نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، ص. ۳۰-۱۷

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 2, Autumn and Winter 2023, 17-30

مقاله علمی- پژوهشی

بررسی اثر کم‌آبیاری پایدار و مالچ آلی بر بهره‌وری آب و عملکرد درختان سیب رقم "گرانی اسمیت" در زمان برداشت

هدیه بیگی*[۱]، رضا فتوحی قزوینی[۲]، محمدرضا خالدیان[۳] و محمود قاسم‌نژاد[۴]

چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی جهان به شمار می‌آید. هدف از انجام این آزمایش مطالعه اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری و مالچ آلی بر عملکرد، بهره‌وری آب، وزن تر، درصد ماده خشک، سفتی، محتوای مواد محلول، اسید قابل تیتراسیون و شاخص کلروفیل سیب رقم گرانی اسمیت در زمان برداشت است. به این منظور آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمار آبیاری در سطوح تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی درخت (ETc) و مالچ آلی در ضخامت‌های صفر، چهار، هشت و ۱۲ سانتی‌متر اعمال شدند. نتایج نشان داد، بیشترین میانگین وزن تر میوه به سطوح تأمین ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختصاص داشت و تیمار مالچ آلی در ضخامت هشت، چهار و ۱۲ سانتی‌متر به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار مثبتی در وزن تر میوه نسبت به شاهد داشتند. میانگین عملکرد در درختان مالچ‌پاشی شده ۱۱/۵۲ درصد بیشتر از درختان شاهد بود، بیشترین عملکرد در درختان تحت تیمار هشت سانتی‌متر مالچ به دست آمد. غلظت مواد محلول و سفتی میوه در ۵۰ درصد آبیاری بهبود یافت. برهمکنش تیمار ۸ سانتی‌متر مالچ آلی با ۷۵ درصد آبیاری بیشترین مقدار اسید میوه را به خود اختصاص دادند. شاخص هر دو کلروفیل a و b با افزایش تنش خشکی کاهش و با کاربرد تیمار مالچ بهبود یافتند. به‌علاوه برهمکنش هر دو تیمار آزمایش، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی در واحد سطح را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، تنش خشکی، سیب "گرانی اسمیت"، کیفیت میوه

مقدمه

در گزارش فائو سالانه بیش از ۴۰ درصد غذای مردم جهان از زمین‌های کشاورزی به‌دست می‌آید. از این‌رو بخش کشاورزی با مصرف ۷۰ درصد آب شیرین به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب بشمار می‌آید (FAO, 2012). به دلیل کمبود آب در بسیاری از نقاط جهان، استفاده بهینه از منابع آب به‌خصوص در بخش کشاورزی یک اولویت برای افزایش امنیت در تولید مواد غذایی است(FAO, 2007).

با افزایش تقاضای بازار و گسترش زمین‌های کشاورزی، کمبود آب به مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید سیب تبدیل شده است؛ بنابراین بهبود بهره‌وری آب برای توسعه پایدار کشاورزی امری ضروری است (Kang et al., 2017). در یک مقایسه میزان بهره‌وری آب در ایران ۰/۸ تا ۱/۴ و در کشورهای پیشرفته ۲/۵ تا ۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۶).

افزایش بهره‌وری آب در چهار شرایط بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد: ۱) درجایی که بهره‌وری آب پایین باشد و بهبود بهره‌وری سبب افزایش تولید و رونق کشاورزی شود؛ ۲) در جایی که رقابت فشرده‌ای برای استفاده از آب وجود داشته باشد.

[۱] کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان (* نویسنده مسئول: hediyehbeigi680@gmail.com)
[۲] استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
[۳] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
[۴] استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹
DOR: 20.1001.1.24764531.1401.9.2.2.5

۳) در جایی که توسعه منابع آب محدود بوده و بازگشت بخشی از آب بتواند تحولات زیادی به همراه داشته باشد و سبب جبران این کاستی شود ۴) در جایی که مصرف آب موجب خسارت به اکوسیستم شده باشد مانند پایین آمدن سطح آب زیرزمینی و خشک شدن رودخانه‌ها (Dermody et al., 2014).

اعمال کم‌آبیاری به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری است. به‌طورکلی می‌توان سه نوع کم‌آبیاری را اعمال نمود:

۱) کاهش مداوم آب در کل دوره محصول (SDI؛ کم‌آبیاری پایدار)

عموماً برای گیاهان جوان از روش SDI استفاده می‌شود چون ممکن است تنش خشکی روی رشد رویشی و میوه‌دهی درختان جوان تأثیر بگذارد (De Oliveira et al., 2017).

۲) کاهش هدفمند در طی مرحله یا دوره مشخص (RDI؛ کم‌آبیاری تنظیم‌شده)

مکانیسم‌های مربوط به پاسخ گیاه به تنش آب ناشی از (RDI)، در صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه نمود پیدا می‌کند. صفات مورفولوژیکی مانند افزایش نسبت ریشه به شاخه و بهبود جذب مواد مغذی؛ صفات فیزیولوژیکی مانند بسته شدن روزنه، کاهش تنفس برگ و حفظ فتوسنتز؛ ویژگی‌های بیوشیمیایی مانند افزایش مولکول‌های سیگنالی و فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانی(Chai et al., 2011).

۳) کم‌آبیاری بخشی از ریشه (PRD)

آبیاری ریشه یا PRD یک فناوری مبتکرانه برای صرفه‌جویی در مصرف آب است. کانگ و ژانگ که می‌تواند باز شدن روزنه را تنظیم کند و تعرق پی‌درپی سطح بالای ریشه را کاهش داده و اجازه می‌دهد تا قبل از ظهور خشکی بعدی مرطوب بماند (Kang and Zhang, 2004).

در شرایط تنش خشکی رشد رویشی و عملکرد درختان میوه با تغییر در میزان فتوسنتز، تنفس، جابجایی و یا انتقال مواد، دریافت یون‌های معدنی، کربوهیدرات‌ها، متابولیسم مواد غذایی و هورمون‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Xoconostle-Cazares et al., 2010). تنش کم‌آبی تأثیر منفی بر میزان فشار هیدرواستاتیک (تورگر) و فشار تورژسانس سلول می‌گذارد چراکه میزان طویل‌شدن سلولی، در ابتدا با میزان آب ورودی به سلول و میزان تورژسانس سلولی تعیین می‌شود و سپس تحت تأثیر میزان ورود و تجمع کربوهیدرات‌ها قرار می‌گیرد(Gómezdel-Campo and Garcia, 2013)؛ بنابراین تنظیم فشار اسمزی سازوکاری بین خاک و ریشه گیاه است که منجر به نگهداری آب و حفظ تورژسانس سلول‌ها در اثر بروز تنش می‌شود. این فرآیند ناشی از تجمع مولکول‌ها و ترکیبات فعال اسمزی ازجمله قندهای محلول و پرولین در محیط سلول است (Liu et al., 2012). یکی دیگر از مکانیسم‌های گیاهان در پاسخ به تنش آبی سنتز آبسایسیک اسید است که در ریشه تولیدشده و باعث بسته شدن روزنه می‌شود؛ بنابراین اتلاف آب از طریق تعرق کاهش می‌یابد. تحت شرایط تنش، آسکوربیک اسید به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان باعث می‌شود که فعالیت گونه‌های اکسیژن کاهش یابد (Ahmed et al., 2014). پراکسید هیدروژن، در انتقال سیگنال به گیاه، تنظیم نمو و ایجاد سازگاری در شرایط تنش‌زای زنده و غیر زنده نقش مهمی ایفا می‌کند (Noctor et al., 2014).

