علوم باغبانی ایران
دورۀ ۴۶، شمارۀ ۱، بهار ۱۳۹۴ (ص ۱۴۰-۱۳۱)

اثر سیستم تربیت و محلول‌پاشی با کلسیم در بهبود رنگ و ترکیب عناصر غذایی میوۀ سیب رقم «گالا» و «دلبار استیوال»

عرفان سپهوند[1*]، محمدرضا فتاحی‌مقدم[2]، محمود قاسم‌نژاد[3]، علی‌رضا طلایی[4] و محمدعلی عسکری سرچشمه[5]
۱ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکدۀ کشاورزی دانشگاه گیلان
۲، ۴ و ۵. دانشیار، استاد و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۳/۱۰)

چکیده

سیستم‌های تربیت و محلول‌پاشی با کلسیم می‌تواند با تغییر ترکیب معدنی میوه رنگ‌گیری میوه‌های سیب را بهبود بخشد. در این پژوهش، اثر محلول‌پاشی کلریدکلسیم با غلظت‌های مختلف (صفر، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) طی ۲، ۴ و ۶ هفته قبل از برداشت بر غلظت عناصر غذایی و شاخص‌های رنگ میوۀ سیب رقم‌های «گالا» و «دلبار استیوال» تربیت‌شده با سه سیستم مختلف (V شکل، هایتک و کردون)، بررسی شد. نتایج نشان داد که نوع سیستم تربیت و محلول‌پاشی با کلسیم تأثیر معناداری بر غلظت عناصر غذایی و شاخص‌های رنگ میوۀ سیب داشت. میوۀ سیب رقم گالا که به‌صورت V شکل و هایتک تربیت شده بودند رنگ‌گیری مطلوب‌تری در مقایسه با سیستم کردون داشته است، اما میوۀ رقم دلبار استیوال تنها در سیستم هایتک رنگ‌گیری مطلوب‌تری داشت. به‌علاوه میزان کلسیم میوه‌های رقم گالا در سیستم‌های V شکل و هایتک و رقم دلبار استیوال در سیستم هایتک بالاتر بوده است. محلول‌پاشی کلسیم توانست شاخص رنگ a* پوست میوه را که نشان‌دهندۀ سنتز رنگیزۀ آنتوسیانین و تولید رنگ قرمز است به‌طور معناداری افزایش دهد. غلظت فسفر و پتاسیم در رقم دلبار استیوال تیمارشده تا ۱/۵ گرم در لیتر کلسیم افزایش یافت، ولی در غلظت بالاتر کلسیم میزان آن‌ها کاهش یافت. درمجموع نتایج نشان داد که بهبود رنگ‌گیری میوه‌های سیب رقم گالا در سیستم‌های تربیتی هایتک و V شکل و رقم دلبار استیوال در سیستم تربیتی هایتک و با محلول‌پاشی با کلسیم ۱/۵ گرم در لیتر با سه نوبت محلول‌پاشی می‌تواند به‌واسطۀ افزایش غلظت کلسیم در میوه باشد.

واژه‌های کلیدی: **سیب، سیستم‌های تربیت، کلریدکلسیم، عناصر غذایی، رنگ‌گیری.**

مقدمه

سیب از مهم‌ترین محصولات باغی است که هرساله سهم زیادی از تجارت جهانی محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. براساس آمار سازمان خواربار جهانی (FAO) میزان تولید سیب در جهان در سال ۲۰۱۱ حدود ۷۶ میلیون تن بود که ایران با میزان تولید ۲۸۰۰ هزار تن مقام چهارم جهان را داراست (FAO, 2011). به‌رغم این، ایران سهم کمی در تجارت بین‌المللی این میوه دارد. دلایل زیادی برای این امر وجود دارد که ازجملۀ آن می‌توان به پایین‌بودن کیفیت میوه‌های تولیدشده اشاره کرد (Dolaty Baneh *et al*., 2002).

مدیریت بهینۀ عوامل محیطی به‌ویژه استفادۀ صحیح از نور خورشید یکی از راهکارهای افزایش کمّیت و کیفیت میوه است. استفاده از سیستم‌های تربیت جزء

* تلفن: ۰۹۱۲۲۶۳۸۷۳۴
E-mail: esepahvand@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

عملیات مهم باغی برای استفادهٔ کامل و درست از نور خورشید است و افزون بر این، موجب کاهش کاربرد سموم شیمیایی، کاهش آسیب‌دیدگی محصول روی گیاه، افزایش عملکرد و کیفیت محصول، افزایش عمر پس از برداشت و کاهش هزینهٔ کارگری نیز می‌شود (Ferree & Warrington, 2003). نوع سیستم تربیت می‌تواند یک اثر دائمی روی اندازه و کیفیت میوه داشته باشد (Ferree & Warrington, 2003). گزارش‌های قبلی نشان دادکه سیستم تربیت V شکل سبب افزایش عملکرد در هکتار، افزایش کیفیت و بهبود ورود نور به داخل تاج درختان سیب می‌شوند (Sosna & Czaplicka, 2008). در آزمایشی اثر دو نوع سیستم تربیت پهن و محور مرکزی باز را روی خصوصیات کیفی و کمّی میوه و میزان مواد معدنی موجود در برگ در سیب رقم آنا بررسی و نشان داده شد که سیستم تربیتی پهن به‌طور معناداری میزان نیتروژن و پتاسیم برگ را افزایش داد. همچنین قطر و طول شاخساره، میزان سطح برگ، کیفیت میوه، میزان تشکیل میوه و عملکرد در این سیستم به‌طور معناداری از سیستم جامی بیشتر بود (Hassan *et al*., 2010). در پژوهشی اثر سه نوع سیستم تربیت شامل هدایت عمودی شاخه‌ها، وی و تی بر عملکرد، کیفیت محصول و برخی فاکتورهای رویشی پنج رقم انگور بی‌دانهٔ سفید، بی‌دانهٔ قرمز، شاهرودی، فلیم‌سیدلس و دسته‌چین بررسی و گزارش شد که تنها طول خوشه و میزان قند حبه‌ها تحت‌تأثیر سیستم‌های تربیت قرار گرفتند و میزان عملکرد در هر بوته و سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده تحت‌تأثیر سیستم‌های تربیت قرار نگرفتند (Asbahi *et al*., 2004). در پژوهش دیگری اثر هشت روش تربیتی شامل پاچراغی، سنتی جوی و پشته، کوردون کوتاه، کوردون دیواری، کوردون زمینی، گایوت، جینوا و روش وای بر عملکرد میوه، رشد رویشی و کیفیت میوهٔ انگور رقم بی‌دانهٔ سفید طی دو سال در ایستگاه تحقیقات انگور تاکستان قزوین بررسی شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد میوه طی دو سال به‌ترتیب با روش تربیت پاچراغی و روش جینوا به دست آمد. همچنین کمترین و بیشترین وزن حبه به‌ترتیب در روش سنتی و روش جینوا دیده شد. در مجموع نتایج به‌دست‌آمده بیانگر برتری نسبی روش کوردون کوتاه در این منطقه نسبت به سایر روش‌ها بود (Mahmood zadeh *et al*., 2009).

