اثر به‌کارگیری نیترات کلسیم بر کیفیت میوه خیار (*Cucumis sativus*)

The effects of calcium nitrate on the Cucumber fruit (*Cucumis sativus*) quality

غلامرضا نصیری[۱]، علیرضا لادن مقدم[۲*] و زهرا اوراقی اردبیلی[۳]

۱- گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۲- گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، گرمسار، ایران
۳- گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار، گرمسار، ایران

***نویسنده مسوول مکاتبات:** alirezaladanmoghadam@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۰

چکیده

از آنجایی که حرکت کلسیم در گیاه بسیار کند است و فقط توسط آوندهای چوبی انتقال می‌یابد، بنابراین میوه‌ها با کمبود کلسیم مواجه می‌شوند و این امر باعث ظهور عوارض فیزیولوژیکی ناشی از کمبود کلسیم در میوه در طول فصل رشد می‌گردد. در این تحقیق، اثر به‌کارگیری نیترات کلسیم بر ویژگی‌های کیفی میوه خیار (*Cucumis sativus* L) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تیمار و سه تکرار بررسی شد. نیترات کلسیم در چهار سطح صفر، نیم درصد، یک درصد و دو درصد در دو مرحله قبل از گلدهی و بعد از گلدهی روی بوته‌ها اسپری شد. نتایج نشان داد اثر متقابل سطوح نیترات کلسیم و زمان نیز بر میزان مواد جامد محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول در تیمار صفر (عدم مصرف نیترات کلسیم) و در روز دهم و به‌مقدار ۳/۷۶ و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار دو درصد و روز اول و به‌مقدار ۲/۱۲، بیش‌ترین میزان سفتی مربوط به تیمار شاهد و در روز اول و به‌مقدار ۴/۷۴ و کم‌ترین میزان سفتی برای روز دهم در تیمار یک درصد و به‌مقدار ۴/۲۱، بیش‌ترین میزان TTA در روز اول وبرای تیمار نیم درصد به‌میزان ۰/۵۲ بود. کم‌ترین میزان TTA نیز برای تیمار دو درصد کلسیم نیترات و در روز دهم به‌مقدار ۳۳۶/ ، بیش‌ترین میزان ویتامین ث در روز اول و کلسیم نیترات یک درصد به‌مقدار۸۶ /۰ و کم‌ترین میزان مربوط به کلسیم نیترات نیم درصد در روز دهم ۰/۶۱ بیش‌ترین مقدار کلروفیل برای تیمار نیم درصد و روز اول به‌مقدار۰/۰۲۳ و کم‌ترین مقدار برای شاهد و روز دهم ۰/۰۱۱، بیش‌ترین فعالیت آنزیم را در روز اول و تیمار یک درصد به‌مقدار ۱۲/۴۹ داشت و کم‌ترین فعالیت آنزیم در روز پنجم برای نیترات صفر درصد به‌مقدار ۴/۷۶ و بیش‌ترین مقدار برای نیترات کلسیم نیم درصد و روز دهم به مقدار ۴۰/۳۴ و کم‌ترین مقدار برای روز اول و نیترات کلسیم یک درصد با متوسط ۹/۶۶ بود. بنابراین نتایج این تحقیق دلالت بر نقش مثبت به‌کارگیری کلسیم بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه‌ها دارد.

واژگان کلیدی: آسکوربات، پراکسیداز، نیترات کلسیم، فنیل آلانین امونیا لیاز، خیار، کیفیت میوه.

مقدمه

خیار گیاهی گل‌دار، یک‌ساله از خانواده کدوئیان و نام علمی آن کوکومیس ساتیووس (*Cucumis sativus*) است. خیار حدود ۹۶ تا ۹۷ درصد آب دارد ولی به علت وفور ویتامین، املاح معدنی و اسیدهای آلی آن در تغذیه مدرن امروزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۲).

خیار گیاهی با ساقه رونده و پرزدار و برگ‌های تقسیم شده و دندانه‌داراست. در واریته‌های معمولی بر روی هر بوته گل‌های نر و ماده از هم جدا است ولی در عوض در واریته‌های پارتنوکارپیک (خیارهای گلخانه‌ای) گل نر وجود ندارد و گل‌های ماده بدون عمل گرده‌افشانی و لقاح تولید میوه می‌کند. خیار گلخانه‌ای در هوای آزاد نمی‌تواند به‌خوبی گلخانه میوه تولید کند، زیرا در اثر تلقیح با گرده سایر ارقام، تولیدی یکنواخت ندارد و بدفرم و بدشکل می‌شود. به احتمال قوی خیار بومی آسیا و آفریقا است و هزاران سال کاشت گردید (ابراهیمی‌نیا، ۱۳۸۶).

