



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

صفحه‌های ۳۵۸-۳۴۵

# اثر تراکم کاشت بر کیفیت میوه و غلظت عناصر غذایی برگ سیب رقم

## ‘گرانی اسمیت’ روی پایه M<sub>26</sub>

نبی هداوند<sup>۱\*</sup>، احمد ارشادی<sup>۲</sup>، روح‌الله کریمی<sup>۳</sup>، علیرضا طلایی<sup>۴</sup> و محمدعلی عسکری سرچشمه<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان - ایران
۲. دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان - ایران
۳. استادیار علوم باغبانی، گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر - ایران
۴. استاد گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج - ایران
۵. استادیار گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، کرج - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۱۰

### چکیده

سیستم کاشت متراکم یکی از روش‌های مؤثر در جهت افزایش تولید و بهره‌وری در باغ‌های میوه می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر چهار تراکم کاشت (۱۹۰۴، ۲۶۶۶، ۳۱۳۷ و ۴۸۰۰ درخت در هکتار) بر روی رشد شاخه سال جاری، صفات فیزیکیوشیمیایی میوه و غلظت عناصر غذایی برگ درختان سیب رقم ‘گرانی اسمیت’ روی پایه رویشی M<sub>26</sub> در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۹، در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت. اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر رشد شاخه سال جاری، اندازه میوه، مجموع مواد جامد محلول، میزان ماده خشک، درصد خاکستر میوه و میزان آفتاب‌سوختگی میوه معنی‌دار شد، درحالی‌که کاشت متراکم بر وزن میوه، نسبت طول به قطر، اسید قابل‌تیترو و سفتی میوه اثر معنی‌داری نشان نداد. غلظت نیتروژن، مس و آهن برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت. برگ درختان در تراکم ۱۹۰۴ درخت در هکتار دارای بیشترین میزان نیتروژن (۱/۸۱ درصد) و مس (۳۹ میکروگرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان آهن (۲۳۷ میکروگرم بر کیلوگرم) بودند. اگرچه غلظت فسفر، پتاسیم، منیزیم و منگنز موجود در برگ تحت تأثیر تراکم کاشت معنی‌دار نشد، ولی با افزایش تراکم، غلظت این عناصر در برگ درختان افزایش پیدا کرد. غلظت کلسیم موجود در برگ با افزایش تراکم کاهش یافت. افزایش در غلظت نیتروژن با کاهش رشد شاخه‌های سال جاری همراه بود، درحالی‌که افزایش در غلظت آهن با افزایش رشد شاخه سال جاری همراه بود. همچنین، درختان با محصول بیشتر مقادیر نیتروژن بیشتر و آهن کمتری در برگ‌های خود تجمع دادند. لذا، در شرایط اقلیمی کشور با افزایش تراکم کاشت باغات سیب می‌توان بدون کاهش شدید کیفیت میوه محصول بیشتری در کوتاه‌مدت تولید کرد.

**کلیدواژه‌ها:** پایه‌های پاکوتاه‌کننده، تراکم کاشت، سیب، عناصر معدنی، کیفیت میوه

## ۱. مقدمه

یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش عملکرد باغات سیب استفاده از سیستم کشت تراکم است که در صورت مدیریت صحیح ضمن افزایش کمی و کیفی محصول، منجر به افزایش درآمد باغداران می‌شود. سیستم کشت تراکم با استفاده از درختان پاکوتاه و نیمه‌پاکوتاه دارای مزایای متعددی نظیر زودباردهی، عملکرد بالا در واحد سطح، بالا بودن کیفیت میوه، کارایی بیشتر نیروی کارگری و استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی می‌باشد [۱۸]. پایه‌های سیب روی اندازه و قدرت درخت، عملکرد، کیفیت و اندازه میوه و غلظت عناصر تغذیه‌ای برگ تأثیرگذار هستند [۲۸]. پایه‌های رویشی مالینگ و مالینگ‌مرتون به‌ویژه پایه‌های M<sub>۹</sub> و M<sub>۲۶</sub> برای احداث باغات سیب با تراکم کاشت بالا در دنیا در مقایسه با دیگر پایه‌ها بیشتر استفاده شده‌اند [۱۱].

میزان قند و اسیدهای آلی، رنگ، سفتی بافت، آبدار بودن، طعم، ارزش غذایی، عدم وجود بیماری یا حشرات، ناهنجاری و ظاهر کلی میوه از جمله خصوصیات کیفی میوه می‌باشند که به‌طور مستقیم تحت تأثیر عملیات باغی مختلف از قبیل تراکم بالای کاشت قرار می‌گیرند [۲]. تراکم کاشت با تغییر میزان نور ورودی به تاج درخت و کل باغ بر کارایی فتوسنتز و به تبع آن اندازه، وزن، رنگ، ماده خشک و مواد جامد محلول میوه تأثیرگذار است [۱۰، ۱۳ و ۱۵]. علاوه بر نور، عوامل دیگری نظیر میزان محصول، دما، رقابت برای آب و سن اسپورهای میوه‌دهنده نیز روی اندازه میوه تأثیرگذار هستند که البته این عوامل ممکن است در تراکم‌های مختلف اثرات متفاوتی روی اندازه نهایی میوه داشته باشند [۲۲]. با افزایش تراکم میوه نسبت برگ به میوه‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه مقدار کمتری مواد حاصل از فتوسنتز برای میوه فراهم می‌شود، بنابراین اندازه میوه کاهش می‌یابد [۳۲]. اندازه میوه سیب

‘گلدن دلشیز’ روی پایه M<sub>۹</sub> در ایتالیا در تراکم بالاتر از ۱۸۰۰ درخت در هکتار [۸] و اندازه میوه گالا روی پایه MM<sub>۱۰۶</sub> در نیوزیلند در تراکم‌های بالاتر از ۱۲۵۰ درخت در هکتار [۳۵] شروع به کاهش نمود. با این حال، کاهش اندازه میوه فقط در تراکم بیشتر از ۶۰۰۰ درخت در هکتار مشاهده شده است [۳۲ و ۳۵]. بررسی درختان ۱۵ ساله سیب ‘دلشیز’ پیوند شده روی پایه MM<sub>۱۱۱</sub>، نسبت طول به قطر میوه و میزان نشاسته موجود در میوه تحت تأثیر میزان نور درون تاج قرار نگررفت [۸]. همچنین، نسبت طول به قطر میوه در درختان سیب رقم ‘استار کریمنسن دلشیز’ رشد یافته در شرایط گلخانه که فقط ۱۶ درصد نور کامل را از زمان تورم جوانه تا تشکیل میوه دریافت نموده بودند، افزایش نشان داد [۲۵]. با این حال، غلظت نشاسته در میوه‌ها با نورگیری بهینه بیش از میزان آن در میوه‌ها با نورگیری کم بوده است [۶].