علاوه بر استفاده‌نکردن از سیستم‌های تربیتی نوین در صنعت تولید سیب در ایران به‌دلیل نبود تغذیهٔ مناسب معمولاً سیب‌های تولیدی، کیفیت ظاهری مطلوب و عمر پس از برداشت مناسبی ندارند و طی انبارداری دچار عارضه‌های مختلفی می‌شوند (Dolaty Baneh *et al*., 2002). سیب‌هایی که محتوای کلسیم بالایی دارند، کیفیت مناسب و عمر انبارمانی بیشتری دارند (Ernami *et al*., 2008). کلسیم در دیوارهٔ سلولی و حفظ سفتی میوه نقش مستقیم دارد و در بسیاری از فرایندهای درون‌سلولی همانند نفوذپذیری انتخابی غشا، سیستم‌های متعدد آنزیمی، انتقال علائم درون‌سلولی، کاهش سرعت تنفس و کاهش تولید اتیلن نقش مؤثری دارد (Faust, 1989). ازاین‌رو مقدار کلسیم و نسبت آن با عناصر دیگر (نیتروژن، پتاسیم و منیزیم) بسیار اهمیت دارد (Lanauskas & Kviklienė, 2006). محلول‌پاشی کلسیم می‌تواند کیفیت ظاهری ازجمله رنگ‌گیری میوه‌ها را بهبود بخشد. در گزارش‌های قبلی محلول‌پاشی با کلسیم سبب افزایش سنتز آنتوسیانین در پوست میوهٔ سیب و انگور شده است (Vestrheim, 1970 ; Vitrac *et al*., 2000). با کاربرد ترکیبی حاوی فسفر، کلسیم و نیتروژن در سیب فوجی گزارش شده است که این ترکیب سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های مسیر سنتز فلاونوئیدها و تجمع آنتوسیانین‌ها می‌شود (Li *et al*., 2002). همچنین گزارش شده است که میوه‌های سیب حاوی کلسیم، بیشتر رنگ سبز پوست خود را دیرتر از دست می‌دهند که آن را به ثبات بیشتر کلروفیل در حضور کلسیم نسبت داده‌اند (Tomala & Soska, 2004). کلسیم در گیاه با پتاسیم و منیزیم ارتباط تنگاتنگی دارد، به‌طوری‌که با افزایش پتاسیم و منیزیم جذب کلسیم کاهش می‌یابد. در گزارش‌های قبلی محلول‌پاشی با کلسیم سبب افزایش غلظت کلسیم در میوه و برگ شده است که با افزایش در غلظت منیزیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم هم‌زمان است (Kadir, 2004). Rosenberger *et al*. (2004)، نشان دادند که محلول‌پاشی با کلسیم سبب افزایش غلظت کلسیم و منگنز و کاهش غلظت پتاسیم و فسفر میوه‌ها شد.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به سنتی‌بودن بیشتر باغ‌های کشور و شروع توسعهٔ سیستم‌های نوین باغداری در کشور و مشکل رنگ‌گیری میوهٔ سیب در بسیاری از نقاط کشور ازجمله شهرستان کرج، تعیین مناسب‌ترین سیستم و رقم با توجه به شرایط اقلیمی مناطق عمدهٔ تولید سیب کشور می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. بنابراین، هدف کلی از این پژوهش، ارزیابی اثر سیستم‌های مختلف تربیت روی میزان رنگ‌گیری و غلظت عناصر غذایی میوهٔ سیب رقم‌های گالا و دلبار استیوال و واکنش این ارقام به محلول‌پاشی کلسیم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات علوم باغبانی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران، واقع در کرج به‌صورت خردشدهٔ فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با فاکتور اصلی سیستم در سه سطح (وی، هایتک و کردون) و فاکتورهای فرعی رقم در دو سطح (دلبار استیوال و گالا) و تیمار محلول‌پاشی کلسیم در چهار سطح (صفر، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر)، انجام شد. برای هر سطح غلظت، ۴ درخت و جمعاً ۱۶ درخت برای هر سیستم تربیتی در نظر گرفته شد. برای این منظور از درختان سیب هفت‌ساله از ارقام دلبار استیوال و گالاکه روی پایهٔ M_9 پیوند و به روش‌های وی، هایتک و کردون پنج‌طبقه تربیت شده بودند، استفاده شد. تیمار کلسیم در ۳ زمان ۶، ۴ و ۲ هفته قبل از برداشت بر روی درخت‌ها اسپری شدند. میوه‌های ارقام مطالعه‌شده هنگام بلوغ تجاری براساس تعداد روزهای پس از مرحلهٔ تمام‌گل (در رقم دلبار استیوال ۱۱۵ روز و رقم گالا ۱۱۰ روز در شرایط اقلیمی کرج) برداشت شدند و از نظر غلظت عناصر غذایی کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر و شاخص‌های رنگ میوه (b*، a* و L*) ارزیابی شدند.

رنگ ظاهری میوه با استفاده از رنگ‌سنج مینولتا مدل CR- اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رنگ L* (میزان درخشندگی)، a* (قرمز - سبز) و b* (زرد-آبی) اندازه‌گیری شدند. همچنین میزان کروما و زاویهٔ هیو با فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Pek *et al*., 2010).

$$h^\circ = ۱۸۰ + \tan^{-۱} b^*/a^*, \text{ if } a^* < ۰ \quad C = (a^{*۲} + b^{*۲})^{\frac{۱}{۲}}$$

زاویهٔ هیو صفر درجه بیانگر رنگ قرمز- صورتی، زاویهٔ ۹۰ درجه بیانگر رنگ زرد، زاویهٔ ۱۸۰ درجه بیانگر رنگ خاکستری- سبز و زاویهٔ ۲۷۰ درجه بیانگر رنگ آبی هستند. شاخص اشباع کروما، شدت یا خلوص هیو را نشان می‌دهد (Pek *et al*., 2010).

