نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۷، خرداد - تیر ۱۴۰۲، ص. ۳۷۴-۳۶۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 17, Jun.-Jul. 2023, p. 365-374

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر کم آبیاری و شبکه سایه‌بان بر رشد و کیفیت میوه در باغ متراکم سیب

مهدی سلاح ورزی[۱]، حسین انصاری[۲*]، علی‌نقی ضیایی[۳]، مهدی نصیرپور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴

چکیده

با توجه به بحران کمبود آب و تأمین مواد غذایی، کم آبیاری اقدامی غیرقابل‌اجتناب و فراگیر در تمام ابعاد کشاورزی خواهد بود به‌ویژه در باغ‌های متراکم که باهدف افزایش کمی و کیفی محصول، مصرف آب و سایر نهاده‌ها را افزایش می‌دهد. بهره‌وری آب شاخصی است که محصول تولیدشده را به ازای مصرف آب آبیاری نشان می‌دهد. سیب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغی و صادراتی کشاورزی کشور محسوب می‌شود. اخیراً باغداران سیب به‌طور فزاینده‌ای از شبکه سایه‌بان برای مقابله با مخاطرات آب و هوایی استفاده می‌کنند بنابراین این پژوهش برای بررسی تأثیر کم آبیاری و شبکه سایه‌بان بر بهره‌وری آب و کمیت و کیفیت میوه سیب انجام شد. پژوهش حاضر در باغ متراکم سیب (رقم گلدن دلیشز) مزرعه‌ی نمونه‌ی آستان قدس رضوی طی سال زراعی ۱۴۰۰ صورت پذیرفت که به‌صورت آزمایش اسپیلت پلات بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی (کرت اصلی تیمارهای آبیاری: تیمار شاهد (FI)، تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) و کم آبیاری مداوم (SDI) و کرت فرعی: وجود (S) و عدم وجود (N) شبکه سایه‌بان) با چهار تکرار انجام شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI)، ۱۵٪ مصرف آب آبیاری را کاهش داد و فقط ۷٪ کاهش عملکرد و ۳٪ کاهش رشد میوه را در پی داشت درحالی‌که بهره‌وری آب ، سفتی بافت میوه، شاخص طعم، قند کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل را نسبت به تیمار شاهد افزایش داده و آب‌میوه را تغییر نداده است، هم‌چنین وجود شبکه سایه‌بان مصرف آب را ۱۴٪ کاهش و عملکرد را ۹٪ افزایش داده است؛ کم آبیاری مداوم (SDI) باوجود کاهش ۴۰٪ مصرف آب آبیاری، دارا بودن بالاترین مقدار بهره‌وری آب و بهبود برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی اما وزن میوه، رشد میوه و عملکرد را به‌شدت کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: سیب (رقم گلدن دلیشز)، بهره‌وری آب، کم آبیاری مداوم (SDI)، کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI)

مقدمه

چالش‌های تولید محصولات کشاورزی که می‌توان با استفاده‌ی کارآمدتر از منابع موجود آن‌ها را برطرف کرد بسیار زیاد است از بزرگ‌ترین چالش‌های کشاورزی کمبود آب و تأمین غذایی جمعیت رو به رشد در جهان است. ایران با توجه به‌قرار گرفتن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک، افزایش سرعت برداشت از آب‌های زیرزمینی و کاهش بارش‌های اخیر، این چالش را خیلی شدیدتر تجربه خواهد کرد. در این زمینه، افزایش بهره‌وری آب یک موضوع حیاتی برای توسعه اجتماعی و اقتصادی در بسیاری از مناطق است. افزایش بهره‌وری آب با اصلاح نباتات برای رشد بهتر محصولات در مناطق خشک، روش‌ها و سناریوهای مدیریت آبیاری، استفاده از سیستم‌های آبیاری سازگار با این شرایط، عملیات باغبانی یا زراعی متناسب و درنهایت بهبود عملکرد قابل حصول است.

زمانی که یکای صورت و مخرج در یک رابطه راندمان یا کارایی یکسان نباشد، آن رابطه را بهره‌وری می‌نامند. بهره‌وری آب یک اصطلاح کمی است که برای تعریف رابطه بین محصول تولیدشده و مقدار آب به‌کاررفته در تولید محصول استفاده می‌شود (Cao et al.,2021). مطابق با تعریف کلی، بهره‌وری آب نسبتی است که در مخرج کسر آن آب کاربردی (آب آبیاری، بارش) و در صورت آن موارد متنابهی از مفاهیم کمی قرار می‌گیرد. این موارد مشتمل بر عملکرد محصول، میزان درآمد (سود) خالص، میزان انرژی تولیدی، میزان کالری تولیدی، میزان ارزش‌افزوده و غیره می‌شود (عباسی و

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ، مشهد، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ، مشهد، ایران
۴- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: ansary@um.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1402.17.2.13.9

همکاران،۱۳۹۶). کشورهای چین، ایالات‌متحده امریکا، ترکیه، ایران، هند، روسیه، شیلی و اوکراین از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده‌ی سیب در جهان هستند (ناصری و همکاران،۱۴۰۰). در سال ۱۳۹۹ بیشترین میزان تولید از بین محصولات باغبانی مربوط به سیب با تولید حدود ۴/۲ میلیون تن و سهم ۱۷/۳٪ از کل میزان تولید محصولات باغبانی بوده که استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، فارس، تهران، اصفهان و خراسان رضوی در رتبه‌های اول تا ششم تولیدکنندگان سیب کشور قرار داشته‌اند. این در حالی است که خراسان رضوی ازنظر سطح زیر کشت رتبه‌ی پنجم را دارا است (آمارنامه جهاد کشاورزی،۱۴۰۰). در سال ۱۴۰۰ صادرات محصولات باغی ازلحاظ ارزشی ۴۸/۴۷٪ و ازلحاظ وزنی ۲۹/۵۲٪ صادرات بخش کشاورزی را شامل می‌شود؛ که پنج قلم عمده صادراتی کشاورزی ازلحاظ وزنی سیب، هندوانه، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و پیاز بوده و حجم صادرات سیب ۲۷۸/۹۵ میلیون دلار است (گزارش تحلیلی صادرات و واردات بخش کشاورزی و غذا،۱۴۰۱). استفاده از روش‌ها و سیستم‌های تربیتی جدید در باغداری باعث افزایش کمی و کیفی محصولات باغی شده است. سیستم کشت متراکم با استفاده از درختان پاکوتاه و نیمه پاکوتاه دارای مزایای مختلفی مثل زود باردهی، عملکرد بالا در واحد سطح، بالا بودن کیفیت میوه، کارایی بیشتر نیروی کارگری و استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی است. باغ سیبی، متراکم نامیده می‌شود که در آن ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ درخت در هکتار کشت شود. هرچند اخیراً در باغات تجاری با عملکرد بالا تعداد ۳۷۰۰ تا ۴۰۰۰ و حتی بیش از ۴۵۰۰ درخت در هکتار نیز وجود دارد. یک باغ متراکم علاوه برداشتن تعداد زیادی درخت در واحد سطح، باید ۲ تا ۳ سال پس از کاشت به باردهی برسد. برای دستیابی به تولید زودهنگام میوه، استفاده از پایه‌های پاکوتاه کننده امری ناگزیر است (Robinson., 2007).