ایران با داشتن سطح زیر کشت حدود ۷۴۷۰۳ هکتار فضای باز با متوسط تولید ۲۲/۹ تن درهکتار و ۲۵۰۰ سطح زیر کشت گلخانه با تولید ۱۵۰ تن در هکتار، جایگاه خاصی در بین تولیدکنندگان این محصول در سطح جهان داراست (بی‌نام، ۱۳۸۸). این گیاه یکی از مهم‌ترین محصولات گلخانه‌ای است که توسعه روش‌های نوین پرورش آن می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و تولید این محصول داشته باشد. عوامل مختلفی در عملکرد خیار سبز نقش دارند که از آن جمله می‌توان به تغذیه متعادل گیاه اشاره کرد. رشد گیاه بستگی به فراهم بودن نیتروژن در محیط کشت دارد، زیرا این عنصر در تشکیل آمینواسیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و دیگر ترکیبات سلولی نقش مهمی دارد (Hillel *et al*., 2005). ولی مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی نیتروژنه در محلول‌های غذایی و خاک باعث برهم خوردن تعادل عناصر غذایی، آلودگی محیط زیست، افت کیفی محصول و هدررفتن بخش عظیمی از سرمایه‌های ملی می‌شود. از طرف دیگر، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه برای تولید محصولات کشاورزی سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد، زیرا گیاه مقدار زیادی از نیتروژن را به‌صورت نیترات جذب می‌کند که می‌تواند سرطان‌زا باشد (اشکی و غیور باغبانی، ۱۳۸۵).

نیتروژن عنصر مهم در گیاه است و جزو سازنده مولکول‌های کلروفیل هست و نقش مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند (Folgaria, 2009). نیتروژن در خاک کاملاً متحرک است بنابراین علائم کمبود آن در برگ‌های پیر مشاهده می‌شود (حسن‌دخت، ۱۳۸۶). در تولید پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و کوآنزیم‌ها نقش اساسی دارد (Barker and Pilbam, 2007). نیتروژن به‌صورت یون‌های آمونیوم و نیترات توسط ریشه‌ها جذب می‌شود (Fageria, 2009). نیتروژن جذب شده توسط گیاه به‌صورت آمید در می‌آید و آمید با اسید ترکیب شده و تولید اسید آمینه می‌کند (حسن‌دخت، ۱۳۸۶). نیتروژن مانند سایر عناصر، توسط آوندهای چوب به برگ‌ها منتقل و در آنجا از طریق یک واکنش متابولیکی به ترکیبات آلی(آمینواسیدها) تبدیل شده و در نهایت این ترکیبات از طریق آوندهای آبکش در سایر بخش‌های گیاه (همچنین در ریشه) توزیع می‌گردند (حسن‌دخت، ۱۳۸۶).

با وجودی که عناصر مختلفی در ساختار گیاه وجود دارند، اما تنها ضرورت تعداد محدودی از آن‌ها برای گیاه مشخص شده است. عناصر ضروری ممکن است در ساختار گیاه و یا برخی فرآیندهای سوخت و سازی آن مورد نیاز باشند. به‌طوری‌که کمبود آن‌ها سبب بروز نارسایی‌هایی در گیاه می‌شود، که اغلب به‌صورت علائمی روی اندام‌های مختلف و یا کل گیاه قابل مشاهده می‌باشد. در نقطه مقابل، بیش بود برخی عناصر سبب بروز اختلالاتی در رشد و نمو گیاه می‌شود. عناصر مفید نیز به رشد گیاه کمک می‌کنند، اما کمبودشان خسارتی وارد نمی‌کند (خوش‌گفتار منش، ۱۳۸۶). فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم و عناصر کم مصرف آهن، منگنز، مس و روی از مهم‌ترین عناصر پرمصرف مؤثر بر کیفیت میوه

