

## اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه رویشی بر شاخص‌های فتوسنتز و عملکرد تمشک سیاه بی‌خار (*Rubus fruticosus* agg.)

مهدی حدادی نژاد<sup>۱\*</sup>، علیرضا عفتی<sup>۲</sup> و کامران قاسمی<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۲)

### چکیده

مدیریت بهینه عوامل محیطی به‌ویژه نور خورشید در کشت داربستی تمشک، یکی از راهکارهای افزایش میزان محصول و کیفیت آن است. به‌منظور بررسی تأثیر فاصله کاشت و تعداد شاخه رویشی بر خصوصیات فتوسنتزی و عملکرد تمشک سیاه بی‌خار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار، در باغ تجاری چهارساله تمشک سیاه بی‌خار، واقع در شهرستان ساری، انجام گرفت. تیمارها بصورت فاصله کاشت روی ردیف در دو سطح ۱/۵ و ۲/۵ متر و تعداد شاخه رویشی در هر بوته در دو سطح چهار و شش شاخه تنظیم شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مساحت پنج برگ به میزان ۱۴۰/۶ سانتی‌متر مربع، در فاصله کاشت ۲/۵ متر و چهار شاخه در مقایسه با سایر تیمارها، ثبت شد. بیشترین عملکرد شاخه و بوته به ترتیب با ۱/۷۴ و ۸/۶۵ کیلوگرم در فاصله کاشت ۲/۵ متر بود. میوه‌های برداشت شده از بوته‌های با فاصله کاشت ۱/۵ متر، بالاترین میزان آنتوسیانین کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اندازه میوه و بیشترین نرخ فتوسنتز با میانگین ۵/۵۸ میکرومول بر مترمربع در ثانیه را داشت. همچنین کمترین دمای برگ (۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد) در این تیمار ثبت شد. بر اساس نتایج این پژوهش، با کاهش فاصله بوته تمشک، کاهش دمای برگ منجر به افزایش نرخ فتوسنتز و عملکرد بالقوه در هر شاخه می‌گردد و برعکس در فاصله بیشتر، افزایش تعداد شاخه برای جبران تراکم و در نتیجه افزایش عملکرد کل در هکتار ضروری است.

**کلمات کلیدی:** آنتوسیانین، اندازه میوه، تراکم، سطح برگ، شاخه دوساله تمشک

۱ - استادیار گروه علوم باغبانی و پژوهشکده فناوری‌های زیستی گیاهان دارویی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۲ - کارشناسی‌ارشد، پژوهشکده فناوری‌های زیستی گیاهان دارویی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

۳ - استادیار گروه علوم باغبانی و دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

\* پست الکترونیک: m.hadadinejad@sanru.ac.ir

## مقدمه

افزایش تابش فعال فتوسنتزی، زیاد می‌شود (سانتبی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۹) ولی این افزایش به دلیل منابع تولید محدود و رقابت بین شاخه‌های بارده و رویشی و سیستم ریشه همیشه ثابت نیست (فرناندز و پریٹس<sup>۱۱</sup>، ۱۹۹۴). در نتیجه ایجاد عملکرد مثبت می‌تواند با حذف رشد رویشی جدید به دست آید (سانتبی و همکاران، ۲۰۰۹)

بر اساس پژوهش فرناندز و پریٹس (۱۹۹۴) میزان نرخ فتوسنتز در شاخه رویشی و بارده در تمشک گلدانی رقم تایتان، هم‌زمان با افزایش دما، کاهش یافت که این کاهش در شاخه رویشی، بیشتر بود. بطوریکه نرخ فتوسنتز در دماهای ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب شش، چهار و دو میکرومول بر مترمربع بر ثانیه گزارش گردید. همچنین پرسیوال<sup>۱۲</sup> و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که حداکثر نرخ فتوسنتز بین دمای ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است و در دمای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد، کاهش می‌یابد. همچنین در تحقیقی نربس و پریٹس<sup>۱۳</sup> (۱۹۸۸) اظهار داشتند که استفاده از سامانه‌های داربست می‌تواند با بهبود نفوذ نور به داخل تاج، باعث افزایش عملکرد شود. روش داربست دیواری<sup>۱۴</sup> یکی از روش‌های مناسب، مرسوم و به نسبت کم‌هزینه در تمشک بی‌خار است که دارای قدرت رشدی زیاد و نیازمند هدایت شاخه‌ها می‌باشد. این نوع داربست، با توزیع یکنواخت مقدار نور در شاخساره گیاه و نور جذب شده توسط سطح برگ، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (عفتی و حدادی‌نژاد، ۱۳۹۷).

از آنجائی که تراکم کاشت تأثیر زیادی بر عملکرد و اجزای عملکرد تمشک دارد، بنابراین در این پژوهش، تأثیر فاصله بوته و تعداد شاخه‌های رویشی بر ویژگی‌های رشدی و فتوسنتزی تمشک بی‌خار در استان مازندران، مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

تمشک سیاه (*Rubus fruticosus agg.*) از جنس *Rubus* شامل گیاهان درختچه‌ای و یا به‌ندرت علفی چندساله است (هامر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶). میوه تمشک سیاه، به دلیل محتوای بالای آنتوسیانین همچنین، سایر ترکیبات فنلی که به فعالیت آنتی‌اکسیدان بالا کمک می‌کند، مورد علاقه است (حدادی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

چرخه رشدی تمشک سیاه دوساله شامل رشد رویشی شاخه در سال اول و رشد زایشی آن در سال دوم است (کاریو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). شاخه رویشی<sup>۳</sup> در سال اول، رشد طولی و توسعه جوانه‌های محوری برگ اتفاق می‌افتد و تعدادی از این جوانه‌ها به شاخه جانبی تکامل می‌یابند. شاخه‌های رویشی، پس از طی کردن دوره خواب، در سال دوم، شاخه بارده<sup>۴</sup> نامیده می‌شود (ساگرس<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵).