غلظت عناصر غذایی برگ تحت تأثیر پایه و تراکم کاشت تغییر می‌یابد. در مطالعه‌ای روی اثرات پیوند چهار رقم سیب تجارتهای روی شش پایه رویشی مالینگ و مالینگ‌مرتون، پایه‌ها اثر معنی‌داری بر جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و منگنز داشتند [۱]. در باغ تراکم سیب رقم ‘رد اسپور’ با افزایش تراکم کاشت غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی موجود در برگ کاهش یافت، اما غلظت عناصر کلسیم و منیزیم افزایش یافته است [۲۳]. براساس گزارشی در درختان سیب ‘فوجی’ با چهار سیستم کاشت، میزان نفوذ نور در درختان، همبستگی نزدیکی با غلظت نیتروژن برگ داشته است [۱۶].

از آنجایی که شرایط اقلیمی و خاکی هر منطقه روی رشد، عملکرد و کیفیت میوه درختان کاشته شده در آن منطقه کاملاً موثر است، بنابراین تعیین بهترین و مناسب‌ترین تراکم برای هر منطقه با ویژگی‌های خاص آب و هوایی و خاکی، نیاز به آزمایش‌های دقیق و تحقیقات

یکسان در کلیه درختان با تراکم های کاشت مختلف براساس عرف منطقه انجام گرفت. لازم به ذکر است که درختان تحت مطالعه در سال آور (on) قرار داشتند و هیچ گونه عملیات مرتبط با تنک گل و میوه روی آنها صورت نگرفت. رشد رویشی شاخه سال جاری (سه شاخه در هر درخت) هر ۱۵ روز یک بار با استفاده از متر پارچه ای و از حد فاصل گره بین شاخه یکساله و سال جاری تا انتهای نوک شاخه اندازه گیری شد [۷]. میوه ها در زمان بلوغ تجاری (نیمه مهرماه، ۱۸۰ روز پس از مرحله تمام گل) از شاخه های علامت گذاری شده در درختان با تراکم های کاشت مختلف به طور جداگانه برداشت شد. از هر واحد آزمایشی، تعداد ۱۵ عدد میوه به طور تصادفی انتخاب و شاخص های مرتبط با کیفیت میوه از قبیل میانگین وزن و طول میوه، نسبت طول به قطر میوه، سفتی بافت، مواد جامد محلول در عصاره میوه، اسید قابل تیتر، pH عصاره میوه، درصد ماده خشک میوه و درصد خاکستر میوه اندازه گیری شد.

میانگین طول میوه و نسبت طول به قطر میوه (کشیدگی میوه) با استفاده از کولیس (مدل میتوتویو، ساخت ژاپن) تعیین شد. سفتی بافت میوه با دستگاه سفتی سنج (مدل مک کورمیک، ساخت آمریکا) در دو قسمت استوایی میوه پس از پوست کنی اندازه گیری و نتایج برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیان شد [۱]. از هر میوه یک قاچ تا مرکز میوه جدا شده و پس از آبگیری و صاف کردن برای اندازه گیری مواد جامد محلول و اسید قابل تیتر استفاده شد. مجموع مواد جامد محلول توسط دستگاه رفراکتومتر دستی (مدل آتاگو، ساخت ژاپن) در دمای اتاق اندازه گیری شد. برای این کار یک قطره از عصاره میوه مربوط به هر واحد آزمایشی بر روی منشور دستگاه قرار داده شد و با قرار دادن دستگاه رو به سمت نور، شکست نور که عدد آن معرف درجه بریکس است، به دست آمد [۴]. برای

گسترده منطقه ای دارد. عملکرد بالا و میوه با کیفیت بالا در باغات با تراکم کاشت بالا زمانی قابل حصول است که باغ از توزیع نور کافی در سرتاسر تاج درخت برخوردار باشد که این امر خود تحت تأثیر تراکم کاشت قرار می گیرد. لذا، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر تراکم های مختلف کاشت روی کیفیت میوه سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> و تعیین بهترین تراکم کاشت از نظر تأثیر بر کیفیت میوه و جذب عناصر غذایی در شرایط آب و هوایی کرج می باشد.

## مواد و روش ها

این پژوهش روی درختان ۱۲ ساله سیب رقم 'گرانی اسمیت' پیوند شده بر روی پایه رویشی M<sub>۲۶</sub> واقع در ایستگاه تحقیقات علوم باغبانی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران (استان البرز)، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۴ تیمار و ۴ تکرار در سه سیستم کاشت یک ردیفه، دوردیفه و سه ردیفه با اجرا شد. چهار تراکم کاشت به شرح زیر می باشد: الف) تراکم ۱۹۰۴ درخت در هکتار: کاشت یک ردیفه با فاصله بین درختان ۱/۷۵ متر و فاصله بین ردیف ها ۳ متر (۱/۷۵ × ۳)، ب) تراکم ۲۶۶۶ درخت در هکتار: کاشت یک ردیفه با فاصله بین درختان ۱/۲۵ متر و فاصله بین ردیف ها ۳ متر (۱/۲۵ × ۳)، ج) تراکم ۳۱۳۷ درخت در هکتار: کاشت دوردیفه با فاصله بین دو ردیف ۱/۲۵ متر، فاصله درختان روی ردیف ۱/۵ متر و فاصله هر دو ردیف با دو ردیف مجاور ۳ متر، ۱/۵ × (۳ + ۱/۲۵) تراکم ۴۸۰۰ درخت در هکتار: کاشت سه ردیفه با فاصله درختان روی ردیف ۱/۲۵ متر، فاصله سه ردیف از هم ۱ متر و فاصله بین سه ردیف ۳ متر، ۱/۲۵ × (۳ + ۱ + ۱).

عملیات های باغی مرسوم از قبیل هرس باردهی، آبیاری، کوددهی و مبارزه با آفات و بیماری ها به طور

شد. برای اندازه‌گیری این عناصر نمونه‌های برگ در اوایل مرداد ماه از درختان جمع‌آوری شدند [۲۱]. برگ‌ها در آزمایشگاه با آب مقطر شستشو و سپس به منظور خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون (دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند [۹]. برای معدنی کردن برگ‌ها از روش خاکستر خشک استفاده شد. بدین‌منظور، ابتدا یک گرم نمونه پودر شده در داخل کروزه ریخته و به مدت ۶ ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خاکستر سفید رنگ تشکیل شود. سپس به هر نمونه خاکستر ۱۰ میلی‌لیتر کلریدریک اسید یک نرمال افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه روی حمام بن‌ماری قرار داده شد تا رنگ لیمویی ظاهر شود. عصاره‌های موجود، با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. اندازه‌گیری عناصر آهن، مس، منگنز و روی با دستگاه جذب اتمی (مدل پرکین المر، ساخت آمریکا) و اندازه‌گیری کلسیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (مدل جنوی، ساخت انگلستان) انجام شد [۴۱]. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد [۲۰، ۲۹].

نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

اثر تراکم کاشت روی رشد رویشی شاخه سال‌جاری درختان سیب، گرانی اسمیت<sup>۱</sup> معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش تراکم کاشت این صفت افزایش یافت، به طوری‌که تراکم‌های ۱۹۰۴، ۲۶۶۶، ۳۱۳۷ و ۴۸۰۰ درخت در هکتار به ترتیب دارای ۴۵/۲۸، ۵۲/۴، ۶۰/۳۶ و ۷۶/۲۲ سانتی‌متر طول شاخه سال جاری بودند (جدول ۲).

اندازه‌گیری میزان اسید قابل‌تیترا، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره پالایش شده را داخل ارلن ریخته با اضافه نمودن آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. اسید قابل‌تیترا با اضافه کردن تدریجی سود ۰/۱ نرمال و در حضور معرف فنل فتالین ثبت شد [۱۸ و ۲۹].

جهت اندازه‌گیری درصد ماده خشک میوه، از هر واحد آزمایشی یک نمونه ۲۰ گرمی تهیه شده از قاچ‌های ۱۵ میوه مختلف به مدت ۴۸ ساعت، در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. با ثبت اعداد وزن تر و وزن خشک میوه پس از بیرون آوردن از آون، درصد ماده خشک میوه محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری درصد خاکستر میوه، از هر واحد آزمایشی یک نمونه ۱۰ گرمی تهیه شده از قاچ‌های ۱۵ میوه انتخاب و به مدت ۶ ساعت در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا به خاکستر سفید رنگ تبدیل شوند. بعد از خارج نمودن نمونه‌ها از کوره، مجدداً آن‌ها را وزن نموده و عدد حاصل به عنوان وزن خاکستر ثبت و درصد وزن خاکستر میوه محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری درصد آفتاب‌سوختگی، میوه‌های موجود در شاخه‌های نشانه‌گذاری شده در هر درخت جمع‌آوری و درصد میوه‌های آفتاب‌سوخته برای هر واحد آزمایشی محاسبه شد. در این ارزیابی میوه‌هایی با رنگ پوست طبیعی (سبز یکنواخت) به‌عنوان میوه سالم و میوه‌هایی که رنگ پوست آنها سبز رنگ پریده، سبز متمایل به زرد، زرد متمایل به قهوه‌ای و قهوه‌ای سوخته بودند به عنوان میوه‌های آفتاب‌سوخته در نظر گرفته شد [۱]. درصد آفتاب‌سوختگی در هر تراکم با تقسیم تعداد میوه‌های حائز شرایط آفتاب‌سوختگی به تعداد میوه‌های سالم تعیین شد.

در این آزمایش، عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس موجود در برگ بررسی

اثر تراکم کاشت بر کیفیت میوه و غلظت عناصر غذایی برگ سیب رقم 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub>

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> در تراکم‌های مختلف کاشت

میانگین مربعات							منابع تغییرات
درجه آزادی	رشد شاخه سال جاری (cm)	وزن میوه (gr)	طول میوه (mm)	قطر میوه (mm)	قطر/طول (%)	مواد جامد محلول (° Brix)	
۳	۵۴۰/۲۹**	۱۱۵/۹ <sup>ns</sup>	۲/۵۱ <sup>ns</sup>	۴/۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۳/۳۵*	تکرار
۳	۷۰۶/۰۶**	۴۱۷/۷ <sup>ns</sup>	۲۶/۵۷*	۱۵/۳۰*	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲/۷۴*	تراکم کاشت
۹	۵۶/۶۸	۱۹۵/۶	۴/۷۴	۲/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۵۳	خطا
-	۱۲/۸۹	۱۰/۷	۳/۶۷	۲/۱۴	۳/۰۱	۵/۸۳	ضریب تغییرات (%)

ns, \* و \*\* - به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین برخی صفات کیفی میوه سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> در تراکم‌های مختلف کاشت

تراکم (tree/ha)	رشد شاخه سال جاری (cm)	وزن میوه (gr)	طول میوه (mm)	قطر میوه (mm)	قطر/طول (%)	مواد جامد محلول (° Brix)
۱۹۰۴	۴۵/۲۸ <sup>b</sup>	۱۴۳/۶ <sup>a</sup>	۶۱/۹۷ <sup>a</sup>	۶۸/۹۶ <sup>a</sup>	۰/۹۰۳ <sup>a</sup>	۱۳/۴۴ <sup>a</sup>
۲۶۶۶	۵۲/۴ <sup>b</sup>	۱۳۱/۸ <sup>a</sup>	۶۰/۴۵ <sup>a</sup>	۶۷/۷۵ <sup>a</sup>	۰/۸۹۰ <sup>a</sup>	۱۲/۴۱ <sup>ab</sup>
۳۱۳۷	۶۰/۳۶ <sup>ab</sup>	۱۲۵/۷ <sup>a</sup>	۵۹/۰۷ <sup>ab</sup>	۶۶/۸۳ <sup>ab</sup>	۰/۸۸۵ <sup>a</sup>	۱۲/۳۸ <sup>ab</sup>
۴۸۰۰	۷۶/۲۲ <sup>a</sup>	۱۱۹/۶ <sup>a</sup>	۵۵/۹۲ <sup>b</sup>	۶۴/۳۵ <sup>b</sup>	۰/۸۷۰ <sup>a</sup>	۱۱/۴۱ <sup>b</sup>

\* - میانگین‌های دارای حرف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

منجر به رشد بیشتر شاخه‌های سال جاری پس از انجام عملیات هرس سالانه می‌گردد. علاوه بر رقابت ایجاد شده بین درختان در اثر زیاد شدن تراکم کاشت در جهت کسب نور، آب و عناصر تغذیه‌ای، احتمالاً افزایش رشد رویشی در تراکم‌های بالا و به دنبال آن برهم خوردن روابط منبع و مقصد، از جمله عوامل مؤثر در کاهش کارایی عملکرد می‌باشد. همزمان با افزایش تراکم درختان سیب از ۸۵۳ به ۳۷۴۶ درخت در هکتار، بین نفوذ نور به درون تاج درخت

به‌نظر می‌رسد عامل رقابت برای دریافت نور و میزان هرس انجام شده باعث افزایش رشد رویشی شاخه سال جاری در درختان شده باشد. با مسن شدن درختان در کاشت متراکم و به‌وجود آمدن مشکلات جدی برای مدیریت تاج از قبیل جذب نور، تشکیل میوه، کنترل آفات و بیماری‌ها و برداشت نیاز به هرس بیشتر و شدیدتر شده که این خود ضمن ایجاد اختلال در فیزیولوژی درخت و به‌هم خوردن تعادل رشدی در تراکم‌های مختلف [۱۱]،

## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۵

درختان سیب، کمترین حجم میوه در بالاترین تراکم کاشت به دست آمد، اگرچه تراکم بالای کاشت اثر معنی‌داری روی قطر میوه نداشت [۲۸].

