نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره سوم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.12913.2163

تأثیر مالچ پلاستیکی قرمز بر عملکرد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام مختلف توت‌فرنگی

*سعید شیوخی‌سوغانلو[1] و محمود رائینی‌سرجاز[1]
[1]عضو هیأت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٦/۰۷/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از مالچ‌ها، به‌ویژه مالچ‌های پلاستیکی نه تنها سبب زودرسی میوه، بلکه در افزایش مقدار محصول، کیفیت میوه، عطر و طعم آن مؤثر است. مالچ پلاستیکی افزون بر افزایش باردهی و کیفیت میوه سبب کاهش تلفات آب از راه تبخیر، جلوگیری از رشد علف‌های هرز و در نهایت کاهش مصرف شیمیایی می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر مالچ پلاستیکی قرمز بر ویژگی‌های کیفی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سه رقم مختلف توت‌فرنگی است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، به‌منظور بررسی تأثیر مالچ پلاستیکی قرمز بر خصوصیات کیفی ارقام مختلف میوه توت‌فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار آزمایشی شامل (سه رقم کاماروسا، سیلوا و گاویتا) در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ انجام شد. میوه‌ها، در یک دوره زمانی ٤ روزه برداشت شدند و پس از هر برداشت، میوه‌های هر بوته به دقت توزین شد فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی و فلاونوئید میوه اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده در پایان آزمایش، با بهره‌گیری از نرم‌افزار SAS تجزیه و از آزمون SNK برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، مالچ پلاستیکی قرمز اثر معنی‌داری بر عملکرد وزن میوه و خصوصیات کیفی میوه در سه رقم توت‌فرنگی داشت. به‌طوری‌که عملکرد وزن میوه توت‌فرنگی رقم سیلوا (۱۷۸۵۹/۳۵ گرم در ۳۰۰ بوته) بیش از دو رقم دیگر بود. بیش‌ترین عملکرد کل تعداد میوه در رقم سیلوا (۱۷٦۷) و کم‌ترین آن مربوط به رقم گاویتا (۷۹۸) بود. میزان آنتوسیانین میوه در رقم‌های کاماروسا و گاویتا به‌ترتیب با (۸۰/۵٦ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) و (۷۷/۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بالاتر از رقم سیلوا (٦۹/۲٦ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم) بود، اما تفاوت معنی‌داری میان این دو رقم دیده نشد. محتوای فنل کل و فلاونوئید میوه رقم کاماروسا به‌ترتیب با مقادیر (۵۵/۵۳ میلی‌گرم بر گرم) و (٦۰/۱٦ میلی‌گرم بر گرم) نسبت به دو رقم دیگر بالاتر بود. همچنین نتایج نشان داد که، مالچ پلاستیکی قرمز اثر معنی‌داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی (IC_{50}) سه رقم مختلف، نداشت.

نتیجه‌گیری: بر پایه یافته‌های این پژوهش، عملکرد کل میوه توت‌فرنگی در رقم سیلوا در مقایسه با ارقام کاماروسا و گاویتا، بالاتر بود. همچنین بالاتر بودن محتوای آنتوسیانین کل، محتوای فنل و فلاونوئید میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مقایسه با دیگر ارقام را می‌توان به پتانسیل ژنتیکی رقم کاماروسا و کیفیت نور بازتابی از مالچ قرمز نسبت داد. در این پژوهش گمان بر این است که، پتانسیل ژنتیکی مطلوب ارقام و تأثیر رنگ مالچ پلاستیکی قرمز بر کیفیت محیط نوری پیرامون گیاه، نقش به‌سزایی را در افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی ایفا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، زمان برداشت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مالچ پلاستیکی

* مسئول مکاتبه: saeid.shiukhy@gmail.com

مقدمه

ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی هم‌چون اندازه، عطر و طعم هم برای تولیدکنندگان وهم برای مصرف‌کنندگان اهمیت به‌سزایی دارد. در دهه‌های اخیر، مطالعه تأثیر و کارآیی روش‌های مختلف کشت بر افزایش عملکرد محصول توت‌فرنگی، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. عملکرد انواع مالچ‌ها بر سلامت بوته و کیفیت میوه‌ها، اغلب ثابت است (۳۰) و به‌نظر می‌رسد این تأثیر به تغییرات در محیط پیرامونی گیاه (خرداقلیم) مربوط می‌شود (۲۳). امروزه مالچ‌های پلاستیکی به‌طور گسترده‌ای در بستر کشت توت‌فرنگی استفاده می‌شوند (۱۹). استفاده از مالچ‌ها، به‌ویژه مالچ‌های پلاستیکی نه تنها سبب زودرسی میوه، به‌دلیل افزایش ذخیره گرمایی، می‌شود، بلکه در افزایش مقدار محصول، کیفیت میوه، خوشبویی و مزه آن مؤثر است (۳۲). نخستین گام مهم به سوی گسترش فن‌آوری مالچ پلاستیکی رنگی وجود شواهدی از نور فروسرخ (FR) بازتاب شده در محیط پیرامونی گیاه بود (۵ و ۲۰).

به‌کارگیری مالچ پلاستیکی رنگی در بستر کشت توت‌فرنگی می‌تواند اطلاعات مناسبی را در مورد رابطه کیفیت میوه توت‌فرنگی با ویژگی‌های گرمایی و نوری محیط پیرامونی گیاه ارائه دهد. محیط نوری پیرامونی گیاه، که توسط رنگ نور یا طول موج تعیین می‌گردد، می‌تواند عملکرد و کیفیت تولیدات گیاهی را در طی مراحل مختلف رشد و توسعه گیاه، تحت‌تأثیر قرار دهد (٦). در میان انواع مختلف مالچ‌های پلاستیکی رنگی، پلاستیک قرمز به‌طور قابل‌توجهی کیفیت طول موج نور بازتابی از تابش را تغییر می‌دهد (۳۲). عملکرد و کیفیت میوه می‌تواند تحت‌تأثیر محیط نوری پیرامونی گیاه قرار گیرد. اُرزلک و اُتژن (۲۰۰٦)، نشان دادند که بزرگ‌ترین متوسط اندازه میوه طالبی، مربوط به آن‌هایی بود که بر روی مالچ پلاستیک قرمز رشد نموده و طول موج ٦۰۰ نانومتر را بازتاب می‌کردند (۳۰).

