad (1)$$

$$b \times \frac{0.186}{19.3} - A_{646} \times \frac{0.186}{19.3} = \text{کلروفیل } b \quad (2)$$

$$(3) \quad \text{کلروفیل } (a + b) = \text{کلروفیل } a + \text{کلروفیل } b \quad (3)$$

بهبود خصوصیات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای توسط تیمارهای اسید جبرلیک و کلرید کلسیم در شرایط اقلیمی منطقه ایلام

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای اسید جبرلیک و کلرید کلسیم بر صفات رویشی گیاه فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

میانگین مربعات	درجه											
	منابع تغییرات	آزادی	طول ساقه	شاخساره	جانبی	ریشه	شاخه اصلی	شاخه فرعی	سطح برگ	طول میان‌گره	وزن خشک شاخه	وزن خشک ریشه
بلوک	۳		۲۵۳۹۶ <sup>***</sup>	۶۳۶۶ <sup>ns</sup>	۱۷۴/۲۶*	۰/۳۲۵ <sup>ns</sup>	۴/۸۰ <sup>***</sup>	۵/۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۴*	۹/۵۳ <sup>ns</sup>	۱/۱۵ <sup>***</sup>	۰/۱۱۳ <sup>***</sup>
تیمار	۲		۹۳۲۷۴ <sup>***</sup>	۱۴۸۶۸ <sup>ns</sup>	۱۵۸۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۷ <sup>ns</sup>	۱۸۸۵ <sup>***</sup>	۱۰۰/۱۷ <sup>***</sup>	۳/۱۷ <sup>***</sup>	۲۱/۵۷*	۰/۱۶*	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>
دفعات	۱		۵۵ <sup>ns</sup>	۷۸۲۳ <sup>ns</sup>	۱/۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۵ <sup>ns</sup>	۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۶/۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>
مطلوب‌پاشی	۲		۲۲۹۶۸ <sup>***</sup>	۱۱۴۶ <sup>ns</sup>	۶۷/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۷۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۴/۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۱۲/۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>
تیمار x دفعات	۱۵		۶۹۲	۴۴۶۹	۴۱/۲۰	۰/۳۱۴	۰/۴۳	۶/۵۱	۰/۲۷	۴	۰/۰۲	۰/۰۰۷
خطای آزمایش	---		۴/۰۶	۱۲/۹۶	۱۳/۶۴	۱۷/۰۳	۱۰/۳۶	۳/۴۷	۹/۲۲	۸/۶۱	۰/۸	۱۹/۳۷
ضریب تغییرات (%)												

\* و \*\*، معنادار در سطح ۱ و ۵ درصد آزمون LSD. ns: غیر معنادار

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسید جبرلیک و کلرید کلسیم بر صفات رویشی گیاه فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

تیمار	شاخص	طول ساقه (mm)	عرض شاخساره (mm)	تعداد شاخه فرعی	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	طول میان‌گره (mm)	وزن خشک شاخه (%)	وزن خشک ریشه (%)
شاهد *		۵۹۲ <sup>b</sup>	۵۱۰ <sup>ab</sup>	۵/۵۸ <sup>b</sup>	۷۰/۵ <sup>b</sup>	۵/۰۸ <sup>b</sup>	۲۲/۶۲ <sup>a</sup>	۲۲/۹۹ <sup>b</sup>
اسید جبرلیک		۷۷۲ <sup>a</sup>	۵۶۰ <sup>a</sup>	۸/۱۲ <sup>a</sup>	۷۷/۳۷ <sup>a</sup>	۶/۳۳ <sup>a</sup>	۲۱/۴۲ <sup>b</sup>	۲۲/۲۶ <sup>a</sup>
کلرید کلسیم		۵۷۸ <sup>b</sup>	۴۷۵ <sup>b</sup>	۵/۳۷ <sup>b</sup>	۷۲/۴۶ <sup>b</sup>	۵/۵۶ <sup>b</sup>	۲۳/۶۵ <sup>b</sup>	۲۳/۰۵ <sup>b</sup>

\* : میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنادار نسبت به یکدیگر در سطح ۵ درصد آزمون LSD نیستند.