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، ابتدا بافت میوه‌ها در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شد و پس از آسیاب‌شدن در دمای ۵۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد خاکستر شد. تهیهٔ عصاره با استفاده از ۲ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۲ نرمال و آب‌مقطر و رساندن به حجم ۵۰ میلی‌لیتر انجام شد (Jones & Hartley, 1999). سپس غلظت پتاسیم در عصاره با دستگاه فلیم‌فتومتر JENWAY مدل PFP7، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتری MAPADA مدل V-1100 در طول موج ۸۸۰ اندازه‌گیری شدند. مقدار کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند (Jones & Hartley, 1999). درنهایت داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱)، تجزیه و سپس مقایسهٔ میانگین‌ها با کمک آزمون Duncan و نرم‌افزار MSTATC انجام شد. همچنین همبستگی و رگرسیون بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص رنگ میوه ها

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که نوع رقم، تیمار کلسیم و همچنین برهمکنش سیستم تربیت و نوع رقم بر میزان شاخص L* و a*، اثر نوع نوع رقم بر شاخص b*، اثر نوع رقم و تیمار کلسیم بر میزان کروما و اثر تیمار کلسیم بر میزان زاویهٔ هیو معنادار شد و سایر اثرات اصلی و برهمکنش بر میزان شاخص رنگ پوست میوه، اختلاف معناداری را نشان ندادند (جدول ۱).

مقایسهٔ میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش رقم و نوع سیستم نشان دادند که بیشترین میزان شاخص L* در میوه‌های رقم دلبار استیوال و با سیستم کردون و کمترین میزان آن، در میوه‌های رقم گالا و با سیستم کردون تولید شد که تنها میوه‌های این دو رقم و در این سیستم از نظر میزان درخشندگی با یکدیگر اختلاف معناداری داشتند. میزان شاخص a* در میوه‌های رقم گالا و با سیستم کردون

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر بود ولی با میوه‌های گالای تولیدشده با سیستم‌های هایتک و v اختلاف معناداری نداشت. همچنین کمترین میزان a* در میوه‌های رقم دلبار استیوال تولیدشده با سیستم کردون مشاهده شد که نشان می‌دهد علاوه بر اینکه توسعهٔ رنگ قرمز در رقم دلبار استیوال در شرایط اقلیمی کرج کمتر از رقم گالاست، توسعهٔ رنگ قرمز در این سیستم تربیتی نیز از سیستم‌های دیگر ضعیف‌تر و به‌طور معناداری کمتر است (جدول۲).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به شاخص رنگ پوست میوهٔ سیب، رقم‌های گالا و دلبار استیوال

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات MS				
		L*	a*	b*	زاویهٔ هیو	شاخص کروما
تکرار	۳	۲۱/۵۰^{ns}	۷/۹۳^{ns}	۳۴/۴۲^{ns}	۱۶/۸۸^{ns}	۷۲۷۶۶/۰۵^{ns}
سیستم	۲	۰/۴۳^{ns}	۸۰/۰۶^{ns}	۶/۱۰^{ns}	۳/۶۷^{ns}	۲۹۱۲۹/۲^{ns}
تکرار در سیستم (خطای کرت اصلی)	۶	۲۳/۵۰	۶۱/۳۶	۳۶/۳۷	۲۹/۸۵	۱۰۶۴۴۸/۰۳
رقم	۱	۳۹۸/۴۵**	۵۵۹۲/۹۴**	۶۷/۵۰*	۲۳/۳۱^{ns}	۲۶۳۸۲۷/۷۶*
تیمار کلسیم	۳	۱۰۱/۰۵*	۲۳۸/۶۷**	۱۹/۸۳^{ns}	۶۹/۷۰*	۱۲۱۹۱۸/۷۱*
سیستم × رقم	۲	۷۷/۴۷*	۲۰۶/۸۵*	۵۳/۰۳^{ns}	۳/۴۳^{ns}	۱۲۸۵۶۵/۱۲^{ns}
سیستم × تیمار	۶	۲۳/۵۶^{ns}	۲۱/۴۰^{ns}	۳۱/۹۳^{ns}	۱۲/۶۸^{ns}	۶۰۴۳۲/۲۵^{ns}
رقم × تیمار	۳	۵۶/۴۸^{ns}	۲۴۵/۸۷^{ns}	۲۰/۱۶^{ns}	۱۴/۵۸^{ns}	۳۰۵۷۵/۸۲^{ns}
سیستم × رقم × تیمار	۶	۱۲۱/۶۸^{ns}	۱۰۱/۸۹^{ns}	۲۲/۳۳^{ns}	۲۷/۲۹^{ns}	۸۴۲۰۹/۶۶^{ns}
خطای باقی‌مانده	۶۳	۱۱/۹۲	۴۵/۶۵	۲۱/۰۳	۲۴/۲۴	۵۳۰۱۱/۱۳
ضریب تغییرات	-	۴/۸۸	۷۲/۲۳	۹/۴۴	۲/۷۳	۱۸/۲۷

**: اختلاف معنادار در سطح ۱درصد، *: اختلاف معنادار در سطح ۵درصد و ns: نبود اختلاف معنادار.

جدول ۲. برهمکنش رقم و نوع سیستم تربیتی بر شاخص‌های L* و a*

سیستم	رقم	میزان رنگ L*	میزان رنگ A*
سیستم وی (V)	دلبار استیوال	۷۱/۴۳ab	-۲/۳۷b
	گالا	۶۹/۷۴ab	۱۱/۰۱a
سیستم هایتک (H)	دلبار استیوال	۷۲/۹۶ab	-۰/۴۲b
	گالا	۶۸/۴۵ab	۱۰/۹۶a
سیستم کردون (K)	دلبار استیوال	۷۳/۵۵a	-۸/۳۳c
	گالا	۶۷/۵۳b	۱۲/۶۹a

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند.

محلول‌پاشی درختان میوهٔ سیب با کلسیم سبب تغییر معنادار برخی از شاخص‌های رنگ میوه شد، به‌طوری‌که مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی با ۱/۵ گرم در لیتر کلسیم سبب افزایش معنادار ارزش a* و محلول‌پاشی با ۳ گرم در لیتر کلسیم سبب افزایش معنادار زاویهٔ هیو، شاخص کروما شده است، ولی بیشترین میزان L* در محلول‌پاشی ۰/۷۵ گرم در لیتر کلسیم به دست آمد هرچند این تیمار با شاهد و ۳ گرم در لیتر اختلاف معناداری را نشان نداد (جدول۳).