یافته‌های کای و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که در میان پنج مالچ استفاده شده، عملکرد و اندازه توت‌فرنگی در مالچ قرمز نسبت به سایر مالچ‌ها بیش‌تر بود (١٦). اتکینسون و همکاران (۲۰۰٦) نیز چهار کلاس متفاوت از اندازه میوه را جمع‌آوری و ارائه کردند (٤). تودیک و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که، نور بازتابی از پلاستیک رنگی می‌تواند موجب افزایش انباشت مواد جامد محلول در دانه‌های میوه انگور شود (۳۷). مالچ پلاستیکی افزون بر افزایش باردهی و کیفیت میوه در کارآمدی دیگر نهاده‌های کشت اثر مثبتی دارد و سبب کاهش تلفات آب از راه تبخیر، کاهش رشد علف‌های هرز و کاهش مصرف سم‌های شیمیایی می‌شود (۲۱).

وانگ و ژیائو (۲۰۰۰) بیان کردند که عصاره توت‌فرنگی سطح بالایی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در برابر انواع رادیکال‌های آزاد شامل؛ رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن واحد نشان داد (۳۸). از طرفی ارقام مختلفی از توت‌فرنگی یافت شده‌اند که به‌طور قابل‌توجهی سطوح بالاتری از فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به سایر ارقام نشان داده‌اند (۳۹ و ۲۷). هاکینن و تورنن (۲۰۰۰) وجود ترکیبات فنلی و فلاونوئید یافت شده در بین ارقام مختلف توت‌فرنگی مقدار متفاوتی را دارا بودند، تأیید نمودند (۱۱). شیوخی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، فلاونوئید و آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی با استفاده از مالچ پلاستیکی رنگی بیش از تیمار شاهد (خاک لخت) بود (۳۲).

دیاز پرز و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر مالچ‌های پلاستیکی بر دمای منطقه ریشه، پیدایش نشانه‌های بیماری لکه سفید گوجه‌فرنگی و عملکرد گوجه‌فرنگی

را بررسی نمودند. یافته‌های آزمایش نشان داد که دمای منطقه ریشه در مالچ مشکی بالاترین شد (۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد = میانگین فصلی) و به دنبال آن برای مالچ‌های خاکستری (۲۷ درجه سانتی‌گراد)، نقره‌ای (۲۵/۸ درجه سانتی‌گراد) و سفید (۲٤/۸ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد. گیاهانی که بر بستر مالچ مشکی کاشته شده بودند، سریع‌ترین علائم ظهور را نشان دادند و به‌طور معنی‌داری رشد رویشی و عملکرد میوه را، در مقایسه با دیگر مالچ‌ها، کاهش دادند (۱۰).

آزمایش سینگ و همکاران (۲۰۰۷) روی برهمکنش زمان کاشت و استفاده از مالچ در توت‌فرنگی رقم داچ نشان داد که توت‌فرنگی‌ها می‌توانند در اواسط ماه سپتامبر به همراه استفاده از مالچ پلی‌اتیلنی قرمز در مناطق نیمه‌خشک هندوستان برای زودرسی میوه و عملکرد بالاتر و میوه‌های باکیفیت بهتر کشت شوند (۳۳).

لوکاسیو و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر مالچ‌های رنگی مشکی پلی‌اتیلن و مالچ شفاف قرمز را بر عملکرد توت‌فرنگی‌های (رقم داچ) فلوریدا در چهار منطقه مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که، زودرسی میوه و عملکرد کل بازارپسندی میوه در منطقه برادنتون تحت‌تأثیر رنگ مالچ پلاستیکی نبود، به‌طوری‌که عملکردها به‌طور معنی‌داری در منطقه گینسویل بر روی مالچ پلاستیکی قرمز بالاتر از مالچ پلاستیکی مشکی بود و در مناطق کوئینسی و هیستینگز عملکرد مالچ پلاستیکی مشکی به‌طور معنی‌داری بالاتر از مالچ پلاستیکی قرمز بود (۲۳). بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر مالچ پلاستیکی قرمز بر خصوصیات کیفی و آنتی‌اکسیدانی سه رقم مختلف میوه توت‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری که دارای بافت خاک از نوع سیلتی رسی بود، انجام شد. آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار آزمایشی ارقام توت‌فرنگی شامل سه رقم کاماروسا، گاویتا و سیلوا در سه تکرار در فصل رشد ۹٤-۱۳۹۳ اجرا شد.

کرت‌های آزمایشی دارای ۵ متر طول و ۱/۵ متر عرض بود که در هر کرت ٤ ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر جدا شدند. سپس مالچ پلاستیکی بر روی پشته به عرض ۱/۵ متر کشیده شد و بوته‌ها در هر ردیف با فاصله ۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری با استفاده از سیستم قطره‌ای با لوله‌های آبیاری دارای قطر ۳۸ میلی‌متر و قطره چکان با دبی خروجی ٤ (لیتر در ساعت) صورت گرفت. به‌طوری‌که ۳ مرتبه در زمان کشت نشا به فاصله ۵ روز انجام شد و سپس تا اواخر فروردین‌ماه که گلدهی تقریباً به اتمام رسید، آبیاری به‌دلیل بارندگی فقط یک مرتبه انجام شد. از اوایل اردیبهشت‌ماه تا اواخر خردادماه که برداشت میوه به اتمام رسید ۷ مرتبه آبیاری به فاصله تقریباً یک هفته انجام شد. در هر بار آبیاری رطوبت خاک زمانی که به ۷۰ درصد می‌رسید (با استفاده از تانسیومتر)، انجام می‌شد (۷۰ درصد =SWC). بسته به نیاز گیاه در طی دوره رشد کوددهی با کود NPK ۲۰-۲۰-۲۰ (نیتروژن به‌عنوان، نیترات: ٦/۵ درصد؛ آمونیوم، ۰/٤ درصد؛ اوره، ٤/۱۰ درصد؛ فسفات به‌عنوان P_2O_5، ۰/۲۰ درصد و پتاس به‌عنوان K_2O، ۰/۲۰ درصد) همراه با عناصر کم‌مصرف منگنز (۰/۰۳ درصد)، بُر (۰/۰۲ درصد) و مولیبدن (۰/۰۰۱ درصد) به‌صورت سرک (EDTA) انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

Table 1. Physical-chemical characteristics of experimental field soil.