می‌باشند. نتایج پژوهش‌های زیادی نشان داد که تأثیر تعادل غلظت عناصر غذایی بر کیفیت محصولات کشاورزی نسبت به غلظت مطلق آن‌ها بیش‌تر است (Gruda, 2005). حرکت کلسیم در گیاه بسیار کند هست و فقط توسط آوندهای چوبی انتقال می‌یابد. بنابراین میوه، نیاز کلسیمی خود را تنها از طریق آوندهای چوبی تأمین می‌کند، که مقدار لازم آن برای میوه‌ها کافی نیست و در نتیجه میوه‌ها با کمبود کلسیم مواجه می‌شوند و این امر باعث ظهور عوارض فیزیولوژیکی ناشی از کمبود کلسیم در میوه در طول فصل رشد و عمدتاً پس از برداشت و در طول مدت نگهداری و یا انبارداری می‌شود. تیمارهای پس از برداشت کلسیم، افزایش کیفیت و کمیت میوه ی خیار و قطر ساقه و پهنی برگ‌ها را در بوته خیار تضمین می‌کند (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۴). براساس آزمایشی که توسط تیلور و برنن در سال ۲۰۰۸ انجام گرفت اثر چندین فرمولاسیون مختلف کلسیم از جمله کلرید کلسیم، کلسیم آمینواسید کلات و نیترات کلسیم را طی به‌کارگیری در طول دوره‌ی رشد و توسعه‌ی میوه هلو، اثر آن را روی کیفیت و زندگی انبارداری آن مورد بررسی قراردادند. در همه موارد بهبود در استحکام میوه، شکاف پوست میوه و کاهش پوسیدگی میوه پس از برداشت مشاهده شد. مصرف محلول غذایی شامل کلسیم به‌دلیل بالابردن سطح برگ بر افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و سرعت رشد محصول تأثیر دارد (Mirzayi *et al*., 2013). گزارش گردید کاربرد کلسیم، نیتروژن کل ریشه را هم در خیار افزایش داد (Kazemi, 2013). همچنین، کلسیم به‌طور معنی‌داری بر میزان جذب مینرال ها در خیار تاثیر مثبت گذاشت (Yaseen *et al*., 2006). پاشش نیترات کلسیم در طی فاز توسعه‌ی سلولی درختان سیب، سبب افزایش رشد میوه و غلظت کلسیم و نیتروژن در میوه در هنگام برداشت و استحکام میوه‌ها در زمان برداشت و بعد از انبارداری می‌گردد. هدف از انجام این تحقیق اثر به‌کارگیری نیترات کلسیم بر کیفیت میوه خیار (*Cucumis sativus*) بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر به‌کارگیری نیترات کلسیم بر ویژگی‌های کیفی میوه خیار (*Cucumis sativus* L) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تیمار و سه تکرار بررسی گردید. در ابتدا بذرهای خیار رقم Seminis از مرکزی معتبر تهیه شد و سپس در خاک کاشته شد. کاشت به‌صورت مستقیم در اردیبهشت ماه در استان مازندران شهر نکا در فضای باز انجام شد. خاک مورد استفاده در عمق ۳۰ سانتی‌متری مورد آنالیز قرارگرفت. بذرها بعد از خیساندن و جوانه-زنی روی خطوط کشت کنار نوار آبیاری به فاصله‌ی ۴۰ سانتی‌متر از هم کشت گردید. روش کشت به‌صورت سه تکرار و چهار تیمار که هر تکرار شامل پنج بوته و هر تیمار ۱۵ بوته بود. فاصله‌ی دو بوته ۴۹ سانتی‌متر و بین ردیف‌ها ۱/۲۰ متر بود.

نیترات کلسیم در چهار سطح صفر، نیم، یک و دو درصد در دو مرحله قبل از گلدهی و بعد از گلدهی روی بوته‌ها اسپری گردید. پس از تیمار، آزمون‌های زیر بر روی میوه‌ها انجام شد:

اندازه‌گیری سفتی میوه: برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه‌ها از سفتی‌سنج استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول: برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول از رفرکتومتر، استفاده شد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از بافر استات و پراکسید هیدروژن بر اساس روش (Abeles and Biles, 1991) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر بررسی شد.

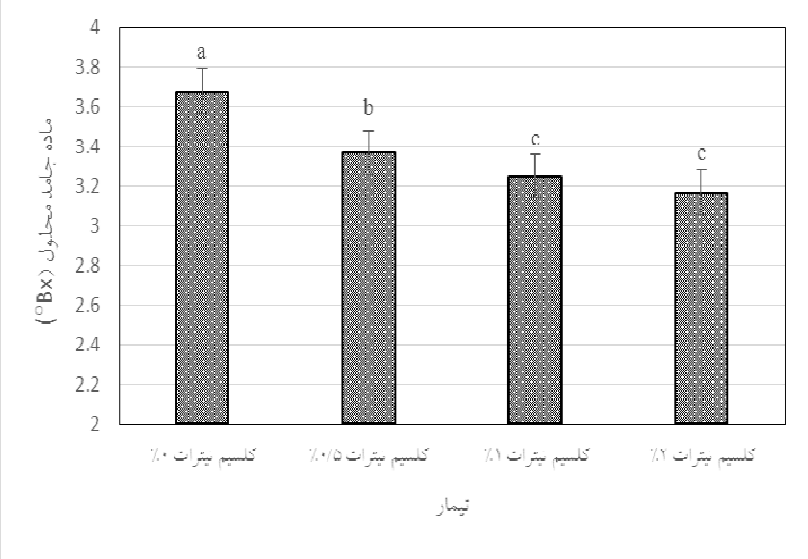
فعالیت آنزیم فنیل الانین آمونیا لیاز PAL (Phenyl alanin amonio liyase)**:** فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز با استفاده از بافر تریس- HCl و فنیل آلانین و دستگاه اسپکتروفتومتر براساس روش

(Beaudin-Eagan & Thorpe, 1985) سنجیده شد. در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند و میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرارگرفت.