کم آبیاری به‌عنوان یک سیستم مدیریت آبی و کشاورزی یا عملیات آبیاری تعریف می‌شود که به‌موجب آن گیاهان با حجم‌های آبی کم‌تر از آبیاری کامل گیاه یا نیاز تبخیر و تعرقی، توسط آب ذخیره‌شده‌ی خاک، بارندگی و آبیاری برای رشد بهینه گیاه در کل دوره رشد تأمین می‌شوند (Appiah et al., 2021). کم آبیاری، فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که البته زمان‌بندی آن می‌تواند پاسخ‌های متفاوتی را در پی داشته باشد. کم آبیاری یک راهبرد آبیاری است که از سال‌ها پیش به‌منظور بهبود راندمان آب و کاهش کاربرد آن موردتوجه قرارگرفته است. کم آبیاری شامل کاهش عمدی و سیستماتیک آبیاری محصولات است، به‌عبارت‌دیگر کاربرد آب کمتر از مقدار موردنیاز گیاه در این روش مبنا و اساس کار قرار می‌گیرد. کاهش در مصرف آب سبب کاهش تبخیر و تعرق و درنتیجه افت سرعت رشد می‌شود که به دنبال آن کاهش تثبیت کربن نیز اتفاق می‌افتد. بنابراین کاربرد صحیح کم‌آبیاری نیاز به درک کامل از پاسخ‌های گیاه به کم‌آبیاری و تأثیر اقتصادی ناشی از کاهش ارزش محصول دارد (سلاح ورزی و همکاران، ۱۳۹۵).

منابع آبی موجود برای تولید محصولات کشاورزی در جهان رو به کاهش است، بنابراین ما نیاز به افزایش کارایی مصرف آب در شیوه‌های کشاورزی داریم (Koech and Langat., 2018). آبیاری برای حفظ رشد و بهره‌وری گیاه در بسیاری از مناطق تولید سیب حیاتی است؛ اما محدودیت‌های آب ممکن است منجر به اتخاذ استراتژی‌های آبیاری شود که با مصرف آب کم‌تر، کاهش اندازه میوه را به حداقل برسد (Reid and Kalcsits., 2020). مطالعات زیادی در مورد شیوه‌های کم آبیاری از قبیل خشکی موضعی ریشه، کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI)، کم آبیاری مداوم (SDI) انجام‌شده است (Talluto et al.,2008؛ Van Hooijdonk et al., 2004 ؛ Francaviglia et al.,2013 ؛ Lo Bianco.,2019 ؛ Kendall et al.,2022). کم آبیاری مسیر پیچیده‌ای را با درک تنش آغاز می‌کند که خود آغازگر دنباله‌ای از پاسخ‌های متابولیکی است که البته سطوح مختلفی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی و رشدی هم در پی دارد (Kendall et al.,2022). کم‌آبیاری در گیاهان، منجر به کاهش املاح سلولی می‌شود، درنتیجه غشای پلاسما ضخیم‌تر می‌شود و بر آماس سلول‌ها تأثیر می‌گذارد و باعث بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از کم‌آبی می‌شود (Keivanfar et al., 2021). درواقع کم‌آبیاری به‌عنوان یک عملیات آبیاری که با استفاده از آبیاری کمتر از مقدار کامل موردنیاز برای رشد و عملکرد مطلوب در نظر گرفته می‌شود که هدف آن بهبود پاسخ گیاهان به درجه معینی از کمبود آب به‌صورت مثبت و بهبود کارایی مصرف آب محصول است، بنابراین کم‌آبیاری به‌عنوان یک عامل کلیدی در فناوری صرفه‌جویی در مصرف آب مطرح می‌شود (Cai et al., 2021).

کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) یک راهبرد آبیاری است که اولین بار در استرالیا در باغات هلو و گلابی جهت کنترل رشد و کاهش رقابت بین رشد رویشی و میوه استفاده شد. در بین روش‌های کم‌آبیاری، کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) دلایل و توجیه فیزیولوژیکی بیشتری دارد. درواقع موفقیت در این راهبرد به اطلاعات دقیق از فنولوژی گیاه (خصوصاً رشد میوه و شاخه) و میزان مقاومت فیزیولوژیک آن در برابر شرایط تنش آبی برمی‌گردد (Selahvarzi et al., 2017)؛ اما کم آبیاری مداوم به‌صورت محدود (کمتر از حد نرمال) ولی یکنواخت در تمام طول فصل رشد انجام می‌شود. درواقع تنش آبی (تخلیه آب خاک) به‌مرور و در تمامی مراحل نموی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Intrigliolo et al., 2013). در پژوهشی اثرات کم آبیاری بر بلوغ میوه در زمان برداشت، ویژگی‌های رسیدن و تغییرات در کیفیت میوه در طول و پس از برداشت سیب موردبررسی قرار گرفت. تمام تیمارهای کم آبیاری (کم آبیاری مداوم (SDI) و تنظیم‌شده) باعث افزایش کل مواد جامد محلول میوه و سفتی میوه