عمق خاک Soil depth (cm)	درصد اشباع (S.P)	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$	اسیدیته اشباع pH	مواد خنثی‌شونده T.N.V%	ماده آلی %(O.M)	کربن آلی %(O.C)	فسفر قابل‌جذب (P.P.M)	گوگرد قابل‌جذب (P.P.M)	پتاسیم قابل‌جذب (P.P.M)
0-30	67	1.82	7.87	18	2.63	1.53	8.7	281.7	179

میوه‌ها، بسته به سرعت رسیدگی در یک فاصله زمانی ٤ روزه زمانی که حداقل سه چهارم آن‌ها رسیده بود، در ۹ مرحله (از اردیبهشت تا خرداد) برداشت شدند و پس از هر برداشت، میوه‌های هر بوته با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. همچنین میوه‌های برداشت شده براساس قطر میوه به چهار دسته طبقه‌بندی شدند (٤)، که به‌عنوان جدول ۲ گزارش شدند.

جدول ۲- دسته‌بندی اندازه میوه بر اساس قطر.

Table 2. Fruit size grouping by fruit diameter.

دسته‌بندی اندازه میوه Fruit size grouping	قطر میوه (میلی‌متر) fruit diameter (mm)	اندازه میوه Fruit size
اول 1	> 35	بزرگ Big
دوم 2	25-35	متوسط Medium
سوم 3	22-25	کوچک Small
چهارم 4	< 22	ریز، بدشکل و فاسد Fine, deformed and rooted

محتوای آنتوسیانین نمونه‌ها با استفاده از روش اختلاف جذب در pHهای مختلف محاسبه شد. در این روش میزان جذب نمونه‌ها در بافرهای pH_1 و $pH_{4.5}$ از رنگدانه سیانیدین-۳-گلیکوزید در طول موج ۵۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. سپس مقدار آنتوسانین کل با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۲۹).

$$ACN\ (mg/100ml) = \frac{\Delta A}{\varepsilon L \times M \times D} \quad (1)$$

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH با جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر، میزان فنل کل عصاره با استفاده از معرف فولین- سیکالچو و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷٦۰ نانومتر به‌صورت میلی‌گرم بر گرم ماده خشک اسیدگالیک و میزان فلاونوئید کل از روی میزان جذب نمونه در طول موج ۵۰٦ نانومتر و استاندارد به‌صورت میلی‌گرم کوئرستین، با بهره‌گیری از دستگاه اسپکتروفتومتر

اندازه‌گیری شد (۱۲). میزان مواد جامد محلول کل (TSS) درآب میوه با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (مدل PR-32 Palett, AtagoCo., Japan) در دمای اتاق اندازه‌گیری و بر حسب درصد بیان شد (۳۰). اسید قابل‌تیتر (TA) در حضور فنل فتالئین اندازه‌گیری و بر حسب درصد اسیدسیتریک بیان شد (۲۹). pH آب میوه با استفاده از دستگاه pH متر (Jenway. 3020) اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده در پایان آزمایش، با بهره‌گیری از نرم‌افزار $SAS_{ver\ 9.1}$ تجزیه و از آزمون SNK[1] برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

بر پایه یافته‌ها، نوع رقم گیاه توت‌فرنگی با استفاده از مالچ پلاستیکی قرمز در بستر کشت گیاه، اثر معنی‌داری بر عملکرد و برخی از سایر صفات مورد بررسی میوه توت‌فرنگی داشت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۳).

عملکرد میوه: اثر نوع رقم بر عملکرد وزن میوه در سه رقم مختلف توت‌فرنگی معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵). عملکرد وزن میوه در میان تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر زمان برداشت بود. به‌طوری‌که عملکرد میوه توت‌فرنگی رقم سیلوا تا زمان برداشت پنجم بیش از دو رقم دیگر بود و کم‌ترین مقدار عملکرد مربوط به رقم گاویتا بود (جدول ٤). بر پایه یافته‌ها، عملکرد کل میوه در تمامی زمان‌های برداشت نیز به‌گونه‌ای بود که عمکرد میوه توت‌فرنگی در ارقام سیلوا و کاماروسا بالاتر از رقم سیلوا بود. در واقع، به‌طور میانگین میانگین عملکرد ارقام سیلوا و کاماروسا به‌ترتیب (۱۲/۸۳) و (۱۱/۱۹) درصد، بالاتر از رقم گاویتا بود. بیش‌ترین عملکرد میوه مربوط به رقم سیلوا با مقدار (۸۵/۱۷) کیلوگرم در بوته و کم‌ترین آن در رقم گاویتا با مقدار (۳۰/۸) کیلوگرم در بوته بود (جدول ٤).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در سه رقم مختلف توت‌فرنگی.

Table 3. Analysis of variance strawberry different cultivars.

منابع تغییرات Sum of square	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square								
		عملکرد کل Total yield	آنتی‌اکسیدان Antioxidant	فنل Phenol	فلاونوئید Flavonoid	آنتوسیانین Anthocyanin	اسیدیته pH	اسید قابل‌تیتر (TA)	مواد جامد محلول (TSS)	TA/TSS
بلوک Block	2	227047.92^{ns}	0.1654^{ns}	0.573^{ns}	0.0677^{ns}	0.0677^{ns}	0.021^{ns}	0.001^{ns}	1.2977^{ns}	80.67^{ns}
رقم Cultivar	2	766456.32*	0.3746^{ns}	19.11*	10.414**	100.98**	0.007^{ns}	0.002^{ns}	8.5511*	416.1^{ns}
خطای آزمایش Error	4	539199.28	0.1969	0.6883	0.1027	2.3994	0.0011	0.0026	1.4861	61.025
کل Total	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات CV (%)	–	11.653	7.540	8.301	14.762	6.439	13.181	8.541	14.058	7.947

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ^{ns} عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد.

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively, ^{ns} Not significant at P=0.05.

1- Student-Nueman-Kouel

جدول ٤- بررسی تأثیر نوع رقم گیاه توت‌فرنگی بر عملکرد وزن میوه (گرم) در سه رقم مختلف توت‌فرنگی در سال ۱۳۹٤.

Table 4. Evaluation of type of the strawberry cultivar effect on fruit weight yield (g) in tree strawberry cultivar in 2015.