نتایج و بحث

ماده جامد محلول

با توجه به نتایج به‌دست آمده اثر متقابل سطوح نیترات کلسیم و زمان بر میزان مواد جامد محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول در تیمار صفر درصد (شاهد) نیترات کلسیم و در روز دهم و به‌مقدار ۳/۷۶ و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار ۲٪ و روز اول و به مقدار ۲/۱۲ مشاهده شد (شکل یک). در این آزمایش با افزایش نیترات کلسیم، از میزان مواد جامد محلول کاسته گردید. تیمار عدم کاربرد نیترات کلسیم، بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول و بیش‌ترین افزایش در مقدار مواد جـــامد محلـول را داشت. هرچه نیترات کلسیم زیادتر شد از میزان مواد جامد محلول میوه‌ها کاسته گردید، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان مواد جامد محلول در تیمار ۰/۲درصد نیترات کلسیم به‌دست آمد. کلسیم در ممـانعت از فعالیت‌های آنـزیمی پلی‌گالاکتـورونـاز و به‌دنبال آن کاهش در قابلیت تجزیه‌پذیری آنزیمی مواد پکتینی موجود در تیغه میانی مرتبط است. از طرف دیگر کاربرد کلسیم منجر به کاهش نشت الکترولیت‌ها از غشای سیتوپلاسمی به داخل آپوپلاست می‌شود. می‌توان گفت استفاده از تیمار نیترات کلسیم با کاهش تولیـد اتیلن و سرعت تنفس باعث پایین آوردن سوخت و ساز فـرآورده می‌شـود و تغییرات مواد جامد محلول را کاهش می‌دهد در گوجه فرنگی کاربرد کلسیم با کاهش تجمع یون‌های Na^+ به دنبال آن کاهش سمیت یونی، میزان پرولین قندهای محلول و پروتئین‌های محلول را به‌طور قابل توجهی کاهش داد (مختاری، ۱۳۸۷).



شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر مواد جامد محلول

Fig. 1. compares the average levels of calcium nitrate dissolved solids

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس تاثیر تیمارهای نیترات کلسیم و زمان بر صفات

Table 1. Table of variance analysis and time on the characteristics of calcium nitrate treatments

منابع تغییرات	SOV	درجه ازادی df	ماده جامد محلول Bx	سفتی Hardness	تیتراسیون اسیدی TTA	ویتامین ث Vit C	کلروفیل کل Total Cholophill	فعالیت POD	فعالیت PAL
تیمار	treatment	3	0.446**	0.3**	0.0332 **	0.054 **	0.000056 **	13.74 *	314.98 **
زمان	Time	2	0.0385*	0.261 **	0.0108 **	0.02 **	0.00009 **	12.43 ns	790.97 **
تیمار × زمان	treatxTime	6	0.129 **	0.086 **	0.011 **	0.0186 **	0.000032 **	18.109 **	289.29 **
اشتباه	Error	-	0.008	0.0019	0.00063	0.00105	0.000006	4.45	17.81
ضریب تغییرات (٪)	CV	-	2.77	4.98	5.52	4.3	14.45	7.69	11.79

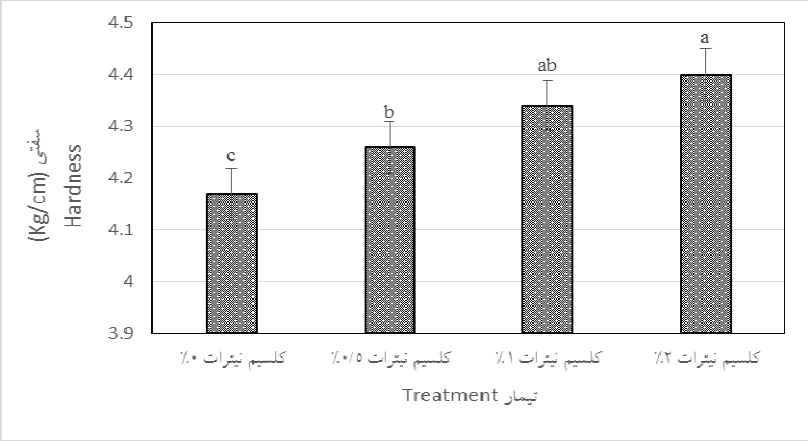
ns عدم تفاوت معنی‌دار و * در سطح پنج و ** در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

and * ns no significant difference in levels 5 and ** is significant at 1% level.

سفتی

در بررسی تاثیر اثر متقابل تیمارها، بیش‌ترین میزان سفتی مربوط به تیمار شاهد و در روز اول و به‌مقدار ۴/۷۴ و کم‌ترین میزان سفتی برای روز دهم در تیمار ۱درصد و به مقدار ۴/۲۱ بود (شکل دو).