بدون در نظر گرفتن بلوغ شدند، اما تأثیر کمی بر اسیدیته قابل تیتراسیون داشتند (Mpelasoka et al., 2001). طی تحقیقی در اسپانیا برای درخت سیب، کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) (۵۰٪ نیاز آبی تیمار شاهد) در آخرین مرحله رشد میوه و آبیاری کامل در بقیه‌ی فصل رشد اعمال شد. در طول دوره سه‌ساله، کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) اندازه میوه و عملکرد را کاهش نداد، درحالی‌که کم آبیاری مداوم (SDI) در کل سال اندازه میوه را به‌شدت کاهش داد (Chenafi et al., 2016). ارزیابی پاسخ درخت سیب طی سه سال آزمایش در مراکش به دو استراتژی کم آبیاری مداوم (SDI) با ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی محصول در مقایسه با تیمار کنترل آبیاری با ۱۰۰٪ نیاز آبی انجام شد (El Jaouhari et al., 2018). آتای و همکاران اثرات بیش‌آبیاری و کم آبیاری در مقایسه‌ی با آبیاری کامل، بر عملکرد و کیفیت میوه‌ی سیب را در ترکیه ارزیابی کردند. مطابق انتظار آن‌ها، هم بیش‌آبیاری و هم کم آبیاری عملکرد کل میوه را کاهش دادند. اگرچه بیش‌آبیاری، افزایش عملکرد میوه باکیفیت‌تر را به دنبال داشت (Atay et al.,2017). فقیه و همکاران تأثیر کائولین را بر روی دو رقم سیب تحت کم آبیاری مداوم (SDI) بررسی کردند. آن‌ها سه تیمار کم آبیاری مداوم (SDI) (۷۰، ۸۵ و ۱۰۰٪ نیاز آبی) و تیمارهای مربوط به کائولین برای دو سال متوالی در نظر گرفتند. تیمارهای کم آبیاری وزن میوه را در هر دو سال به‌صورت معنی‌داری کاهش دادند. تیمار آبیاری ۷۰٪ نیاز آبی (شدید) به‌طور معنی‌داری طول میوه سیب را در هر دو سال کاهش داد. هم‌چنین تیمار کم آبیاری شدید باعث افزایش سفتی میوه سیب نسبت به شاهد و تیمار کم آبیاری خفیف (۸۵٪ نیاز آبی) شد (Faghih et al., 2021). ژانگ و همکاران پاسخ عملکرد میوه، کیفیت میوه و مصرف آب را به کم آبیاری درختان سیب تحت آبیاری موجی ریشه بررسی کردند که کمبود آب در طول مرحله‌ی دوم تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر کیفیت سیب داشت (Zhong et al., 2019). به‌طورکلی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که کم آبیاری مناسب می‌تواند رشد رویشی را کاهش و ازلحاظ کمی و کیفی بر میوه اثر نگذارد و حتی آن‌ها را بهبود دهد. ازآنجایی‌که کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته و با کم‌آبی مواجه است اقداماتی باید برای حفظ و به حداقل رساندن پیامدهای آن انجام داد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر کم آبیاری و شبکه سایه‌بان بر رشد و کیفیت میوه سیب رقم گلدن دلیشز و هم‌چنین بررسی بهره‌وری آب در باغ متراکم سیب است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر طی فروردین‌ماه تا اواخر مهرماه سال ۱۴۰۰ در باغ متراکم سیب مزرعه‌ی نمونه‌ی آستان قدس رضوی با طول ۵۹ درجه،۴۳ دقیقه و ۲۵/۸ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه و ۱۹/۳ ثانیه به مساحت ۵ هکتار بر روی رقم گلدن دلیشز (زرد لبنانی) انجام شد. درختان ۶ ساله، فاصله‌ی آن‌ها ۸۰×۳۲۰ سانتی‌متر و تعداد درختان در هر هکتار ۳۹۰۰ اصله و نوع پایه مالینگ M9 و روش پرورش داربستی–هرمی و مجهز به سیستم ضد تگرگ، ضد یخ‌زدگی و شبکه سایه‌بان بود. سیستم آبیاری مورداستفاده این باغ، سیستم آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان ۴ لیتر بر ساعت و فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم است. باغ موردنظر در فاصله‌ی حدود ۵ کیلومتری شرق شهر مشهد و در فاصله‌ای اندک از ایستگاه هواشناسی فرودگاه مشهد قرار داشت که در کل مدت پژوهش، بارش ۲۳/۸ میلی‌متر ثبت شد. هم‌چنین خصوصیات خاک منطقه موردمطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک منطقه موردمطالعه

بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	مواد معدنی (٪)	اسیدیته	شوری (ds/m)	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی (٪)	رطوبت حجمی ظرفیت زراعی (٪)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	عمق (cm)
لوم	۴۵/۶	۲۹/۲	۲۵/۲	۲/۱	۷/۸	۱/۵	۱۳/۵	۲۸/۳	۱/۴۴	۰-۶۰

ابتدا تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از داده‌های تشت تبخیر و برآورد ضریب تشت تبخیر از دو تشت تبخیر موجود در زیر شبکه‌ی سایبان و خارج از شبکه سایه‌بان به دست آمد سپس با استفاده از ضریب گیاهی برای مراحل مختلف رشد سیب، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه از معادله‌ی (۱) حاصل شد (El Jaouhari et al.,2018).

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (۱)$$

ETc: تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه موردنظر (میلی‌متر بر روز)

Kc: ضریب گیاهی

ETo: تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز)

بعد از به دست آوردن ضریب تصحیح تبخیر تعرق در آبیاری موضعی، راندمان آبیاری، صرف‌نظر کردن از کسر آبشویی و لحاظ کردن بارش مؤثر، عمق ناخالص آبیاری برای هر دور آبیاری محاسبه و از طریق زمان آبیاری بر تیمارهای آبیاری اعمال شد (جدول ۲).

بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب) از معادله‌ی (۲) به دست می‌آید (Zhong et al.,2019):

$$WPI = \frac{Y}{I} \quad (۲)$$

Y: عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)

I: آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)

و هم‌چنین بهره‌وری آب محصول (کیلوگرم بر مترمکعب) که از معادله‌ی (۳) حاصل خواهد شد:

$$WPc = \frac{Y}{ET_c} \quad (۳)$$

که باصرفنظر کردن از کسر آبشویی، رواناب و غیره در معادله‌ی (۴) خواهیم داشت:

$$ETc = Pe + I \quad (۴)$$

و درنهایت شکل ساده‌تر بهره‌وری آب محصول (کیلوگرم بر مترمکعب) در معادله‌ی (۵) خواهد بود:

$$WPc = \frac{Y}{Pe + I} \quad (۵)$$

Y: عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)

I: آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)

P_e: بارش مؤثر (مترمکعب بر هکتار)