اگرچه تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر نسبت طول به قطر میوه نداشت (جدول ۱)، اما با این وجود، بالاترین نسبت طول به قطر میوه (۰/۹۰۳) مربوط به تراکم ۱۹۰۴ درخت در هکتار و کمترین میزان (۰/۸۷۰) مربوط به تراکم ۴۸۰۰ درخت در هکتار بود (جدول ۲). همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $P \geq 0/05$ ) ( $r = 0/96$ ) بین عملکرد تک درخت و کشیدگی میوه وجود داشت. در درختان سیب رقم 'دلشیز'، نسبت طول به قطر میوه تحت تأثیر میزان نور وارد شده به درون تاج قرار نگرفت [۸]. در درختان گلخانه‌ای جوان رقم 'استارکریمسن‌دلشیز' که فقط ۱۶ درصد نور کامل را از زمان تورم جوانه تا تشکیل میوه دریافت کرده بودند، نسبت طول به قطر میوه افزایش یافت [۲۸].

با افزایش تراکم کاشت درصد مواد جامد محلول به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P \geq 0/05$ ) (جدول ۱)، به‌طوری‌که بیشترین میزان مواد جامد محلول (۱۳/۴۴) درجه بریکس) مربوط به کمترین تراکم و کمترین میزان (۱۱/۴۱) درجه بریکس) مربوط به بیشترین تراکم بود. مواد جامد محلول در میوه درختان در تراکم‌های ۲۶۶۶ و ۳۱۳۷ درخت در هکتار به ترتیب دارای ۱۲/۴۱ و ۱۲/۳۸ درجه بریکس بود (جدول ۲). افزایش تراکم کاشت باعث سایه‌اندازی بیشتر درختان و تشدید رقابت بین آنها شده که این باعث کاهش مواد جامد محلول میوه شده است [۱۰] و [۱۶]. شدت نور بالاتر از ۵۰ درصد نور کامل خورشید منجر به افزایش محتوی مواد جامد محلول میوه سیب شده است [۲۰]. در نارنگی‌های 'انشو' اثر تراکم کاشت روی درصد مواد جامد محلول معنی‌دار نشد [۳]. تراکم‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری روی pH و اسید قابل تیترا میوه‌ها نداشتند (جدول ۳)، ولی میوه درختان با تراکم

و عملکرد رابطه خطی برقرار می‌شود [۲۵]. اگرچه اثر تراکم کاشت بر روی وزن تک میوه معنی‌دار نبود، ولی بیشترین وزن تک میوه (۱۴۳/۶ گرم) مربوط به کمترین تراکم و کمترین آن (۱۱۹/۶ گرم) مربوط به بیشترین تراکم درخت در واحد سطح بود (جدول ۲). توزیع مناسب نور درون تاج درخت به منظور تولید زیرساخت‌های لازم برای بهبود کیفیت میوه ضروری می‌باشد و سایه ضمن کاهش میزان فتوسنتز و عدم تأمین ذخایر کربوهیدراتی برای رشد ریشه و به دنبال آن کاهش جذب و پروردن (آسیمیلایون) عناصر غذایی، منجر به کاهش وزن، ماده خشک و مواد جامد محلول میوه می‌شود [۱۰ و ۳۸].

تراکم کاشت روی طول و قطر میوه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). با افزایش تراکم کاشت از طول میوه کاسته شد و طول میوه درختان در تراکم‌های ۱۹۰۴، ۲۶۶۶، ۳۱۳۷ و ۴۸۰۰ درخت در هکتار به ترتیب ۶۱/۹۷، ۶۰/۴۵، ۵۹/۰۷ و ۵۵/۹۲ میلی‌متر بود (جدول ۲). کاهش طول میوه با کاهش نفوذ نور به درون تاج و نیز تشدید رقابت بر سر منابع تغذیه‌ای مرتبط است [۶ و ۳۸]. بین عملکرد تک درخت و شکل میوه یک رابطه معنی‌داری وجود دارد و درختان با محصول کمتر معمولاً میوه‌های کشیده‌تری دارند [۱۱ و ۴۰]. تراکم کاشت روی طول و شکل میوه نارنگی اثر معنی‌داری نداشت، اگرچه با افزایش تراکم طول میوه کاهش یافت [۳]. با افزایش تراکم کاشت از قطر میوه کاسته شد و کمترین قطر میوه (۶۴/۳۵ میلی‌متر) در سیستم کاشت با تراکم ۴۸۰۰ درخت در هکتار مشاهده شد. درختان با تراکم ۱۹۰۴ و ۲۶۶۶ به طور مشابه دارای بالاترین قطر میوه بودند (جدول ۲). به نظر می‌رسد با مسن شدن درختان و متراکم‌تر شدن تاج درختان رقابت برای جذب نور تشدید شده و این امر ضمن کاهش کارایی فتوسنتز، منجر به کاهش مواد غذایی قابل ذخیره در میوه و در نتیجه کاهش اندازه و قطر میوه شده است. در بررسی

اثر تراکم کاشت بر کیفیت میوه و غلظت عناصر غذایی برگ سیب رقم 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub>

کاشت بالاتر اسیدیته بیشتری نشان دادند. کمترین اسید قابل تیتر مربوط به کمترین تراکم و بیشترین میزان آن مربوط به بیشترین تراکم بود (جدول ۴). این یافته با نتایج دیگر تحقیقات بر روی سیب 'فوجی' [۱۸] و نارنگی 'انشو' مطابقت دارد [۳].