### ۲.۳. خصوصیات کمی و کیفی میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر مقدار عملکرد، تعداد میوه در هر بوته، درصد میوه بازارپسند، درصد پوسیدگی گلگاه، درصد میوه‌های آفتاب‌سوخته، وزن تک‌میوه، حجم تک‌میوه، طول میوه، قطر میوه، شاخص شکل میوه، ضخامت گوشت میوه، سفتی بافت، مقدار ویتامین C، درصد وزن خشک، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، مقدار کلروفیل a، مقدار کلروفیل b و مقدار کلروفیل کل میوه معنادار بود، ولی بر چگالی میوه، درصد اسید قابل تیتراسیون، مقدار مواد جامد محلول و محتوای فنول کل میوه اثر معناداری نشان نداد. اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی به جز مقدار ویتامین C، بر دیگر خصوصیات مورد بررسی معنادار نشد. همچنین اثر برهمکنش بین تیمار و تعداد دفعات محلول‌پاشی در هیچ یک از صفات مورد بررسی معنادار نشد (جدول ۳).

تیمار با اسید جیبرلیک سبب افزایش معنادار عملکرد تک بوته و تعداد میوه در هر بوته در مقایسه با شاهد شد، درحالی که تیمار کلرید کلسیم اختلاف معناداری با شاهد از نظر این شاخص‌ها نشان نداد. هر دو تیمار اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم به‌طور معناداری سبب کاهش درصد میوه‌های آفتاب‌سوخته و دارای علائم پوسیدگی گلگاه در مقایسه با شاهد شدند و بازارپسندی میوه‌ها را نیز در مقایسه با شاهد افزایش دادند. اختلاف معناداری بین دو تیمار جیبرلین و کلرید کلسیم از نظر درصد پوسیدگی گلگاه، درصد آفتاب‌سوختگی و بازارپسندی مشاهده نشد (جدول ۴).

تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم سبب افزایش معنادار وزن و حجم میوه در مقایسه با شاهد شدند. در این بین بیشترین افزایش مربوط به تیمار اسید جیبرلیک و پس از آن تیمار کلرید کلسیم بود. تیمار اسید جیبرلیک همچنین

به‌طور معناداری به افزایش طول و قطر میوه در مقایسه با شاهد منجر شد، درحالی که تیمار کلرید کلسیم تفاوت معناداری از نظر طول و قطر میوه در مقایسه با شاهد نشان نداد. با وجود این، میوه‌های تیمار اسید جیبرلیک به‌طور معناداری دارای شاخص شکل کمتری در مقایسه با میوه‌های تیمارهای کلرید کلسیم و شاهد بودند، درحالی که بین میوه‌های شاهد و تیمار کلرید کلسیم اختلاف معناداری از نظر شاخص شکل مشاهده نشد. بیشترین ضخامت گوشت میوه در میوه‌های تیمار اسید جیبرلیک اندازه‌گیری شد. تیمار کلرید کلسیم نیز به‌طور معناداری دارای ضخامت گوشت میوه بیشتری در مقایسه با میوه‌های شاهد بود. میوه‌های هر دو تیمار اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم بدون اختلاف معنادار نسبت به یکدیگر، دارای سفتی بافت میوه بیشتری در مقایسه با میوه‌های شاهد بودند (جدول ۴).

بررسی خصوصیات شیمیایی میوه‌ها نشان داد که میوه‌های تیمار اسید جیبرلیک، دارای مقدار اسید قابل تیتر، اسید آسکوربیک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری در مقایسه با میوه‌های شاهد بودند، درحالی که بین میوه‌های تیمار کلرید کلسیم و شاهد اختلاف معناداری از نظر مقدار اسید قابل تیتر، اسید آسکوربیک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده نشد. میوه‌های هر دو تیمار اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم، دارای وزن خشک، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بیشتری در مقایسه با میوه‌های شاهد بودند. در این بین نیز میوه‌های تیمار اسید جیبرلیک دارای کلروفیل a و کلروفیل کل بیشتری در مقایسه با میوه‌های تیمار کلرید کلسیم بودند، ولی از نظر وزن خشک و کلروفیل b اختلاف معناداری بین دو تیمار اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم مشاهده نشد (جدول ۵).



جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم بر خصوصیات کمی و فیزیکی میوه فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

شاخص	عملکرد		پوسیدگی گلگاه		تعداد میوه		تعداد میوه	
	ضخامت گوشت (mm)	شکل شاخص (mm)	قطر میوه (mm)	طول میوه (mm)	حجم میوه (cm <sup>3</sup> )	وزن میوه (gr)	نسبت پوسیدگی (%)	تعداد میوه (kg)
۳/۸ <sup>b</sup>	۵/۲۶	۱/۱۸ <sup>a</sup>	۶۷/۰۳ <sup>b</sup>	۷۹/۱۳ <sup>b</sup>	۲۹۱ <sup>c</sup>	۱۴۴	۷/۵۵ <sup>a</sup>	۱۵/۵۵ <sup>b</sup>
۳/۹۵ <sup>a</sup>	۶/۸۱ <sup>a</sup>	۱/۰۹ <sup>b</sup>	۷۷/۶۱ <sup>a</sup>	۸۴/۹۶ <sup>a</sup>	۳۵۳ <sup>a</sup>	۱۷۹ <sup>a</sup>	۲/۴۵ <sup>b</sup>	۱۶/۳۳ <sup>a</sup>
۴/۰۳ <sup>a</sup>	۵/۹۷ <sup>b</sup>	۱/۱۷ <sup>a</sup>	۷۱/۱۵ <sup>b</sup>	۸۲/۹۹ <sup>ab</sup>	۳۲۱ <sup>b</sup>	۱۵۶ <sup>b</sup>	۴/۱۷ <sup>b</sup>	۱۵/۵۸ <sup>b</sup>

\*: میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معناداری نسبت به یکدیگر در سطح ۵ درصد آزمون LSD نیستند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم بر خصوصیات کیفی و شیمیایی میوه فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

شاخص	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی		ویتامین C		اسید قابل تیتراژ	
	کلروفیل کل (mg/l)	کلروفیل a (mg/l)	وزن خشک میوه (%)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (%)	کلروفیل کل (mg/l)	اسید قابل تیتراژ (%)
۵/۳ <sup>c</sup>	۱/۴۶ <sup>b</sup>	۳/۸۳ <sup>c</sup>	۵۸۲ <sup>b</sup>	۷۲/۸۷ <sup>b</sup>	۸۱/۸۶ <sup>b</sup>	۱/۲۵ <sup>b</sup>
۷/۱۱ <sup>a</sup>	۲/۰۳ <sup>a</sup>	۵/۰۷ <sup>a</sup>	۶/۱۳ <sup>a</sup>	۹۶/۸۸	۹۵/۸۷ <sup>a</sup>	۱/۳۵ <sup>a</sup>
۶/۲۹ <sup>b</sup>	۱/۸۷ <sup>a</sup>	۴/۳۹ <sup>b</sup>	۶/۲۶ <sup>a</sup>	۷۲/۸۵ <sup>b</sup>	۸۷/۹۹ <sup>ab</sup>	۱/۳۳ <sup>ab</sup>

\*: میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معناداری نسبت به یکدیگر در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.