بهره‌وری یا عملکرد گیاهی تمشک سیاه به‌صورت قابل ملاحظه‌ای بین انواع ارقام، سامانه‌های مدیریت کشت و محل تولید متفاوت است. در زمان میوه‌دهی، شاخه بارده دوساله اغلب روی شاخه‌های رویشی که بر روی زمین امتداد یافته‌اند، سایه انداخته (بل<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۵) و با آن‌ها برای آب و مواد غذایی رقابت می‌کنند (پریٹس<sup>۷</sup>، ۲۰۰۴). تراکم شاخه‌ها بر میزان بیماری، گردش هوا و نفوذ آفت‌کش و سرعت برداشت اثر می‌گذارد (گولار و دمچاک<sup>۸</sup>، ۱۹۹۳). فاصله روی ردیف‌ها نیز بر اساس نوع داربست و قدرت رشدی گیاه و روش برداشت متفاوت است.

در تحقیقی فریمن<sup>۹</sup> و همکاران (۱۹۸۹)، اثر حذف شاخه‌های رویشی بر عملکرد شش رقم تمشک فرنگی قرمز را بررسی و گزارش دادند، تعداد شاخه در بوته می‌تواند تا ۲۴ درصد عملکرد تجاری تمشک فرنگی (*R. idaeus*) کشت شده در تربیت پرچینی را در ارقام مختلف افزایش دهد. در مطالعات قبلی مشخص شده است که گل‌دهی و بلوغ میوه تمشک با

1. Hummer
2. Carew
3. Primocane
4. Floricane
5. Sagers
6. Bell
7. Pritts
8. Goular and Demchak
9. Freeman

10. Sonstebly
11. Fernandez and Pritts
12. Percival
13. Nehrbas and Pritts
14. Trellis

منظور اندازه‌گیری صفات برگ‌ها، آخرین برگ‌های توسعه یافته و در خرداد ماه ۱۳۹۵ (زمان تمام گل)، انتخاب و ارزیابی برای پنج برگ در هر تکرار صورت گرفت. صفات گل‌ها به‌طور تصادفی در دو خوشه (واقع در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین) و در هر خوشه سه گل و با کولیس بصورت ارزیابی میانگین قطر و طول گل، ثبت گردید. در اواخر تیرماه ۱۳۹۵، میوه‌های رسیده کامل (سیاه براق) از ارتفاع یک متری از سطح زمین و به‌طور تصادفی برداشت و جهت انجام اندازه‌گیری‌ها، مستقیم به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری آنتوسیانین کل به روش اختلاف pH و طبق دستورالعمل رولستاد<sup>۱</sup> (۱۹۷۶) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش سانچز مورنو<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۸۸) تعیین شدند. اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون بر پایه اسید سیتریک (اکی‌والان برابر ۰/۰۶۴) و به روش عیارسنجی (تیتراسیون) توصیف شده توسط پرکینزویز و نونک<sup>۳</sup> (۱۹۹۲) اندازه‌گیری شد. مواد جامد محلول کل میوه نیز توسط دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل ATC) و با چکاندن چند قطره عصاره میوه تازه روی لنز دستگاه اندازه‌گیری شد. صفات فتوسنتزی شامل دمای محیط و برگ (°C)، نرخ تعرق ( $\text{mmol/m}^2 \cdot \text{s}$ )، رطوبت نسبی (%، کمبود فشار بخار (kPa) و نرخ فتوسنتز ( $\mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$ ) با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر (مدل Walz GFS-300 ساخت آلمان) و بر اساس روش‌های استاندارد تعیین شده در راهنمای دستگاه، بر روی برگ‌های بیرونی تاج و در شرایط آسمان صاف و در پنجم مرداد ماه ۱۳۹۵ ساعت ۱۱ صبح شدت نور  $912 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$  اندازه‌گیری شدند. سه برگ در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین انتخاب و در نهایت داده‌ها به‌صورت میانگین سه برگ ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و کلیه مقایسه میانگین‌ها در سطح پنج درصد و توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن و همبستگی بین صفات توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۹) به روش پیرسون انجام شد.

این پژوهش از دی‌ماه ۱۳۹۴ تا مردادماه ۱۳۹۵ در باغ تجاری تمشک سیاه بی‌خار، دارای خاک رسی-لومی و واقع در شهرستان ساری (با مختصات  $36,510,773$  درجه شمالی و  $53,096,159$  درجه شرقی) با بارش سالیانه  $789/9$  میلی‌متر و ارتفاع ۱۱۲ متر از سطح دریا انجام گرفت. بوته‌های مورد آزمایش، چهار ساله و به‌صورت داربستی کشت شده بودند. داربست استفاده شده شامل یک سیم افقی در ارتفاع دو متری از سطح زمین بود و انتهای هر شاخه رویشی تمشک پس از سربرداری، به سیم داربست محکم شده بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت  $2/5$  متر بوده و آبیاری برای هر بوته به‌وسیله یک قطره چکان میکروجت با دبی ۳۰ لیتر بر ساعت و تغذیه نیز دو مرحله در ماه به‌صورت محلول‌پاشی با کود کامل اگریگرو (غلظت ۴ گرم در لیتر) صورت گرفت. رقم تمشک سیاه بی‌خار کشت شده نیز از نوع نیمه ایستاده "مرتون" و دارای صفت بی‌خاری ژنتیکی (عفتی و همکاران، ۱۳۹۶) بود.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار (هر تکرار یک بوته) انجام گرفت. تیمارها شامل فاصله بوته روی ردیف (در دو سطح  $1/5$  و  $2/5$  متر) و تعداد شاخه رویشی در هر بوته (در دو سطح ۴ و ۶ شاخه) بود. تیمار فاصله کشت در زمان کاشت بوته‌ها روی هر ردیف اعمال شده بود و در پایان آبان ماه، هرس روی بوته‌های مورد آزمایش، به‌صورت تنک شاخه و حذف تمام شاخه‌های یک‌ساله روی بوته‌ها به جزء شاخه‌های رویشی که دارای بیشترین قطر ساقه بودند و تعداد شاخه رویشی در هر ردیف کشت طبق تیمارها تنظیم شد و تمامی شاخه‌ها در ارتفاع ۲ متری از سطح خاک، سربرداری شدند. فاصله بوته‌ها در هر ردیف کشت، با یکدیگر برابر و بوته‌ها به‌طور تصادفی از میان ردیف‌های کشت با فاصله یاد شده انتخاب شدند. در تیرماه ۱۳۹۵، صفات مورد بررسی در شش قسمت شامل صفات برگ: وزن تر، وزن خشک و سطح پنج برگ، گل: طول، قطر، اندازه، کمیت میوه: طول، عرض، وزن و اندازه، کیفیت میوه: اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل، شاخص طعم میوه، آنتوسیانین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس روش DPPH، عملکرد بوته و شاخه و صفات فتوسنتزی بود. به