فناوری‌های مالچ می‌توانند رطوبت خاک، ظرفیت نگهداری آب و کارایی مصرف آب را افزایش دهند. مالچ سطحی اساساً آب و مسیر گردش گرما در اکوسیستم خاک را از طریق حفظ رطوبت و تغییر دمای خاک و سپس خواص دیگر آن، مانند حجم، چگالی و تخلخل را بهبود می‌بخشد (Wang et al., 2015). همچنین مالچ به‌عنوان منبع مهمی از مواد مغذی برای گیاهان، باعث بهبود خواص فیزیکی خاک و عملکرد محصول می‌شود. البته نه‌تنها به‌دلیل دارا بودن محتوای مواد مغذی بیشتر، بلکه به‌دلیل کنترل رشد علف‌های هرز، نقش مهمی دارد (Sinkevičienė et al., 2009). فناوری مالچ سطحی عمدتاً در محصولات زراعی (مانند گندم و ذرت) استفاده می‌شود، همچنین برای باغ‌ها (مانند سیب، مرکبات و زیتون) این روش قابل استفاده است. مالچ اغلب در دوره رشد گیاهان (به‌ندرت در طول سال) استفاده می‌شود

(Cai et al., 2015). اثربخشی مالچ در مناطق مختلف آب‌وهوایی و سیستم‌های برداشت ممکن است متفاوت باشد. مالچ شن به‌عنوان یک مانع برای کاهش تبخیر به‌کار می‌رود، در نتیجه رطوبت خاک را حفظ می‌کند. مالچ کاه و کلش در کل فصل با ذخیره کردن بارندگی، تمام فصل زراعی را بهبود بخشیده و خشکی‌هایی که در منطقه نیمه مرطوب در مراحل اولیه رشد اتفاق می‌افتد را کاهش می‌دهد (Xie et al., 2010). کاربرد مالچ آلی در کف باغ‌های ارگانیک، به‌منظور مدیریت خاک باغ، تولید میوه ارگانیک، ایجاد شرایط مطلوب برای رشد درختان، حاصلخیزی خاک، سرکوب علف‌های هرز و به حداقل رساندن عوامل تنش‌زای بیولوژیک و غیربیولوژیک است. نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده، تیمارهای مالچ ماش، پلاستیک و سویا به‌ترتیب موجب افزایش درصد عصاره، طول و عرض میوه سیب شدند. مطالب اخیر حاکی از اثرات مثبت این تیمارها در بهبود کیفیت میوه است (Yao et al., 2005). از طرفی استفاده گسترده از عملیات خاک‌ورزی سبب کاهش کیفیت خاک، تنوع زیستی، آسیب به ریشه درختانی که پایه‌های ضعیف و سیستم ریشه‌ای کم‌عمق دارند می‌شود (Mia et al., 2020). ولی کاربرد مالچ آلی علاوه بر کاهش این معایب، موجب پایداری و سودآوری باغ می‌شود.

با توجه به قرارگرفتن ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، کاهش بارندگی در سال‌های اخیر و همچنین کاهش سطح آب سفره‌های زیرزمینی، استفاده از روش‌های نوین در کشاورزی به‌منظور مصرف بهینه آب، بیشتر از قبل ضرورت پیدا کرده است. هدف از انجام این آزمایش بالا بردن سطح بهره‌وری آب مصرفی است که با مطالعه تأثیر کم‌آبیاری پایدار و مالچ گیاهی در اطراف درختان سیب "گرانی اسمیت" از طوقه تا سایه‌انداز، با ارزیابی میزان عملکرد، بهره‌وری و همچنین کیفیت محصول در زمان برداشت تعیین می‌گردد.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان آزمایش

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در یک باغ تجاری واقع در شهرستان آبیک از توابع استان قزوین روی درختان سیب رقم "گرانی اسمیت" پیوندی با پایه بذری شش ساله که به‌صورت مستطیلی با فاصله‌ی ۴/۵ × ۴ در جهت شمالی جنوبی کشت شده بودند انجام شد. به‌علاوه اطلاعات هواشناسی سال انجام آزمایش (دوره کوتاه‌مدت) (جدول ۳) و ۱۰ سال قبل محل آزمایش (دوره بلندمدت) (جدول ۴) تهیه شد.

آبیاری متداول درختان از اواخر فروردین‌ماه به‌صورت قطره‌ای تحت‌فشار با استفاده از چهار قطره‌چکان برای هر درخت که با آرایش دو لترال موازی، با فاصله ۵۰ سانتی‌متری از تنه‌ی درختان روی ردیف‌ها تعبیه شده بود، انجام شد. خاک باغ دارای بافت لومی با pH = ۷/۷۵ بود. طرح آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار که هر یک شامل ۱۲ درخت و درمجموع شامل ۳۶ اصله درخت بود اجرا شد. تیمارهای موردمطالعه آبیاری در سه سطح تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی (ETc)[1] درخت (فاکتور اصلی) و مالچ گیاهی ضخامت‌های صفر، چهار، هشت و ۱۲ سانتی‌متر (فاکتور فرعی) بودند. تیمار آبیاری و مالچ آلی از اواخر دوره تقسیم سلولی میوه (Nemeskéri, 2007) با شروع افزایش دما (۳۵ روز بعد از تمام گل و ریزش گلبرگ‌ها به‌مدت ۱۲۰ روز، از هفته اول خرداد تا آخر شهریورماه) اعمال شد.

نتایج کارشناسی در ماه مه سال ۱۹۹۰ میلادی، روش پنمن مانتیس فائو به‌عنوان تنها روش استاندارد برای محاسبه میزان تبخیر–تعرق گیاه (ETc) معرفی شد (Allen et al., 1998) تا با استفاده از نسبت‌های تجربی تبخیر–تعرق گیاه مرجع در شرایط استاندارد، ضریب گیاهی (Kc) تعیین گردد (جدول ۱).

$$EC = Kc \times ETo \qquad (۱)$$

در این رابطه ETc؛ تبخیر–تعرق واقعی گیاه اصلی یا آب مصرفی گیاه (mm/day)، Kc[2]؛ ضریب گیاهی (بدون واحد)،

1. Crop Evapotrancpiration or crop water use (ETc)
2. Crop coefficient (Kc)

ETo؛ تبخیر–تعرق گیاه مرجع یا آب مصرفی گیاه مرجع (mm/day) می‌باشد.