خصوصیات رشدی وزن میوه (گرم)، قطره میوه (میلی‌متر)، رشد شاخه (سانتی‌متر)، سفتی بافت میوه (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، عملکرد (کیلوگرم) و هم‌چنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی شاخص طعم (نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون)، آب‌میوه (٪)، قند کل (٪)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (٪) و فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین رشد رویشی شاخه سال جاری واقع در یک‌سوم انتهایی شاخه سال قبل روی چهار درخت از درختان مرکزی برای هر تکرار به‌صورت هر ۱۰ روز مورد ارزیابی واقع شد. رشد قطری چهار میوه از هریک از چهار درخت مرکزی تا زمان برداشت میوه‌ها ثبت گردید. اندازه‌گیری در فواصل زمانی هر ۱۰ روز یک‌بار با استفاده از کولیس دیجیتال انجام شد (سلاح ورزی و همکاران،۱۳۹۵). اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از دستگاه pH متر و به کمک تیتراسیون ۵ سی‌سی آب‌میوه ۰/۱٪ با سود ۰/۱ نرمال تا زمان رسیدن به pH =۸/۱ اندازه‌گیری شد و به‌صورت درصدی از اسید مالیک (اسید غالب سیب) بیان گردید (Kotter.,2018). مواد جامد محلول کل با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی (PR-201 Palette, Atago, Japan) اندازه‌گیری و به‌صورت درجه بریکس آب‌میوه گزارش شد (Pradhan et al.,2018). سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از پنترومتر دستی با پیستون ۸ میلی‌متری (Effegi 8 mm Plunger, Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد.

بررسی خصوصیات رشدی و فیزیکوشمیایی به‌صورت یک آزمایش اسپیلت پلات (کرت‌های خردشده) بر پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار که کرت اصلی تیمارهای آبیاری و کرت فرعی تیمارهای شبکه سایه‌بان بود. تیمارهای آبیاری شامل تیمار شاهد یا کنترل (۱۰۰٪ نیاز آبی در تمام مراحل)، تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) (۶۰٪ نیاز آبی در فاصله‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ روز بعد از تمام گل و ۱۰۰٪ نیاز آبی در سایر مراحل) و کم آبیاری مداوم (SDI) (۶۰٪ نیاز آبی در تمام مراحل) و تیمارهای شبکه سایه‌بان (وجود (S) و عدم وجود (N)) است. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP 16 (SAS Institute, Cary, NC) صورت پذیرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال خطای ۵٪ انجام شد و خطای استاندارد در شکل‌ها به‌صورت (SE ± میانگین) نشان داده شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ آبیاری اعمال‌شده برای تیمارهای مختلف آبیاری و سایه‌بان است که به تفکیک ماه‌های مختلف و درمجموع آمده است. پس از محاسبه‌ی عمق ناخالص آبیاری برای آبیاری شاهد در هر دو تیمار سایه‌بان، تیمارهای دیگر بر اساس آن اعمال شد.

جدول ۲- آبیاری اعمال‌شده برای تیمارهای مختلف آبیاری و سایه‌بان (میلی‌متر)

تیمار آبیاری	تیمار سایه‌بان	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	مجموع
آبیاری شاهد	سایه‌بان	۶/۲	۶۴/۲	۱۲۶/۷	۱۷۴/۵	۱۶۵/۹	۷۳/۴	۴۸/۷	۶۵۹/۶
	بدون سایه‌بان	۷/۲	۷۴/۵	۱۴۷/۱	۲۰۲/۶	۱۹۲/۶	۸۵/۲	۵۶/۵	۷۶۵/۸
کم آبیاری تنظیم‌شده	سایه‌بان	۶/۲	۶۴/۲	۷۹/۰	۱۲۲/۲	۱۶۵/۹	۷۳/۴	۴۸/۷	۵۵۹/۶
	بدون سایه‌بان	۷/۲	۷۴/۵	۹۱/۷	۱۴۱/۹	۱۹۲/۶	۸۵/۲	۵۶/۵	۶۴۹/۸
کم آبیاری مداوم	سایه‌بان	۳/۷	۳۸/۵	۷۶/۰	۱۰۴/۷	۹۹/۶	۴۴/۰	۲۹/۲	۳۹۵/۸
	بدون سایه‌بان	۴/۳	۴۴/۷	۸۸/۲	۱۲۱/۶	۱۱۵/۶	۵۱/۱	۳۳/۹	۴۵۹/۵

جدول ۳ تجزیه واریانس اثر آبیاری و سایه‌بان بر خصوصیات رشدی درختان سیب رقم گلدن دلیشز را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۳ اثر تیمارهای آبیاری و سایه‌بان بر وزن میوه معنی‌دار است. بالاترین وزن میوه مربوط به تیمار آبیاری شاهد (FI) با سایه‌بان و پایین‌ترین

وزن میوه به کم آبیاری مداوم (SDI) بدون سایه‌بان تعلق دارد. کاهش وزن میوه در کم آبیاری مداوم (SDI) حدود ۱۴٪ است اما در کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) تنها حدود ۳٪ وزن میوه کاهش‌یافته است (جدول ۴) این نتایج مطابقت با مطالعات گذشته نظیر فقیه و همکاران دارد (Faghih et al.,2021).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آبیاری و سایه‌بان بر خصوصیات رشدی درختان سیب رقم گلدن دلیشز

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن میوه (gr)	سفتی میوه (kg/cm^2)	قطر میوه (mm)	طول شاخه (cm)	عملکرد (kg)	WP_I (kg/m^3)	WP_C (kg/m^3)
بلوک	۳	۲۴/۷۳**	^{ns}۰/۰۱۶	^{ns}۰/۱۵	^{ns}۱/۳	^{ns}۰/۰۸	^{ns}۰/۰۲	^{ns}۰/۰۲
آبیاری	۲	۸۳۲/۱۹**	۰/۶۳**	۶۵۱/۶**	۱۰۷۸/۸**	۴۳/۴**	۸/۳**	۶/۵**
شبکه سایه‌بان	۱	۸۱۳/۵۲**	^{ns}۰/۰۰۹	۵۱/۳**	۸۵/۷**	۱۳/۱**	۳۸/۱**	۳۴/۴**
سایه‌بان*آبیاری	۲	۴۳/۲۹**	^{ns}۰/۰۳۳	۳/۱**	۱۳/۸**	۰/۳۵*	^{ns}۰/۰۳	^{ns}۰/۰۲
خطای نوع ۱	۶	۱/۴۹	۰/۰۰۶	/۲	۱/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۲	۰/۰۲

*و ** به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری است

بر اساس شکل ۱ (منحنی رشد قطر میوه)، در ابتدا و قبل از اعمال کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI)، مقادیر رشد میوه‌ها در تیمار آبیاری شاهد (FI) و کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) به هم نزدیک اند درحالی‌که مقادیر قطر میوه کم آبیاری مداوم (SDI) از همان ابتدا پایین‌تر از مقادیر دو تیمار آبیاری دیگر قرار دارد اما پس از اتمام کم آبیاری و اعمال آبیاری نرمال در تیمار کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) مجدداً منحنی رشد آن به آبیاری کامل (شاهد) میل می‌کند. هم‌چنین بر اساس جدول های ۳ و ۴ تیمارهای آبیاری و سایه‌بان اثر معنی‌داری بر قطر میوه‌دارند (Marsal et al.,2000). کاهش رشد میوه در کم آبیاری مداوم (SDI) حدود ۲۵٪ بوده اما در کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) تنها حدود ۳٪ است درحالی‌که وجود سایه‌بان رشد میوه را در آبیاری شاهد (FI)، کم آبیاری مداوم (SDI) و کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) به ترتیب، ۲، ۴ و ۷٪ افزایش داده است.