1. Wroslstad

2. Sanchez-Moreno

3. Perkins-veazie and Nonnecke

## نتایج و بحث

(جدول ۱). با افزایش سطح برگ، وزن میوه ( $t=0/687$ )، مواد جامد محلول کل ( $t=0/653$ ) و دمای برگ ( $t=0/589$ ) افزایش، ولی میزان آنتوسیانین کل ( $t=-0/599$ ) به دلیل همبستگی منفی و معنی‌دار بین آنها کاهش نشان داد.

صفات برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فاصله کاشت و تعداد شاخه بر مساحت و وزن خشک پنج برگ و اثر تعداد شاخه بر وزن تر پنج برگ معنی‌دار بود

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر شاخص‌های برگ تمشک سیاه بی‌خار

میانگین مربعات				
پنج برگ				
مساحت	وزن خشک	وزن تر	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱/۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۳	بلوک
۳۸/۱۴**	۰/۰۳۸**	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱	فاصله
۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۳**	۱	تعداد شاخه
۳۵/۳**	۱/۰۱۷*	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۱	فاصله × تعداد شاخه
۴/۰۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۹	خطای آزمایشی
۱/۴	۶/۹	۴/۷	-	ضریب تغییرات (درصد)

NS معنی‌دار نبودن، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فاصله کاشت و تعداد شاخه بر طول و اندازه گل و اثر فاصله کاشت روی ردیف بر قطر گل معنی‌دار بود (جدول ۴). اندازه گل با میزان آنتوسیانین کل میوه ( $t=0/990$ ) و نرخ فتوسنتز ( $t=0/705$ ) و دمای برگ ( $t=-0/978$ ) و قطر و طول گل با نرخ فتوسنتز (به ترتیب  $t=-0/693$  و  $t=0/753$ ) همبستگی معنی‌دار داشت.

### میوه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل فاصله کاشت و تعداد شاخه بر عرض ده میوه، مواد جامد محلول کل، وزن ده میوه و شاخص طعم میوه و اثر فاصله کاشت روی ردیف، بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین کل، طول و اندازه ده میوه معنی‌دار بود (جدول ۵). همچنین اثر تعداد شاخه رویشی در هر بوته بر طول میوه معنی‌دار بود (جدول ۵). علاوه بر این همبستگی معنی‌داری بین میزان آنتوسیانین کل با وزن میوه ( $t=-0/716$ )، دمای برگ ( $t=-0/971$ ) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ( $t=0/720$ ) مشاهده شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با اندازه گل ( $t=0/707$ ) و دمای برگ ( $t=-0/756$ ) همبستگی معنی‌داری داشت. وزن میوه با مواد جامد محلول کل ( $t=0/581$ ) و دمای برگ ( $t=0/608$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مساحت پنج برگ در فاصله کاشت ۲/۵ متر و چهار شاخه با ۱۴۰/۶ سانتی‌متر مربع در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین مساحت را داشته است. این در حالی است که این تیمار، کمترین وزن خشک پنج برگ (۰/۷۷ گرم) را ثبت کرد (جدول ۲). افزایش سطح برگ می‌تواند باعث دریافت نور بیشتر و افزایش تولید مواد فتوسنتزی و عملکرد شود (ویل<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

مقایسه میانگین اثر تعداد شاخه بر وزن تر پنج برگ نشان داد که تعداد شش شاخه با ۲/۱۴ گرم بیشترین میانگین را در مقایسه با تعداد چهار شاخه داشت که می‌تواند به دلیل تراکم بیشتر تاج و تجمع رطوبت بیشتر در برگ باشد (جدول ۳). قابلیت فتوسنتز، کاملاً متأثر از تقاضای مواد فتوسنتزی در سایر اندام‌ها است. باردهی زیاد درختان، سطح برگ را به میزان قابل توجهی نسبت به درختان بدون بار کاهش می‌دهد ولی مواد خشک کل در زمان برداشت معمولاً در درختان میوه‌دار بیشتر است (لاکسو و لنز<sup>۲</sup>، ۱۹۸۶). این موضوع نشان‌دهنده باردهی بالای فتوسنتز برگ یا فتوسنتز به وسیله خود میوه‌ها است.