بر اساس برخی از پژوهش‌ها و محاسبات انجام‌شده نیاز آبی تقریبی برخی از گونه‌های درختان میوه در جدول (۲) آمده است (دولتشاهی و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول ۱- - ضریب گیاهی برخی از درختان میوه در شرایط مختلف (Allen et al., 1998)

محصول	مراحل ابتدایی رشد	مراحل میانی رشد	مراحل پایانی رشد
بادام (بدون پوشش گیاهی در سطح زمین)	۰/۴	۰/۹	۰/۶۵
سیب، گلابی، گیلاس، آلبالو:			
بدون پوشش گیاهی در سطح و یخبندان زمستانه	۰/۴۵	۰/۹۵	۰/۷۰
بدون پوشش گیاهی در سطح و بدون یخبندان	۰/۶۰	۰/۹۵	۰/۷۵
با پوشش گیاهی در سطح و یخبندان زمستانه	۰/۵	۱/۲	۰/۹۵
با پوشش گیاهی در سطح و بدون یخبندان زمستانه	۰/۸	۱/۲	۰/۸۵
زردآلو، هلو و میوه‌های هسته‌دار:			
بدون پوشش گیاهی در سطح و یخبندان زمستانه	۰/۴۵	۰/۹۰	۰/۶۵

جدول ۲- نیاز آبی برخی از درختان میوه

محصول درخت میوه	نیاز آبی سالانه مترمکعب
سیب	۵۰۰۰–۶۰۰۰
گلابی	۵۰۰۰–۶۰۰۰
به	۴۰۰۰–۵۰۰۰
هلو	۵۵۰۰–۶۵۰۰
شلیل	۵۵۰۰–۶۵۰۰
زردآلو	۵۰۰۰–۷۰۰۰
بادام	۴۵۰۰–۵۵۰۰
آلبالو	۵۰۰۰–۷۰۰۰
گیلاس	۵۰۰۰–۷۰۰۰
آلو و گوجه	۵۵۰۰–۶۵۰۰
پسته	۴۵۰۰–۵۵۰۰
گردو	۷۰۰۰–۹۰۰۰
فندق	۶۰۰۰–۸۰۰۰
انگور	۶۰۰۰–۸۰۰۰
انار	۴۵۰۰–۵۵۰۰
انجیر	۴۵۰۰–۵۵۰۰
زیتون	۴۵۰۰–۵۵۰۰

مقدار آب مصرفی برای هر یک از تیمارها برای هر دور آبیاری به این شرح محاسبه و اعمال شد؛ سطح (۱) آبیاری برای درختان شاهد معادل ۳۲ لیتر آب در هر ساعت، سطح (۲) برای تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، معادل ۲۴ لیتر در ساعت و سطح (۳)

برای تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، معادل ۱۶ لیتر در ساعت در نظر گرفته شد. تنظیم آب آبیاری با استفاده از قطره‌چکان‌هایی با خروجی هشت لیتر و چهار لیتر در ساعت صورت گرفت. مالچ مورد نیاز از شاخه درختان هرس شده که عاری از هرگونه آلودگی بودند، در هوای آزاد خشک و توسط دستگاه خردکن به قطعات کوچک‌تر تبدیل شدند. خرده چوب‌های به‌دست‌آمده به‌عنوان مالچ یا خاک‌پوش آلی، توسط کولیس ۳۰ سانتی‌متری با ضخامت‌های صفر، ۴، ۸ و ۱۲ سانتی‌متر نسبت به سطح خاک تا حدود شعاع دو متری از طوقه درختان تا سایه‌انداز آن‌ها اعمال شدند.

جدول ۳- آمار ایستگاه هواشناسی در ماه‌های انجام آزمایش مربوط به شهرستان آبیک استان قزوین (۱۳۹۸)

ماه	مجموع بارش میلی‌متر	میانگین درجه حرارت درجه سلسیوس	میانگین رطوبت درصد
فروردین	۱۳۱/۴	۱۱/۹	۶۴/۸
اردیبهشت	۱۶/۶	۱۶/۷	۲۳/۳
خرداد	۰/۵	۲۴/۲	۴۱/۹
تیر	۰	۲۸/۸	۳۷/۸
مرداد	۰	۲۸/۱	۳۸/۲
شهریور	۰	۲۴/۲	۴۴/۸

جدول ٤- میانگین بلندمدت ماهیانه برخی پارامترهای ایستگاه هواشناسی آبیک در دوره آماری (۱۳۹۷-۱۳۸۸)

ماه	میانگین ماهانه دما درجه سلسیوس	میانگین میلی‌متر	میانگین رطوبت درصد	میانگین سرعت باد متر/ ثانیه	میزان ساعت‌های
فروردین	۱۳/۶	۴۹/۹	۵۶	۲/۹	۲۱۶/۹
اردیبهشت	۱۸/۸	۴۵/۰	۵۴	۲/۹	۲۳۴/۱
خرداد	۲۴/۵۵	۶/۲	۴۲	۳	۲۳۳/۴
تیر	۲۸/۶	۵/۰	۳۹	۲/۳	۲۲۸/۶
مرداد	۲۸/۴	۰/۴	۳۹	۲/۵	۲۴۳/۹
شهریور	۲۵/۱	۴/۲	۴۳	۲/۲	۲۸۰/۹
مهر	۱۹/۴	۸/۲	۴۷	۲/۳	۲۹۰/۳
آبان	۱۲/۴	۵۰/۰	۶۳	۲/۴	۳۰۷/۰
آذر	۶/۳	۲۵/۲	۶۸	۱/۷	۲۷۱/۸
دی	۴/۸	۲۳/۷	۶۷	۱/۹	۲۸۵/۶
بهمن	۴/۹	۳۸/۶	۶۸	۲/۳	۲۲۷/۰
اسفند	۹/۱	۳۱/۲	۶۰	۳/۱	۲۰۵/۱
سالانه	۱۶/۳	۲۸۷/۵	۵۴	۲/۴	۳۰۲۴/۵

میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری (براساس تقویم محلی و شاخص SSC[1]) ۱۴۵ روز بعد از تمام گل[2]، در هفته دوم مهرماه از یک شاخه درون تاج و شاخه‌هایی که در جهت‌های مختلف هر درخت قرار داشتند انتخاب و برداشت شدند.

از هر درخت تعداد ۱۰ میوه و در مجموع ۳۶۰ میوه برای ارزیابی صفاتی مانند وزن تر، درصد ماده خشک[3]، سفتی، محتوای مواد محلول، اسید قابل تیتراسیون و شاخص کلروفیل در زمان برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌علاوه میانگین عملکرد، بهره‌وری آب[4] و بهره‌وری اقتصادی[5] مورد بررسی قرار گرفتند.

ارزیابی صفات

میانگین وزن تر میوه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با ۰/۰۱ گرم تقریب مدل Sartorius اندازه‌گیری شد. سپس حدود ۲۰ گرم از بخش میانی میوه را برش زده و در دمای ۸۰ –۷۰ درجه سلسیوس در آون به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد تا وزن خشک[6] مشخص شود. وزن تر[7] همان وزن اولیه در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از رابطه (۲) درصد ماده خشک محاسبه شد.

$$DM\% = \frac{DW}{WW} \times 100 \qquad (۲)$$

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج از دو طرف با قطر پروپ ۱۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد.