زمان برداشت- تاریخ Harvest time- Date	ارقام توت‌فرنگی Strawberry cultivars		
	سیلوا Silva	کاماروسا Camarosa	گاویتا Gavietta
۱- اردیبهشت (۲۰) 10 May	746.59 ± 143.3[a]	307.37 ± 21.8[b]	103.88 ± 31.1[c*]
۲- اردیبهشت (۲۵) 15 May	1215.61 ± 276.9[a]	724.03 ± 23.2[b]	121.6 ± 288.1[c]
۳- اردیبهشت (۳۰) 20 May	1178.87± 53.6[a]	890.43 ± 26.1[b]	136.93 ± 27[c]
٤- خرداد (۵) 26 May	2425.18 ± 277.2[a]	540.08 ± 40.6[b]	111.31 ± 18.7[c]
۵- خرداد (۱۰) 31 May	2153.2 ± 120.2[a]	1173.16 ± 24.2[a]	551.1 ± 108.6[c]
٦- خرداد (۱٦) 6 June	1285.03 ± 476.6[b]	2143.98 ± 55.3[a]	1302.55 ± 180.5[b]
۷- خرداد (۲۱) 11 June	4038.81 ± 127.8[a]	3392.2 ± 373.8[b]	1993.97 ± 140.2[c]
۸- خرداد (۲٦) 16 June	2463.26 ± 251.2[b]	4286.77 ± 176.5[a]	2457.15 ± 163.3[b]
۹- خرداد (۳۱) 21 June	2352.8 ± 178.2[a]	2385.54 ± 120.4[a]	1612.74 ± 179.9[b]
کل	17859.35 ± 1046.7[a]	15843.56 ± 1470.3[b]	8391.23 ± 903.4[c]

* عملکرد وزن میوه بر حسب گرم * Yield of fruit weight (gr)

* اعداد در هر ردیف دارای حروف یکسان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

* In each row, numbers followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

در تمامی زمان‌های برداشت به‌طور معنی‌داری، تحت‌تأثیر نوع رقم قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۵). در دسته اول، میوه‌های بزرگ، تعداد میوه در رقم کاماروسا نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری بالاتر بود این در حالی بود که رقم گاویتا کم‌ترین تعداد میوه را به خود اختصاص داد (جدول ۵). در دسته دوم و سوم، به‌ترتیب میوه‌های متوسط و کوچک، کم‌ترین شمار میوه در رقم گاویتا دیده شد، در حالی‌که بیش‌ترین شمار میوه مربوط به رقم سیلوا بود. دسته چهارم، میوه‌های بدشکل، فاسد و ریز (با قطر کم‌تر از ۲۲)، شمار میوه‌های رقم گاویتا در مقایسه با ارقام دیگر کم‌تر بود. به‌طورکلی شمار میوه‌های برداشت شده در رقم سیلوا بیش‌تر از ارقام دیگر و کم‌ترین میزان مربوط به رقم گاویتا بود (جدول ۵).

جدول ۵- بررسی تأثیر نوع رقم میوه توت‌فرنگی بر عملکرد اندازه میوه.

Table 5. Evaluation of type of strawberry cultivars on fruit size yield.

دسته‌بندی اندازه میوه- قطر (میلی‌متر) Fruit Size Grouping- Diameter (mm)	ارقام توت‌فرنگی Strawberry cultivars		
	سیلوا	کاماروسا	گاویتا
اول، بیش‌تر از ۳۵ 1) >35 mm	242 ± 19.1[b]	277 ± 32.3[a]	120 ± 20.1[c]
دوم، ۳۵-۲۵ 2) 25-35 mm	865 ± 47.5[a]	636 ± 71.2[b]	387 ± 50.2[c]
سوم، ۲۵-۲۲ 3) 22-25 mm	438 ± 29.1[a]	307 ± 19.3[b]	195 ± 27.1[c]
چهارم، کم‌تر از ۲۲ 4) <22 mm	222 ± 13.9[a]	132 ± 11.5[b]	96 ± 16.8[c]
تعداد کل Total Number	1767 ± 298.5[a]	1352 ± 212.9[b]	798 ± 131.9[c]

* اعداد در هر ردیف دارای حروف یکسان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

* In each row, numbers followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

تعامل بین دما و طول روز، تولید و کیفیت میوه توت‌فرنگی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در ارقام روز کوتاه، مانند کاماروسا، آغاز گلدهی در شرایط دوره نوری کوتاهی (معمولاً کم‌تر از ۱۲ ساعت) و دمای پایین رخ می‌دهد. از طرفی، افزایش دما و طول روز، موجب کاهش تولید میوه می‌شود، به‌طوری‌که افزایش در رشد و توسعه استولون‌ها را به‌همراه دارد (۷). در ارقام روز خنثی، مانند سیلوا، آغاز گلدهی وابستگی چندانی به طول روز ندارد، به‌طوری‌که حتی در تابستان نیز اتفاق می‌افتد (۹). ارقام روز خنثی در ازای دوره‌های گرم‌تر سال نسبت به ارقام روز کوتاه تولید بیش‌تری دارند، به‌دلیل این‌که آن‌ها حساسیت کم‌تری به تحریک شدن توسط طول روز و دما، برای ظهور استولون‌ها را دارند. در نتیجه، دوره باردهی[1] آن‌ها به تاخیر می‌افتد (۳۱). وجود آگاهی در مورد ویژگی‌های یک رقم برای مدیریت کشت آن‌ها بسیار با اهمیت به حساب می‌آید، که کسب این اطلاعات برای تولیدکنندگان تولید توت‌فرنگی، بسیار سودمند است.

بر پایه یافته‌های این پژوهش، عملکرد نهایی وزن میوه توت‌فرنگی در رقم سیلوا که به لحاظ طول روز گیاهی روز خنثی تلقی می‌شود در مقایسه با ارقام کاماروسا و گاویتا که هر دو رقم روز کوتاه هستند، بالاتر بود با وجود تفاوت عملکرد رقم سیلوا با رقم کاماروسا باید بیان نمود که این تفاوت بسیار قابل‌توجه نبود اما احتلاف عملکرد هر دو این اقام، با رقم گاویتا بسیار چشم‌گیر بود. از سوی دیگر بیش‌ترین شمار و عملکرد اندازه میوه در دسته اول، که ویژگی بارز و با اهمیت میوه توت‌فرنگی (بازارپسندی) محسوب می‌شود، در رقم کاماروسا دیده شد، در حالی‌که شمار میوه‌های ریز و بدشکل (دسته چهارم) در رقم گاویتا کم‌ترین میزان بود. بنابراین، بر اساس این نتایج می‌توان این‌گونه بیان نمود که تفاوت در عملکرد ارقام، وابستگی قابل‌توجهی به ویژگی‌های ارقام مانند طول

1- Fructification

روز ندارد و می‌توان تفاوت در نتایج به‌دست آمده را به استفاده از مالچ پلاستیکی قرمز در بستر کشت آن‌ها نسبت داد. سکاتو و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر سامانه‌های کشت بر عملکرد و کیفیت ارقام میوه توت‌فرنگی بیان کردند که تفاوت چندانی میان ارقام کاماروسا و سیلوا وجود نداشت (۷). که با یافته‌های این پژوهش همخوانی داشت.