شاخص‌های رنگ L*، a* و b* به‌ترتیب، میزان درخشندگی، رنگ قرمز- سبز و زرد- آبی را نشان می‌دهند (Pek *et al*., 2010). نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش بیانگر آن است که تیمار کلسیم توانست سبب افزایش کیفیت رنگ‌گیری میوه شود و توسعهٔ رنگ قرمز در میوه افزایش یابد. رنگ پوست میوهٔ سیب، یکی از صفات مهم کیفیت ظاهری میوه است که بازارپسندی آن را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. رنگ پوست میوهٔ سیب توسط نوع و مقدار آنتوسیانین‌ها و همچنین پروآنتوسیانیدین‌ها و فلاوونول‌ها تعیین می‌شود. سنتز آنتوسیانین‌ها تحت‌تأثیر عوامل مختلف محیطی و

Archive of SID

www.SID.ir

تغذیه‌ای است که یکی از این عوامل یون کلسیم است که گزارش شده است به‌منزلهٔ یک پیام‌آور ثانویه در بهبود رنگ در سیب عمل می‌کند. پژوهشگران دیگر نیز اثر مثبت کلسیم در رنگ‌گیری بیشتر پوست میوه‌های سیب و انگور را از طریق افزایش سنتز آنتوسیانین گزارش کرده‌اند (Tomala & Soska 2004; Konopacka & Płocharski, 2002; Li *et al*., 2002; Vestrheim, 1970; Vitrac *et al*., 2000).

جدول ۳. اثر تیمار کلسیم بر شاخص‌های رنگ میوهٔ دو رقم سیب گالا و دلبار استیوال

تیمار کلسیم	L*	a*	زاویه هیو	شاخص کروما
شاهد	۷۱/۵۲ab	۰/۶۲b	۱۷۹/۸۹ab	۱۲۴۵/۳۰ab
۰/۷۵ گرم در لیتر	۷۱/۷۴a	۲/۸۹b	۱۷۸/۴۷b	۱۱۷۶/۱۹b
۱/۵ گرم در لیتر	۶۹/۵۱b	۵/۰۱a	۱۸۰/۱۴ab	۱۲۶۹/۱۴ab
۳ گرم در لیتر	۶۹/۶۷ab	۸/۱۵a	۱۸۲/۵۷a	۱۳۴۸/۹۸a

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند.

به‌طورکلی، نتایج حاصل از بررسی اثر نوع سیستم تربیتی و تیمار کلسیم بر میزان رنگ‌گیری میوهٔ سیب در شرایط اقلیمی کرج نشان داد که رقم گالا در سیستم‌های تربیتی V شکل و هایتک و رقم دلبار استیوال در سیستم تربیتی هایتک رنگ‌گیری مطلوب‌تری نسبت به سیستم‌های تربیتی دیگر داشتند. نوع سیستم تربیتی از طریق تأثیر بر میزان دریافت نور توسط درخت و تأثیر آن بر میزان فتوسنتز درخت بر میزان بهبود کیفیت میوه می‌تواند مؤثر باشد. از طرفی تیمار کلسیم با غلظت ۱/۵ گرم در لیتر توانست شاخص رنگ a* پوست میوه که نشان‌دهندهٔ سنتز رنگیزهٔ آنتوسیانین و تولید رنگ قرمز است را به‌طور معناداری افزایش دهد و از این طریق سبب بهبود رنگ‌گیری میوه شود (شکل ۱).

شکل ۱. رنگ‌گیری رقم گالا در سیستم تربیتی هایتک در غلظت‌های مختلف کلسیم

بررسی ترکیب عناصر معدنی میوهٔ سیب

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سیستم تربیت، نوع رقم و محلول‌پاشی کلسیم، همچنین بر همکنش تیمار کلسیم در رقم، تیمار کلسیم در سیستم، سیستم تربیت در رقم و رقم در سیستم در تیمار کلسیم بر میزان فسفر، کلسیم، منیزیم و پتاسیم و نسبت بین آن‌ها در سطح ۱درصد معنادار شد (جدول۴).

مقایسهٔ میانگین داده‌های حاصل از اثر متقابل سیستم تربیت و نوع رقم نشان داد که میزان فسفر و پتاسیم در رقم گالا در هر سه سیستم تربیتی از رقم دلبار استیوال بیشتر بود، که نشان می‌دهد رقم گالا در سیستم‌های پرورشی مختلف مقادیر فسفر و پتاسیم بیشتری از رقم دلبار استیوال دارد. همچنین محتوای فسفر و پتاسیم در رقم دلبار استیوال نیز به‌ترتیب در سیستم‌های هایتک و سیستم V بیشتر بود و بعد از این دو سیستم، سیستم کردون قرار داشت (جدول۵). بیشترین محتوای کلسیم و منیزیم در رقم دلبار استیوال و با سیستم تربیتی هایتک مشاهده شد و در سیستم گالا بیشترین میزان کلسیم با سیستم تربیتی V و بیشترین میزان منیزیم با سیستم تربیتی هایتک مشاهده شد، اما با بررسی نسبت کلسیم به منیزیم در هر دو رقم مشخص شد که نسبت کلسیم به منیزیم در رقم گالا و با سیستم تربیتی هایتک مطلوب‌تر بود (جدول۵). نتایج حاصل از بررسی نسبت کلسیم به فسفر نیز نشان داد که این نسبت در رقم دلبار استیوال و بر روی هر سه سیستم تربیتی از رقم گالا به‌طور معناداری بیشتر بود که به‌دلیل نبود توازن مناسب بین فسفر و

Archive of SID

www.SID.ir

کلسیم در این رقم بود. پژوهشگران قبلی نیز اثر نوع سیستم تربیتی را بر مقدار عناصر غذایی گزارش کرده‌اند (Hassan *et al.*, 2010). آن‌ها نشان دادند که سیستم تربیتیTiller به‌طور معناداری میزان نیتروژن و پتاسیم برگ سیب رقم آنا را در مقایسه با سیستم محور مرکزی باز افزایش داده است. آن‌ها گزارش کرده‌اند که در سیستم تربیتی پهن شرایط مناسب‌تری برای دریافت نور توسط درخت فراهم تر از سیستم جامی است که منتج به شرایط فتوسنتزی بهتری برای درخت و درنتیجه سبب افزایش کیفیت میوه‌های سیب تولیدشده می‌شود.