با افزایش غلظت نیترات کلسیم، بر میزان سفتی افزوده شد. علت کاهش سفتی میوه با گذشت زمان را می‌توان به تولید ترکیبات اتیلن و مواد فرار نسبت داد که در نرم شدن میوه موثرند. بنابراین به‌کار بردن کلسیم خارجی می‌تواند دیواره‌ی سلولی را از آنزیم‌های جداکننده آن محافظت نماید (White and Broadley, 2003). مهم‌ترین نقش کلسیم در میوه‌ها تحکیم استحکام دیواره سلولی است. کلسیم عامل اتصال‌دهنده بین دو زنجیره اسید گالاکتورونیک است که به ترکیبات پکتین در تیغه میانی استحکام بخشیده و باعث افزایش سفتی دیواره سلولی و در نهایت سفتی بافت میوه می‌گردد. در طالبی میزان تولید اتیلن در میوه‌های رسیده و به‌خصوص برای میوه‌های نرم به‌شدت افزایش یافت. بهرحال نرمی در اثر کمبود کلسیم و فعالیت آنزیم پلی گالاکتروناز می‌تواند باشد (Serrano *et al*., 2002).



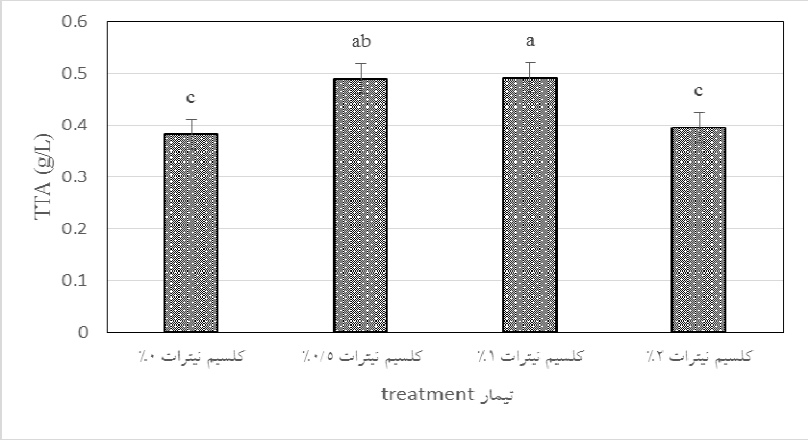
شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر سفتی میوه

Fig. 2. Comparison of average levels of calcium nitrate on firmness

تیتراسیون اسیدی

نتایج نشان داد اثر متقابل تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار بود، میزان TTA در روز اول و برای تیمار ۰/۵درصد به‌مقدار ۰/۵۲ بود. کم‌ترین میزان TTA نیز برای تیمار دو درصد کلسیم نیترات و در روز دهم به‌مقدار ۰/۳۳۶ بود (شکل دو).

در این آزمایش، با گذشت زمان، میزان نیترات کاهش یافت، و بیش‌ترین میزان آن در روز اول و تیماردو درصد نیترات کلسیم بود. هرچه غلظت و میزان نیترات کلسیم بیش‌تر شد بر میزان نیترات افزوده گشت و این با نتایج محققان مطابقت دارد.گزارش شد کاربرد کلسیم، نیتروژن کل ریشه را هم در خیار افزایش داد (Kazemi, 2013). همچنین کلسیم به‌طور معنی‌داری جذب عناصر معدنی کم مصرف را در خیار افزایش داد. پاشش نیترات کلسیم در طی فاز توسعه‌ی سلولی درختان سیب، سبب افزایش رشد میوه و غلظت کلسیم و نیتروژن و استحکام میوه‌ها در زمان برداشت و بعد از انبارداری می‌گردد (Yaseen *et al.*, 2006). پس با کاربرد بیش‌تر نیترات کلسیم می‌توان افزایش نیترات و نیتروزن درون دیواره‌ی سلولی را انتظار داشت. از سوی دیگر با گذشت زمان، همراه با فرآیندهای فیزیولوژیکی رسیدن در میوه‌ها، نیتروژن شروع به تجزیه‌شدن و کاهش می‌یابد.

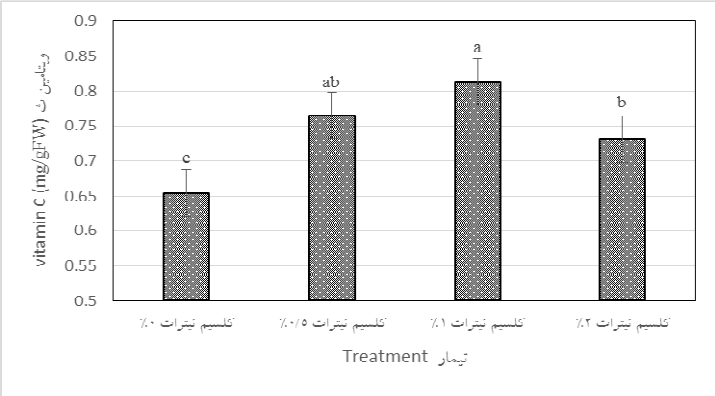


شکل ۳- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر TTA

Fig. 3. compares the average levels of calcium nitrate on TTA

آسکوربات (ویتامین ث)