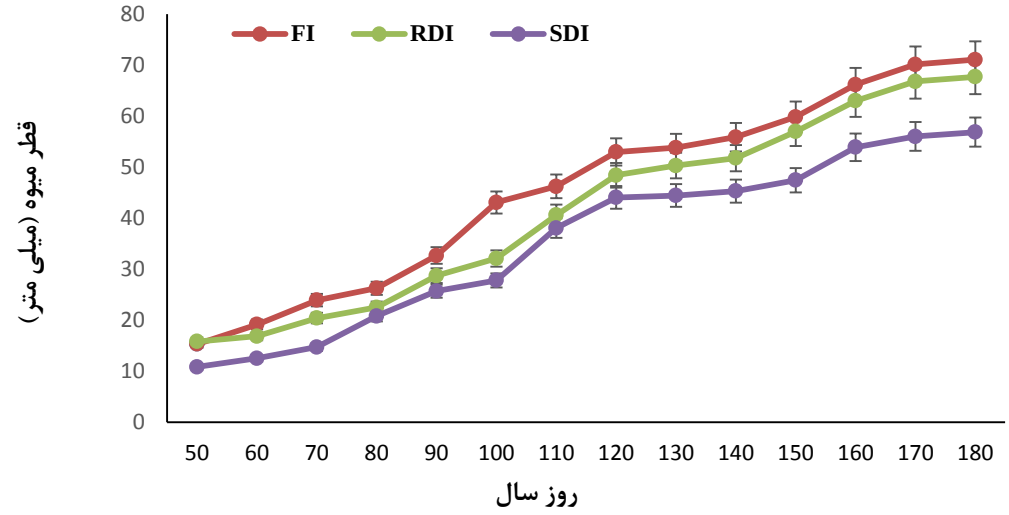
شکل ۲ نشان می‌دهد که رشد طولی شاخه با اعمال کم آبیاری بسیار کاسته شده و رقابت بین رشد رویشی و رشد زایشی شکل‌گرفته که گیاه برای فعال کردن جوانه‌ی گل و رشد میوه‌ها انرژی خود را مصرف می‌کند (McCarthy et al.,2002). درواقع یکی از کاربردهای اصلی کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI)، استفاده از این رقابت بین رشد زایشی و رویشی به نفع رشد زایشی است (Samperio et al.,2015). هم‌چنین اثر آبیاری و سایه‌بان در طول شاخه معنی‌دار بوده که بالاترین رشد مربوط به آبیاری شاهد (FI) با سایه‌بان و پایین‌ترین مربوط به کم آبیاری مداوم (SDI) بدون سایه‌بان است (جدول ۴).

در مورد سفتی بافت میوه نتایج نشان می‌دهد فقط تیمارهای آبیاری معنی‌دار شده و تیمار سایه‌بان معنی‌دار نشده است (جدول ۳). افزایش کم آبیاری باعث سفتی بافت میوه شده به‌طوری‌که بالاترین مقدار مربوط به کم آبیاری مداوم (SDI) و پایین‌ترین آن مربوط به آبیاری شاهد (FI) است (جدول ۵). مطابق مطالعات پیشین با افزایش کم آبیاری تراکم سلولی افزایش و اندازه‌ی میوه کاهش‌یافته و درنتیجه سفتی بافت میوه افزایش می‌یابد (Wan Zaliha et al.,2009).

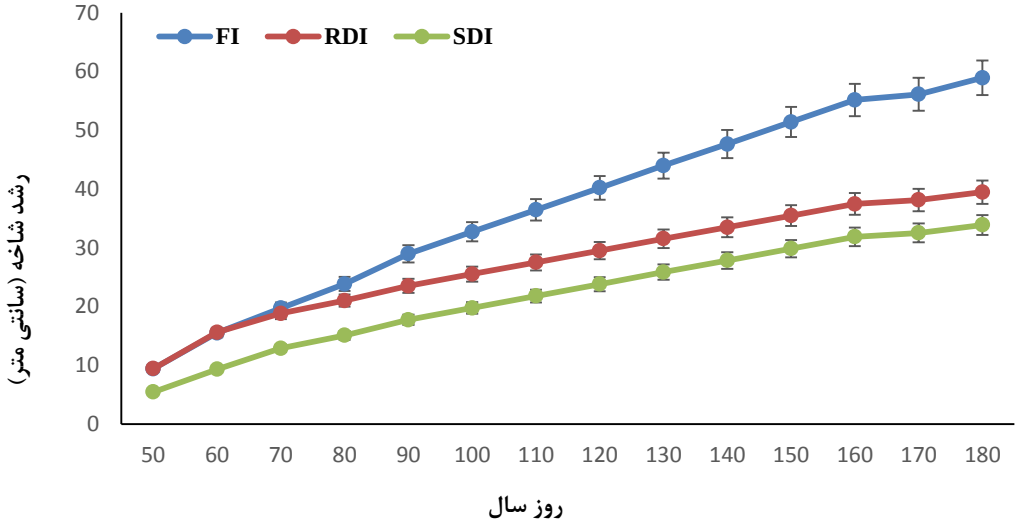
جدول ٤-اثر آبیاری و سایه‌بان بر خصوصیات رشدی درختان سیب رقم گلدن دلیشز