اندازه‌گیری محتوای مواد محلول میوه‌ها با استفاده از رفرکتومتر دیجیتالی (Atago, Model PAL-2) در دمای ۲۲ درجه سلسیوس اندازه‌گیری و به‌صورت درجه بریکس بیان شد. برای اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون میوه از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH= ۸/۲ استفاده شد. ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه را از صافی رد کرده و سپس با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد و توسط سود نرمال ۰/۱ با استفاده از همزن مغناطیسی تا رسیدن به رنگ صورتی و pH = ۸/۲ تیتر شد و نتیجه به‌صورت درصد اسید غالب مالیک گزارش شد.

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل موجود در پوست میوه مقداری از پوست آن را در هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع آسیاب و سپس به یک گرم از بافت پودر شده، ۵ میلی‌لیتر استون خالص ۸۰ درصد اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس و تاریکی (به‌منظور جلوگیری از تخریب رنگیزه‌های کلروفیل توسط نور) قرار داده شدند، سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند.

جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر (کلروفیل a) و ۶۶۳ نانومتر (کلروفیل b) ثبت شد (Fouche et al., 2010). میزان کلروفیل کل با استفاده از فرمول لیچتنتالر و بوشمن (Lichtenthaler and Buschman, 2001) به‌دست آمد و سپس برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان شدند.

$$\text{کلروفیل a (a Chl)} = 12.25\ A_{663.2} - 2.79\ A_{646.8} \qquad (۳)$$

$$\text{کلروفیل b (b Chl)} = 21.50\ A_{646.8} - 5.10\ A_{663.2}$$

$$\text{کلروفیل کل (T Chl)} = \text{a Chl} + \text{b Chl}$$

مولدن (Molden, 1997) برای تحلیل آب به‌کار رفته در سطوح مختلف زراعی واژه بهره‌وری آب را ارائه داد.

برای اندازه‌گیری بهره‌وری آب آبیاری نیاز به مشخص کردن نسبت عملکرد محصول (Y) در هکتار به حجم آب مصرفی (Vw) در هکتار می‌باشد که با استفاده از رابطه (۴) به‌صورت کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد.

$$WP = \frac{Y}{Vw} \qquad (۴)$$

$$Y\ (kg/h) = \text{عملکرد هر درخت} \times \text{تعداد درخت در هکتار}$$

$$Vw\ (m^3/h) = \frac{\text{زمان آبیاری} \times \text{تعداد ساعت‌های آبیاری} \times \text{حجم آبیاری برحسب لیتر}}{۱۰۰۰}$$

1. Soluble Solid Content (SSC)
2. Days After Full Bloom (DAFB)
3. Dry Matter
4. Water productivity (WP)
5. Benefit Per Drop (BPD)
6. Dry Weight (DW)
7. Dry Weight (DW)

یکی از شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی آب تعیین سود ناخالص به‌ازای واحد حجم آب مصرفی است که برحسب ریال بر مترمکعب بیان می‌شود (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). این شاخص از نسبت سود ناخالص به حجم آب به‌دست می‌آید (رابطه ۵).

$$BPD = \frac{(Y \times P)}{Vw} \times 100 \qquad (۵)$$

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS[1] و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر میوه

طبق نتایج به‌دست‌آمده علاوه بر اثر ساده تیمار کم‌آبیاری و مالچ آلی، برهمکنش آن‌ها نیز تفاوت معنی‌داری بر وزن تر میوه‌ها داشت. نتایج نشان داد، بیشترین میانگین وزن بین تیمارها به هشت سانتی‌متر مالچ آلی و ۷۵ درصد تأمین نیاز آبی اختصاص داشت (جدول ۵). طبق گزارش ارجی و همکاران با توجه به اینکه بیشترین وزن میوه را آب تشکیل می‌دهد، اعمال کم‌آبیاری متوسط و ملایم‌تر در اوایل فصل، میزان آب میوه را کاهش داده و همین امر باعث کاهش کمتر وزن میوه در این مرحله می‌شود (Arji et al., 2015).

درصد ماده خشک

تیمار آبیاری، مالچ آلی و برهمکنش بین آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک میوه‌ها نداشت (جدول ۵). رشد و گسترش سلول و فرآیند تجمع کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش آبی به‌دلیل کاهش فتوسنتز و آسمیلات‌های منبع محدود می‌شود. یکی از عوامل افزایش وزن ماده خشک کربوهیدرات‌ها هستند؛ بنابراین هر عاملی که بر میزان فتوسنتز و مسیر ساخت کلروفیل تأثیر بگذارد می‌تواند وزن ماده خشک میوه را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین کم‌آبیاری ملایم باعث توسعه ریشه به قسمت‌های عمیق‌تر و مرطوب‌تر خاک و همچنین باعث از بین رفتن ریشه‌های کم‌عمق و افزایش ریشه‌های عمیق می‌شود و فرآیند توسعه برگ را به‌سرعت تحت تأثیر قرار می‌دهد درحالی‌که فعالیت فتوسنتزی به مقدار کمتری دچار تغییر می‌شود. جلوگیری از توسعه برگ سطح مصرف کربن و انرژی را در اندام هوایی کاهش می‌دهد و مقدار بیشتری از آسمیلات‌ها در ریشه گیاه توزیع می‌گردد (Taiz and Zeiger, 2006).

سفتی بافت میوه

طبق نتایج میانگین داده‌ها، سطوح مختلف کم‌آبیاری اختلاف معنی‌داری بر سفتی میوه داشت و بیشترین میزان آن در تیمار ۵۰ درصد آبیاری مشاهده شد (جدول ۵). در این آزمایش به‌رغم عدم معنی‌داری اثر مالچ آلی در سفتی میوه، مشخص شد در تیمارهایی که سطوح مختلف مالچ به‌کاررفته بود دارای میانگین سفتی بالاتری در مقایسه با شاهد بودند. طبق گزارش بنگ و همکاران هر عاملی که در طی دوره رشد و یا انبارمانی موجب افزایش غلظت نیتروژن و کاهش کلسیم در میوه‌ها شود، میزان تولید اتیلن را افزایش داده، سلول‌ها را از یکدیگر متلاشی کرده و درنهایت باعث کاهش سفتی بافت میوه خواهد شد. به‌همین دلیل سیب‌های تولیدشده در روش‌های ارگانیک پرورش میوه از میزان سفتی بیشتری نسبت به روش‌های متداول دیگر برخوردار هستند (Benge et al., 2000). همچنین سفتی میوه‌های تحت تنش خشکی را می‌توان به کاهش هیدراسیون سلولی نسبت داد که موجب افزایش نسبت نیتروژن به کلسیم خواهد شد (Meplasco et al., 2000).