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس عناصر غذایی در در دو رقم گالا و دلبار استیوال

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات MS						
		پتاسیم	فسفر	کلسیم+ منیزیم	کلسیم	منیزیم	کلسیم/ منیزیم	کلسیم/ فسفر
تکرار	۳	۹۹/۲۳**	۰/۰۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}
سیستم	۲	۴۹۹۹۳/۶۱**	۰/۰۰۲**	۲۱/۴۴**	۰/۰۰۳**	۱۸/۴۷**	۰/۶۱**	۹/۷۴**
خطای سیستم	۶	۵/۰۰	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۱۳
رقم	۱	۱۸۴۰۷۰۷/۶**	۰/۰۱۷**	۱۰/۵۳**	۰/۲۴**	۱۳/۹۵**	۱/۵۵**	۲۵/۳۴**
تیمار	۳	۲۰۷۹۵/۸۸**	۰/۰۰۱**	۴/۴۷**	۱/۲۷**	۴/۸۳**	۱/۰۱**	۳۰/۸۱**
سیستم × رقم	۲	۷۷۵۱۸/۰۵**	۰/۰۰۴**	۹/۵۳**	۰/۳۱**	۶/۴۳**	۰/۲۵**	۰/۲۶۷^{ns}
سیستم × تیمار	۶	۴۲۵۱۹/۹**	۰/۰۰۱**	۰/۵۱۱**	۰/۰۸**	۰/۶۳**	۰/۰۵**	۹/۸۸**
رقم × تیمار	۳	۲۸۹۴۱/۸۳**	۰/۰۰۱**	۹/۵۵**	۰/۲۳**	۸/۳۴**	۰/۴۱**	۳/۰۱**
سیستم × رقم × تیمار	۶	۴۱۶۰۶/۲۸**	۰/۰۰۰۹**	۲/۸۳**	۰/۱۶**	۳/۲۷**	۰/۴۴**	۱۳/۱۵**
خطای باقی‌مانده	۶۳	۱۱/۷۳	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۱۸
ضریب تغییرات	-	۰/۴۵۷	۰/۹۰۹	۲/۱۸	۴/۴۴	۲/۶۳	۱۰/۰۳۲	۴/۱۹

** اختلاف معنادار در سطح ۱درصد، * اختلاف معنادار در سطح ۵درصد و ns نبود اختلاف معنادار

جدول ۵. برهمکنش سیستم تربیت در نوع رقم بر میزان عناصر غذایی میوهٔ سیب در زمان برداشت

سیستم	رقم	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم)	فسفر (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم+ منیزیم (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم (میلی‌گرم در گرم)	منیزیم (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم/ منیزیم	کلسیم/ فسفر
سیستم وی (V)	دلبار استیوال	۶۳۱/۵۳e	۰/۱۴d	۳/۷۶e	۱/۶۰bc	۲/۱۶e	۰/۳۶b	۱۱/۱۹a
سیستم وی (V)	گالا	۹۵۶/۴۸a	۰/۱۹a	۴/۱۶d	۱/۸۷a	۲/۲۸d	۰/۲۲b	۱۰/۱۰b
سیستم هایتک (H)	دلبار استیوال	۶۴۲/۳۱d	۰/۱۶c	۶/۳۰a	۱/۷۸a	۴/۵۱a	۰/۰۸c	۱۰/۸۶a
سیستم هایتک (H)	گالا	۸۰۶/۰۲c	۰/۱۷b	۴/۵۱b	۱/۶۶b	۲/۸۵c	۰/۴۲a	۱۰/۰۴b
سیستم کردون (K)	دلبار استیوال	۵۵۵/۹۴f	۰/۱۳e	۴/۳۱c	۱/۳۵d	۲/۹۶b	۰/۱۱c	۱۰/۱۹b
سیستم کردون (K)	گالا	۸۹۸/۱۰b	۰/۱۷b	۳/۷۱e	۱/۵۰c	۲/۲۱ed	۰/۳۶b	۹/۰۲c

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند.

مقایسهٔ میانگین داده‌های حاصل از اثر متقابل سیستم تربیت و تیمار محلول‌پاشی کلسیم نشان داد که محتوای پتاسیم و فسفر در میوه‌های تولیدشده با سیستم‌های هایتک و کردون با اعمال تیمار کلسیم تا غلظت ۱/۵ گرم در لیتر در میوه‌ها افزایش یافت و سپس با اعمال تیمار کلسیم با غلظت‌های بالاتر میزان پتاسیم و فسفر در میوه‌ها کاهش یافت (جدول۶). بررسی وضعیت کلسیم در سیستم‌های مختلف تحت تیمار کلسیم نشان داد که با اعمال تیمار کلسیم در هر ۳ سیستم تربیتی محتوای کلسیم میوه‌ها افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلسیم در هر ۳ سیستم، با اعمال کلسیم با غلظت ۳ گرم در لیتر مشاهده شد (جدول۶). همچنین بررسی وضعیت منیزیم در سیستم‌های مختلف تحت تیمار کلسیم نشان داد که در هر سه سیتم تربیتی با اعمال تیمار کلسیم تا غلظت ۱/۵ گرم در لیتر محتوای منیزیم میوه‌ها کاهش یافت، ولی مجدداً با اعمال تیمار کلسیم با غلظت ۳ گرم در

Archive of SID

www.SID.ir

لیتر در هر سه سیستم افزایش نشان داد (جدول۶). مقایسهٔ میانگین داده‌های حاصل از اثر متقابل سیستم تربیت و تیمار کلسیم نشان داد، در سیستم‌های V، هایتک و کردون با اعمال تیمار کلسیم تا غلظت ۱/۵ گرم در لیتر نسبت کلسیم به منیزیم و کلسیم به فسفر افزایش نشان داد، ولی با اعمال تیمار کلسیم با غلظت ۳ گرم در لیتر نسبت کلسیم به فسفر و کلسیم به منیزیم در دو سیستم V و هایتک کاهش نشان دادند.

جدول ۶. اثر متقابل سیستم تربیت در محلول‌پاشی کلسیم بر میزان عناصر غذایی میوهٔ سیب