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> در تراکم‌های مختلف کاشت

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
آفتاب سوختگی (%)	خاکستر (%)	ماده خشک (%)	سفتی بافت (kg/cm <sup>2</sup> )	pH	اسید قابل تیتر (mg/100ml)			
۵/۷۶**	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۴/۵۲*	۲/۱۷**	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۷۷ <sup>ns</sup>	۳	تکرار	
۴/۲۶**	۰/۰۱۱*	۴/۳۵*	۰/۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۵ <sup>ns</sup>	۳	تراکم کاشت	
۰/۵۷	۰/۰۰۳	۱/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۰۳	۰/۴۸	۹	خطا	
۲۵/۳۷	۱۶	۶/۵۹	۲/۹۳	۱/۷۰	۵/۹۷	-	ضریب تغییرات (%)	

ns, \* و \*\* - به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین برخی صفات کیفی میوه سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> در تراکم‌های مختلف کاشت

آفتاب سوختگی (%)	خاکستر (%)	ماده خشک (%)	سفتی بافت (kg/cm <sup>2</sup> )	pH	اسید قابل تیتر (mg/100ml)	تراکم (tree/ha)
۴/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۳۸ <sup>a</sup>	۱۶/۶۳ <sup>a</sup>	۱۰/۷۵ <sup>a</sup>	۳/۴۱۵ <sup>a</sup>	۱۱/۲۱ <sup>a</sup>	۱۹۰۴
۳/۲۱ <sup>ab</sup>	۰/۳۳ <sup>ab</sup>	۱۵/۷۵ <sup>ab</sup>	۱۰/۸۱ <sup>a</sup>	۳/۴۴۵ <sup>a</sup>	۱۱/۳۹ <sup>a</sup>	۲۶۶۶
۲/۲۹ <sup>b</sup>	۰/۳۰ <sup>ab</sup>	۱۵/۲۵ <sup>ab</sup>	۱۰/۹۱ <sup>a</sup>	۳/۴۶۰ <sup>a</sup>	۱۱/۷۱ <sup>a</sup>	۳۱۳۷
۲/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۲۵ <sup>b</sup>	۱۴/۱۳ <sup>b</sup>	۱۱/۳۸ <sup>a</sup>	۳/۴۶۰ <sup>a</sup>	۱۲/۲۶ <sup>a</sup>	۴۸۰۰

\* - میانگین‌های دارای حرف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

متوسط (۱۶۶۶ درخت در هکتار) میوه درختان با تراکم متوسط دارای اسید کمتر و محتوای قند بیشتر بودند [۲۷]. بررسی اثر پایه و سیستم کاشت در تراکم‌های مختلف نشان داد اثر پایه روی میزان اسید قابل تیتر ارقام سیب 'دلشیز' و 'امپایر' معنی‌دار است، ولی اثر تراکم کاشت روی این

در بررسی اثر تراکم و سیستم‌های مختلف کاشت روی دو رقم سیب مشخص شده است که افزایش تراکم کاشت تأثیری بر میزان اسید، طعم و همچنین عادت انباری میوه‌ها ندارد [۳۴]. با این حال، در مطالعه‌ای دیگر روی دو سیستم کاشت سیب با تراکم بالا (۵۰۰۰ درخت در هکتار) و

صفت غیرمعنی‌دار بوده است [۲۴]. همچنین اثر تراکم کاشت روی میزان اسید قابل‌تیتراژ نارنگی 'انشو' معنی‌دار نبود [۳]. بررسی اثر تراکم کاشت و شکل درخت روی عملکرد و کیفیت میوه سیب رقم‌های 'گلدن‌دلشیز' و 'رویال‌گالا' نشان داد که کیفیت داخلی میوه از قبیل بافت، مواد جامد قابل حل و میزان اسید قابل‌تیتراژ توسط شرایط سالیانه بیشتر از تراکم کاشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۳۵].

سفتی بافت میوه یکی از شاخص‌هایی است که اغلب برای تخمین زمان رسیدن و برداشت سبب به‌کار می‌رود. در پژوهش حاضر، تراکم کاشت اثر معنی‌داری روی سفتی بافت میوه نداشت، ولی بیشترین میزان سفتی بافت میوه (۱۱/۳۸ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) مربوط به بیشترین تراکم و کمترین میزان سفتی بافت (۱۰/۷۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) مربوط به کمترین تراکم کاشت بود که با دیگر آزمایشات بر روی سیب [۲۴] و نارنگی [۳] هم‌خوانی دارد (جدول ۳). میوه‌های کوچک‌تر به دلیل داشتن سلول‌های کوچک‌تر و تراکم سلولی بیشتر سفت‌تر از میوه‌های درشت‌تر هستند [۳۱]. این نتیجه با مقادیر نیتروژن برگ در این درختان ارتباط داشت که حاکی از نقش نیتروژن در تعیین شدت سفتی میوه می‌باشد [۱۱]. در مطالعه‌ای بر روی سیب تحت تیمارهای نوری مختلف مشخص شد که میوه‌های قسمت پایین تاج، چهار درصد سفت‌تر از میوه‌های قسمت بالای تاج می‌باشند که یکی از دلایل آن می‌تواند اندازه بزرگ‌تر میوه‌های سیب در قسمت‌هایی با نور بیشتر باشد [۶].

تراکم کاشت روی درصد ماده خشک و درصد خاکستر در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری داشت. با افزایش تراکم کاشت از میزان ماده خشک میوه کاسته شد، به طوری که بیشترین درصد ماده خشک میوه (۱۶/۶۳ درصد) مربوط به تراکم کاشت ۱۹۰۴ درخت در هکتار و کمترین میزان آن (۱۴/۱۳ درصد) مربوط به تراکم کاشت ۴۸۰۰ درخت در

هکتار بود. همچنین، درختان در تراکم‌های ۲۶۶۶ و ۳۱۳۷ درخت در هکتار به ترتیب دارای ۱۵/۷۵ و ۱۵/۲۵ درصد ماده خشک بودند (جدول ۴). بیشتر ماده خشک میوه را کربوهیدرات‌های نامحلول حاصل از فتوسنتز تشکیل می‌دهد [۹ و ۱۰]. تولید کربوهیدرات‌ها وابسته به جذب و توزیع نور در داخل شاخساره درخت می‌باشد، به همین علت در مکان‌هایی از درخت که سایه‌اندازی وجود دارد (به‌ویژه در باغات متراکم) تولید کربوهیدرات موردنیاز میوه‌ها و در نتیجه درصد ماده خشک تشکیل‌دهنده میوه کاهش می‌یابد [۱۰، ۱۶ و ۲۵]. نتایج بررسی درصد خاکستر میوه از نتایج درصد ماده خشک تبعیت می‌کرد و افزایش تراکم کاشت منجر به کاهش درصد خاکستر میوه شد. بیشترین درصد خاکستر میوه (۰/۳۸ درصد) مربوط به تراکم کاشت ۱۹۰۴ درخت در هکتار بود که البته با میزان این شاخص در تراکم‌های ۲۶۶۶ و ۳۱۳۷ درخت در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین درصد خاکستر میوه (۰/۲۵ درصد) مربوط به تراکم کاشت ۴۸۰۰ درخت در هکتار بود (جدول ۴). در تراکم‌های کاشت کمتر ریشه‌ها فضای بیشتری برای گسترش و رشد دارند که در این شرایط درختان می‌توانند عناصر معدنی بیشتری جذب نمایند. این امر باعث انتقال و تجمع بالاتر عناصر غذایی بیشتری در میوه شده و به افزایش درصد خاکستر میوه در تراکم‌های کمتر منجر می‌شود.