محتوای مواد محلول

براساس نتایج، بین میوه درختان تحت تیمار مالچ و میوه درختان شاهد اختلاف معنی‌داری ازنظر میزان غلظت محتوای مواد محلول مشاهده نشد (جدول ۶). ولی میزان SSC در میوه‌های تحت تیمار ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی با ۱۰/۳۳ درصد افزایش نسبت به میوه‌های شاهد اختلاف معنی‌دار مثبتی در سطح پنج درصد نشان دادند. یکی از علل افزایش مواد محلول

4. Statistocal Analysis System (SAS)

میوه، می‌تواند تبدیل نشاسته به قندهای ساده در شرایط کم‌آبی باشد. تنش خشکی تأثیر مهمی بر میزان کربوهیدرات گیاهان می‌گذارد، طوری‌که سبب تجزیه کربوهیدرات‌های مرکب به کربوهیدرات‌های ساده‌تر می‌شوند. اصولاً تجمع کربوهیدرات‌ها با تنظیم اسمزی سلول‌ها سبب نگهداری و آماس سلول‌ها در شرایط کمبود آب می‌شوند. افزایش کربوهیدرات‌های محلول (Water Soluble Carbohydrates (WSC)) ممکن است ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به‌دلیل کاهش رشد، سنتز از مسیرهای غیرفتوسنتزی و همچنین تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول باشد(Ehdaie et al., 2006).

اسید قابل تیتراسیون میوه

اثر ساده تیمار مالچ آلی به‌تنهایی بر اسید قابل تیتراسیون میوه معنی‌دار نبود و تمام سطوح آن در یک گروه آماری قرار گرفتند. ولی برهمکنش آن با تیمار کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر اسید میوه در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (شکل ۱). اثر ساده تیمار کم‌آبیاری بر اسید غالب میوه اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). نسبت قند به اسید تعیین‌کننده طعم و مزه در میوه است. حفظ طعم و مزه میوه را می‌توان به کاهش میزان از دست‌دهی آب، طی تنفس نسبت داد که عوامل قبل و بعد از برداشت بسیار مؤثر هستند تا از طریق به تأخیر انداختن پیری، از مصرف مواد ذخیره‌ای مانند اسیدهای آلی جلوگیری کرده و کیفیت طعم را در حد استاندارد حفظ می‌کند (Carlos and Kader, 1999).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مالچ آلی و کم‌آبیاری پایدار بر وزن تر، درصد ماده خشک و سفتی میوه‌های سیب رقم "گرانی اسمیت"

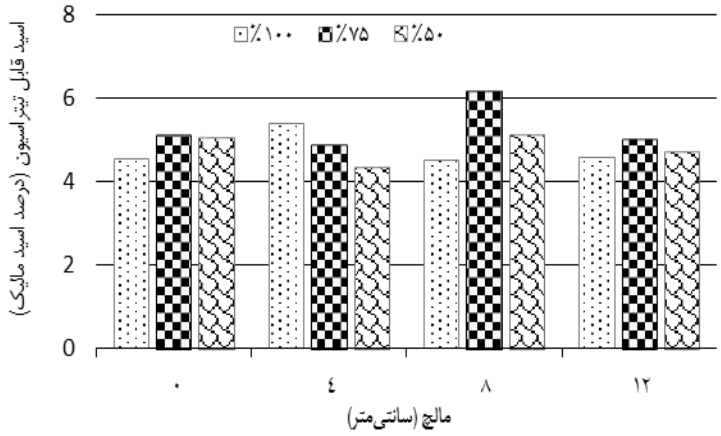
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر میوه	درصد ماده خشک	سفتی میوه
تکرار	۲	۴۹/۴۸^{ns}	۲/۲۳^{ns}	۰/۸۱^{ns}
مالچ آلی	۳	۲۰۸/۰۴**	۰/۷۶^{ns}	۰/۴۴^{ns}
کم‌آبیاری	۲	۱۸۲/۲۸**	۲/۶۳^{ns}	۱/۳۴*
مالچ آلی × کم‌آبیاری	۶	۱۳/۳۷*	۱/۵۶^{ns}	۰/۵۵^{ns}
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۸۹	۸/۲۸	۹/۵۳

ns: غیر معنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ٦-تجزیه واریانس اثر تیمارهای کم‌آبیاری پایدار و مالچ آلی بر محتوای مواد محلول و اسید قابل تیتراسیون میوه‌های سیب رقم "گرانی اسمیت"

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای مواد محلول	اسید قابل تیتراسیون
تکرار	۲	۰/۷۵^{ns}	۲/۰۷*
مالچ آلی	۳	۰/۹۶^{ns}	۰/۵۷^{ns}
کم‌آبیاری	۲	۵/۲۳**	۱/۴۰**
مالچ آلی × کم‌آبیاری	۶	۰/۱۹^{ns}	۰/۸۰*
ضریب تغییرات (٪)	-	۴/۹۳	۱۰/۲۵

ns: غیر معنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل ۱- برهمکنش تیمار کم‌آبیاری پایدار و مالچ آلی بر اسید میوه سیب رقم "گرانی اسمیت" در سطح احتمال ۵ درصد

کلروفیل a، b و کل پوست میوه

با توجه به نتایج مقایسه میانگین هر دو تیمار مالچ آلی و کم‌آبیاری اثر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و کل داشتند. طوری که بیشترین مقدار کلروفیل به‌ترتیب در پوست میوه درختان شاهد و سطح دوم تیمار آبیاری بود و کمترین در آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد (جدول ۷). ازجمله اثرات تنش خشکی در گیاهان می‌توان به پیری زودرس اشاره کرد که با شکسته شدن کلروپلاست و تجزیه کلروفیل در اثر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز[1] رخ می‌دهد (Taiz and Zeiger, 2006). رنگیزه‌های فتوسنتزی از شاخص‌های مهم تنش خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی محسوب می‌شوند. کلروفیل و پرولین از یک پیش ماده مشترک به‌نام گلوتامات ساخته شده‌اند. با توجه به اینکه در شرایط خشکی میزان پرولین برگ افزایش پیدا می‌کند، شاید یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل افزایش سنتز پرولین باشد (Khalid, 2006).

همچنین روستایی و همکاران (۱۳۹۰) نیز اظهار داشتند که کاربرد سوپر جاذب به‌عنوان یک مالچ غیر آلی باعث افزایش شاخص کلروفیل می‌شود. کاهش غلظت نیتروژن در میوه‌ها ممکن است نقش مهمی در تشکیل رنگ مناسب در شرایط کم‌آبیاری داشته باشد. نیتروژن نقش مهمی در تشکیل رنگ مناسب میوه سیب و گلابی دارد که در شرایط کم‌آبیاری سطح آن کاهش می‌یابد. ممکن است تحت شرایط کم‌آبی با کاهش غلظت نیتروژن در ارقام سیب سبز "گرانی اسمیت" و زرد "گلدن‌دلیشز"، میزان کلروفیل و کارتنوئیدها که به‌عنوان رنگدانه‌های غالب پوست هستند، در زمان برداشت افزایش یابد (Behboudian et al., 2011) در این آزمایش با توجه به نتایج چنین برداشت می‌شود که با افزایش شدت تنش آبی، محتوای هر دو نوع کلروفیل روند نزولی پیدا می‌کند ولی تیمار مالچ آلی ضمن حفظ رطوبت خاک و کاهش اثرات منفی حاصل از کم‌آبیاری، موجب جذب تدریجی و حد مطلوب عناصر از سطح خاک شده که همین امر شاخص انواع کلروفیل را بهبود می‌بخشد.