#### ۴. بحث

مهم‌ترین تأثیرهای تیمار اسید جیبرلیک در این آزمایش، تحریک رشد رویشی گیاه، افزایش تعداد، اندازه و عملکرد کلی میوه، افزایش سفتی بافت، کاهش عارضه‌های فیزیولوژیکی آفتاب‌سوختگی و پوسیدگی گلگاه بهبود بازارپسندی و افزایش ارزش غذایی فلفل‌های تولیدی بود. افزایش ارتفاع نهایی گیاه، افزایش در تعداد و سطح برگ و تعداد شاخه فرعی در گیاه تحت تیمار اسید جیبرلیک به تأثیر این هورمون در تحریک رشد و تقسیم سلول نسبت داده می‌شود [۲۹]. کاربرد ۱۰۰ میکرومولار اسید جیبرلیک در گیاه فلفل دلمه‌ای به افزایش ارتفاع گیاه، طول میان‌گره و سطح برگ منجر می‌شود [۱۴]، اما تیمار ترکیبی اسید جیبرلیک و بنزیل‌آدنین با وجود افزایش عملکرد و اندازه میوه در فلفل قلمی، بر خصوصیات رویشی چندان مؤثر نبود [۶].

تأثیر تیمار جیبرلین در افزایش تعداد و عملکرد میوه و همچنین طول و قطر میوه در محصولات مختلفی همانند فلفل [۷، ۶]، توت‌فرنگی [۵] و سیب [۲۲] نشان داده شده است. جیبرلین با به‌کارگیری مواد غذایی بیشتر برای رشد زایشی شامل گلدهی و تشکیل میوه، افزایش کارایی فتوسنتز، کاهش تنفس، افزایش انتقال و تجمع قندها و دیگر متابولیس‌ها، سبب بهبود اندازه میوه و عملکرد می‌شود [۲۶، ۱۴]. جیبرلین همچنین با تحریک رشد و تقسیم سلولی در نهایت موجب افزایش اندازه نهایی میوه می‌شود [۱۷]. البته طویل شدن سلولی بیشتر از تقسیم سلولی تحت تأثیر تیمار اسید جیبرلیک قرار می‌گیرد [۷].

بین تیمار جیبرلین و مقدار کلسیم میوه همبستگی مثبت وجود دارد [۱۹]، به طوری که با افزایش غلظت جیبرلین مقدار کلسیم بافت میوه نیز افزایش می‌یابد. بنابراین تأثیر مثبت تیمار اسید جیبرلیک در کاهش پوسیدگی گلگاه ممکن است به دلیل افزایش غلظت کلسیم فلفل باشد. با

افزایش حجم میوه در اثر تیمار جیبرلین میزان تعرق از سطح میوه افزایش یافته و بدین طریق انتقال کلسیم به درون میوه بهبود خواهد یافت [۱۹، ۴]. افزایش سطح برگ و تعداد شاخه‌های فرعی را می‌توان عوامل سایه‌انداز بر روی میوه‌ها و در نتیجه عوامل کاهش آفتاب‌سوختگی در اثر تیمارهای اسید جیبرلیک در نظر گرفت. هر چند استحکام دیواره سلولی میوه‌ها و افزایش ضخامت گوشت میوه نیز می‌تواند عامل کاهش آفتاب‌سوختگی در میوه باشد. تأثیر تیمار اسید جیبرلیک بر کاهش آفتاب‌سوختگی از طریق افزایش ضخامت پوست در میوه انار گزارش شده است [۲۵].

برخی محققان بهبود کیفیت میوه در اثر تیمار جیبرلین را به کاهش رقابت بین میوه‌های در حال توسعه به دلیل تنک شدن و افزایش سلول‌ها نسبت می‌دهند [۱۸]. همسو با نتایج حاضر، افزایش مقدار اسید آسکوربیک در فلفل تند در اثر اعمال تیمار جیبرلین گزارش شده است [۱۰]. افزایش مقدار اسید آسکوربیک در اثر تیمار اسید جیبرلیک احتمالاً به دلیل افزایش بیوسنتز اسید آسکوربیک یا حفاظت از اکسید شدن آن توسط اسید آسکوربیک اکسیداز است [۱۴]. با حفظ اسید آسکوربیک ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه و در نتیجه ارزش غذایی آن افزایش خواهد یافت [۷].