سیستم	تیمار کلسیم	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم)	فسفر (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم+ منیزیم (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم (میلی گرم در گرم)	منیزیم (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم/ منیزیم	کلسیم/ فسفر
سیستم وی (V)	شاهد	۸۷۱/۱۳a	۰/۱۷b	۳/۹۱b	۱/۵b	۲/۴۱b	۰/۶۱b	۸/۴۸ef
سیستم وی (V)	۰/۷۵ گرم در لیتر	۷۰۳/۹۶h	۰/۱۶c	۳/۷۷b	۱/۷۷ab	۲/۰۰b	۰/۹۵ab	۱۱/۳۴bc
سیستم وی (V)	۱/۵ گرم در لیتر	۷۸۲/۵۷d	۰/۱۵d	۳/۵۲b	۱/۸۲ab	۱/۷b	۱/۱۳a	۱۱/۸۵ab
سیستم وی (V)	۳ گرم در لیتر	۸۱۸/۳۸b	۰/۱۷b	۴/۶۶ab	۱/۸۶ab	۲/۸ab	۰/۶۷b	۱۰/۹۰c
سیستم هایتک (H)	شاهد	۶۳۸/۳۵i	۰/۱۳f	۵/۸۹a	۱/۳۶b	۴/۵۳a	۰/۳b	۱۰/۰۲d
سیستم هایتک (H)	۰/۷۵ گرم در لیتر	۷۳۴/۰۷g	۰/۱۶c	۵/۰۰ab	۱/۶۱ab	۳/۳۸ab	۰/۵۳b	۹/۹۳d
سیستم هایتک (H)	۱/۵ گرم در لیتر	۷۸۵/۱۰d	۰/۱۸a	۴/۹۸ab	۱/۸۵ab	۳/۱۳ab	۰/۸۷ab	۹/۹۵d
سیستم هایتک (H)	۳ گرم در لیتر	۷۳۹/۱۴f	۰/۱۷b	۵/۷۶a	۲/۰۶a	۳/۷ab	۰/۵۶b	۱۱/۸۸ab
سیستم کردون (K)	شاهد	۶۶۱/۸۰j	۰/۱۴e	۴/۰۱b	۱/۱۱b	۲/۹ab	۰/۴۵b	۸/۰۲f
سیستم کردون (K)	۰/۷۵ گرم در لیتر	۷۶۲/۲۸e	۰/۱۵d	۴/۱۱b	۱/۴۷b	۲/۶۳b	۰/۷۴ab	۸/۷۹e
سیستم کردون (K)	۱/۵ گرم در لیتر	۸۰۳/۴۹c	۰/۱۷b	۳/۴۱b	۱/۴b	۲/۰۱b	۰/۸۲ab	۸/۵۷ef
سیستم کردون (K)	۳ گرم در لیتر	۶۸۰/۵۱i	۰/۱۴e	۴/۵۲ab	۱/۷۱ab	۲/۸۱ab	۰/۶۶b	۱۲/۰۲a

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند.

مقایسهٔ میانگین داده‌های حاصل از اثر متقابل تیمار کلسیم و نوع رقم نشان داد، غلظت فسفر و پتاسیم در رقم دلبار استیوال با اعمال تیمار کلسیم تا غلظت ۱/۵ گرم در لیتر افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر غلظت کلسیم، محتوای فسفر و پتاسیم در میوه‌ها کاهش یافت (جدول۷). با کاربرد محلول‌پاشی کلسیم روی سیب مشاهده شده است که افزایش در غلظت کلسیم در میوه و برگ با افزایش در غلظت منیزیم، نیتروژن، فسفر و پتاسیم هم‌زمان است (Kadir, 2004). Rosenberger (2004) اثر محلول‌پاشی برگی کلریدکلسیم بر کاهش نابسامانی لکهٔ تلخ سیب رقم هانی‌کریسپ را طی دو سال بررسی و بیان کردند، کاربرد کلریدکلسیم سبب افزایش غلظت کلسیم و منگنز و کاهش غلظت پتاسیم و فسفر در میوه‌ها شد. نتایج کلی حاصل از این بخش نشان داد که رقم گالا در سیستم‌های تربیتی V و هایتک وضعیت مطلوب‌تری از نظر میزان عناصر غذایی نسبت به سیستم کردون داشت. رقم دلبار استیوال نیز در سیستم هایتک وضعیت مطلوب‌تری از نظر میزان عناصر غذایی نسبت به سیستم‌های V و کردون داشت. ضعیف‌ترین حالت مشاهده در میوه‌های رقم دلبار استیوال با سیستم تربیتی کردون و بدون اعمال تیمار کلسیم دیده شد.

به‌طورکلی، نتایج حاصل از بررسی اثر نوع سیستم تربیتی و تیمار کلسیم بر غلظت عناصر غذایی میوهٔ سیب نشان داد که میوه‌های رقم گالا در سیستم‌های V شکل و هایتک و میوه‌های رقم دلبار استیوال در سیستم هایتک میزان کلسیم بیشتری نسبت به سیستم‌های تربیتی دیگر داشته‌اند. درواقع سیستم‌های تربیتی V شکل و هایتک شرایط مناسب‌تری برای دریافت نور توسط درخت فراهم می‌کند که منتج به شرایط فتوسنتزی بهتری برای درخت و درنتیجه سبب افزایش کیفیت میوه‌های سیب تولیدشده می‌شود. غلظت فسفر و پتاسیم در رقم دلبار استیوال تا تیمار ۱/۵ گرم در لیتر کلسیم افزایش یافت، ولی با افزایش بیشتر غلظت کلسیم، محتوای فسفر و پتاسیم در میوه‌ها کاهش یافت که درواقع نشان می‌دهد که بهترین غلظت عناصر غذایی در رقم‌های گالا و دلبار استیوال در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر کلسیم مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. اثر متقابل رقم در تیمار کلسیم بر مقدار عناصر غذایی میوهٔ سیب

رقم	تیمار	پتاسیم (میلی‌گرم در گرم)	فسفر (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم+ منیزیم (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم (میلی‌گرم در گرم)	منیزیم (میلی‌گرم در گرم)	کلسیم/ منیزیم	کلسیم/ فسفر
دلبار استیوال	شاهد	۵۳۳/۶۱f	۰/۱۲۵e	۴/۰۲d	۱/۱۸e	۲/۸۴d	۰/۴۶e	۹/۴۲c
دلبار استیوال	۰/۷۵ گرم در لیتر	۶۱۴/۷۹e	۰/۱۴۶d	۵/۰۵b	۱/۴۹d	۳/۵۵b	۰/۴۵e	۱۰/۴۱b
دلبار استیوال	۱/۵ گرم در لیتر	۶۷۲/۹۰d	۰/۱۶۲b	۴/۷۳c	۱/۷۲c	۳/۰۱c	۰/۷۶c	۱۰/۶۲b
دلبار استیوال	۳ گرم در لیتر	۶۱۸/۳۸e	۰/۱۵۳c	۵/۳۶a	۱/۹۱a	۳/۴۵b	۰/۵۷d	۱۲/۵۳a
گالا	شاهد	۹۱۳/۸۷a	۰/۱۷۶a	۵/۱۸b	۱/۴۶d	۳/۷۱a	۰/۴۴e	۸/۲۷d
گالا	۰/۷۵ گرم در لیتر	۸۵۲/۰۹c	۰/۱۷۱a	۳/۵۴e	۱/۷۵bc	۱/۷۹e	۱/۰۲b	۱۰/۲۹b
گالا	۱/۵ گرم در لیتر	۹۰۷/۸۷b	۰/۱۷۴a	۳/۲f	۱/۶۶c	۱/۵۵f	۱/۱۲a	۹/۶۲c
گالا	۳ گرم در لیتر	۸۷۳/۶۴bc	۰/۱۷۲a	۴/۶c	۱/۸۴ab	۲/۷۵d	۰/۶۹c	۱۰/۶۹b

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱درصد اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند.