### گل

1. Will
2. Lakso and Lenz

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر شاخص‌های برگ تمشک سیاه بی‌خار

پنج برگ (۵)			
فاصله کاشت (متر)	تعداد شاخه	وزن خشک (گرم)	مساحت (سانتی‌متر مربع)
۱/۵	۴	۰/۹ <sup>a</sup>	۱۳۴/۵ <sup>b</sup>
	۶	۰/۹ <sup>a</sup>	۱۳۷/۲ <sup>b</sup>
۲/۵	۴	۰/۷۷ <sup>b</sup>	۱۴۰/۶ <sup>a</sup>
	۶	۰/۸ <sup>a</sup>	۱۳۷/۳ <sup>b</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های یکسانی دارند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۳- اثر تعداد شاخه بر وزن برگ تمشک سیاه بی‌خار

تعداد شاخه	وزن تر پنج برگ (گرم)
۴	۱/۹۳ <sup>b</sup>
۶	۲/۱۴ <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های یکسانی دارند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر شاخص‌های گلدهی تمشک سیاه بی‌خار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		قطر گل	طول گل	اندازه گل
بلوک	۳	۱/۳۷ <sup>ns</sup>	۱/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>
فاصله	۱	۱۰۳۴/۱*	۷۵۰/۲**	۵/۶۹**
تعداد شاخه	۱	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۳۶/۷**	۰/۰۱*
فاصله × تعداد شاخه	۱	۳/۹ <sup>ns</sup>	۲۷/۳**	۰/۰۵**
خطای آزمایشی	۹	۱/۹۷	۰/۸	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۸	۲/۷	۴/۴

ns معنی‌دار نبودن، \* و \*\* به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد

کاشت بوته‌ها با فاصله ۱/۵ متر بیشترین میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آنتوسیانین کل و اندازه میوه را به ترتیب با ۸۹/۴۱ درصد، ۱۸۳/۰۳ میلی‌گرم در لیتر و ۱/۰۲ ایجاد نمود. همچنین فاصله کاشت ۲/۵ متر بیشترین طول میوه (۱۸۷/۳۷ میلی‌متر) را نیز ثبت کرد (جدول ۷).

در پژوهش گولار و دمچاک (۱۹۹۳) بیان کردند که با افزایش تعداد شاخه رویشی، اندازه میوه کوچک‌تر می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر، مطابقت نداشت. اگرچه اندازه و وزن میوه بزرگ در کیفیت مطلوب تمشک سیاه مهم است و روی نظر مصرف‌کننده و بر بهره‌وری آن تأثیر دارد (دوبنی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶) ولی اثرات محل و سال تولید بر روی تغییر اندازه میوه نیز مؤثر دانسته شده است.

فاصله کشت ۲/۵ متر بیشترین عرض ده میوه را در تعداد شش شاخه (با میانگین ۱۹۲/۳ میلی‌متر) رقم زد، در حالیکه اعمال این فاصله کاشت با چهار شاخه بیشترین مواد جامد محلول کل (۹) را در مقایسه با سایر تیمارها ایجاد کرد (جدول ۶). با افزایش تراکم بوته و کاهش نفوذ نور، میزان مواد جامد محلول، کم می‌شود (وندل‌هاول<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). کربلایی و پیرایش (۱۳۹۶) بیان داشتند که در تراکم کاشت پایین، میوه‌های سیب به دلیل دریافت نور بهتر، با افزایش مواد جامد محلول مواجه شدند. با کاهش فاصله کشت به ۱/۵ متر تفاوت معنی‌داری بین تعداد چهار و شش شاخه در اندازه میوه، مشاهده نشد ولی بیشترین اندازه گل را ایجاد نمود (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر برخی صفات فیزیکی شیمیایی و عملکرد میوه تمشک سیاه بی‌خار

منابع تغییرات	درجه آزادی	در ۱۰ میوه			میانگین مربعات					
		طول	وزن	اندازه	وزن تر	فعالیت آنزیم اکسیدان	آنتوسیانین کل	مواد جامد محلول کل	اسیدیتته قابل تیتراسیون	شاخص طعم میوه
بلوک	۳	۱۷/۳ <sup>ns</sup>	۱۷/۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۳/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>
فاصله	۱	۹۲/۰۱*	۴۱۷**	۰/۰۰۳*	۳/۱**	۷/۰۲**	۹۲۵۱**	۰/۶۴**	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۴**
تعداد شاخه	۱	۶۳/۰۸*	۵۳/۶ <sup>ns</sup>	۲×۱۰ <sup>-۴</sup> ns	۱۳/۴*	۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۹**
فاصله کاشت × تعداد شاخه	۱	۳۹/۳ <sup>ns</sup>	۱۲۷**	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۵/۱*	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۱۲/۳ <sup>ns</sup>	۴/۱**	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	۹	۹/۲	۱۲/۳	۰/۰۰۰۶	۱/۳۸	۰/۵۳	۴/۵۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (/.)	-	۱/۶۴	۱/۹۲	۲/۵	۳/۳	۸	۱/۶	۵/۲	۲/۱	۳/۲۱

ns معنی دار نبودن، \* و \*\* به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر برخی صفات فیزیکی شیمیایی میوه تمشک سیاه بی‌خار

فاصله کاشت (متر)	تعداد شاخه	در ۱۰ میوه		
		وزن تر (گرم)	مواد جامد محلول کل (درجه بریکس) TSS (°Brix)	شاخص طعم میوه
۱/۵	۴	۳۲/۵ <sup>c</sup>	۸/۱ <sup>b</sup>	۴/۳ <sup>b</sup>
۲/۵	۶	۳۵/۵ <sup>b</sup>	۸/۷ <sup>a</sup>	۴/۷ <sup>a</sup>
	۴	۳۶/۴ <sup>b</sup>	۹ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>
	۶	۰/۷ <sup>b</sup>	۸/۶ <sup>b</sup>	۴/۷ <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های یکسانی دارند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار نیستند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت بر برخی صفات فیزیکی شیمیایی و عملکرد میوه تمشک سیاه بی‌خار

فاصله کاشت (متر)	طول (میلی‌متر)	۱۰ میوه		
		فعالیت آنزیم اکسیدان (درصد پارازیدگی رادیکال دی‌ای بی‌بی‌ای)	آنتوسیانین کل (میلی‌گرم در لیتر)	عملکرد (کیلوگرم بوته)
۱/۵	۱۸۲/۵ <sup>b</sup>	۸۹/۴ <sup>a</sup>	۱۸۳/۰۳ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>b</sup>
۲/۵	۱۸۷/۳ <sup>a</sup>	۸۸/۰۸ <sup>b</sup>	۱۳۴/۹ <sup>b</sup>	۸/۶ <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های یکسانی دارند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار نیستند.