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل تیمارها بر میزان اسید اسکوربیک تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. اثر متقابل تیمارها نشان داد بیش‌ترین میزان ویتامین ث در روز اول و کلسیم نیترات ۱٪ به‌مقدار۰/۸۶ و کم‌ترین میزان مربوط به کلسیم نیترات ۰/۵٪ در روز دهم ۰/۶۱ بود (شکل چهار). در این تحقیق، با گذشت زمان از میزان ویتامین ث کاسته شد. همچنین با افزودن غلظت نیترات کلسیم از میزان ویتامین ث تا حدودی کاسته شد. در واقع تغییرات این ویتامین از الگوی خاصی پیروی نکرد. ترکیبات کلسیم با داشتن بار مولکولی و اتصال به غشا باعث پایداری آن می‌شود و با این کار از اتصال آزاد گونه‌های فعال اکسیژن به غشا جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاهای زیستی کمک می‌کند و در حقیقت نقش آنتی‌اکسیدان‌ها نظیر ویتامین ث را به عهده می‌گیرد و از تجزیه ویتامین ث جلوگیری می‌کند (Spinardi, 2005). احتمالاً در این تیمارها نیز کلسیم به همین صورت عمل کرده است.

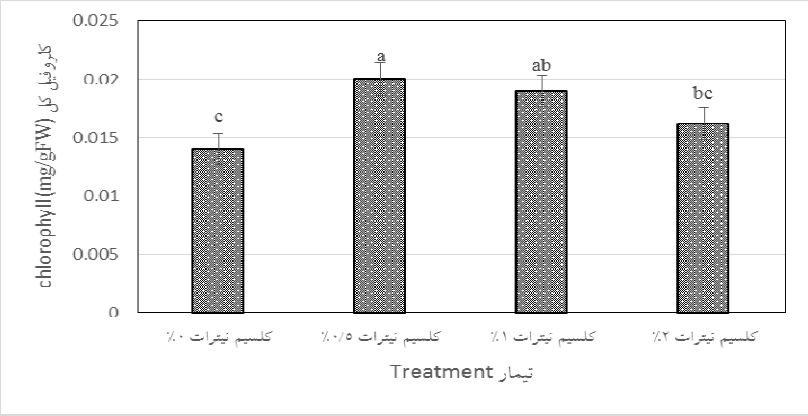


شکل ۴- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر ویتامین ث (اسکوربات)

Fig. 4. compares the average levels of calcium nitrate on Vitamin C (ascorbate)

کلروفیل کل

نتایج نشان داد اثرات ساده تیمار و زمان مصرف و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل کل تاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده از نظر آماری معنی‌دار شد. در بررسی اثر متقابل تیمار و زمان بیش‌ترین مقدار کلـروفیل برای تیمار ۰/۵ درصـد و روز اول به مقدار ۰/۰۲۳ بـود. کم‌تریـن مقـدار برای شـاهـد و روز دهـم ۰/۰۱۱ بود (شکل چهار). به‌کارگیری نیترات کلسیم موجب کاهش سرعت تخریب کلروفیل شد که دلالت بر تاخیـر پیـری داشت که بـرای زنـدگـی پس از برداشت اهمیت زیادی دارد. کلسیم یک عنصر ضروری بود و نقش مهمی در نگهداری کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات دارد. به‌طوری‌که باعث کاهش سرعت تنفس و رسیدن میوه می‌شوند. مطالعات انجام شده بیانگر آن است که سرعت پیری اغلب وابسته به مقدار کلسیم در بافت است به‌طوری‌که با افزایش سطوح کلسیم عوامل مختلف موثر در پیری مانند تنفس، مقدار پروتئین، کلروفیل و سیالیت غشا تغییر می‌یابند. مصرف محلول غذایی شامل کلسیم به‌دلیل بالابردن سطح برگ بر افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و سرعت رشد محصول تأثیر دارد (Myung, 2009).