همبستگی و رگرسیون بین صفات

نتایج حاصل از همبستگی بین صفات نشان داد که بین غلظت کلسیم و میزان a* رنگ میوه در سطح ۰۵درصد همبستگی مثبت معناداری وجود دارد (۰/۹۴۸). با اعمال تیمار کلسیم بر روی میوه‌ها و افزایش غلظت آن میزان رنگ‌گیری میوه‌ها به‌طور معناداری افزایش یافت (جدول۸).

نتایج حاصل از بررسی رگرسیون بین غلظت کلسیم و میزان a* رنگ میوه نشان داد که در بین مدل‌های رگرسیونی بررسی‌شده شامل مکعبی، ترکیبی، درجهٔ دوم، رشد، تصاعدی، لجستیک و خطی، مدل رگرسیونی مکعبی (R^2=1) دارد و بهترین مدل برای بیان ارتباط بین کلسیم و میزان رنگ میوه است. براساس این مدل ($y = ۰/۵۲۸\ x^3 + ۲/۲۱۱\ x^2 + ۴/۳۸۸x + ۰/۶۲$)، همواره با افزایش غلظت کلسیم، افزایش a* وجود دارد و این افزایش در غلظت‌های پایین، شیب کندی دارد و در غلظت‌های بالاتر شیب تندتری دارد (شکل۲). این نتایج و نتایج حاصل از همبستگی بین صفات بیانگر آن است که کاربرد کلسیم از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های مسیر سنتز فلاونوئیدها، سبب تجمع آنتوسیانین‌ها و از این مسیر سبب بهبود رنگ‌گیری میوه‌های سیب می‌شود. رنگ پوست میوهٔ سیب توسط نوع و مقدار آنتوسیانین‌ها و نیز پروآنتوسیانیدین‌ها و فلاوونول‌ها تعیین می‌شود. سنتز آنتوسیانین‌ها تحت‌تأثیر عوامل مختلف محیطی و تغذیه‌ای است که یکی از این عوامل یون کلسیم است که گزارش شده است به‌منزلهٔ یک پیام‌آور ثانویه در بهبود رنگ در سیب عمل می‌کند. پژوهشگران دیگر نیز اثر مثبت کلسیم در رنگ‌گیری بیشتر پوست میوه‌های سیب و انگور را از طریق افزایش سنتز آنتوسیانین گزارش کرده‌اند.

جدول ۸. همبستگی بین صفات مربوط به رنگ‌گیری میوه و غلظت عناصر غذایی میوهٔ سیب

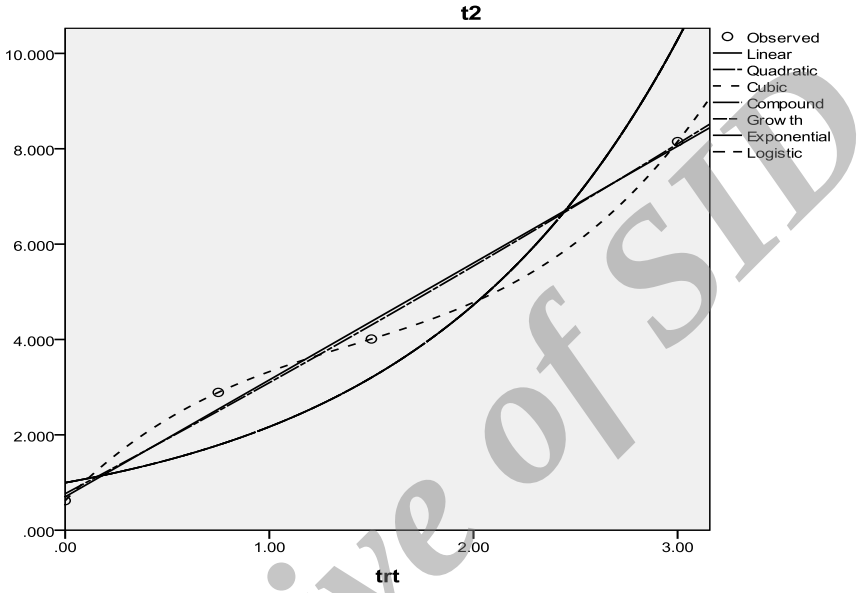
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}
t_1	۱											
t_2	-۰/۷۳۶	۱										
t_3	-۰/۷۵۱	۰/۶۲۰	۱									
t_4	-۰/۷۲۸	-۰/۷۹۶	۰/۹۵۵*	۱								
t_5	-۰/۷۹۸	۰/۷۵۹	۰/۹۸۱*	۰/۹۸۹*	۱							
t_6	-۰/۷۹۷	۰/۳۲۴	۰/۲۵۸	۰/۱۶۹	۰/۲۸۴	۱						
t_7	-۰/۸۲۳	۰/۶۱۹	۰/۲۴۸	۰/۲۸۴	۰/۳۵۰	۰/۹۱۱	۱					
t_8	-۰/۰۰۹	۰/۴۵۷	۰/۵۶۰	۰/۶۸۶	۰/۵۸۵	-۰/۵۹۶	-۰/۴۰۳	۱				
t_9	-۰/۷۲۰	۰/۹۴۸*	۰/۳۹۴	۰/۵۸۲	۰/۵۵۷	۰/۴۸۱	۰/۷۸۵	۰/۱۸۱	۱			
t_{10}	۰/۳۶۴	۰/۵۴۰	۰/۳۳۰	۰/۳۵۳	۰/۲۶۹	-۰/۸۱۹	-۰/۷۹۱	۰/۸۶۱	-۰/۳۴۴	۱		
t_{11}	-۰/۲۵۲	-۰/۱۱۰	-۰/۴۱۷	-۰/۴۷۴	-۰/۳۸۲	۰/۷۷۱	۰/۶۸۹	-۰/۹۳۳	۰/۱۸۵	-۰/۹۸۶*	۱	
t_{12}	-۰/۵۷۲	۰/۹۵۸*	۰/۳۷۳	-۰/۶۰۴	۰/۵۴۵	۰/۲۴۵	۰/۶۰۵	۰/۳۷۹	۰/۹۶۸*	-۰/۱۳۹	-۰/۰۲۴	۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹. توضیحات مربوط به کدهای داده‌شده در جدول۸ برای هر صفت

توضیحات	کد	ترتیب	توضیحات	کد	ترتیب
فسفر	t_7	۷	L*	t_1	۱
کلسیم + منیزیم	t_8	۸	b*	t_2	۲
کلسیم	t_9	۹	a*	t_3	۳
منیزیم	t_{10}	۱۰	زاویهٔ هیو	t_4	۴
کلسیم/ منیزیم	t_{11}	۱۱	زاویهٔ کروما	t_5	۵
کلسیم/ فسفر	t_{12}	۱۲	پتاسیم	t_6	۶