عملکرد

سطوح مختلف تیمار مالچ آلی اختلاف معنی‌دار مثبتی بر عملکرد میوه داشت. بیشترین میانگین به‌ترتیب به تیمار هشت، چهار و ۱۲ سانتی‌متر و کمترین به درختان شاهد یا فاقد مالچ اختصاص داشت (جدول ۸). به‌رغم عدم معنی‌داری بین سطوح کم‌آبیاری، بیشترین عملکرد به‌ترتیب در ۱۰۰ و ۷۵ درصد و کمترین در ۵۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. مطابق با همین نتایج در آزمایش لوردن و همکاران بیشترین عملکرد مربوط به درختانی بود که در زمان باروری تحت تیمار مالچ آلی قرار داشتند. چراکه کاربرد انواع مالچ ارگانیک در درجه اول باعث حفظ رطوبت خاک و کاهش دمای خاک در ساعت‌های اوج گرما

1. Chlorophyllase

در طول روز می‌شود (Lordan et al., 2015). ایجاد پوشش مالچ ارگانیک در سطح خاک باغ و بین ردیف‌های کاشت، با ممانعت از رشد علف‌های هرز، موجب کاهش رقابت علف‌های هرز در جذب آب و مواد غذایی با درخت میوه شده به‌همین دلیل با بهبود جذب مواد آلی و مغذی خاک می‌تواند در روند رشد و عملکرد درخت تأثیر مثبتی داشته باشد (Yao et al., 2005).

در شرایط تنش خشکی، با کاهش رشد رویشی و اندام هوایی، همبستگی مثبتی بین وزن ریشه و عملکرد بالا گزارش شده است. بسته شدن روزنه‌ها به‌عنوان عامل اصلی تعیین‌کننده در کاهش فتوسنتز تحت تنش خشکی متوسط به‌شمار می‌آید(Yokota et al., 2002).

بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی (درآمد)

بهره‌وری مصرف آب آبیاری در درختانی که تحت تیمار کم‌آبیاری و مالچ آلی بودند نسبت به درختان شاهد اختلاف معنی‌دار مثبتی داشت. طوری‌که بیشترین میزان میانگین بهره‌وری آب به‌ترتیب در تیمار ۵۰ و ۷۵ درصد آبیاری به‌دست آمد. هرچند در این آزمایش به دلیل استفاده از آب چاه، از آب‌بها در انجام محاسبات مربوط به درآمد صرف‌نظر شد؛ اما با توجه به نتایج حاصل چنین برداشت می‌شود با کاهش ۲۵ درصدی آبیاری و استفاده توأم از مالچ نه‌تنها درخت آسیب نمی‌زند بلکه بسیاری از صفات کیفی میوه در زمان برداشت را بهبود می‌بخشد و همین امر به بازارپسندی میوه حتی بعد از انبارمانی آن نیز کمک می‌کند. چراکه میوه سیب قابلیت انبارمانی و سپس عرضه به بازار مصرف بعد از ۴ تا ۶ ماه را دارد؛ که در نهایت افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش هزینه‌های آبیاری، تولید محصولی باکیفیت استاندارد و بهره‌وری اقتصادی در واحد سطح را به‌دنبال خواهد داشت.

برهمکنش تیمارهای کم‌آبیاری و مالچ آلی علاوه بر بهبود بهره‌وری آب، بهره‌وری اقتصادی درختان تحت تیمار آزمایش را نسبت به درختان شاهد که به روش معمول پرورش یافتند را افزایش داد. چراکه بیشترین میانگین درآمد کشاورز در یک مترمکعب از مزرعه به‌ازای هر درخت، مربوط به درختانی بود که تحت تیمار مالچ آلی و کم‌آبیاری قرار داشتند؛ بنابراین هرگونه محدودیت آبی در دوره رشد گیاه که ممکن است به‌دلیل کمبود آب یا شرایط خشک‌سالی باشد، منجر به عدم رعایت استانداردهای کیفیت و به‌دنبال آن سبب از دست‌دادن درآمد کشاورزان خواهد شد؛ اما باید در نظر داشت برای تولید محصولات کشاورزی علاوه بر افزایش بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری اقتصادی هم مهم است (FAO, 2012). در مواردی گزارش‌شده که تنش خشکی شدید با اثرات چندگانه‌ای که بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی ازجمله پتانسیل آب، سنتز پروتئین، مقدار کلروفیل و هدایت روزنه‌ای گیاه می‌گذارد عملکرد اقتصادی را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Bertamini et al., 2006). صفات مورفولوژیکی مانند افزایش نسبت ریشه به شاخه و بهبود جذب مواد مغذی. صفات فیزیولوژیکی، مانند بسته‌شدن روزنه، کاهش تنفس برگ و حفظ فتوسنتز؛ ویژگی‌های بیوشیمیایی، مانند افزایش مولکول‌های سیگنالی، فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانی و تنش آبی کنترل‌شده در طول رشد گیاه، فرصت‌های امیدوارکننده‌ای را برای افزایش تولید محصولات باغبانی فراهم می‌آورد که در استراتژی به‌نام کم‌آبیاری انجام شده است (Chai et al., 2016).

جدول ۷- تجزیه واریانس تیمارهای مالچ آلی و کم‌آبیاری پایدار بر کلروفیل a، b و کلروفیل کل پوست میوه‌های سیب رقم "گرانی اسمیت"

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تکرار	۲	۱/۳۴ ns	۵/۱۳ ns	۷/۱۲ ns
مالچ آلی	۳	۱۵/۴۰ **	۴۱/۵ **	۱۰۵/۵۵ **
کم‌آبیاری	۲	۸/۶۸ *	۸/۹۵ *	۳۲/۶۰ **
مالچ آلی × کم‌آبیاری	۶	۱/۵۵ ns	۲/۴۰ ns	۴/۱۳ ns
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۸۸	۱۳/۵۲	۹/۴۶

ns: غیر معنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مالچ آلی و کم‌آبیاری پایدار بر میزان عملکرد، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	بهره‌وری آب	بهره‌وری اقتصادی
تکرار	۲	۲۳/۷۴ ns	۱۲/۰۱ ns	۲۷۰۲۵۳۸۴۴۶ns
مالچ آلی	۳	۳۰/۱۴ *	۱۴/۵۷ *	۳۲۷۹۶۹۹۰۷۶*
کم‌آبیاری	۲	۲۱/۰۲ ns	۲۰۲/۸۲ **	۴۵۶۳۶۵۸۲۸۵۲**
مالچ آلی × کم‌آبیاری	۶	۱۱/۰۶ ns	۲۳/۳۵ *	۷۵۵۴۵۶۰۶۲۱*
ضریب تغییرات (٪)	-	۷/۳۳	۱۰/۹۷	۱۰/۹۷