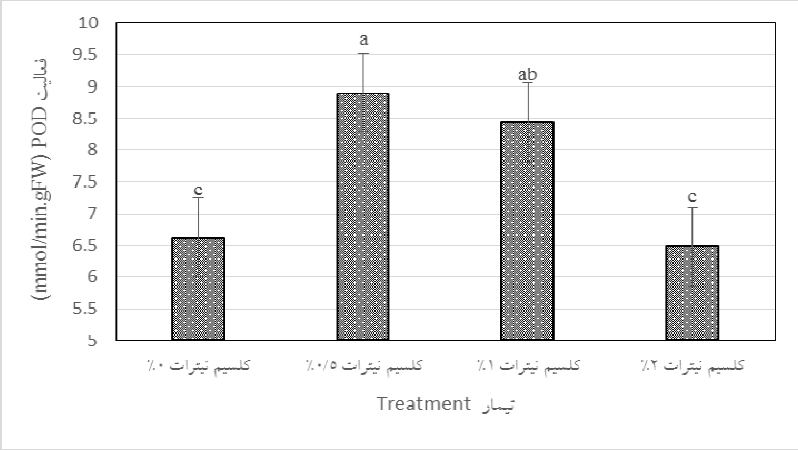


شکل ۵- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر کلروفیل کل

Fig. 5. compares the average levels of calcium nitrate on chlorophyll

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تاثیر تیمارهای نیترات کلسیم آنزیم پراکسیداز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم در تیمار ۰/۵ درصد با میانگین ۸/۹ بود. کم‌ترین میزان فعالیت در تیمار ۲٪ با میانگین ۶/۴۸ بود (شکل شش). پراکسیداز (POD)، برای کاهش اثرات رادیکال‌های آزاد در گیاه ساخته می‌شوند. مطالعات انجام شده نقش اکوفیزیولوژی این ترکیبات آنزیمی را در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نشان می‌دهد. این ترکیبات آنتی‌اکسیدات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند که با جمع‌آوری و احیای گونه‌های فعال اکسیژن از اکسیداسیون متابولیت‌های حیاتی سلول پیشگیری کرده و مانع بروز تنش اکسیداتیو در سلول‌های گیاه می‌شوند (Myung-Min *et al*., 2009). گزارش گردید که استفاده از کلسیم در گوجه‌فرنگی با تخفیف دادن شدت تنش، میزان فعالیت پراکسیداز را کاهش داد (مختاری،۱۳۸۷).



شکل ۶- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر فعالیت انزیم پراکسیداز POD

Fig. 6. compares the average levels of calcium nitrate on peroxidase activity POD

فعالیت آنزیم PAL

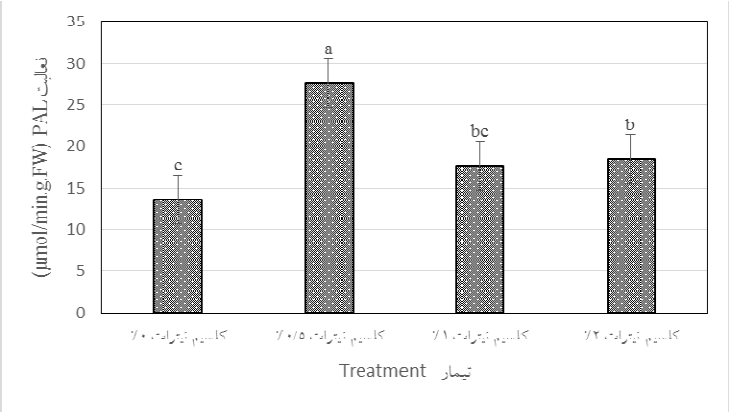
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات به‌کارگیری نیترات کلسیم و زمان مصرف آن و اثرات متقابل تیمارها بر فعالیت آنزیم PAL تاثیر معنی‌داری داشت و اختلافات به‌وجود آمده در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). بیش‌ترین میزان فعالیت PAL در بین تیمارهای نیترات کلسیم در تیمار۰/۵ درصد با میانگین ۲۷/۶۳ و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل هفت).

ترکیبات فنلی در شرایط مطلوب محیطی نیز در سلول‌های گیاهی ساخته می‌شدند اما تنش‌های محیطی مختلف مقدار آن‌ها را در سلول تغییر می‌دهند. این ترکیبات از شواهد فیزیولوژیکی ارزشمند در تعیین اختلاف واریته‌های مختلف به‌شمار می‌روند و استفاده از روش‌های بیوشیمیایی در تشخیص تفاوت ژنتیکی ارقام، نقش کلیدی این ترکیبات را در اثر متقابل گیاه و محیط نشان می‌دهند. فلاونوئیدها گروه بزرگی از ترکیبات فنلی موجود در گیاهان هستند که در

تنش‌های محیطی با افزایش فعالیت آنزیم PAL تولید آن‌ها افزایش می‌یابد. این ترکیبات با اسکلت ساختمانی اصلی C6-C3-C6 و ایجاد متیلاسیون، گلیکوزیلاسیون و آسیلاسیون گروه‌های متنوع زیادی از جمله چالکون‌ها، فلاوون‌ها، فلاونول‌ها، آنتوسیانین‌ها و... تولید می‌کنند.

تشکیل حلقه A و C در ساختمان فلاونوئیدها توسط آنزیم کلیدی چالکون- سنتاز (CHS) و چالکون-ایزومراز (CHI) انجام می‌شود. همچنین آنزیم دی هیدرو فلاونول- ردوکتاز (DFR) واکنش تشکیل آنتوسیانین‌ها را از فلاونول‌ها ایجاد می‌کند (Vogt, 2010). مطالعات انجام شده نقش اکوفیزیولوژی این ترکیبات را در حفاظت از گیاهان در برابرتنش‌های محیطی را نشان می‌دهد. ترکیبات فنلی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی هستند که با جمع‌آوری و احیای گونه‌های فعال اکسیژن از اکسیداسیون متابولیت‌های حیاتی سلول پیشگیری کرده و مانع بروز تنش اکسیداتیو در سلول‌های گیاه می‌شوند (Myung-Min *et al*., 2009).