تیمار کلرید کلسیم تأثیر چندانی بر صفات رویشی یا عملکرد میوه و در بیشتر شاخص‌های کیفی همانند اسید آسکوربیک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نشان نداد، ولی ضخامت میوه، وزن میوه و سفتی بافت را بهبود بخشید و درصد آفتاب‌سوختگی و پوسیدگی گلگاه را کاهش داد. بنابراین تأثیر کلسیم در این آزمایش به دلیل تأثیر مستقیم در بافت میوه بود و بر بوته چندان مؤثر نبود.

تأثیر مثبت کلسیم بر افزایش سفتی و حفظ کیفیت میوه در طول انبارداری در کیوی [۱۵] و سیب [۱۱] مشاهده شده است. تأثیر کلسیم بر افزایش سفتی و بهبود

### منابع

۱. پیوست غ (۱۳۸۱) سبزیکاری. چاپ دوم، انتشارات نشر علوم کشاورزی، تهران. ۳۸۴ ص
۲. دانشور م ح (۱۳۸۷) پرورش سبزی. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه شهید چمران. اهواز. ۴۹۲ ص.
۳. شبانی ط، پیوست غ و الفتی ج (۱۳۹۰) بررسی اثر بسترهای کشت بر صفات کمی و کیفی سه رقم فلفل دلمه‌ای در سیستم کشت بدون خاک. علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. ۲۵: ۳۷۵-۳۶۹.
۴. خلدبرین ب و اسلام‌زاده ط (۱۳۸۴) تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز. ۳۲۸ ص.
۵. مومن‌پور ع، تقوی ت و مهربانیان م (۱۳۸۸) اثر کاربرد بنزیل آدنین و جیبرلین بر تولید ساقه رونده و برخی صفات رویشی سه رقم توت فرنگی. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۵: ۲۴۵-۲۲۹.
6. Batalang U (2008) Benzyladenine plus gibberellins increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Biological Sciences. 8: 652-662.
7. Belakbir A, Ruiz JM and Romero L (1998) Yield and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) in response to Bioregulators. HortScience. 33: 85-87.
8. Castaneda P and Perez L (1996) Calcium ions promote the response of *Citrus limon* against fungal elicitors or wounding. Phytochemistry. 42: 595-598.
9. Capdeville GD, Maffia LA, Finger FL and Bastists UG (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.

خصوصیات فیزیکی میوه ممکن است به دلیل تأثیر این عنصر در تشکیل دیواره سلولی و استحکام غشای سلولی باشد. کلسیم در شرایط تنش به بهبود شرایط رشدی و کاهش خسارات ناشی از تنش منجر می‌شود [۲۹، ۴]. کلسیم عنصری است با شعاع یونی بزرگ که همین ویژگی سبب می‌شود به سختی از آندها بگذرد؛ از این رو میوه‌هایی که به اندازه کافی کلسیم جذب نمی‌کنند دچار ناهنجاری متعددی می‌شوند [۲۹]. در آزمایش حاضر، به دلیل تأمین کلسیم مورد نیاز میوه از راه محلول‌پاشی این کمبود جبران شد و میوه‌های تیمار شده دارای کمترین پوسیدگی گلگاه بودند. کاهش شدت آفتاب‌سوختگی نیز به دلیل افزایش استحکام دیواره سلولی و تحمل بهتر شرایط تنش توسط سلول‌های گیاهی است [۷].

### ۵. نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تیمار اسید جیبرلیک عامل بهبود رشد گیاه و کمیت و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای بود. همچنین تیمار کلرید کلسیم علی‌رغم عدم تأثیر چشمگیر بر عملکرد و رشد گیاه، موجب کاهش تلفات ناشی از پوسیدگی گلگاه و آفتاب‌سوختگی بافت میوه شد و استحکام فیزیکی میوه را افزایش داد. از این رو افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول تولیدی و کاهش تلفات قبل از برداشت از مزایای استفاده از تیمارهای اسید جیبرلیک و کلرید کلسیم است که می‌تواند با افزایش سود خالص موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی شود. با توجه به عدم اختلاف بین زمان‌های محلول‌پاشی توصیه می‌شود تیمارهای اسید جیبرلیک یا کلرید کلسیم طی دو نوبت محلول‌پاشی به‌عنوان برنامه‌ای کاربردی در تولید محصول فلفل دلمه‌ای در شرایط کشت مزرعه‌ای در نظر گرفته شود.