تیمار آبیاری	تیمار سایه‌بان	وزن میوه (gr)	قطر میوه (mm)	رشد شاخه (cm)	عملکرد (kg)
آبیاری شاهد	سایه‌بان	۱۴۷/۶ a	۷۵/۵ a	۵۸/۹ a	۱۷/۷ a
	بدون سایه‌بان	۱۴۶/۳ a	۷۳/۸ b	۵۵/۴ b	۱۵/۸ b
کم آبیاری تنظیم‌شده	سایه‌بان	۱۳۶/۵ b	۷۳/۷ b	۳۹/۵ c	۱۶/۳ b
	بدون سایه‌بان	۱۲۹/۷ c	۷۰/۹ c	۳۸/۲ c	۱۴/۹ c
کم آبیاری مداوم	سایه‌بان	۱۲۶/۴ c	۶۰/۱ d	۳۸/۹ c	۱۲/۹ d
	بدون سایه‌بان	۱۱۹/۱ d	۵۵/۹ e	۳۲/۴ d	۱۱/۸ e

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون نوکی ($p \leq ۰/۰۵$) تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۱- مقادیر رشد میوه سیب گلدن دلیشز تحت تیمارهای آبیاری و وجود شبکه سایه‌بان



شکل ۲-مقادیر رشد شاخه سیب گلدن دلیشز تحت تیمارهای آبیاری و وجود شبکه سایه‌بان

جدول ۵-اثر آبیاری بر خصوصیات رشدی و فیزیکوشیمیایی درختان سیب رقم گلدن دلیشز

تیمار آبیاری	سفتی میوه (kg/cm^2)	WP_I (kg/cm^3)	WP_C (kg/cm^3)	آب‌میوه (٪)	آنتی‌اکسیدان (٪)
آبیاری شاهد	۴/۰۸ c	۹/۳ c	۹/۱ c	۵۸/۹ a	۴۰/۰ c
کم آبیاری تنظیم‌شده	۴/۳ b	۱۰/۲ b	۹/۹ b	۵۸/۶ a	۴۶/۲ b
کم آبیاری مداوم	۴/۶ a	۱۱/۳ a	۱۰/۸ a	۴۵/۵ b	۵۰/۵ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون نوکی ($p \leq ۰/۰۵$) تفاوت معنی‌دار ندارند.

عملکرد با تیمار آبیاری و سایبان کاهش معنی‌دار داشته است (جدول ۳). درواقع کم آبیاری مداوم (SDI) حدود ۲۷٪ کاهش عملکرد را به دنبال داشته این در حالی است که کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) تنها حدود ۷٪ کاهش عملکرد داشته است (جدول ۵). به این نکته می‌توان اشاره کرد که با اعمال افزایش کم آبیاری، عدم وجود سایه‌بان کاهش عملکرد را تخفیف داده است به‌طوری‌که تفاوت تیمار سایه‌بان در آبیاری شاهد (FI) حدود ۱۱٪، در کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) حدود ۹٪ و در کم آبیاری مداوم (SDI) حدود ۸٪ است

(Lopez et al.,2018).

بهره‌وری آب هم در تیمار آبیاری و هم در تیمار سایه‌بان معنی‌دار بوده (جدول ۵ و ۶) و بالاترین مقدار آن برای تیمار کم آبیاری مداوم (SDI) و پایین‌ترین آن مربوط به تیمار آبیاری شاهد (FI) به دست آمد. بدیهی است که کم‌ترین مصرف آب و کم‌ترین عملکرد را تیمار کم آبیاری مداوم (SDI) داشته است اما نسبت کاهش مصرف آب به عملکرد بیش‌تر بوده است؛ اما در مورد تیمار سایه‌بان مقدار بالاتر را تیمار با سایه‌بان دارد که هم عملکرد آن بیش‌تر بوده و هم آب مصرفی کم‌تری داشته است.

اثر متقابل آبیاری و سایه‌بان برای شاخص طعم معنی‌دار شده است (جدول ۷). درواقع کم آبیاری و وجود سایه‌بان باعث افزایش شاخص طعم شده و بالاترین مقدار شاخص طعم برای کم آبیاری مداوم (SDI) با شبکه سایه‌بان به‌دست‌آمده است (جدول ۸).

جدول ٦-اثر سایه‌بان بر خصوصیات رشدی و فیزیکوشیمیایی درختان سیب رقم گلدن دلیشز

تیمار سایه‌بان	آب‌میوه (٪)	آنتی‌اکسیدان (٪)	WP_I (kg/m^3)	WP_C (kg/m^3)
سایه‌بان	۵۹/۴ a	۴۳/۵ a	۱۱/۵ a	۱۱/۱ a
عدم سایه‌بان	۴۹/۲ b	۴۷/۷ b	۹ b	۸/۷ b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون نوکی ($p \leq ۰/۰۵$) تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر آبیاری و سایه‌بان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی درختان سیب رقم گلدن دلیشز

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص طعم (TSS/TA)	آب‌میوه (٪)	قند کل (٪)	آنتی‌اکسیدان (٪)	فنل کل (٪)
بلوک	۳	^{ns}۲/۳۶	^{ns}۱۷/۶	^{ns}۲/۹	^{ns}۱/۲۵	^{ns}۰/۰۰۰۶
آبیاری	۲	۲۰۶/۴**	۴۶۸/۳**	۵۴۳/۸**	۲۲۳/۱**	۲/۷**
شبکه سایه‌بان	۱	۷/۱۵*	۶۲۰/۱**	۲۷۳/۳**	۱۰۴/۱**	۰/۷**
سایه‌بان*آبیاری	۲	۷/۶*	^{ns}۲۹/۳	۴۵/۸**	^{ns}۷/۱	۰/۱**
خطای نوع ۱	۶	۱/۵۳	۲۳/۸	۳/۳	۲/۴	۰/۰۰۶

*و ** به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری است

جدول ۸- اثر آبیاری و سایه‌بان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی درختان سیب رقم گلدن دلیشز

تیمار آبیاری	تیمار سایه‌بان	شاخص طعم (TSS/TA)	قند کل (٪)	فنل کل (٪)
آبیاری شاهد	سایه‌بان	۱۶ c	۵۰/۲ cd	۱۸/۷ f
	بدون سایه‌بان	۱۷/۱۵ e	۴۹ d	۹/۳ e
کم آبیاری تنظیم‌شده	سایه‌بان	۲۵/۲ ab	۶۴ b	۹/۶ d
	بدون سایه‌بان	۲۳/۲ b	۵۵ c	۹/۸ c
کم آبیاری مداوم	سایه‌بان	۲۷/۴ a	۷۱ a	۱۰/۱ b
	بدون سایه‌بان	۲۵ ab	۶۱ b	۱۰/۳ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون نوکی ($p \leq ۰/۰۵$) تفاوت معنی‌دار ندارند.