در این تحقیق با افزایش زمان، میزان فعالیت آنزیم، به‌طور چشم‌گیری فزونی یافت، که این نشان می‌دهد که باگذر زمان شدت تنش بیش‌تری به گیاه وارد آمد. ترکیبات نیترات کلسیم همگی باعث افزایش فعالیت PAL شدند. بنابراین از این نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با گذشت زمان، و حتی افزایش غلظت ترکیبات کلسیمی، گیاه یقیناً در شرایط تنش قرار گرفت و فعالیت این آنزیم در آن، افزوده گشت. پس تنش وارده به گیاه در روز اول آزمایش کم‌تر بود.



شکل ۷- مقایسه میانگین تاثیر سطوح نیترات کلسیم بر فعالیت انزیم PAL

Fig. 7. Compare the average levels of calcium nitrate on PAL activity

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، به‌کارگیری نیترات کلسیم میزان اسکوربات (آنتی‌اکسیدانت غیرآنزیمی) و فعالیت آانزیم آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز و فعالیت آنزیم PAL (آنزیم درگیر در سنتز ترکیبات فنلی) تحت تاثیر قرارگرفت. آسکوربات از جمله ترکیباتی است که در پاسخ به تنش در گیاهان تولید شده و تاثیر مخرب رادیکال‌های آزاد را می‌کاهد. در شرایط تنش که گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد در گیاه تولید می‌شوند، آنزیم‌های دفاعی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، براساس نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان نمود که به‌کارگیری پیش از برداشت نیترات کلسیم اثرات قابل توجهی بر کیفیت میوه و زندگی پس از برداشت آن‌ها دارد.

منابع **References**

اشکی، ع. و غیور باغبانی، س. م. ۱۳۸۵. بررسی اثر نیتروژن بر رشد، عملکرد و تجمع نیترات در خیار. پایگاه اطلاعات علمی .۲۱۲-۲۰۳: (۴)۲۴ ایران.

بی‌نام، ۱۳۸۸. آمارنامه محصولات زراعی و باغی سال ۱۳۸۷-۸۸. فنآوری و آمار وزارت جهاد کشاورزی. تهران. آمارنامه محصولات زراعی و باغی سال ۸۸ ایران. صفحات ۶۳ تا۱۰۲.

خلدبرین، ب. و اسلامزاده، ط. ۱۳۸۴. تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد یک، انتشارات دانشگاه شیراز. ایران.

خوش گفتارمنش، ا. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.

مختاری، ای. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر کلسیم بر بهبود آسیب‌های ناشی از تنش شوری در گیاه گوجه فرنگی. شماره پایان نامه: ۱۱۶SC BIO

Barker, A.V., Pilbeam, D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group. 660 Pages.

Beaudin, E., and Thorpe, T.A. 1985. Tyrosine and phenylalanine ammonia lyase activities during shoot initiation in tobacco callus cultures. Plant Physiology, 78: 438-441.

Fageria, N.K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press , Boca Raton. FL. USA.

Hillel, D., Hatfield, G. L., Powelson, D.S., Rosenzeweig, C., Scow, K.M., Singer M.J., and Sparks. D. 2005. Encyclopeidia of Soils in the Environment. Elsevier Academic Press, Oxford, UK, 2200 p.

Johnson, D.S, Dover, C.J., Samuelson, T.J., Huxham, I.M., Jarvis, M.C., Shakespeare, L., Seymour, G.B. 2001. Nitrogen, cell walls and texture of stored Cox's Orange Pippin apples. Acta Hortic. 564:105–112.

Kazemi, M. 2013. Response of Cucumber Plants to Foliar Application of Calcium Chloride and Paclobutrazol under Greenhouse Conditions. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci., Vol 2 (11) October 2013: 15-18.

Myung-Min, H., Trick, H.N., and Rajasheka, E.B. 2009. Secondary metabolism and antioxidant are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. Journal of Plant Physiology 166: 180-191.

Serrano, M., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F., Valero, D. 2004. Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. J. Sci. Food Agric. 84, 1270–1276.

Spinardi, AM. 2005. Effect of harvest data and storage on antioxidant systems in pears. Acta Horticulturae, 682: V International Postharvest Symposium.

Vogt, T. 2010. Phenylpropanoid biosyntesis. Molecular Plant 3: 2-20.

White, P.J., Broadley, M.R. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92, 487–511.

Yaseen, M., Arshad, M., Khalid, A. 2006. Effect of acetylene and ethylene gases released from encapsulated calcium carbide on growth and yield of wheat and cotton. Pedobiologia., 50: 405-411.