میزان آفتاب‌سوختگی به عنوان یکی شاخص‌های ارزیابی کیفیت میوه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت ( $P \geq 0/01$ ) (جدول ۳). تراکم کاشت درصد میوه‌های آفتاب سوخته کاهش یافت، به طوری که کمترین درصد آفتاب سوختگی میوه (۲/۰۶ درصد) مربوط به تراکم ۴۸۰۰ درخت و بیشترین میزان آفتاب سوختگی میوه (۴/۳۳ درصد) مربوط به تراکم ۱۹۰۴ درخت بود. شدت آفتاب‌سوختگی میوه در درختان با تراکم‌های ۲۶۶۶



اثر تراکم کاشت بر کیفیت میوه و غلظت عناصر غذایی برگ سیب رقم 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub>

و ۳۱۳۷ درخت در هکتار به ترتیب دارای ۳/۲۰۵ و ۲/۲۹۲ درصد بودند (جدول ۴). آفتاب سوختگی میوه سیب می تواند در دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد رخ دهد، اما شاخه و برگ درختان می تواند میوه را محافظت نمایند [۷]. در تراکم های بالاتر به علت عدم نفوذ بیش از حد نور و جلوگیری از تابش مستقیم اشعه خورشید به میوه شدت آفتاب سوختگی میوه ها کمتر می شود. افزایش عمر باغ و متراکم تر شدن تاج درختان در باغ های بالغ شدت نفوذ نور کمتر شده و این امر باعث کاهش درصد آفتاب سوختگی میوه می شود [۱۱].

اثر تراکم کاشت بر غلظت نیتروژن برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). با افزایش تراکم کاشت غلظت نیتروژن برگ کاهش یافت، به طوری که بیشترین غلظت نیتروژن موجود در برگ (۱/۸۱ درصد) مربوط به کمترین تراکم و کمترین غلظت نیتروژن (۱/۵۹ درصد) مربوط به بیشترین تراکم کاشت بود (جدول ۶).

جدول ۵. تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی موجود در برگ سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> در تراکم های مختلف کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	آهن (%)	روی (%)	منگنز (%)	مس (%)
تکرار	۳	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۳*	۰/۰۱۸*	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱۹۶۸/۴ <sup>ns</sup>	۱۲۳/۸*	۱۳۸/۸ <sup>ns</sup>	۲۹۷/۴ <sup>ns</sup>
تراکم کاشت	۳	۰/۰۴۲**	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۷۰/۸*	۲۳/۹ <sup>ns</sup>	۵۰/۳ <sup>ns</sup>	۴۱۳/۶*
خطا	۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۴۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۱۷۷۲/۸	۱۸/۳	۱۸۵/۶	۵۵/۶
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۶۵	۶/۵	۱۴/۴۴	۱۰/۷۰	۸/۹۴	۱۳/۱	۱۴/۲	۱۵/۲	۲۱/۷

ns، \* و \*\* - به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

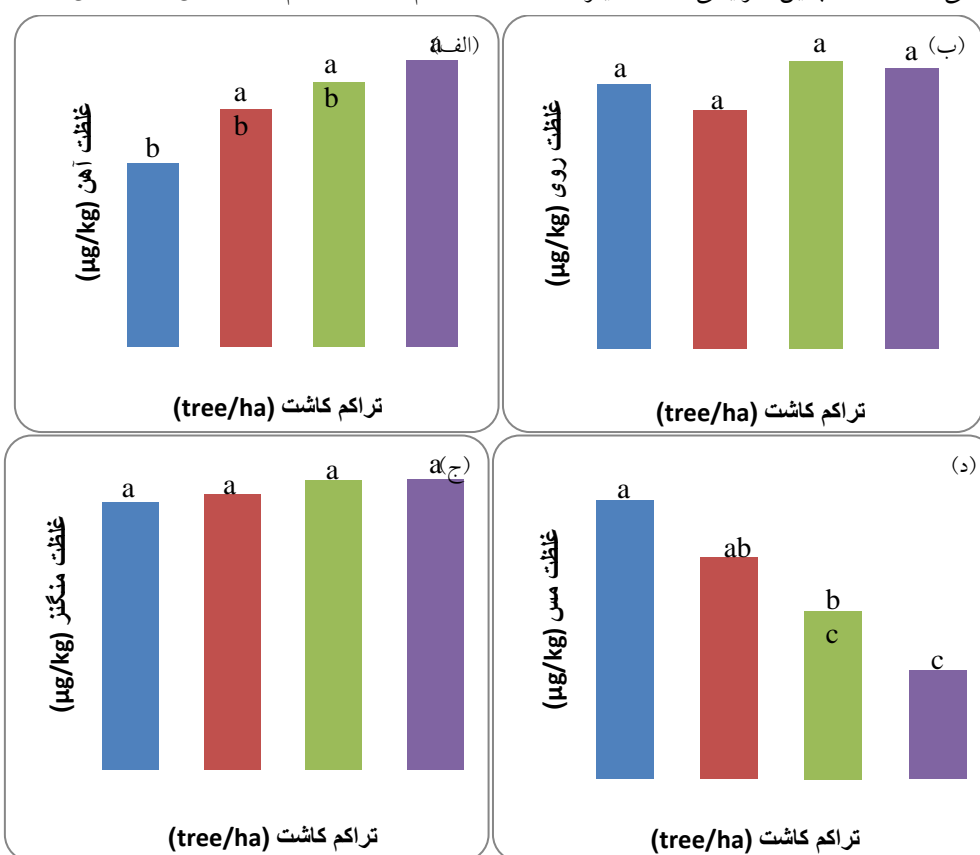
جدول ۶. مقایسه میانگین غلظت عناصر درشت مغذی (بر حسب درصد وزن خشک برگ) در برگ سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M<sub>۲۶</sub> در تراکم های مختلف کاشت

تراکم (tree/ha)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)
۱۹۰۴	۱/۸۱ <sup>a</sup>	۰/۶۸ <sup>a</sup>	۱/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۷۱ <sup>a</sup>	۰/۲۳ <sup>a</sup>
۲۶۶۶	۱/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۶۸ <sup>a</sup>	۱/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۷۱ <sup>a</sup>	۰/۲۴ <sup>a</sup>
۳۱۳۷	۱/۶۰ <sup>b</sup>	۰/۶۸ <sup>a</sup>	۱/۴۴ <sup>a</sup>	۰/۷۰ <sup>a</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>
۴۸۰۰	۱/۵۹ <sup>b</sup>	۰/۶۹ <sup>a</sup>	۱/۶۴ <sup>a</sup>	۰/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>