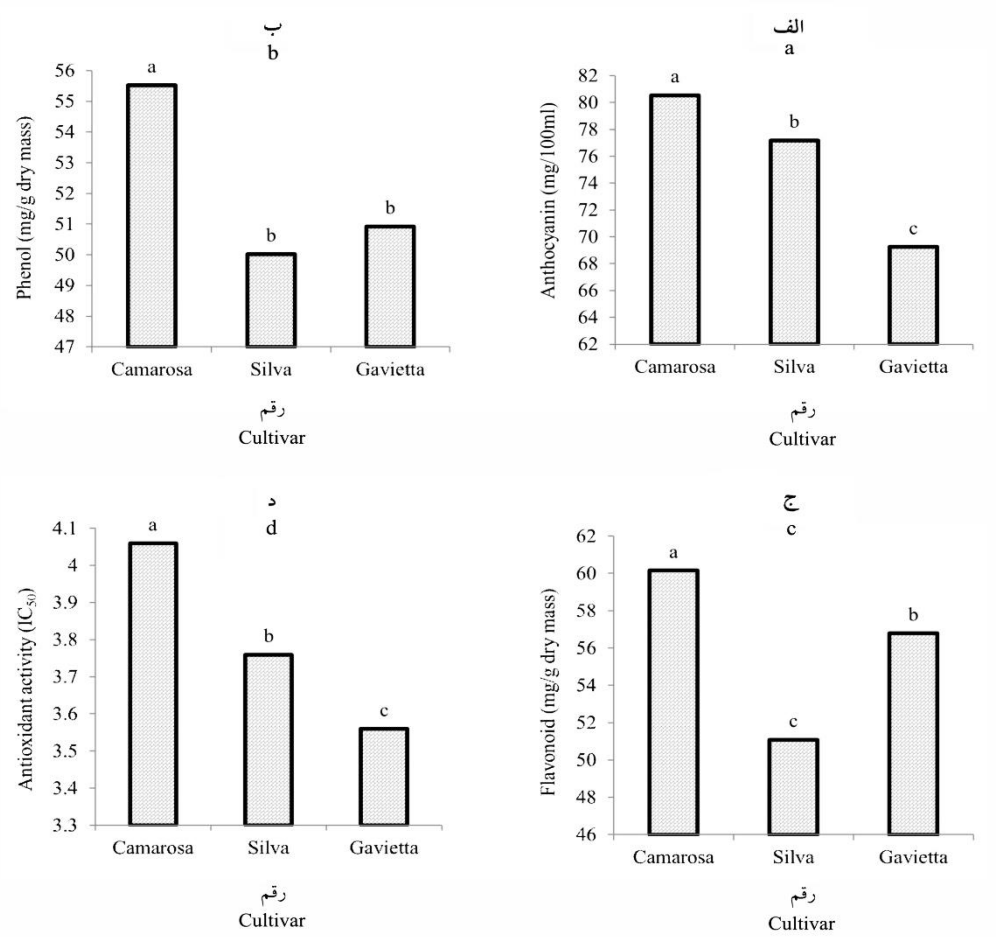
مالچ‌های رنگی پلاستیکی به‌دلیل داشتن ویژگی‌های دمایی و نوری ویژه، به‌طور گسترده‌ای برای تولید محصولات باغی استفاده می‌شوند. مالچ‌های پلاستیکی رنگی می‌توانند خرداقلیم را تغییرداده و بر محیط نوری پیرامونی گیاه، دمای خاک و شرایط رطوبتی هوا اثرگذار باشند (۳۳). پژوهش‌های اخیر نشان داده است که مالچ‌های پلاستیکی رنگی، به‌ویژه رنگ قرمز، در بالا بردن کیفیت میوه و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه بسیار مؤثر است (۱۷).

پلاستیک‌های قرمز نه تنها بخشی از نور با طول موج کوتاه را از خود عبور می‌دهند بلکه در دامنه نور قرمز (R) و فروسرخ (FR) آن را بازتاب هم می‌کنند. در تولید گیاهی نسبت نور قرمز دور به قرمز (FR.R) نقش مهمی در تنظیم فیتوکروم برگ، جابجایی مواد فتوسنتزی و زودرسی میوه دارد (۲۲)، در حالی‌که سایر مالچ‌های رنگی مانند مالچ‌های سیاه و سفید بر این نسبت تأثیر قابل‌توجهی ندارند (۳۰). تاکنون، گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مالچ قرمز بر این نسبت در عملکرد و زودرسی میوه گوجه‌فرنگی (۳۲) و زودرسی در سبزیجات (۱۰) ارائه شده است.