اثر متقابل آبیاری و سایه‌بان برای آب‌میوه معنی‌دار نشده است ولی اثر آبیاری و اثر سایه‌بان معنی‌دار شده است (جدول ۷). بالاترین مقدار آب‌میوه برای تیمار آبیاری در آبیاری شاهد (FI) و کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) ثبت‌شده است (جدول ۵) هم‌چنین تیمار وجود سایه‌بان مقدار بیش‌تر آب‌میوه را به دنبال داشته است.

اثر متقابل آبیاری و سایه‌بان برای قند کل معنی‌دار شده است (جدول ۷). کم آبیاری و وجود سایه‌بان باعث افزایش قند کل شده و بالاترین مقدار قند کل به کم آبیاری مداوم (SDI) با شبکه سایه‌بان تعلق‌گرفته است (جدول ۸).

اثر متقابل آبیاری و سایه‌بان برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار نشده است ولی اثر آبیاری و اثر سایه‌بان معنی‌دار شده است (جدول ۷). بالاترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برای تیمار آبیاری در کم آبیاری مداوم (SDI) به وقوع پیوسته است (جدول ۵) هم‌چنین تیمار وجود سایه‌بان مقدار بیش‌تر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را به دنبال داشته

است.

اثر متقابل آبیاری و سایه‌بان برای فنل کل معنی‌دار شده است (جدول ۷). درواقع کم آبیاری و وجود سایه‌بان باعث افزایش فنل کل شده و بالاترین مقدار فنل کل برای کم آبیاری مداوم (SDI) بوده است (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

با توجه به بحران و کمبود آب، کم آبیاری حتمی و ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش کم آبیاری مداوم (SDI) مصرف آب را ۴۰٪ کاهش و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی را بهبود داد و هم‌چنین بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب را داشت اما به دلیل کاهش شدید وزن میوه، رشد (قطر) میوه و عملکرد قابل توصیه نیست. هم‌چنین طبق نتایج پژوهش کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI)، حدود ۱۵٪ مصرف آب را کاهش داد و فقط ۷٪ کاهش عملکرد و ۳٪ کاهش رشد میوه را در پی داشته است درحالی‌که بهره‌وری آب، سفتی بافت میوه، شاخص طعم، قند کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل را نسبت به تیمار شاهد افزایش داده و آب‌میوه را تغییر نداده است، هم‌چنین وجود شبکه سایه‌بان مصرف آب را حدود ۱۴٪ کاهش و عملکرد را حدود ۹٪ افزایش داده است؛ بنابراین استفاده از کم آبیاری تنظیم‌شده (RDI) و شبکه‌ی سایه‌بان برای میوه و درخت سیب رقم گلدن دلیشز به‌ویژه در باغ متراکم سیب که هدف آن حفظ کمیت و کیفیت میوه باوجود کمبود آب (بهبود بهره‌وری آب) بوده، قابل توصیه است.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه فردوسی مشهد به سرانجام رسیده است. لذا نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از کمک‌های صورت گرفته توسط آن نهاد دولتی در به ثمر رسیدن این پژوهش تشکر و سپاسگزاری نمایند.

منابع

بی‌نام. ۱۴۰۰. آمارنامه جهاد کشاورزی. دفتر آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. http://www.amar.maj.ir.

بی‌نام.۱۴۰۱. گزارش تحلیلی صادرات و واردات بخش کشاورزی و غذا. دفتر آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. http://www.amar.maj.ir.

سلاح ورزی، ی. ۱۳۹۵. بررسی اثر کم آبیاری تنظیم شونده و کاربرد جیبرلیک اسید بر گلدهی، خصوصیات میوه و کیفیت ماندگاری محصول انار (رقم شهوار)، رساله دکتری. دانشگاه تهران.

عباسی، ف، عباسی، ن. و توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم اندازها .آب و توسعه پایدار. ۴(۱). ۱۴۱-۱۴۴.

ناصری، ا، عباسی، ف، نورجو، ا، احمدآلی، ج، شاهرخ نیا، م، مأمن پوش، ع، کرامتی طرقی، م، سپهری، س، اخوان، ک، موسوی فضل، س، عباسی، ن، اکبری، م، باغانی، ج، نخجوانی، م، نیکان فر، ر. و ذوالفقاران، ا.۱۴۰۰. تعیین بهره‌وری آب با کاربرد سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در تولید سیب در ایران .*تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی*.۸۳(۲۲).۴۳-۵۸.

Appiah, S. A., Li, J., Lan, Y., Alordzinu, K. E., Al Aasmi, A., Wang, H. and Issaka, F. 2021. Regulated deficit irrigation (RDI) under citrus species production: A review. Journal of Horticulture and Forestry. 13(4): 81-95.

Atay, E., Hucbourg, B., Drevet, A. and Lauri, P. E. 2017. Investigating effects of over-irrigation and deficit irrigation on yield and fruit quality in pink ladytm "rosy glow" apple. Acta Scientiarum Polonorum: Hortorum Cultus. 16(4): 45-51.

Cai, Y., Wu, P., Zhu, D., Zhang, L., Zhao, X., Gao, X. and Dai, Z. 2021. Subsurface irrigation with ceramic emitters: An effective method to improve apple yield and irrigation water use efficiency in the semiarid Loess Plateau. Agriculture, Ecosystems & Environment. 313: 107404.

Cao, X., Xiao, J., Wu, M., Zeng, W. and Huang, X. 2021. Agricultural water use efficiency and driving force assessment to improve regional productivity and effectiveness. Water Resources Management. 35(8): 2519-2535.

Chenafi, A., Monney, P., Arrigoni, E., Boudoukha, A. and Carlen, C. 2016. Influence of irrigation strategies on productivity, fruit quality and soil-plant water status of subsurface drip-irrigated apple trees. Fruits. 71(2): 69-78.

El Jaouhari, N., Abouabdillah, A., Bouabid, R., Bourioug, M., Aleya, L. and Chaoui, M. 2018. Assessment of sustainable deficit irrigation in a Moroccan apple orchard as a climate change adaptation strategy. Science of the total environment. 642: 574-581.

Faghih, S., Zamani, Z., Fatahi, R. and Omidi, M. 2021. Infuence of kaolin application on most important fruit and leaf characteristics of two apple cultivars under sustained defcit irrigation. Biological Research. 54.

Francaviglia, D., Farina, V., Avellone, G. and Bianco, R. L. 2013. Fruit yield and quality responses of apple cvars Gala and Fuji to partial rootzone drying

Mpelasoka, B. S., Behboudian, M. H. and Mills, T. M. 2001. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of 'Braeburn'apple. Scientia Horticulturae. 90(3-4): 279-290.