\* - میانگین های دارای حرف مشابه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

براساس وزن خشک برگ پایین تر می‌باشد [۱۶]. در مطالعه‌ای روی برخی ارقام سیب، با افزایش تراکم کاشت غلظت نیتروژن در برگ درختان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت [۵] که دلیل آنرا افزایش رقابت جهت دریافت نور اعلام کردند [۵ و ۱۷]. افزایش شدت نور ظرفیت فتوسنتز در برگ‌ها و ذخیره کربوهیدرات‌ها را در ریشه افزایش داده و رشد ریشه را تسهیل می‌نماید که جذب آب و مواد غذایی را توسعه می‌دهد و منجر به افزایش میزان نیتروژن برگ و در نهایت سنتز پروتئین می‌شود [۱۶]. ارتباط بین رشد اندام‌های هوایی و حجم ریشه در بسیاری از درختان میوه به اثبات رسیده است و در تراکم‌های بالای کاشت، حجم ریشه و اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد [۱۱].

غلظت پایین نیتروژن در درختان با تراکم کاشت بالا می‌تواند با رقابت درختان در جذب عناصر تغذیه‌ای مرتبط باشد که در یک باغ با تراکم کاشت بالاتر سهم کمتری به این درختان اختصاص یافته است [۲۰]. در نهال‌های تازه کشت شده رقم 'گلدن دلشیز' روی پایه M9 بیش از ۵۰ درصد نیتروژن درخت صرف تولید بافت‌های چوبی ریشه و شاخه شده است [۱۱]. نیتروژن برگ در درختانی که محصول زیاده‌تری دارند، بالاتر است و برعکس در سالی که درختان بار ندارند، میزان نیتروژن برگ‌ها پایین است. این شرایط نشان‌دهنده رابطه معکوس باردهی و رشد شاخه‌ها است، یعنی درختانی که محصول کمی می‌دهند، شاخه‌های بیشتری تولید می‌کنند. تحت چنین شرایطی غلظت نیتروژن



شکل ۱. مقایسه میانگین غلظت عناصر ریزمغذی (برحسب میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک) آهن (الف)، روی (ب)، منگنز (ج) و مس (د) در برگ سیب 'گرانی اسمیت' روی پایه M26 در تراکم کاشت مختلف میانگین‌های دارای حرف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

### نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثر تراکم های مختلف کاشت بر روی طول، قطر، مجموع مواد جامد محلول، میزان ماده خشک، درصد خاکستر و میزان آفتاب سوختگی میوه معنی دار شد، ولی بر روی وزن میوه، نسبت طول به قطر، اسید قابل تیترو و سفتی میوه معنی داری نشد. بنابراین حتی با تراکم های بالا نیز در صورت اعمال عملیات باغی مناسب می توان میوه هایی با وزن و شکل نسبتاً مطلوب به دست آورد. از طرف دیگر، غلظت نیتروژن و آهن موجود در برگ به طور معنی داری تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت، به طوری که برگ درختان در تراکم ۱۹۰۴ درخت در هکتار دارای بیشترین میزان نیتروژن و کمترین میزان آهن بودند. با توجه به پتانسیل بالای سیستم های کاشت متراکم در سال های اولیه باردهی، پیشنهاد می شود این تراکم ها با هدف تولید محصول زیاد در کوتاه مدت استفاده گردند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد با توجه به اقلیم آفتابی ایران و نداشتن محدودیت نوری در مناطق مختلف کشور افزایش تراکم کاشت امکان پذیر می باشد.

### منابع

۱. ارشادی ا (۱۳۷۶) بررسی و مقایسه اثرات پیوند چهار رقم سیب تجارتي 'گلاب کهنز'، 'شفیع آبادی'، 'رد دلشیز' و 'گلدن اسموتی' روی شش پایه رویشی مالینگ و مالینگ مرتون. دانشگاه تهران، تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.
۲. رسولزادگان ی (۱۳۷۵) میوه کاری در مناطق معتدله. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۲۸ ص.
۳. عابدی قشلاقی ا و فیفائی ر (۱۳۹۱) اثر تراکم کاشت بر صفات کمی و کیفیت نارنگی 'انشو' (*Citrus unshiu*) روی پایه 'فلاینک دراگون'. به زراعی نهال و بذر. ۲۸(۱): ۹۳-۸۱.

تراکم های مختلف کاشت اثر معنی داری روی غلظت آهن موجود در برگ داشت (جدول ۵). با افزایش تراکم غلظت آهن برگ افزایش یافت، به طوری که بیشترین غلظت آهن در برگ (۳۷۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ) مربوط به بیشترین تراکم و کمترین غلظت آهن برگ (۲۳۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک برگ) مربوط به کمترین تراکم بود (شکل ۱).

یکی از اثرات سایه اندازی روی برگ افزایش میزان کلروفیل آن است، به طوری که برگ هایی که در سایه رشد می کنند، برای جبران فتوسنتز درخت میزان کلروفیل شان افزایش می یابد [۱۱ و ۱۲]. افزایش غلظت آهن برگ هم زمان با افزایش تراکم کاشت ممکن است با نیاز بیشتر درختان در تراکم های کاشت بالاتر به عنصر آهن جهت ایجاد زیرساخت های لازم برای تولید کلروفیل به منظور حفظ راندمان فتوسنتز مرتبط باشد.

غلظت عنصر مس در برگ سیب تحت تأثیر تراکم های مختلف کاشت معنی دار شد (جدول ۵). نیاز درختان سیب به عنصر مس بسیار کمتر از سایر ریزمغذی ها می باشد. با این حال، مس در ساخت مولکول کلروفیل و ساختار بسیاری از آنزیم ها از قبیل آنزیم های احیاء کننده مولکول اکسیژن دخالت داشته [۱۱] و به نظر می رسد کاهش روند کاهشی غلظت این عنصر با افزایش تراکم کاشت به دلیل غلظت پایین این عنصر در خاک و در نتیجه اختصاص مقادیر کمتر آن به درختان در تراکم بالاتر در مقایسه با تراکم های کمتر باشد. اثر تراکم کاشت بر غلظت عناصر روی، منگنز، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم معنی دار نبود (جدول ۵)، اما با افزایش تراکم میزان عناصر منگنز، فسفر، پتاسیم و منیزیم برگ افزایش ولی غلظت کلسیم و مس کاهش یافت و عنصر روی روند مشخصی را نشان نداد (جدول ۶ و شکل ۱).