اندازه میوه بهره اقتصادی قابل‌توجهی را برای تولیدکنندگان فراهم می‌سازد. چرا که بزرگی و شدت قرمزی رنگ میوه توت‌فرنگی جذابیت فراوانی را برای مصرف‌کنندگان داشته و ارزش میوه در بازار فروش به‌واسطه اندازه بزرگ میوه افزایش می‌یابد. دما اصلی‌ترین متغیر اقلیمی است که بر عملکرد گیاه توت‌فرنگی تأثیرگذار بوده و سبب تغییر در رفتار رویشی و زایشی آن می‌شود. تحت شرایط دماهای بالا، گلدهی متوقف شده و توت‌فرنگی تمایل به تکثیر توسط رشد رویشی و تسریع در تولید شمار زیادی از استولون‌ها دارد (۲). لدسما و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که، دامنه دمای مطلوب برای رشد و توسعه توت‌فرنگی از ۱۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد متغیر است. شرایط تنش مانند دماهای شدید، کمبود آب و تابش خورشیدی و یا گرده‌افشانی اندک، از عوامل تعیین‌کننده در ریزش گل و به‌تبع آن کاهش شمار میوه به‌حساب می‌آیند (۲۱). این یافته‌ها با نتایج سایر پژوهشگران همخوانی داشت. کای و همکاران (۲۰۰۷)، گزارش کردند که در میان پنج نوع مالچ مورد استفاده در بستر کشت توت‌فرنگی، بالاترین میزان عملکرد و اندازه میوه مربوط به مالچ قرمز بود (۱۷). اتکینسون و همکاران (۲۰۰۶)، نیز چهار دسته تجاری از اندازه میوه در چهار محیط بازتاب مختلف را ارائه کردند. آن‌ها دریافتند که عملکرد میوه بالاتر و اندازه میوه (دسته اول) با بیش‌ترین بازتاب محیط پیرامونی گیاه همراه بود (٤). آلبرگتس و چندلر (۱۹۹۳) بیان کردند که، اندازه میوه توت‌فرنگی در مالچ قرمز نسبت به مالچ مشکی بزرگ‌تر بودند (۱). هایمرلیچ (۱۹۸۲)، نشان داد که تعداد و اندازه میوه توت‌فرنگی در مالچ مشکی در مقایسه با کشت معمولی (خاک لخت) بالاتر بود (۱۵). همچنین توت‌فرنگی‌هایی که در داخل تونل‌های پلاستیکی قرار داشتند اندازه بزرگ‌تری را نسبت به توت‌فرنگی‌هایی که به روش معمول کشت شده بودند، داشت (۲٤). نور بازتابی از مالچ پلاستیکی قرمز می‌تواند تابش‌هایی با طول موج کوتاه، بیش‌تری را برای میوه‌ها فراهم سازد و نسبت نور قرمز به قرمز دور (FR/R) را تغییر دهد. کیفیت تابش می‌تواند هم بر رشد و هم بر تولید میوه توت‌فرنگی مؤثر باشد. بنابراین با توجه به نتایج پژوهشگران و یافته‌های این

پژوهش، می‌توان این‌گونه بیان نمود که، عامل اصلی در افزایش عملکرد و اندازه میوه در توت‌فرنگی، می‌تواند خرداقلیم محیط پیرامونی گیاه باشد.

مالچ پلاستیکی قرمز اثر معنی‌داری بر خصوصیات فیتوشیمیایی ارقام مختلف میوه توت‌فرنگی داشت ($P\leq$۰/۰۱). میزان آنتوسیانین میوه در رقم‌های کاماروسا و گاویتا بالاتر از رقم سیلوا بود، این در حالی بود که تفاوت معنی‌داری بین این دو رقم دیده نشد. بیش‌ترین مقدار میزان آنتوسیانین در رقم کاماروسا و کم‌ترین مقدار آن در رقم سیلوا به‌ترتیب با میانگین، (۵۶/۸۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر) و (۲۶/۶۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر) بود (شکل الف-۱). محتوای فنل کل میوه رقم کاماروسا نسبت به دو رقم دیگر بالاتر بود، اما تفاوت معنی‌داری میان ارقام گاویتا و سیلوا وجود نداشت (شکل ب-۱). محتوای فلاونوئید میوه در رقم کاماروسا در مقایسه با دو رقم دیگر بالاتر بود. کم‌ترین میزان محتوای فلاونوئید در رقم گاویتا بود (شکل ج-۱). همچنین نتایج نشان داد که، مالچ پلاستیکی قرمز اثر معنی‌داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی (IC_{50}) نداشت (شکل د-۱).



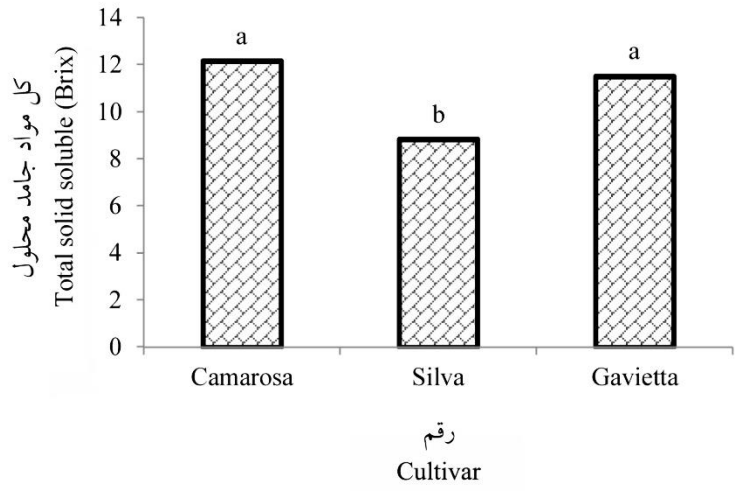
شکل ۱- بررسی اثر نوع رقم توت‌فرنگی بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی میوه در طی دوره رشد سال ۱۳۹٤. الف: تغییرات مقادیر آنتوسیانین کل میوه، ب: تغییرات مقادیر محتوای فنل میوه، ج: تغییرات مقادیر فلاونوئید کل میوه، د: تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی در بین ارقام مختلف.

Figure 1. Evaluation of type of strawberry cultivars effect on phytochemical characteristics of fruit during growth season in 2015. a: variation of fruit total anthocyanin, b: variation of fruit phenol content, c: variation of fruit flavonoid, d: variation fruit antioxidant activity on strawberry different cultivars.

کیفیت میوه نباید با هدف افزایش عملکرد میوه به‌خطر بیافتد. یافته‌های ما نشان داد که مالچ پلاستیکی قرمز موجب بالاترین میزان عملکرد و تعداد میوه در رقم سیلوا نسبت به دو رقم دیگر شد. آنتوسیانین مسئول رنگ قرمز در میوه‌ها است.

گزارش شده است که کیفیت نورآنتوسیانین موجود در پوست گلابی را تحت‌تأثیر قرار داده و طول موج‌های بلندتر شدت رنگ قرمز را افزایش می‌دهد (۳۰). تنظیم نور رنگ قرمز در پوست میوه سیب نیز به کیفیت نور مربوط می‌شود (۱۶). وانگ و همکاران (۲۰۰۰)، گزارشی را مبنی بر تأثیر رنگ مالچ پلاستیکی بر رنگ میوه توت‌فرنگی نیز ارائه کردند (۳۵). مور و همکاران (۲۰۰۵)، بیان کردند که بالاترین محتوای آنتوسیانین زمانی‌که توت‌فرنگی‌ها روی مالچ پلاستیکی کشت شدند، به‌دست آمد (۲۶). محتویات فیتوشیمیایی میوه‌های خوراکی حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، توانایی محافظت در برابر اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد را دارند. مشخص شده است که برخی از شیوه‌های مدیریت کشت مانند، تاریخ کشت و استفاده از مالچ به شکل کاملاً مطلوبی عمکرد میوه توت‌فرنگی و محتویات فیتوشیمیایی میوه را افزایش می‌دهد (۳ و ۱). در این پژوهش بالاتر بودن محتوای آنتوسیانین کل، محتوای فنل و فلاونوئید میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مقایسه با ارقام سیلوا و گاویتا را می‌توان به ویژگی‌های ژنتیکی رقم کاماروسا در پاسخ به آن، نسبت داد.