آوردن میوه با کیفیت و عملکرد بهتر، مناسب باشد و همچنین بیان کردند که اثر تراکم کاشت بر ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه به دلیل تغییر مقدار نور دریافتی در هنگام توسعه میوه، متفاوت است و مواد جامد محلول تحت شرایط سایه در مقایسه با شرایط نور، کاهش می‌یابد.

همچنین آلواردورایا<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) بیان کرد که تراکم بوته بر میزان اسیدیتته قابل تیتراسیون، اثری نداشت. در پژوهشی وندل‌هاول و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند با وجود رابطه منفی بین تراکم شاخه‌های رویشی با اندازه میوه، افزایش شاخه رویشی موجب افزایش تعداد میوه می‌شود، بنابراین به دست آوردن تعداد بهینه شاخه در هر بوته می‌تواند در به دست

**عملکرد**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فاصله کاشت روی ردیف و تعداد شاخه رویشی در هر بوته بطور جداگانه، بر عملکرد شاخه و بوته اثر معنی‌دار دارد (جدول ۵). عملکرد شاخه با آنتوسیانین کل میوه ( $r=-0/656$ )، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ( $r=-0/636$ )، رطوبت نسبی ( $r=-0/719$ ) و نرخ تعرق ( $r=-0/731$ ) رابطه منفی ولی با دمای برگ ( $r=0/776$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد شاخه وقتی بود که بوته‌ها با فاصله ۲/۵ متر (۱/۷ کیلوگرم در شاخه) کاشته شده بودند یا تعداد چهار شاخه (۱/۷۵ کیلوگرم در شاخه) برای آن‌ها نگه داشته شده بود (جدول ۷). با این حال بیشترین عملکرد بوته (۸/۹ کیلوگرم در بوته) وقتی بود که تعداد شاخه به شش شاخه در هر بوته افزایش یافت. این موضوع نشان داد تراکم شاخه‌ها بر عملکرد اثر مستقیم دارد (نریس و پریس، ۱۹۸۸)، در تراکم‌های پایین‌تر، گیاهان به دلیل دریافت نور بیشتر، فتوسنتز بیشتری انجام داده و مواد فتوسنتزی و کربوهیدرات بیشتری ذخیره می‌کنند و در نتیجه عملکرد تک بوته بالا می‌رود (فریمن و همکاران، ۱۹۸۹ و وندل‌هاول و همکاران، ۲۰۰۰) ولی برعکس، در تراکم‌های بالاتر گیاهان برای دریافت نور و مواد غذایی رقابت کرده و عملکرد شاخه و بوته کاهش می‌یابد (الیورا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). با این حال افزایش تراکم بوته در هکتار باعث افزایش عملکرد کل می‌شود (کراندال<sup>۲</sup>، ۱۹۸۰). در تراکم‌های بالا اگرچه رقابت بین گیاهان هم‌گونه معمولاً منجر به کاهش عملکرد تک بوته می‌شود ولی به علت بالا بودن تعداد اندام بارده، عملکرد کل افزایش می‌یابد. هر چند این افزایش تراکم می‌تواند منجر به بالا رفتن خطر حمله عوامل بیماری‌زا گردد (گولار و دمچاک، ۱۹۹۳). با این حال در این مطالعه، تراکم بالا در پی مدیریت دقیق شرایط باغ، منجر به افزایش سطح بیماری نشد و در این شرایط، استفاده از تراکم بالاتر هم می‌تواند، مفید باشد.

**فتوسنتز**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فاصله کاشت و تعداد شاخه اثر معنی‌داری بر میزان رطوبت نسبی و اختلاف فشار بخار پیرامون برگ داشت (جدول ۸). همچنین اثر فاصله کشت روی ردیف بر دمای برگ و نرخ فتوسنتز و اثر تعداد شاخه بر دمای برگ، نرخ تعرق و نرخ فتوسنتز هم معنی‌دار بود (جدول ۸). نرخ فتوسنتز با آنتوسیانین کل ( $r=0/679$ )، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ( $r=0/590$ ) و اختلاف فشار بخار با سطح برگ ( $r=0/501$ ) و نرخ تعرق ( $r=0/530$ ) همبستگی معنی‌داری نشان داد.

نتایج نشان داد اثر متقابل فاصله کاشت و تعداد شاخه بر شدت نور دریافتی برگ اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۸). بطوریکه بیشترین تراکم بکار رفته (فاصله کشت ۱/۵ متر) در صورت داشتن بیشترین شاخه (۶ شاخه) بطور معنی‌داری شدت نور کمتری (۱۶۲/۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) نسبت به سایر تیمارها دریافت نمود (شکل ۱). از لحاظ شدت نور دریافتی تفاوت معنی‌داری بین سایر تیمارها وجود نداشت. سطح مطلوب نور برای فتوسنتز تمشک، ۳۰۰-۲۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه ذکر شده است (پریس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد فاصله کاشت ۱/۵ متر و تعداد شش شاخه، بیشترین رطوبت نسبی به میزان ۷۲/۸ درصد در اطراف برگ بوجود آورده بود (جدول ۹) که می‌تواند ناشی از افزایش تراکم شاخه‌ها و اثر کمبود جریان هوا بر افزایش رطوبت باشد.