Pradhan, P. C., Panigrahi, B., Paul, J. C., Sahu, B. C. and Behera, B. 2019. Productivity and quality response of tomato (Lycopersicum esculentum L.) under different fertigation levels and emitter types in a tropical region of eastern India. International Journal of Chemical Studies. 7(4): 1217-1221

Samperio, A., Prieto, M. H., Blanco-Cipollone, F., Vivas, A. and Moñino, M. J. 2015. Effects of post-harvest deficit irrigation in 'Red Beaut'Japanese plum: tree water status, vegetative growth, fruit yield, quality and economic return. Agricultural Water Management. 150: 92-102.

Selahvarzi, Y., Zamani, Z., Fatahi, R. and Talaei, A. R. 2017. Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (Punica granatum cv. Shahvar). Agricultural Water Management. 192: 189-197.

Reid, M. and Kalcsits, L. 2020. Water deficit timing affects physiological drought response, fruit size, and bitter pit development for 'Honeycrisp'apple. Plants. 9(7): 874.

Robinson, T. L. 2007. Managing high-density apple trees for high yield and fruit quality. In New England Veg. and Fruit Conf. Manchester, NH.

Talluto, G., Farina, V. I. T. T. O. R. I. O., Volpe, G. I. O. R. G. I. O. and Bianco, R. L. 2008. Effects of partial rootzone drying and rootstock vigour on growth and fruit quality of 'Pink Lady'apple trees in Mediterranean environments. Australian Journal of Agricultural Research. 59(9): 785-794.

Van Hooijdonk, B. M., Dorji, K. and Behboudian, M. H. 2004. Responses of 'Pacific Rose'™ apple to partial rootzone drying and to deficit irrigation. European Journal of Horticultural Science. 69(3): 104-110.

Wan Zaliha, W. S. and Singh, Z. 2009. Impact of regulated deficit irrigation on fruit quality and postharvest storage performance of'Cripps Pink'apple. In VI International Postharvest Symposium 877: 155-162.

Zhong, Y., Fei, L., Li, Y., Zeng, J. and Dai, Z. 2019. Response of fruit yield, fruit quality, and water use efficiency to water deficits for apple trees under surge-root irrigation in the Loess Plateau of China. Agricultural Water Management. 222: 221-230.

under Mediterranean conditions. The Journal of Agricultural Science. 151(4): 556-569.

Keivanfar, S., Fotouhi Ghazvini, R., Ghasemnezhad, M., Mousavi, A. and Khaledian, M. R. 2019. Effects of regulated deficit irrigation and superabsorbent polymer on fruit yield and quality of'granny smith'apple. Agriculturae Conspectus Scientificus. 84(4): 383-389.

Kendall, A., Miles, C. A., Alexander, T. R., Scheenstra, E. and LaHue, G. T. 2022. Reduced irrigation during orchard establishment conserves water and maintains yield for three cider apple cultivars. HortScience. 57(1): 118-125.

Koech, R. and Langat, P. 2018. Improving irrigation water use efficiency: A review of advances, challenges and opportunities in the Australian context. Water. 10(12): 1771.

Kotter-Seel, S. 2018. Sensorial and analytical profiling of orange juice and apple juice: Development and validation of shelf-life prediction models. Herbert Utz Verlag.

Intrigliolo, D. S., Bonet, L., Nortes, P. A., Puerto, H., Nicolás, E. and Bartual, J. 2013. Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. Irrigation Science. 31(5): 959-970.

Lo Bianco, R. 2019. Water-related variables for predicting yield of apple under deficit irrigation. Horticulturae. 5(1): 8.

Lopez, G., Boini, A., Manfrini, L., Torres-Ruiz, J. M., Pierpaoli, E., Zibordi, M. and Corelli-Grappadelli, L. 2018. Effect of shading and water stress on light interception, physiology and yield of apple trees. Agricultural Water Management. 210: 140-148.

Marsal J., Rapoport H.F., Manrique T., and Girona J. 2000. Pear fruit growth under regulated deficit irrigation in container-grown trees Scientia Horticulture. 85: 243-259.

McCarthy, M. G., Loveys, B. R., Dry, P. R. and Stoll, M. 2002. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. Deficit irrigation practices, FAO Water Reports. 22: 79-87.

Mills, T. M., Clothier, B. E. and Behboudian, M. H. 1996. The water relations of'Braeburn'apple fruit grown under deficit irrigation. In II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. 449: 385-392.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.2, Vol. 17, Jun.-Jul. 2023, p. 365-374

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۷، خرداد - تیر ۱۴۰۲، ص. ۳۷۴-۳۶۵

Investigation Effect Deficit Irrigation and Shading on Growth and Quality Fruit in High Density Apple Orchard

M. Selahvarzi[1], H. Ansary[2]*, A. Ziaei[3], M. Nasirpour[4]

Recived: Dec.18, 2022 Accepted: Jan.24, 2023

Abstract

The lack of water and food supply makes deficit irrigation will be an unavoidable and widespread action in all aspects of agriculture, especially in high density orchard which aims to increase the quantity and quality of the product, it increases the consumption of water and other inputs. Water productivity is an indicator that shows the product produced per irrigation water consumption. Apple is considered as one of the most important garden and agricultural export products of the country. Recently, apple gardeners are increasingly using shade nets to deal with weather hazards, so this study was conducted to investigate the effect of deficit irrigation and shade nets on water productivity and the quantity and quality of apple fruit.The present research was conducted in the high density apple orchard (cv. Golden Delicious) of Astan Quds Razavi sample farm during during 2021, which was set up as a split plot experiment based on a randomized complete block design (the main plot of irrigation treatments: Full Irrigation treatment (FI),Regular Deficit Irrigation treatment(RDI) and Sustained Deficit Irrigation (SDI) and sub plot: presence (S) and absence(N) of shade net) with four replications.According to the results obtained from this research, (RDI) reduced water consumption by 15% ,7% yield and 3% fruit growth. While the water productivity, firmness, maturity index, total sugar, antioxidant and total phenol increased compared to the control treatment and did not change the fruit juice, also the presence(S) of shade net reduced water consumption by 14% and It has increased yield by 9%. Despite reducing irrigation water consumption by 40%, having the highest amount of water productivity and improving some physicochemical characteristics, sustained deficit irrigation (SDI) severely reduced fruit weight, fruit growth and yield.

Keywords: Apple (cv. Golden Delicious), Water productivity, Regulated Deficit Irrigation, Sustained Deficit Irrigation

1- Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Prof., Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Associate Prof, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Ph.D. Student, Department of Horticulture Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: ansary@um.ac.ir)