4. Al-Hinai YK and Roper TR (2004) Rootstock effects on growth and quality of 'Gala' apples. Hortscience. 39: 1231-1233.
5. Barrera-Guerra JL and Slowik K (1981) Effect of planting density, position of leaves in the tree crown and type of leaf on the accumulation of nutrients in apple cultivars. Acta Horticulture. 114: 113-114.
6. Barrit BH, Drake SR, Konishi BS and Rom CR (1997) Influence of sunlight level and rootstock on apple fruit quality. Acta Horticulture. 451: 596-572.
7. Buler Z and Mika A (2006) Growth, yield and quality in Šampon apple trees trained using four different training systems: Hytec, solen, mikado and spindle. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 14: 117-124.
8. Campbell RJ (1995) New production systems for apples. The Sixth of the Australasian Council on Tree and Nut Crops Inc. Lismor, NSW, Australia. 11-15 September 1995.
9. Corelli L and Sansavini S (1989) Light interception and photosynthesis related to planting density and canopy management in apple. Acta Horticulture. 243: 159-174.
10. Fallahi E and Mohan SK (2000) Influence of nitrogen and rootstock on tree growth, precocity, fruit quality, leaf mineral nutrients, and fire Blight in 'scarlet Gala' apple. Horttechnology. 10: 589-592
11. Ferree DC and Warrington IJ (2003) Apples: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, USA. 704 p.
12. Green S, Mcnaughton K, Wunsche JN and Clothier B (2003) Modeling light interception and transpiration of apple tree canopies. Journal of Agronomy. 95: 1380-1387.
13. Hampson CR, Quamme HA, Kappel F and Brownlee RT (2004) Varying density with constant rectangularity: II. Effects on apple tree yield, fruit size and fruit color development in three training systems over ten years. Hortscience. 39: 507-511.
14. İkinci A, Bolat I, Ercisli S and Kodad O (2014) Influence of rootstocks on growth, yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. 'Santa Maria' in semi-arid conditions. Biological Research. 47: 71.
15. Jackson TE (1989) World-wide development of high density planting in research and practice. Acta Horticulture. 243: 17-27.
16. Jivan C and Sala F (2014) Relationship between tree nutritional status and apple quality. HortScienc. 41: 1-9.
17. Johnson RS and Lakso AN (1991) Approaches to modeling light interception in orchards. Hortscience. 26: 1002-1004.
18. Jung SK and Choi HS (2010) Light penetration, growth, and fruit productivity in 'Fuji' apple trees trained to four growing systems. Scientia Horticulturae. 4: 672-678.
19. KucuKyumu KZ and Erdal I (2011) Rootstock and cultivar effect on mineral nutrition, seasonal nutrient variation and correlations among leaf, flower and fruit nutrient concentrations in apple trees. Bulgar Journal of Agricultural Science. 17: 633-641.
20. Liczar-malanczuk M (2004) Influence of planting and training systems on fruit yield in apple orchard. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12: 97-104.
21. Marschner H (1995) Functions of mineral nutrients: macronutrients. Pp: 299-312. In: Marschner, H. (Ed.). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press, N.Y. 889p.
22. Nachtigall GR and Dechen AR (2006) Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. Scientia Agricola. 63: 493-501.

23. Olzewski T and Mik A (1986) Planting density effects on mineral composition of leaves and fruit 'Mac spur' apples. Acta Horticulturae. 160: 259-260.
24. Ozkan Y, Yıldız K, Küçükler E, Çekiç Ç, Özgen M and Akça Y (2012) Early performance of cv. 'Jonagold' apple on M.9 in five tree training systems. Hort Science. 39: 158-163.
25. Palmer JW and Warrington IJ (2000) Underlying principles of successful apple planting systems. Acta Horticulturae. 513: 357-363.
26. Pramanick KK, Kishore DK, Singh R and Kumar J (2012) Performance of apple (*Malus × Domestica* Borkh) cv. 'Red Spur' on a new apple rootstock in high density planting. Scientia Horticulturae. 133: 37-39.
27. Robinson TL, Lakso AN and Carpenter SG (1991) Canopy development, yield, and fruit quality of 'Empire' and 'delicious' apple trees grown in four orchard production systems for ten years. Journal of American Society for Horticultural Science. 116: 179-187.
28. Rom CR (1991) Light thresholds for apple tree canopy growth and development. Hortscience. 26: 989-992.
29. Saei A, Tustin DS, Zamani Z, Talaie A and Hal AJ (2011) Cropping effects on the loss of apple fruit firmness during storage: The relationship between texture retention and fruit dry matter concentration. Scientia Horticulturae. 130: 256-265.
30. Sotiropoulos TE (2008) Performance of the apple (*Malus Domestica* Borkh) cultivar imperial double 'Red delicious' grafted on five rootstocks. Horticultural Science. (Prague). 35(1): 7-11.
31. Szczygiel A and Mika A (2003) Effects of high density planting and two training methods of dwarf apple trees grown in sub-carpathian Region. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 11: 45-51.
32. Tsipouridis C, Thomidis T and Isaakidis KE (2005) Effect of peach cultivars, rootstocks and phytophthora on iron chlorosis. World Journal of Agricultural Science. 1: 137-142.
33. Tustin DS (1993) Spacing and rootstock studies with central leader apple canopies in a high vigour environment. Acta Horticulturae. 349: 169-177.
34. Tustin DS, Hirst PM and Warrington IJ (1988) Influence of orientation and position of fruiting lateral on canopy light penetration, yield, and fruit quality of 'Granny Smith' apple'. Journal of American Society for Horticultural Science. 113: 696-699.
35. Volz RK, Harker FR, Hallet IC and Lang A (2004) Development of texture apple fruit – a biophysical perspective. Acta Horticulturae. 636: 473-479.
36. Waldemar T (2010) Crop loading studies with 'Jonagold' apple tree. Journal of fruit and ornamental plant research. 18(1): 59-69.
37. Weber MS (2001) Optimizing tree density in apple orchards on dwarf rootstock. Acta Horticulturae. 557: 229-234.
38. Wertheim SJ (1985) Productivity and fruit quality of apple in single-row and full field planting systems. Scientia Horticulturae. 26: 191-208.
39. Widmer A and Krebs C (2001) Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of 'Golden Delicious' and 'Royal Gala' apples. Acta Horticulturae. 557: 235-241.

40. Yuri JA, González J, Talice VJ and DelPozo A (2011) Responses of fruit growth, quality and productivity to crop load in apple cv. 'Ultra Red Gala'/MM<sub>111</sub>. *Scientia Horticulturae*. 127: 305-312.
41. Zarei M, Baninasab B, Ramin AA and Pirmoradian M (2013) The effect of chemical thinning on seasonal changes of mineral nutrient concentrations in leaves and fruits of 'Soltani' apple tree. *Iran Agricultural Research*. 32: 89-100.