استمپس<sup>۴</sup> (۲۰۰۹) بیان کرد که میزان رطوبت نسبی در قسمت سایه تاج گیاه در مقایسه با بخش بیرون از سایه، افزایش می‌یابد. بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به میزان اختلاف فشار بخار پایین، می‌تواند باعث تنش گرمایی شود که به صورت کاهش میزان فتوسنتز، نمایان می‌شود (رالوگا پترونلا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). در تمشک فرنگی رقم اوپال با افزایش دی‌اکسیدکربن برگ، تغییری در میزان فتوسنتز مشاهده نشد که می‌تواند به دلیل محدودیت حاصل از عوامل غیرروزنه‌ای باشد (دوبی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵). نرخ فتوسنتز با میانگین

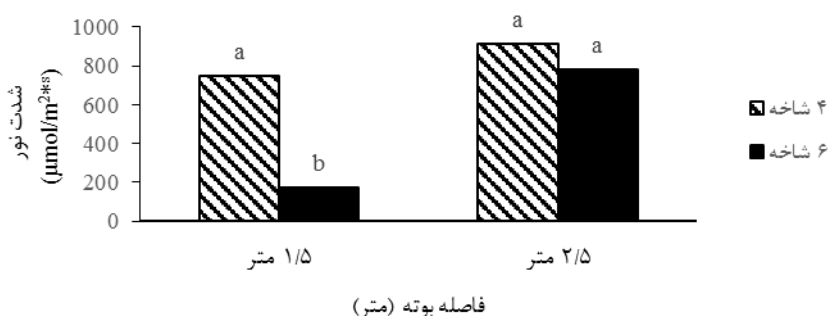
3. Pritts  
4. Stamps  
5. Raluca-Petronela  
6. Dubey

1. Oliveira  
2. Crandall

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر برخی شاخص‌های فتوسنتزی تمشک سیاه بی خار

منابع تغییرات	درجه آزادی	شدت نور	دمای برگ	نرخ تعرق	رطوبت نسبی	اختلاف فشار بخار	نرخ فتوسنتز
بلوک	۳	۶۰۰۴۸ <sup>ns</sup>	۰/۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱/۶۲ <sup>ns</sup>	۲/۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۹ <sup>ns</sup>
فاصله	۱	۶۲۱۶۱۰*	۱۲۰/۷**	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۳۷/۵**	۷۱۸/۶**	۱۳/۱**
تعداد شاخه	۱	۱۴۴۰۷۲ <sup>ns</sup>	۴/۷۳**	۰/۳۱**	۲۵/۱**	۵۹۸/۶**	۸/۲۴**
فاصله کاشت × تعداد شاخه	۱	۵۱۸۹۰۳*	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۳۱**	۳۵۷/۹**	۰/۴۴ <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	۹	۵۴۲۰۹۵	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۲/۵	۵/۳۲	۰/۵۸
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۳	۱/۰۵	۴/۲	۲/۳	۷/۹	۱۶/۲

ns معنی دار نبودن، \* و \*\* به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۱- اثر متقابل فاصله کاشت و تعداد شاخه بر شدت نور دریافتی تمشک سیاه بی خار. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت

معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

محیطی، دما قوی‌ترین اثر را بر رسیدن تمشک دارد (جنینگز، ۱۹۷۹). برگ‌های واقع در تراکم بالای بوته، میزان نور قرمز دور بیشتری را دریافت می‌کند که می‌تواند در رشد و توسعه گیاه اثر فراوانی بگذارد (سلیسبوری و راس، ۱۹۹۲).

افزایش میزان نرخ تعرق هم‌زمان با افزایش دما می‌تواند در اثر کاهش اختلاف فشار بخار باشد. روند نرخ فتوسنتز در پژوهش حاضر در دمای بالا با نتایج فرناندز و پریس (۱۹۹۴) مطابقت داشت. افزایش فاصله ردیف از ۱/۵ به ۲/۵ متر می‌تواند باعث کاهش رقابت در جذب نور و آب و مواد غذایی شود و در نتیجه افزایش تولید کربوهیدرات و عملکرد بهتر شود. تأثیرات سایه‌دهی در گیاهانی مانند تمشک، می‌تواند خیلی مهم باشد، چرا که عملکرد تمشک وابسته به میزان فتوسنتز در هر گره بوده و منبع اصلی کربوهیدرات

۵/۵۸ میکرومول بر مترمربع در ثانیه در فاصله کاشت ۱/۵ متر ثبت شد و این در حالی است که کمترین دمای برگ (۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد) نیز در این تیمار ثبت گردید (جدول ۱۰). بوته‌های تمشک با شش شاخه، بیشترین نرخ تعرق و نرخ فتوسنتز و کمترین دمای برگ به ترتیب به میزان ۰/۹ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه، ۵/۳ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و ۳۴/۷ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید (جدول ۱۱). با افزایش دما، وزن میوه و عملکرد می‌تواند هم‌زمان کاهش یابد (الیورا و همکاران، ۲۰۰۴). در حالی که کاهش تراکم منجر به افزایش تابش فعال فتوسنتزی و درجه حرارت بالا می‌گردد ولی بر افزایش نرخ فتوسنتز گیاهان C4، اثر معکوس دارد و در گیاهان C3، منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش جذب اکسیژن موجود و افزایش تنفس نوری می‌شود (هابگینزو هانر، ۲۰۰۴). از میان عوامل



جدول ۹- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت و تعداد شاخه بر برخی شاخص‌های فتوسنتزی تمشک سیاه بی‌خار

فتوسنتز	تعداد شاخه	فاصله کاشت (متر)
مجموع و شمار بخار (کیلو پاسکال)		
۱۱/۶ <sup>c</sup>	۴	۱/۵
۳۳/۳ <sup>b</sup>	۶	
۳۴/۴ <sup>ab</sup>	۴	۲/۵
۳۷/۲ <sup>a</sup>	۶	

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های یکسانی دارند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت بر برخی شاخص‌های فتوسنتزی تمشک سیاه بی‌خار

فتوسنتز	فاصله کاشت (متر)
۵/۵۸ <sup>a</sup>	۱/۵
۴ <sup>b</sup>	۲/۵

در هر ستون میانگین‌های با حرف‌های یکسان، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر تعداد شاخه بر برخی شاخص‌های فتوسنتزی تمشک سیاه بی‌خار