ns: غیر معنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

نتیجه‌گیری

در این آزمایش درختان تحت تیمار ۸ سانتی‌متر مالچ آلی و ۷۵ درصد تأمین نیاز آبی در طول فصل رشد بیشترین میانگین وزن تر میوه را به خود اختصاص دادند. از یک سو مالچ آلی با ممانعت از تبخیر سطحی و حفظ رطوبت خاک، از سوی دیگر کم‌آبیاری ملایم با تنظیم فشار اسمزی بین خاک و ریشه گیاه موجب حفظ تورژسانس سلول‌ها در برابر تنش می‌شود که درنهایت وزن تر میوه را افزایش خواهد داد. بیشترین عملکرد در درختانی مشاهده شد که مالچ‌پاشی شده بودند، چراکه کاربرد مالچ آلی در سطح باغ با بهبود خواص فیزیکی خاک، ایجاد تخلخل، نفوذ اکسیژن بین ذرات خاک و کاهش آب‌شویی املاح، سبب بهبود عملکرد ریشه در جذب مواد غذایی و عناصر از خاک می‌شود. اثر ساده تیمار آبیاری اختلاف معنی‌دار مثبتی بر SSC و سفتی میوه داشت و بیشترین میانگین مربوط به تیمار ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی بود. در شرایط تنش آبی مسیرهای فتوسنتزی در محدودیت قرار می‌گیرد به‌همین دلیل سنتز کربوهیدرات‌های نامحلول از مسیر غیر فتوسنتزی انجام می‌شود؛ یعنی تبدیل کربوهیدرات‌های مرکب (نشاسته) به کربوهیدرات‌های ساده (قند)؛ که همین امر SSC میوه را افزایش می‌دهد. سفتی میوه‌های تحت تنش آبی ناشی از کاهش هیدراسیون سلولی است چراکه افزایش غلظت کلسیم تولید اتیلن را کاهش داده درنتیجه استحکام میوه افزایش می‌یابد. اسید میوه در شرایط تنش آبی متوسط (۷۵ درصد) توأم با مالچ آلی ۸ و ۴ سانتی‌متر دارای بالاترین مقدار میانگین بود، چنین برداشت می‌شود؛ ایجاد شرایط مطلوب در طول فصل رشد باعث مصرف کمتر مواد ذخیره‌ای مانند اسیدهای آلی در طی فرآیندهایی مانند تنفس و پیری می‌شود. اعمال تیمار کم‌آبیاری، شاخص کلروفیل a، b و کل پوست میوه را کاهش داد. ولی کاربرد مالچ آلی با حفظ رطوبت و کاهش غلظت نیتروژن خاک، باعث بهبود انواع کلروفیل شد. کاربرد توأم کم‌آبیاری و مالچ آلی باعث افزایش بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی می‌شود. تیمار کم‌آبیاری به‌عنوان یک فناوری می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش هزینه‌های آبیاری، کاهش تبخیر از سطح برگ به دلیل کاهش رشد رویشی در نتیجه کاهش هزینه‌های هرس و همچنین موجب بهبود کیفیت میوه شود.

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص:۱۰۳-۹۰۱.

دولتشاهی،ع.، اسفندیاری، خ.، جلالی، ر.، سعیدنیا، ا.، عرب، ج؛ و طیب هاشمی، س.م. ۱۳۸۸. دستورالعمل احداث باغ در اراضی شیب‌دار. دفتر فنی اجرایی، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور (http://tec.mporg.Ir) و موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی (www.agri-peri.ir).۲۰۸. ۵۱۰ ص.

روستایی، خ.، موحدی دهنوی، م. خادم، س. و اولیایی، ح. ۱۳۹۰. اثر نسبت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب و کود دامی بر خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. مجله به-زراعی کشاورزی. ۱(۱):۴۳-۳۳.

ناصری، ا.، عباسی، ف و اکبری، م. ۱۳۹۶. برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی.۱۸۸۶: ۱۷-۳۲.

Ahmed, F., Baloch, D.M., Sadiq, S.A., Ahmed, S.S., Hanan, A., Taran, S.A., Ahmed, N. and Hassan, M.J. 2014. Plant growth regulators induced drought tolerance in sunflower (Helianthus annuus L.) hybrids. The Journal of Animal & Plant Sciences, 24(3): 886-890

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D.S. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Estimating Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainagen Paper, vol. 56. FAO, Rome, p. 300.

Arji, E., Hassani, B. and Ghamarnia, H. 2015. Effect of Deficit Irrigation Treatments on Vegetative Characteristics and Quantity and Quality of Golden Delicious Apple. Journal of Horticultural Science. Vol. 29, No. P. 610-620.

Behboudian, M.J., Girona, J. and Lopez, G. 2011. Quality and yield responses of deciduous fruits to reduced irrigation. Horticultural Reviews. 38: 149-190.

Benge, JR., Banks, N.H., Tillman, R. and Nihal, SH. 2000. Pairwise comparison of the storage potential of kiwifruit from organic and conventional production system. Horticultural Science 28:147–152.

Bertamini, M., Zulini, L., Muthuchelian, K. and Nedunchezhian, N. 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (Vitis vinifera L. cv. Riesling) plants. PHOTOSYNTHETICA 44 (1): 151-154.

Cai, T., Zhang, C., Huang, Y., Huang, H., Yang, B., Zhao, Z., Zhang, J. and Jia, Z.K. 2015. Effects of different straw mulch modes on soil water storage and water use efficiency of spring maize (Zea mays L.) in the Loess Plateau of China. Plant Soil Environment. 6, 253–259.

Carlos, H.C. and Kader, A. 1999. Kiwifruit postharvest quality maintenance guidelines. Department of Pomology University of California. California agriculture 53(4): 29-37.

Chai, Q., Yang, CH. and Huang, GB. 2011. Water use characteristics of alternately irrigated wheat-maize intercropping in oasis region of northwestern China. Acta Agronomica Sinica 37, 1623–1630.

Chai, T., Zhang, C., Huang, Y., Huang, H., Yang, B., Zhao, Z., Zhang, J. and Jia, Z.K. 2016. Effects of different straw mulch modes on soil water storage and water use efficiency of spring maize (Zea mays L.) in the Loess Plateau of China. Plant Soil Environ. 6: 253–259.

De Oliveira, C.M., Simões, W.L., Lopes, P.R.C., Da Silva, J.B., Araújo, E.J. and Cavalcante, B.L.S. 2017. Flowering, fruiting and physiology of apple tree under different irrigation levels in the Brazilian semiarid region. Comunicata Scientiae. 8: 99–108.

Dermody, B.L., Van-Beek, r.p.h., Meeks, E., Goldewihk, K.K., Schridel, W., Vander, Y., Bierkens, M.F.P., Wassen, M. and Dekker, S.C. 2014. Avirtual water network of the Roman world. Hydrology and Earth System Sciences. 18: 5025–5040.

Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A. and Waines, J.G. 2006. Genotypic Variation for Stem Reserves and Mobilization in Wheat: II. Postanthesis Changes in Internode Water-Soluble Carbohydrates. Article in Crop Science. DOI: 10.2135/cropsci.01.0013.

FAO. 2007. Climate change and food security: a framework document. Rome: FAO.

FAO. 2012. Statistical Yearbook 2012. World food and agriculture. Rome: FAO.

Fouche, J.R., Roberts, S.C., Midgley, S.J.E. and Steyn, W.J. 2010. Peel color and Blemishes in 'Granny Smith' apples in relation to canopy light environment. Horticultural Science. 45(6): 899-905.

Gomezdel-Campo, M. and Garcia, J. M. 2013. Summer deficit-irrigation strategies in a hedgerow olive cv. Arbequina Orchard: effect on oil quality. Journal. Agriculture. Food Chemistry. 61: 8899–8905.

Kang, S.Z. and Zhang, J. 2004. Controlled Alternate

Nemeskéri, E. 2007. Water relations of apple and influence on fruit quality (minireview). International Journal of Horticultural Science, 13(3), 59–63.

Noctor, G., Mohammdi, A. and Foyer, C.H. 2014. The roles of reactive oxygen metabolism in drought: not so cut and dried. Plant Physiolgy. 2014 Apr; 164(4):1636-48.

Sinkevičienė, D., Jodaugienė, R. and Pupalienė, M. 2009. The influence of organic mulches on soil properties and crop yield A. Urbonienė Lithuanian University of Agriculture, Studentų 11 Akademija, LT-53356 Kaunas distr. Agronomy Research 7(Special issue I), 485–491.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology, 4th Ed., Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.

Wang, J.T., Zheng, Y.M., Hu, H.W., Zhang, L.M., Li, J. and He, J.-Z. 2015. Soil pH determines the alpha diversity but not beta diversity of soil fungal community along altitude in a typical Tibetan forest ecosystem. Journal. Soils Sediments 15: 1224–1232.

Xie, Z., Wang, Y., Cheng, G., Malhi, S.S., Vera, C.L., Guo, Z. and Zhang, Y. 2010. Particle-size effects on soil temperature, evaporation, water use efficiency and water melon yield in fields mulched with gravel and sand in semi-arid loess plateau of northwest china. Agriculture. Water Management journal. 97 (6): 917–923.

Xoconostle-Cazares, B., Ramirez-Ortega, F.A., Flores-Elenes, L. and Ruiz-Medrano, R. 2010. Drought Tolerance in Crop Plants. American Journal of Plant Physiology. 5: 241-256.

Yao, S., Merwin, I.A., Bird, G.W., Abawi, G.S. and Thies, J.E. 2005. Orchard floor management practices that maintain vegetative or biomass groundcover stimulate soil microbial activity and alter soil microbial community composition. Plant Soil. 271:377–389.

Yokota, A., Kawasaki, S., Iwano, M., Nakamura, C., Miyake, C. and Akashi, K. 2002. Citrulline and DRIP-1 Protein Arg.E Homologue in Drought Tolerance of Wild Watermelon, Annual Botanical. 89: 825–832.

Partial Root-Zone Irrigation: Its Physiological Consequences and Impact on Water Use Efficiency. Journal of Experimental Botany. 55: 2437-2446.

Kang, S.Z., Hao, X.M., Du, T.S., Tong, L., Su, X.L., Lu, H.N., Li, X.L., Huo, Z.L., Li, S.E. and Ding, R.S. 2017. Improving agricultural water productivity to ensure food security in China under changing environment: from research to practice. Agricultural. Water Management journal. 179: 5–17.

Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (Ocimum sp.). International. Agrophysics. 20: 289- 296.

Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry.

Liu, B., Li, M., Chenj, L., Liang, D., Zou, Y. and Ma, F. 2012. Influence of rootstock on antioxidant system in leaves and roots of young apple treess in response to drought stress. Plant Growth Regulators, 67, 247-256.

Lordan, J., Pascual, M., Villar, J.M., Fonseca, F., Papió, J., Montilla, V. and Rufat, J. 2015. Mulch enhances peach yield and WUE under limiting soil conditions Spanish Journal of Agricultural Research 13(4): e0904, 9 pages.

Mia, M.J., Massetani, F., Murri, G., Facchi, J., Monaci, E., Amadio, L. and Neri, D. 2020. Integrated Weed Management in High Density Fruit Orchards. Agronomy. 10(10): 1-13

Molden, D. 1997. Accounting for water use and productivity.SWIM Paper 1. International Management Institute. Colombo. Sri Lanka. 16 pp.

Mpelasoka, B.S., Behboudian, H.M., Dixon, J., Neal, S.M. and Caspari, H.W. 2000. Improvement of fruit quality and storage potential of 'Braeburn' apple through deficit irrigation. Journal Horticultural Science Biotechnology. 75: 615-621.

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 2, Autumn and Winter 2023, 17-30

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، ص. ۳۰-۱۷

Evaluation Effects of Sustainable Deficit Irrigation and Organic Mulch on apple cv. “Granny Smith” Water Productivity and Yield at harvest

H.Beigi[1]*, R. Fotouhi Ghazvini[2], M.R. Khaledian[3] and M. Ghasemnezhad[4]

Abstract

Water is one of the most important restrictive factors in the production of agricultural products worldwide. The aim of this research is to study the effects of different levels of irrigation and organic mulch on yield, water productivity, fresh weight, dry matter percentage, hardness, soluble solid content, titratable acid, and chlorophyll index of Granny Smith apple fruit at harvest. For this purpose, factorial experiment was performed in a randomized complete block design with three replications in 2019. Irrigation treatment were applied at supply levels of 100, 75 and 50 percents of tree water requirement (ETc) and organic mulch to thicknesses of zero, 4, 8 and 12 cm. The results showed that the highest average of fresh weights of fruit were allocated to 75 and 100 percent water supply levels and organic mulch treatment at thicknesses of 8, 4 and 12 cm had a significant positive difference in fresh weight of fruit compared to the control, respectively. The average yield of mulched trees was 11.52 percent more than control trees, the highest yield was obtained in treated trees with 8 cm of mulch. Fruit SSC and the firmness of fruit were improved at 50 percent irrigation. The interaction of 8 cm mulch treatment with 75 percent irrigation had the most amount of fruit acid. Both chlorophyll a, b decreased with increasing drought stress and improved with the application of mulch treatments . In addition, interaction of both experimental treatments, increased water productivity and economic productivity.

Keywords: Drought Stress, Evapotranspiration, Fruit quality, “Granny Smith” Apple

[1]Graduated Master, Department of Horticultural Science, University of Guilan (*Corresponding Author: Hediyehbeigi680@gmail.com)
[2]Assist Professor, Department of Horticultural Science, University of Guilan
[3]Associate Professor, of Water Engineering Department, University of Guilan
[4]Assist Professor, Department of Horticultural Science, University of Guilan

Received: 23 Mar 2022
Accepted: 20 Jul 2020