بر اساس نتایج حاصل، اثر مالچ پلاستیکی قرمز بر میزان مواد جامد محلول میوه تفاوت معنی‌داری داشت ($P\leq$۰/۰۵). بر پایه یافته‌ها، به‌طور میانگین، میزان مواد جامد محلول در دو رقم کاماروسا و گاویتا در مقایسه با رقم سیلوا بالاتر بود (شکل ۲).



شکل ۲- بررسی تأثیر نوع رقم توت‌فرنگی بر میزان مواد جامد محلول میوه در طی دوره رشد سال ۱۳۹٤.

Figure 2. Evaluation of red plastic mulch effect on fruit total solid soluble during growth season in 2015.

در حالی‌که بین دو رقم کاماروسا و گاویتا تفاوت چندانی دیده نشد. مالچ پلاستیکی قرمز بر میزان اسیدیته (pH)، اسید قابل تیتراسیون (TA) نیز نسبت TA/TSS میوه، در میان ارقام مورد بررسی، تأثیر چشمگیری نداشت (جدول ٦).

جدول ٦- بررسی اثر نوع رقم توت‌فرنگی بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی میوه سه رقم مختلف توت‌فرنگی در سال ١٣٩٤.

Table 6. Evaluation of type of strawberry cultivars effect on fruit biochemical characteristics in 2015.

رقم Cultivar	اسیدیته pH	اسید قابل‌تیتر (%) TA	TA/TSS
کاماروسا Camarosa	4.20 [a]	0.16 [a]	76.43 [a]
گاویتا Gavietta	4.22 [a]	0.15 [a]	76.63 [a]
سیلوا Silva	4.21 [a]	0.14 [a]	56.13 [a]

* اعداد در هر ردیف دارای حروف یکسان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

* In each row, numbers followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

به‌تازگی اثبات شده است که، خصوصیات فیتوشیمیایی و بیوشیمیایی میوه نیز تحت‌تأثیر رنگ مالچ قرار دارد. به‌طوری‌که رنگ مالچ اثر قابل‌توجهی بر کیفیت میوه می‌گذارد. تغییر رنگ مالچ نیز می‌تواند ترکیبات شیمیایی موجود در گیاهان، مانند آنتوسیانین‌ها، فنل کل و مواد جامد محلول (٢٢) را تغییر دهد. کاونتری و همکاران (٢٠٠٣)، بیان کردند که، رنگ مالچ، موجب افزایش مواد جامد محلول، فنل کل، فلاونوئیدها و آنتوسیانین موجود در میوه شد (٨). بر اساس گزارش خدمات گیاهان زراعی بین‌المللی (٢٠١٤) میزان مواد جامد محلول بالا، بیانگر سلامت میوه و پتانسیل ژنتیکی مطلوب گیاه است (٩). اثبات شده است که، مالچ قرمز نسبت به سایر مالچ‌های رنگی تأثیر چشمگیری بر افزایش نسبت (FR/R) می‌گذارد (١٣). کسپرباور و همکاران (٢٠٠١)، به این نتیجه رسیدند که نسبت FR/R در نوربازتابی از مالچ پلاستیکی قرمز با تأثیر بر فعالیت طبیعی فتوسنتز گیاه و تغییر بیان ژن، منجربه بهبود عطر و طعم میوه می‌شود (١٨).

نتیجه‌گیری کلی

نور بازتابی از مالچ پلاستیکی قرمز می‌تواند تابش‌هایی با طول موج کوتاه، بیش‌تری را برای میوه‌ها فراهم سازد و نسبت نور قرمز به قرمز دور (FR/R) را تغییر دهد. کیفیت تابش می‌تواند هم بر رشد و هم بر تولید میوه توت‌فرنگی مؤثر باشد. بر پایه یافته‌های این پژوهش، عملکرد نهایی وزن میوه توت‌فرنگی در رقم سیلوا در مقایسه با ارقام کاماروسا و گاویتا که هر دو رقم روز کوتاه هستند، بالاتر بود. همچنین بالاتر بودن محتوای آنتوسیانین کل، محتوای فنل و فلاونوئید میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مقایسه با دیگر را می‌توان به کیفیت نور بازتابی از مالچ قرمز و البته ویژگی‌های ژنتیکی رقم کاماروسا نسبت داد. در این پژوهش گمان بر این است که، پتانسیل ژنتیکی مطلوب ارقام و کیفیت خرداقلیم نوری پیرامون گیاه، نقش به‌سزایی در افزایش کیفیت میوه توت‌فرنگی بویژه رقم کاماروسا دارد.

منابع

1.Albregts, E.E. and Chandler, C.K. 1993. Effect of polyethylene mulch color on fruiting response of strawberry. Proc. Soil Crop Sci. Fla. 52: 40-43.

2.Almeida, I.R., Antunes, L.E.C., Junior, R.C., Steinmetz, S. and Carvalho, F.L.C. 2005. Potenciais regiões produtoras de morango durante a primavera e verão e riscos de ocorrência de geada na produção de inverno no estado do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 5p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 229).

3.Anttonen, M.J., Hoppola, K.I., Nestby, R., Verheul, M.J. and Karjala, R.O. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruits. J. Agric. Food Chem. 54: 2614-2620.

4.Atikinson, C.J., Dodds, P.A.A., Ford, Y.Y., Lemiere, J., Taylor, J.M., Blake, P.S., and Paul, N. 2006. Effects of cultivar, fruit number and reflected photo-synthetically active radiation on Fragaria × ananassa productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. Ann. Bot. 97: 429-441.

5.Ballare, C.L., Sanchez, R.A., Scopel, A.L., Casal, J.J. and Ghersa, C.M. 1987. Early detection of neighbor plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. Plant Cell Environ. 10: 551-557.

6.Bernier, G. and Perilleux, C. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. Plant Biotechnol. J. 3: 3-16.

7.Cecatto, A.P., Calvete, E.O., Nienow, A.A., da Costa, R.C., Constâncio Mendonça, H.F. and Pazzinato, A.S. 2013. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. Acta Sci. Agron. 35: 4. 471-478.