تعداد شاخه	نرخ تعرق	دمای برگ (درجه سانتی‌گراد)	نرخ فتوسنتز
۴	۰/۶ <sup>b</sup>	۳۵/۸ <sup>a</sup>	۳/۹۵ <sup>b</sup>
۶	۰/۹ <sup>a</sup>	۳۴/۷ <sup>b</sup>	۵/۳ <sup>a</sup>

در هر ستون میانگین‌های با حرف‌های یکسان، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

آب، توسط درخت می‌باشد. همچنین لندزبرگ و جونز<sup>۱</sup> (۱۹۸۰) دریافتند با افزایش مقادیر اختلاف فشار بخار که منجر به تخلیه گرمای نهان می‌گردد، حرارت برگ کاهش می‌یابد. در هر حال ضریب هدایت لایه مرزی اثر زیادی بر درجه حرارت برگ دارد. به طوری که هرگاه کاهشی در میزان این ضریب ایجاد شود، درجه حرارت برگ به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت.

### نتیجه‌گیری کلی

متعادل کردن تعداد شاخه رویشی و مثمر یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در تعادل کربن و بهبود توزیع نور در تاج تمشک دوسال بارده مفید باشد. باغدار می‌تواند از میان

برای توسعه میوه، نزدیک‌ترین برگ می‌باشد (فرناندز و پریس، ۱۹۹۴). تاج تمشک اگرچه بیشترین رشد را در نور کامل خورشید دارند ولی سطح مطلوب نور برای فتوسنتز تمشک، کمتر از ۳۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه است (پریس، ۲۰۰۲). وجود میوه به‌طور مؤثر باعث بالا رفتن نیاز و تأثیر بر میزان آب مصرفی گیاه می‌شود و لاکسو و لنز (۱۹۸۶) در سیب به این نتیجه رسید که درختان سیب با دو بار محصول دهی در سال دارای کمترین رشد شاخه بودند ولی بالاترین نرخ تعرق را نشان دادند. در درختان بدون میوه مکانیسم بسته شدن روزنه بر اساس مصرف کمتر آب تنظیم می‌شود. تشعشع خالص جذب شده توسط برگ‌ها، تعیین‌کننده درجه حرارت و نرخ تعرق و در پی آن مصرف

1. Landsberg and Jones

علاوه بر تولید میوه بزرگ‌تر بر میزان آنتوسیانین میوه نیز افزوده شده است. بنابراین با توجه به روند مشاهده شده در این رقم بی‌خار، می‌توان برای عملکرد بیشتر از افزایش تراکم (فاصله کمتر بین بوته یا تعداد بیشتر شاخه باردهنده) در کنار بهینه‌سازی شرایط باغ و تغذیه استفاده نمود. هر چند باید مدنظر داشت که نوع رقم تمشک نیز اهمیت دارد، چرا که میزان رشد ارقام مختلف متفاوت بوده و این مسئله بر تراکم کاشت تأثیر مستقیم خواهد داشت. با توجه به اهمیت کیفیت در محصولات باغبانی، تأثیر تراکم بر کیفیت محصول همگام با تأثیر آن بر کمیت محصول باید مدنظر واقع شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود که اثر تراکم‌های بیشتر ارقام مختلف و انواع سامانه‌های داربست بر عملکرد و اجزای آن نیز در تمشک مورد بررسی قرار گیرد.

### سپاسگزاری

این طرح به سفارش شرکت باغداران و گلخانه‌داران ولشکلا گستر ساری و با حمایت معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پژوهشکده فناوری‌های زیستی گیاهان دارویی دانشگاه انجام شده که بدینوسیله مراتب قدردانی ابراز می‌گردد.

تعداد زیاد پاجوش تولید شده در بوته تمشک، اقدام به حذف کامل ضعیف‌ترها و سربرداری تعدادی دیگر برای ایجاد شاخه‌های جانبی مورد نیاز بپردازد، بطوریکه اجازه دهد تعداد شاخه کافی برای توسعه محصول سال بعد وجود داشته باشد. این راهبرد می‌تواند با افزایش جذب نور توسط شاخه مثمر منجر به حفظ عملکرد سال جاری شود و در عین حال پتانسیل تولید گیاه در آینده را نیز حفظ کند. در سامانه‌های دیواری کشت تمشک بی‌خار، افزایش تراکم تا حد خاصی موجب افزایش محصول و به دنبال آن افزایش درآمد تولیدکننده می‌گردد. با این حال، این حد خاص با توجه به شرایط اقلیمی محل احداث باغ و مدیریت بوته‌ها می‌تواند متفاوت باشد. در تمشک عملکرد اجزای مختلفی از جمله شاخه، بوته و عملکرد کل دارد. در پژوهش حاضر، عملکرد شاخه وقتی افزایش یافت که فاصله بین بوته از ۱/۵ متر به ۲/۵ متر رسید، یا تعداد چهار شاخه (۱/۷۵ کیلوگرم در شاخه) برای آن‌ها نگه داشته شده بود. با این حال بیشترین عملکرد کل بوته (۸/۹ کیلوگرم در بوته) زمانی بدست آمد که تعداد شاخه به شش شاخه در هر بوته، افزایش یافت. با وجود این باید توجه داشت که در فاصله کمتر دمای برگ کاهش یافت و با افزایش نرخ فتوسنتز