10. Chaudhary BR, Sharma MD, Shakya SM and Gautam DM (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.
11. Conway WS, Sams CE and Hickey KD (2002) Pre-and postharvest calcium treatment to apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulture*. 182: 594-602.
12. Garcia L, Agusti A, Almola M, Romero V and Guardiola JC (1985) Effect of gibberellic acid on ripening and peel puffing in 'Satsuma' mandarin. *Scientia Horticulturae*. 27: 75-86.
13. Gross J, Bazak H, Blumenfeld A and Ben-Arie R (1984) Changes in chlorophyll and carotenoid pigments in the peel of 'Triumph' persimmon induced by preharvest gibberellin treatment. *Scientia Horticulture*. 24: 305-314.
14. Georgi O, Ilias I and 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.
15. Gerasopoulos D, Chouliaras V and Lionakis S (1996) Effect of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 7: 65-72.
16. Heath RL and Packer L (1969) Photoperoxidation and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Biochemistry and Biophysics*. 125: 189-198.
17. Hedden P and Phillips A (2000) Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. *Trends Plant Sciences*. 5: 523-530.
18. Ho LC (1988) Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organ in relation to sink strength. *Plant Physiology*. 9: 355-378.
19. Jones RL and Carbonell J (1984) Regulation of the synthesis of barley aleurone  $\alpha$ -amylase by gibberellic acid and calcium ions. *Plant Physiology*. 76: 213-218.
20. Jordi W, Stoopen GM, Kelepouris K and Van der Krieken WM (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.
21. Khader SESA (1991) Effect of preharvest application of GA<sub>3</sub> on postharvest behavior of mango fruits. *Scientia Horticulturae*. 47: 317-321.
22. Lange T (1998) Molecular biology of gibberellin synthesis. *Plantarum*. 204: 409-419.
23. Lima LCO (1990) Quality and cell wall components of Anna and Granny smith apples treated with heat, calcium and ethylene. *HortScience*. 115: 954-958.
24. Mata AP, Val J and Blanco A (2006) Prohexadion-calcium effect on the quality of "Royal Gala" apple fruits. *Horticultural Science Biotechnology*. 81: 965-970.
25. Mohamed AKA (2004) Effect of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) and benzyladenine on splitting and quality of Mafalouty fruits. *Assiut Journal of Agricultural Science*. 35: 11-21.
26. Ouzounidou G, Papadopoulou P, Giannakoula A and Ilias I (2008) Plant growth regulators treatments modulate growth, physiology and quality characteristic of (*Cucumis melo* L.). *Pakistan Botany*. 40: 1185-1193.

27. Perucka I and Olszowka K (2010) Effect of calcium chloride treatment on the level of chlorogenic,  $\beta$ -carotene, lutein and tocopherols in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Acta Agrobotanica. 64: 65-72.
28. Ranganna S (1997) Manual of analysis of fruit and vegetable products, McGraw-Hill, New Delhi. PP: 80-82.
29. Saur MC (2005) Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Scientia Horticulture. 105: 65-89.
30. Wismer PT (1994) Benzyladenin as a fruit thinning agent: Application and effects on cell division and cell size, M.Sc. Thesis. University of Guelph.
31. Xing Y, Li X, Xu Q, Yun J, Lu Y and Tang Y (2011) Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry. 124: 1443-1450.
32. Yuan R and Greene DW (2000) McIntosh apple fruit thinning by benzyladenine in relation to seed number and endogenous level in fruit and leaves. Scientia Horticulture. 86: 127-134.