8.Coventry, J.M., Fisher, K.H., Strommer, J.N. and Reynolds, A.G. 2003. Reflective mulch to Enhance Berry Quality in Ontario Wine Grapes. ISHS. Acta Hort. 68: 9. 321-334.

9.Crop Service International; Soil Testing, Consulting, agricultural Products. 2014. Nutrient Density, The goal of Nontoxic, Sustainable, Biological farming is to grow high Brix, high nutrient.

10.Diaz-prez, J.C., gitaitis, R. and mandal, B. 2007. Effect of plastic mulch on root zone temperature and on the manifestation of tomato spotted wilt symptoms and yield of tomato. Sci. Hort. 114: 2. 90-95.

11.Dittmar, P.J. and MacRae, A.W. 2012. The Florida vegetable handbook. Weed management: chapter 5.University of Florida IFAS Extension [Online:http:// nfrec.ifas.ufl.edu/Vegetable_ Production/ 2012_VPG_ ma in 5. pd f]. Accessed 29 May 2014.

12.Ghasemi, K., Ghasemi, Y. and Ebrahimzadeh, M.A. 2008. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. Pak. J. Pharm. Sci. 22: 3. 277-281.

13.Fan, L., Roux, V., Dube, C., Charlebois, D., Tao, S. and Khanizadeh, S. 2012. Effect of mulching systems on fruit quality and phytochemical composition of newly developed strawberry lines. Agric. Food Sci. 21: 132-140.

14.Franquera, N. 2015. Effects of Plastic Mulch Color on the Total Soluble Solids, Total Sugars and Chlorophyll Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). IJRAF, 2: 8. 18-24.

15.Häkkinen, S.H. and Törrönen, A.R. 2000. Content of l avonols and selected phenolic acids in strawberries and Va cc inium species: inl uence of cultivar, cultivation site and technique. Food Res. Int. 33: 517-524.

16.Himerlick, D.G., Dozier, Jr., W.A. and Akridge, J.R. 1982. Effect of mulch type in annual hill strawberry plasticulture system. Acta. 9: 3. 132-140.

17.Ju, Z., Duan, Y. and Ju, Z. 1999. Effects of covering the orchard floor with reflective films on pigment accumulation and fruit coloration in 'Fuji' apples. Sci. Hortic. 82: 47-56.

18.Kai, X., Yan-Ping, G., Shang-Long, Z., Wen-Sheng, D. and Qing-Gong, F. 2007. Effect of light quality on the fruit quality of 'Toyonoka' strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Acta Hort. Sinica. 34: 585-590.
19.Kasperbauer, M.J. 2000. Strawberry yield over red versus black plastic mulch. Crop Sci. 40: 171-174.
20.Kasperbauer, M.J. 1988. Phytochrome involvement in regulation of the photosynthetic apparatus and plant adaptation. Plant Physio. Biochem. 26: 519-524.
21.Kasperbauer, M.J., Loughrin, J.H. and Wang, S.Y. 2001. Light reflected from red mulch to ripening strawberries affects aroma, sugar and organic acid concentrations. Photochem Photobiol, 74: 103-107.
22.Ledesma, N.A., Nakata, M. and Sugiyama, N. 2008. Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. Sci. Hort. 116: 2. 186-193.
23.Locasio, S.I. 2005. Red and black mulch color affects production of florida. Strawberries. Hort. Sci. 40: 1. 69-71.
24.Loughrin, J.H. and Kasperbauer, M.J. 2002. Aroma of fresh strawberries is enhanced by ripening over red versus black mulches. J. Agric. Food Chem. 50: 161-165.
25.Maas, J.L. 1998. Compendium of strawberry diseases. 2.ed. St. Paul: APS Press. 128p.
26.Medina, Y., Gosselin, A., Desjardins, Y., Harnois, R., Gauthier, L. and Khanizadeh, S. 2011. Effect of plastic mulches on yield and fruit quality of strawberry plants grown under high tunnels. Acta Hort. (ISHS). 893: 1327-1332.
27.Meyers, K.J., Watkins, C.B., Pritts, M.P. and Liu, R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. J. Agric. Food Chem. 51: 6887-6892.
28.Moor, U., Karp, K., Poldma, P. and Pae, A. 2005. Cultural systems affect content of anthocyanin and vitamin C in strawberry fruits. Eur. J. Hortic. Sci. 70: 195-199.
29.Orzolek, M.D. and Otjen, L. 2006. Is there a difference in red mulch. Penn State Ex te ns io n http://plasticulture. cas.psu.edu/RedMulch.htm. Accessed 12 June 2014.
30.Rabiei, V., Shirzadeh, E., Angourani, H.R. and Sharafi, Y. 2011. Effect of thyme and lavender essential oils on the qualitative and quantitative traits and storage life of apple 'Jonagold'cultivar. J. Med. Plant Res. 5: 23. 5522-5527.
31.Shiukhy, S., Raeini, M. and Chalavi, V. 2014. Colored plastic mulch microclimates affect strawberry fruit yield and quality. Int. J. Biometeorol. 59: 8. 1061-1066.
32.Singh, R., Sharma, R.R. and Goyal, R.K. 2007. Interactive effects of planting time and mulching on'Chandler'dtrawberry (*Fragaria* × *ananasa* Duch.). Sci. Horti. 111: 344-351.
33.Strassburger, A.S., Peil, R.M.N., Schwengber, J.E., Medeiros, C.A.B., Martins, D.A. and Silva, J.B. 2010. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de "dia neutro" em diferentes densidades de plantioemsistema decultivo orgânico. Bragantia. 69: 3. 623-630.
34.Taber, H.G. and Smith, B.C. 2000. Effect of red plastic mulch on early tomato production.www.public.iastate.edu/ ~taber/ Extension/…/redmulch. pdf. Accessed 2 June 2014.
35.Tarara, J.M. 2000. Microclimate modification with plastic mulches. Hort. Sci. 35: 169-180.
36.Todic, S., Beslic, Z., Vajic, A. and Tesic, D. 2008. The effect of reflective plastic foils on berry quality of Cabernet Sauvignon. Bull l'OIV. 81: 165-170.
37.Wang, S.Y. and Jiao, H. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals and singlet oxygen. J. Agric. Food Chem. 48: 5677-5684.
38.Wang, S.Y., Zheng, W. and Galletta, G.J. 2002. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. J. Agric. Food Chem. 50: 6534-6542.