### منابع

- حدادی‌نژاد، م.، قاسمی، ک. و محمدی، ا. ۱۳۹۷. اثر دمای انبار و نوع بسته‌بندی بر ماندگاری میوه تمشک سیاه وحشی تابستانه. مجله تولیدات گیاهی، ۴۰ (۲): ۹۹-۱۱۲.
- عفتی، ع. و حدادی‌نژاد، م. ۱۳۹۷. اثر قطر و طول قلمه ریشه بر تکثیر ارقام خاردار و بی‌خار تمشک سیاه. مجله به زراعی کشاورزی، ۲۰ (۱): ۲۴۹-۲۶۲.
- عفتی، ع.، صادقی، ح. و حدادی‌نژاد، م. ۱۳۹۶. اثر سامانه‌های داربست I و V بر رشد رویشی و زایشی و ویژگی‌های میوه تمشک سیاه خاردار. مجله علوم و فنون باغبانی، ۱۸ (۴): ۴۰۳-۴۱۲.
- کربلایی، ح. و پیرایش، ع. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر پایه‌های مالینگ و مالینگ مرتون و فاصله کاشت بر صفات کمی و کیفی سیب رقم رد دلشیز در منطقه مشگین شهر. مجله تولیدات گیاهی، ۴۰ (۲): ۸۹-۹۸.
- Alvarado-Raya, H. 2006. Carbon supply and demand in an annual raspberry (*Rubus idaeus* L.) cropping system. Food Agricultural, 81: 853-876.
- Bell, N.C., Strik, B.C. and Martin, L.W. 1995. Effect of primocane suppression date on 'Marion' trailing blackberry. I. Yield components. Horticultural Science, 120: 21- 24.
- Carew, J.G., Gillespie, T., White, J., Wainwright, H., Brennan, R. and Battey, N.H. 2000. The control of the annual growth cycle in raspberry. Horticultural Science, 75: 495-503.
- Crandall, P.C. 1980. Twenty years of red raspberry research in southwestern Washington State. Acta Horticulturae, 112: 53-58.

- Daubeny, H.A. 1996. Brambles, p. 109–190. In: J. Janick and J.N. Moore (Eds). Fruit breeding. Vol. II. Vine and small fruits. Wiley, New York.
- Dubey, R.S., 2005. Handbook of photosynthesis. In: M. Pessaraki (Ed). Book sin soils, plants, and the environment. Taylor and Francis, Boca Raton, FL, pp. 717–737.
- Fernandez, G.E. and Pritts, M.P. 1994. Growth, carbon acquisition and source–sink relationships in ‘Titan’ red raspberry. Horticultural Science, 119: 1163– 1168.
- Freeman, J.A., Eaton, G.W., Baumann, T.E., Daubeny, H.A. and Dale, A. 1989. Primocane removal enhances yield components of raspberry. Horticultural Science, 114: 6-9.
- Goular, B.L. and Demchak, K. 1993. Physiological responses of "T", "V" and hedgerow trained red and black raspberries (*Rubus ideaus* L. and *Rubus occidentalis* L). Acta Horticulturae, 352: 159-165.
- Hopkins, W.G. and Huner, N.P.A. 2004. Energy conservation in photosynthesis: CO<sub>2</sub> assimilation Hopkins, W.G. and N.P.A. Huner. (3rd Ed). Introduction to plant physiology. Univ. Press. Ontario, pp. 89-122.
- Hummer, K.E. 1996. *Rubus* diversity. Horticultural Science, 31: 182-183.
- Jennings, D.L. 1979. Genotype-environment relationships for ripening time in blackberries and prospects for breeding an early ripening cultivar for Scotland. Euphytica, 28: 747-750.
- Landsberg, J.J. and Jones, H.G. 1980. In Water deficits and plant growth, Vol. 6, Kozlowski (Ed.). New York: academic press, pp. 419-469.
- Lakso, A.N. and Lenz, F. 1986. In regulation of photosynthesis in fruit tree. A.N. Lakso and F. Lenz (Eds.). New York State Agricultural Experiment Station, Cornell University, pp. 34-37.
- Nehrbas S.R. and Pritts M.P. 1988. Effect of training system on performance of hand-harvested summer-bearing raspberries. Horticultural Science, 23: 126-127.
- Oliveira, P.B., Oliveira C.M. and Monteiro A.A. 2004. Pruning date and cane density affect primocane development and yield of ‘Autumn Bliss’ red raspberry. Horticultural Science, 39: 520-524.
- Percival, D.C., Proctor, J.T.A. and Tsujita, M.J. 1996. Whole-plant net CO<sub>2</sub> exchange of raspberry as influenced by air and root-zone temperature, CO<sub>2</sub> concentration, irradiation, and humidity. Horticultural Science, 121: 838-845.
- Perkins-Veazie, P. and Nonnecke, G. 1992. Physiological changes during ripening of raspberry fruit. Horticultural Science; 27: 331-333.
- Pritts, M. 2004. Pruning summer- and fall-bearing raspberries. Mass. Berry Notes, 16, 3–5.
- Pritts, M.P. 2002. From plant to plate: How can we redesign *Rubus* production system to meet future expectation. Acta Horticulturae, 585: 537-543.
- Raluca-Petronela, C., Dascalu, M., Istrate, M., Negrea, R., Gradinariu, G. and Şfichi-Duke, L. 2011. Seasonal variations in gas exchange parameters in red raspberry cultivars grown in field at different light intensities. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine from Iasi, Romania.
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J.A. and Saura-Calixto, F.A. 1998. Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. Food agriculture, 76: 270-276.
- Sagers, L. 2005. Small fruit. USU Extension Publications.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant physiology (4" edition). Wadsworth Publishing Company, Belmont. California, p. 682.
- Sonstebly, A., Myrheim, U., Heiberg, N. and Heide, O.M. 2009. Production of high yielding red raspberry long canes in a Northern climate. Scientia Horticulturae, 121: 289–297.
- Stamps, R.H. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. Horticultural Science, 44, 239-241.
- Vanden Heuvel, J.E., Sullivan, J.A. and Proctor, T.A. 2000. Trellising system and cane density affect yield and fruit quality of red raspberry. Horticultural Science; 35: 1215-1219.
- Will, R.E., Narahari, N.V., Shiver, B.D. and Teske, R.O. 2005. Effects of planting density on canopy dynamics and stem growth for intensively managed loblolly pine stands. Forest Ecology and Management, 205: 29-41.
- Wrosstad, R. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Station Bull. Agriculture Experiment Station Oregon State University.