شکل ۲. رگرسیون بین غلظت کلسیم و میزان *a رنگ میوه

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که نوع رقم، سیستم تربیت و تغذیهٔ برگی با کلسیم می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی و رنگ ظاهری میوهٔ سیب در زمان برداشت مؤثر باشد. محلول‌پاشی کلسیم توانست، میزان شاخص *a پوست میوه را که نشان‌دهندهٔ سنتز رنگیزهٔ آنتوسیانین و تولید رنگ قرمز است، به‌طور معناداری افزایش داد. میزان شاخص‌های *a در رقم گالا به‌طور معناداری بیشتر از رقم دلبار استیوال بود که نشان می‌دهد توسعهٔ رنگ قرمز در رقم گالا در شرایط اقلیمی کرج بیشتر از رقم دلبار استیوال است. غلظت فسفر و پتاسیم در رقم دلبار استیوال با اعمال تیمار کلسیم تا غلظت ۱/۵ گرم در لیتر با سه نوبت محلول‌پاشی افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر غلظت کلسیم، محتوای فسفر و پتاسیم در میوه‌ها کاهش یافت که درواقع نشان می‌دهد که بهترین غلظت عناصر غذایی در رقم‌های گالا و دلبار استیوال در تیمار ۱/۵ گرم در لیتر کلسیم با سه نوبت محلول‌پاشی مشاهده می‌شود. به‌طورکلی، نتایج حاصل از بررسی اثر نوع سیستم تربیتی و تیمار کلسیم بر میزان رنگ‌گیری میوه و غلظت عناصر غذایی میوهٔ سیب در دو رقم گالا و دلبار استیوال نشان داد که میوه‌های رقم گالا در سیستم‌های V شکل و هایتک و میوه‌های رقم دلبار استیوال در سیستم هایتک میزان کلسیم بیشتری نسبت به سیستم‌های تربیتی دیگر داشته‌اند و از این طریق سبب بهبود رنگ‌گیری میوه شده‌اند. در مجموع نتایج حاصل از همبستگی و رگرسیون بین صفات نیز نشان دادند که بهبود رنگ‌گیری میوه‌های سیب رقم گالا در سیستم‌های تربیتی هایتک و V شکل و رقم دلبار استیوال در سیستم تربیتی هایتک و با محلول‌پاشی با کلسیم ۱/۵

Archive of SID

www.SID.ir

گرم در لیتر می‌تواند به‌واسطهٔ افزایش غلظت کلسیم در میوه باشد.

سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران کشور که در قالب طرح «مطالعات کاربردی صنعت تولید سیب در ایران با استفاده از فناوری‌های نوین» و «قطب فیزیولوژی، اصلاح و بیوتکنولوژی درختان میوهٔ مناطق معتدله» که زمینهٔ انجام چنین پژوهش‌هایی را فراهم کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Asbahi, S., Ebadi, A., Zamani, Z., Vezvaie, A., Naghavi, M. & Talaie, A. (2004). Influence of three training systems on fruit yield and quality of five grapevine cultivars. *Horticulture Science*, 5(4), 189-200. (In Farsi)
2. Dolaty Baneh, H., Hasani, A., Majidi, A., Zomorrodi, Sh, Hasani, Gh. & Malakouti, M.J. (2002). Effect of concentration $CaCl_2$ on fruit tissue firmness of red delicious apple in Urumia region. *Journal of Agriculture Science*, 12(4), 47-54.
3. Ernami, P.R., Dias, J., Do Amarante, C.V.T., Ribeiro, D.C. & Rogeri, D. (2008). Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of 'Gala' apples in Brazil. *Revista Brasilian de Fruticalture*, 30, 892-896.
4. FAO. (2011). Food and Agricultural Commodities Production. http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.
5. Faust, M. (1989). Physiology of Temperate-Zone Fruit Trees. *John Wiley and Sons*, New York, U.S.A. 388 p.
6. Ferree, D.C. & Warrington, I.J. (2003). Apples: Botany, production and uses. *CABI publishing*. 660 pp.
7. Hassan, H., Sarrwy, S., Mostafa, E. & Dorria, M. (2010). Influence of training systems on leaf mineral contents, growth, and yield and fruit quality of "Anna" apple trees. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4), 443-448.
8. Jones, C.G. & Hartley, S.E.. (1999). A protein competition model of phenolic allocation. *Oikos*, 86, 27-44.
9. Kadir, SA. (2004). Fruit quality at harvest of 'Jonathan' apple treated with foliarly-applied calcium choloride. *Journal of Plant Nutrition*, 11, 1991-2006.
10. Konopacka, D. & Płocharski. W. J. (2002). Effect of picking maturity, storage technology and shelf life on changes of apple firmness of 'Elstar', 'Jonagold' and 'Gloster' cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 10, 11-26.
11. Lanauskas, J. & Kviklienė, N. (2006). Effect of calcium foliar application on some fruit quality characteristics of 'Sinap Orlovskij' apple. *Agronomy Research*, 4(1), 31-36.
12. Li, Z.H., Gemma, H. & Iwahori, S. (2002). Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus-calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scientia Horticulturae*, 94, 193-199.
13. Mahmood Zadeh, H., Rasouli, V. & Ghorbanian, D. (2009). Effect of Some Training Systems on Vegetative Growth, Fruit Yield and Fruit Quality of *Vitis vinifera cv.* Sefid Bidaneh in Takestan Region. *Seed and Plant*, 25(4), 374-387. (In Farsi)
14. Pek, Z., Helyes, L. & Lugasi, A. (2010). Color changes and antioxidant content on vine and postharvest ripened tomato fruits. *Horticulture Science*, 45, 465-468.
15. Rosenberger, D.A., Schupp, J.R., Hoying, S.A., Cheng, L. & Watkins, C.B. (2004). Controlling bitter pit in 'Honeycrisp' apples. *Horticultural technology and Science*, 14(3), 342-349.
16. Sosna, I. & Czaplicka, M. (2008). The influence of two training systems on growth and cropping of three pear cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16, 75-81
17. Tomala, K. & Soska, A. (2004). Effects of calcium and/ or phosphorus sprays with different commercial preparations on quality and storability of "Šampion" apples. *Horticultural Science*, 31(1), 12-16.
18. Vestrheim, S. (1970). Effect of chemical compounds on anthocyanin formation in 'McIntosh' apple skin. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 95, 712-715.
19. Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G. & Merillon, J. M. (2000). Sugar sensing and Ca^{2+}- calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. *Phytochemistry*, 53, 659-665.

Archive of SID

www.SID.ir